

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



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

**“EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE MAIZ MORADO Y ÁCIDO
ASCÓRBICO EN LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE
PANETONES”**

AUTORES:

Bach. MORALES VALDIVIEZO, Miuller Darwin

Bach. MUÑOZ AGREDA, Janet Elizabet

ASESOR:

Dra. LUZ MARÍA PAUCAR MENACHO

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

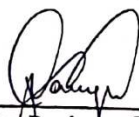
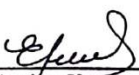
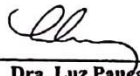
2020

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



HOJA DE AVAL DE JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado: "EFECTO DE LA ADICCIÓN DE HARINA DE MAÍZ MORADO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE PANETONES", para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. MORALES VALDIVIEZO MIULLER DARWIN Y Bach. MUÑOZ AGREDA JANET ELIZABET, que tienen como asesor a la docente Dra. Luz María Paucar Menacho, designado por resolución N° 592-2018-UNS-FI. Ha sido revisada y aprobada el 23 de septiembre del 2020 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante resolución N° 637-2019-UNS-CFI.

 _____ Mg. Jorge Dominguez Castañeda Secretario	 _____ Dra. Elza Aguirre Vargas Presidenta	 _____ Dra. Luz Paucar Menacho Integrante
--	---	--

Av. Universitaria s/n Urb. Bellamar – Nuevo Chimbote ☎ 310445 Anexo 1040. Email: epia@uns.edu.pe



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 06:00 p.m., del veintitrés de septiembre del dos mil veinte se habilitó la plataforma virtual ZOOM con el enlace: <https://uns-edupe.zoom.us/j/93034503760?Pwd=y2w5mtrxce5mz2pmrhqyqxcwzndgqt09>, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 637-2019-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dra. Elza Aguirre Vargas** (Presidenta)
- **Mg. Jorge Dominguez Castañeda** (Secretario)
- **Dra. Luz Paucar Meñacho** (Integrante); para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE MAIZ MORADO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE PANETONES”, elaborada por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

MIULLER DARWIN MORALES VALDIVIEZO
JANET ELIZABET MUÑOZ AGREDA

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dra. Luz Paucar Menacho**

Finalizada la sustentación, los Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

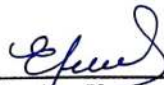
El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:


BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
MIULLER DARWIN MORALES VALDIVIEZO	18	MUY BUENO

Siendo las 07:30 p.m. del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 23 de septiembre del 2020.


Mg. Jorge Dominguez Castañeda
Secretario


Dra. Elza Aguirre Vargas
Presidenta


Dra. Luz Paucar Menacho
Integrante



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 06:00 p.m., del veintitrés de septiembre del dos mil veinte se habilitó la plataforma virtual ZOOM con el enlace: <https://uns-edupe.zoom.us/j/93034503760?Pwd=y2w5mtrxce5mz2pmrhqyqxcwzndgqt09>, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 637-2019-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dra. Elza Aguirre Vargas** (Presidenta)
- **Mg. Jorge Dominguez Castañeda** (Secretario)
- **Dra. Luz Paucar Meñacho** (Integrante); para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE MAIZ MORADO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE PANETONES”, elaborada por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

MIULLER DARWIN MORALES VALDIVIEZO
JANET ELIZABET MUÑOZ AGREDA

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dra. Luz Paucar Menacho**

Finalizada la sustentación, los Tesisistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

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

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
JANET ELIZABET MUÑOZ AGREDA	18	MUY BUENO

Siendo las 07:30 p.m. del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 23 de septiembre del 2020.

Mg. Jorge Dominguez Castañeda
Secretario

Dra. Elza Aguirre Vargas
Presidenta

Dra. Luz Paucar Menacho
Integrante

“EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE MAIZ MORADO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE PANETONES”

por Janet Muñoz Agreda

Fecha de entrega: 11-dic-2019 10:59a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1232360155

Nombre del archivo: TESIS_FINAL_-_Turnitin.docx (19.09M)

Total de palabras: 29945

Total de caracteres: 160048

"EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE MAIZ MORADO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE PANETONES"

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%	20%	1%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	14%
2	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%

9	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%
10	edoc.pub Fuente de Internet	<1%
11	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%
12	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1%
13	revistas.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
14	repositorio.minagri.gob.pe Fuente de Internet	<1%
15	dehesa.unex.es Fuente de Internet	<1%
16	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1%
17	tr.scribd.com Fuente de Internet	<1%
18	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
19	g-se.com Fuente de Internet	<1%

Submitted to Universidad Alas Peruanas

DEDICATORIA

A DIOS, por darme vida y salud por hacer posible de lograr mis objetivos trazados.

Con mucho cariño y eterna gratitud a mis PADRES: ALFREDO MORALES y LINA ENEIDA VALDIVIEZO, Por darme la vida, su afecto y su ejemplo, quien siempre confió en mí, me motivó, perseveró y luchó por mi futuro, metas como triunfos que hoy se concretiza en mi profesión.

Con mucho cariño y afecto a mis queridos HERMANOS: Charles Jorsjean, Frank Wesley, Emerson Alfredo y Xiomara Nicol, por haberme brindado su apoyo incondicional y motivación permanente para mi superación.

A MIS TIAS Y PRIMOS: Daysi Valdiviezo, Karen Valdiviezo, Silvia Valdiviezo, Lili Valdiviezo, Never Valdiviezo, Ernesto, Dante, Perico y Estelita Valdiviezo que siempre la recordaremos con mucho cariño y mi primos Sandra, Jeanpiero y Patrik, para que puedan estudiar lo que más les guste y tengan un buen futuro.

Darwin

DEDICATORIA

Mi tesis, la carrera que escogí y lo profesional que a partir de ahora soy se lo dedico:

En primer lugar y con todo mi amor a Dios, por su cuidado y sus innumerables bendiciones en mi vida, y como todo hecho en mi vida siempre he sentido su amor, protección y respaldo. Tengo la firme convicción de que sin su guía nada de lo que soy y nada de lo que he logrado hasta este momento habría sido posible.

Segundo, a mis padres Guzmán Muñoz Ch. y Norma Agreda H., con infinito amor, respeto y admiración, porque siempre tuve su apoyo incondicional y motivación constante, porque sembraron en mí las bases de trabajo, esfuerzo y resultado que hoy tengo la dicha de celebrar. Agradezco parecerme a los dos y hoy con orgullo puedo decir que me siento el reflejo de sus virtudes, deseos de superación y determinación para ser la mejor; han sido, son y serán mi ejemplo.

A mis hermanos Paola e Isait, los amo inmensamente y les dedico este logro como muestra de un desafío alcanzado, agradezco a Dios por permitirme disfrutar y aprender de cada uno de ustedes a través de nuestras experiencias y espero dejar en ustedes una huella, como lo hacen ustedes en mi cada día.

A mi familia, en especial a la mujer amorosa y valiente que fue mi abuela, llevo presente en mi corazón sus palabras y consejos. A mi tío Aníbal, el primer Ingeniero de la familia y mi ejemplo de profesionalismo y calidad humana, me siento muy orgullosa de seguir sus pasos.

A mis amigos, maestros y todas las personas que forman parte de mi vida, cada uno ha aportado un valor único durante mi etapa de formación universitaria y sus enseñanzas me siguen ayudado a construir un futuro más profesional, humano y responsable. ¡Mi futuro!

Janet

AGRADECIMIENTO

A nuestra casa universitaria Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería Agroindustrial y a los docentes quienes formaron parte fundamental en nuestra formación académica, agradecemos su compromiso por nuestro desarrollo profesional, los conocimientos y enseñanzas impartidas durante esta etapa.

A nuestra asesora Dra. Luz María Paucar Menacho por su valiosa asesoría, conocimientos brindados y orientación hacia la investigación, su apoyo y seguimiento constante nos motivó a continuar y culminar con éxito esta tesis.

Al Dr. Daniel Sánchez Vaca, Ing. John Gonzales Capcha, por su apoyo brindado, paciencia y sugerencias en la parte experimental para la realización de nuestro proyecto. Al Ing. Jorge Domínguez, y al Ing. Pedro Ayala, por facilitarnos el acceso a la planta piloto, por sus conocimientos, sugerencias y apoyo permanente durante el tiempo de realización de nuestro proyecto.

A nuestros amigos en común, Jonatán, William, Miguel, Soledad, Korey, Elizabét, Juana y a todas aquellas personas que colaboraron con nosotros e hicieron posible la culminación de este trabajo.

Darwin & Janet

INDICE

	Pág.
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
Capítulo I: INTRODUCCIÓN.....	22
Capítulo II: MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Panetón.....	24
2.1.1. Generalidades del panetón	24
2.1.2. Importancia de las grasas en panetones	24
2.1.3. Características comerciales de calidad en panetones	25
2.1.4. Estandarización del proceso de producción del panetón.....	26
2.1.5. Composición nutricional del panetón.....	27
2.1.6. Mercado de panetones.....	27
2.2. Harinas Premezclas	29
2.2.1. Generalidades de la premezcla panetonera	29
2.2.2. Composición de la premezcla panetonera.....	30
2.2.3. Contenido de humedad en la premezcla.....	30
2.2.4. Prueba de cenizas	31
2.3. Maíz morado.....	31
2.3.1. Generalidades del maíz morado	31
2.3.2. Variedades de maíz morado	33
2.3.3. Composición química del maíz morado.....	34
2.3.4. Beneficios del maíz morado.....	37
2.3.5. Harina de maíz morado	37
2.4. Caracterización reológicas de las harinas.....	38
2.4.1. Aplicación en el área de alimentos.....	39
2.5. Trascendencia del ácido ascórbico en panificación.....	39
2.6. Mezclas alimenticias	40
2.6.1. Complementación proteica	40
2.6.2. Computo Químico.....	41
2.7. Calidad en los productos de panificación.....	43

2.7.1.	Evaluación sensorial	44
2.8.	Diseño Estadístico de Experimentos.....	46
2.8.1	Variables independientes	46
2.8.2	Variables dependientes	46
2.8.3	Esquema experimental.....	47
Capítulo III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1.	Materia Prima e Insumos.....	48
3.1.1.	Materia prima.....	48
3.1.2.	Insumos	48
3.1.3.	Materiales de envase y embalaje.....	48
3.2.	Equipos, instrumentos y reactivos.....	49
3.2.1	Obtención de harina de maíz morado.....	49
3.2.2	Producción de panetones.....	50
3.2.3	Evaluaciones tecnológicas de panetones.....	52
3.3.	Método	54
3.3.1	Obtención de la harina de Maíz morado (Zea Mays L.)	54
3.3.2	Caracterización Químico Proximal de las Harinas	56
3.3.3	Análisis fisicoquímico de las harinas.....	57
3.3.4	Evaluación reológica de las harinas	58
3.3.5	Computo Químico.....	63
3.3.6	Producción de panetones.....	64
3.3.7	Evaluación de calidad en panetones.....	75
Capítulo IV:	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	82
4.1.	Obtención de la harina de maíz morado.....	82
4.1.1.	Harina de maíz morado	82
4.2.	Caracterización Químico Proximal de las harinas	82
4.2.1.	Harina de maíz morado	83
4.2.2.	Pre mezcla panetonera	85
4.3.	Análisis fisicoquímico de las harinas	86
4.3.1	Análisis de color de las materias primas	86
4.3.2	Actividad de agua.....	88
4.3.3	Acidez	89

4.3.4 pH.....	90
4.3.5 Granulometría	90
4.4. Evaluación reológica	92
4.4.1. Amilografía.....	92
4.4.2. Farinografía.....	95
4.4.3. Extensografía	98
4.5. Cómputo químico.....	102
4.6. Evaluaciones de calidad en panetones.....	103
4.6.1 Caracterización químico proximal del panetón.....	103
4.6.2 Análisis sensorial y optimización	105
4.6.3 Color instrumental de la miga	143
4.6.4 Características físico químicas y tecnológicas del panetón	160
4.6.5 Evaluación de vida útil de panetones.....	171
Capítulo V: CONCLUSIONES	176
Capítulo VI: RECOMENDACIONES	177
Capítulo VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	178
ANEXOS.....	189

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Valores nutricionales del panetón por 100gr	27
Tabla 2: Macronutrientes en el maíz morado.....	34
Tabla 3: Micronutrientes en el maíz morado	34
Tabla 4: Requerimiento Proteico (FAO/OMS/UNU 2007)	64
Tabla 5: Formulación utilizada para la producción de panetones - Panetón control	65
Tabla 6: Variables y niveles del delineamiento experimental 2 ²	66
Tabla 7: Valores codificados y reales del diseño central compuesto rotacional 2 ²	67
Tabla 8: Composición de las materias primas para cada formulación del DCCR 2 ²	67
Tabla 9: Métodos empleados para los análisis microbiológicos	80
Tabla 10: Límites mínimos y máximos permitidos de agentes microbianos	81
Tabla 11: Composición porcentual (%) de la Harina de Maíz morado.....	83
Tabla 12: Composición porcentual (%) de la Pre mezcla panetonera.....	85
Tabla 13: Colorimetría de la Harina de Maíz morado y Premezcla panetonera	86
Tabla 14: Actividad de agua de la harina de maíz morado y premezcla.....	88
Tabla 15: Acidez de la harina de maíz morado y premezcla	89
Tabla 16: pH de la harina de maíz morado y premezcla.....	90
Tabla 17: Granulometría para la harina de maíz morado y premezcla	91
Tabla 18: Resumen de parámetros del análisis amilográfico de premezcla y tratamiento óptimo	92
Tabla 19: Resumen de parámetros del análisis farinográfico de premezcla y T8.....	95
Tabla 20: Resumen de parámetros del análisis Extensográfico para premezcla y tratamiento óptimo	98
Tabla 21: Cómputo químico de las formulaciones del diseño experimental	102
Tabla 22: Composición químico proximal del panetón con mayor aceptabilidad y el control.....	103
Tabla 23: Color sensorial de panetones	105
Tabla 24: Coeficientes de regresión lineal para el atributo de color sensorial en panetones.....	107
Tabla 25: Análisis de varianza para el atributo de color sensorial en panetones	108
Tabla 26: Olor sensorial de panetones	113
Tabla 27: Coeficientes de regresión lineal para el atributo de olor sensorial en panetones.....	115
Tabla 28: Análisis de varianza para el atributo de olor sensorial en panetones.....	116
Tabla 29: Sabor sensorial de panetones	121

Tabla 30: Coeficientes de regresión lineal para el atributo de sabor sensorial en panetones.....	123
Tabla 31: Análisis de varianza para el atributo de sabor sensorial en panetones.....	124
Tabla 32: Textura sensorial de panetones	128
Tabla 33: Coeficientes de regresión lineal para el atributo de textura sensorial en panetones	130
Tabla 34: Análisis de varianza para el atributo de textura sensorial en panetones	131
Tabla 35: Volumen específico de panetones.....	135
Tabla 36: Coeficientes de regresión lineal para el volumen específico en panetones	137
Tabla 37: Análisis de varianza para el volumen específico en panetones	138
Tabla 38: Color de la miga de los panetones	143
Tabla 39: Coeficientes de regresión lineal para luminosidad de la miga en panetones	145
Tabla 40: Análisis de varianza para luminosidad de la miga en panetones	146
Tabla 41: Coeficientes de regresión lineal para cromaticidad de la miga en panetones	149
Tabla 42: Análisis de varianza para cromaticidad de la miga en panetones	151
Tabla 43: Coeficientes de regresión lineal para ángulo de tonalidad de la miga en panetones	156
Tabla 44: Análisis de varianza para ángulo de tonalidad de la miga en panetones	157
Tabla 45: Evaluación de textura de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente	161
Tabla 46: Evaluación de Aw de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente	165
Tabla 47: Evaluación de Acidez de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente	167
Tabla 48: Evaluación de pH de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente	169
Tabla 49: Evaluación de Humedad de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente	171
Tabla 50: Evaluación de pérdida de peso de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente.....	173
Tabla 51: Perfil de aminoácidos de harina de maíz morado y harina premezcla para panetones	204

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Maíz morado – INDECOPI, 2016	32
Figura 2: Estructura y sustituyentes de las antocianinas	36
Figura 3: Esquema experimental del diseño estadístico	47
Figura 4: Secador de bandejas	49
Figura 5: Módulo de molienda y tamizado	49
Figura 6: Amasadora.....	50
Figura 7: Horno Rotatorio.....	50
Figura 8: Balanza gramera	51
Figura 9: Selladora de bolsas	51
Figura 10: Diagrama de flujo de la obtención de harina de maíz morado	54
Figura 11: Maíz morado.....	54
Figura 12: Pesado del maíz morado.....	55
Figura 13: Secado de los granos y coronta de maíz morado.....	56
Figura 14: Tamizado de la harina de maíz morado.....	57
Figura 15: Influencia de la actividad enzimática (α -amilasa) en la calidad del pan. Ficha técnica Amilógrafo E	59
Figura 16: Equipo Amilógrafo - BRABENDER	60
Figura 17: Harina de gluten fuerte.....	61
Figura 18: Figura 18: Equipo Farinógrafo – BRABENDER.....	62
Figura 19: Equipo Extensógrafo – BRABENDER	63
Figura 20: Primera etapa del proceso - Amasado I.....	68
Figura 21: Almacenamiento de la masa en el fermentador.....	68
Figura 22: Segunda etapa del proceso. Amasado II.....	69
Figura 23: Adición de la harina de maíz morado a la masa	69
Figura 24: Consistencia ligosa de la masa	70
Figura 25: Masa final. Pesado y boleado	70
Figura 26: Masa en pirotines. Cámara de fermentación	71
Figura 27: Horneado de panetones.....	72
Figura 28: Enfriado al ambiente.....	72

Figura 29: Diagrama de flujo preparación de la masa esponja	73
Figura 30: Diagrama de flujo preparación de la masa final	74
Figura 31: Degustación de las muestras de panetones	74
Figura 32: Evaluación de volumen específico de cada tratamiento	76
Figura 33: Determinación del color del panetón.....	77
Figura 34: Determinación de grasas. Montaje del equipo Soxlet	78
Figura 35: Harina de maíz morado	82
Figura 36: Amilograma para premezcla panetonera	93
Figura 37: Amilograma para tratamiento óptimo (T8). Mezcla de maíz morado y premezcla.....	94
Figura 38: Amilograma para repetición de (T8). Mezcla de maíz morado y premezcla	94
Figura 39: Farinograma para premezcla panetonera.....	95
Figura 40: Farinograma para tratamiento óptimo (T8). Mezcla de maíz morado y premezcla	96
Figura 41: Farinograma repetición de T8. Mezcla de maíz morado y premezcla.....	96
Figura 42: Extensograma para premezcla panetonera	100
Figura 43: Extensograma para el tratamiento óptimo (T8). Mezcla de maíz morado y premezcla	101
Figura 44: Extensograma repetición de T8. Mezcla de maíz morado y premezcla	101
Figura 45: Diagrama de Pareto para el atributo de color sensorial de panetones	106
Figura 46: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el atributo de color sensorial en panetones	110
Figura 47: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de color sensorial en panetones	111
Figura 48: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de color sensorial en panetones	111
Figura 49: Diagrama de Pareto para el atributo de olor sensorial de panetones	114
Figura 50: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el atributo de olor sensorial en panetones	118
Figura 51: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de olor sensorial en panetones	119
Figura 52: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de olor sensorial en panetones	119
Figura 53: Diagrama de Pareto para el atributo de sabor sensorial de panetones.....	122

Figura 54: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el atributo de sabor sensorial en panetones	125
Figura 55: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de sabor sensorial en panetones.....	126
Figura 56: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de sabor sensorial en panetones.....	126
Figura 57: Diagrama de Pareto para el atributo de textura sensorial de panetones.....	129
Figura 58: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el atributo de textura sensorial en panetones.....	132
Figura 59: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de textura sensorial en panetones	133
Figura 60: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de textura sensorial en panetones	133
Figura 61: Diagrama de Pareto para el volumen específico de panetones.....	136
Figura 62: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el volumen específico en panetones	139
Figura 63: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el volumen específico en panetones.....	140
Figura 64: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el volumen específico en panetones.....	140
Figura 65: Diagrama de Pareto para luminosidad de la miga de panetones	144
Figura 66: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para luminosidad de la miga en panetones	147
Figura 67: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para luminosidad de la miga en panetones	148
Figura 68: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para luminosidad de la miga en panetones	148
Figura 69: Diagrama de Pareto para cromaticidad de la miga de panetones	150
Figura 70: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para cromaticidad de la miga en panetones	152
Figura 71: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para cromaticidad de la miga en panetones	153

Figura 72: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para cromaticidad de la miga en panetones	153
Figura 73: Diagrama de Pareto para ángulo de tonalidad de la miga de panetones.....	155
Figura 74: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para ángulo de tonalidad de la miga en panetones.....	158
Figura 75: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el ángulo de tonalidad de la miga en panetones.....	159
Figura 76: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el ángulo de tonalidad de la miga en panetones.....	160
Figura 77: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F8 respecto a la textura durante 190 días a T° ambiente.....	162
Figura 78: Gráfica de análisis de textura instrumental para el panetón control.....	163
Figura 79: Gráfica de análisis de textura instrumental para el panetón control (repetición)	163
Figura 80: Gráfica de análisis de textura instrumental para la mejor formulación (F ₈).....	164
Figura 81: Gráfica de análisis de textura instrumental para mejor formulación F ₈ (repetición).....	164
Figura 82: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F8 respecto a la Aw durante 190 días a T° ambiente	166
Figura 83: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F8 respecto a la Acidez durante 190 días a T° ambiente.....	168
Figura 84: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F8 respecto a la pH durante 190 días a T° ambiente	170
Figura 85: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F8 respecto a la Humedad durante 190 días a T° ambiente.....	172
Figura 86: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F8 respecto a la pérdida de peso durante 190 días a T° ambiente	174

RESUMEN

El objetivo consiste en evaluar el efecto de la adición de harina de maíz morado y ácido ascórbico en las características tecnológicas de panetones, obteniendo como tratamiento óptimo el que mejor se acerque a las características de un panetón comercial. Se realizaron 11 formulaciones con un Diseño Compuesto Central Rotacional 2^2 con dos variables independientes, harina de maíz morado (5 - 15%) y ácido ascórbico (20 - 120ppm). Las harinas fueron sometidas a análisis de caracterización químico proximal, evaluando humedad, grasa, ceniza, proteína, fibra, CHO_s totales y CHO_s disponibles; y análisis fisicoquímicos evaluando color de la miga, Aw, acidez, pH y tamaño de partícula (granulometría).

Haciendo uso del programa STATISTICA versión 10.0 se evaluaron las variables dependientes del producto final para todos los tratamientos, características tecnológicas (textura instrumental, volumen específico, color instrumental, Aw, pérdida de peso, análisis microbiológicos) y sensoriales (color, olor, sabor, textura) con un nivel de significancia de 5%. Se determinó que la mejor formulación es F8 (10% harina de maíz morado, 90% premezcla y 120ppm de ácido ascórbico), demostrando que el ácido ascórbico sí influye en las características tecnológicas de volumen específico en los panetones. Los resultados de evaluación sensorial demostraron que los atributos de color, olor, sabor y textura fueron significativos para la harina de maíz morado y los atributos de (color, sabor y textura) fueron significativos para el ácido ascórbico.

Palabras claves: harina de maiz morado, ácido ascórbico, panetones, evaluación, vida útil.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the effect of the addition of purple cornmeal and ascorbic acid on the technological characteristics of panetons, obtaining as an optimal treatment the best approach to the characteristics of a paneton Commercial. 11 formulations were realized with a rotatable central composite design 2^2 (DCCR) with two independent variables, purple cornmeal (5 - 15%) and ascorbic acid (20 – 120ppm). The flours were subjected to proximal chemical characterization analysis, evaluating moisture, fat, ash, protein, fiber, total CHOs and available CHOs; physicochemical analyses evaluating crumb color, Aw, acidity, pH and particle size (granulometry).

Using the STATISTICA version 10.0 program, the variables dependent on the final product were evaluated for all treatments, technological characteristics (instrumental texture, specific volume, instrumental color, Aw, weight loss, analysis (color, smell, taste, texture) with a significance level of 5%. It was determined that the best formulation is F8 (10% purple cornmeal, 90% premix and 120ppm ascorbic acid), demonstrating that ascorbic acid if it influences the technological characteristics of volume specific in the panetons. All formulations were subjected to evaluation by sensory panel with 40 panelist not trained; as a result the attributes of color, odour, flavor and texture were significant to the corn flour purple and attributes (color, flavor and texture) were significant for ascorbic acid.

Keywords: purple corn flour, ascorbic acid, panettone, evaluation, shelf life.

Capítulo I: INTRODUCCIÓN

Progresivamente se vienen creando nuevos avances tecnológicos para producir diversos panes enfocándose en mejorar su funcionalidad y en aprovechar mejor la materia prima que nos brinda la naturaleza para extender la industria en panificación. El desarrollo de nuevos productos como panes, galletas, muffins, panetones, entre otros, con re formulaciones para mejorar su perfil nutricional, ha demostrado aportar beneficios para la salud añadiendo a las recetas tradicionales harinas obtenidas a partir de cereales, leguminosas u otras fuentes de nutrientes aprovechables para el ser humano.

En la producción de alimentos con altos beneficios nutricionales, las harinas compuestas han sido elementales, en un principio la FAO refería que eran mezclas producidas para obtener alimentos panificables procedentes de trigo como pan, galletas, y pastas (Vásquez *et al.*, 2016). El Instituto de nutrición de Centro América y Panamá extiende el criterio de harinas compuestas abarcando todo tipo de harinas provenientes no solo de cereales sino también de tubérculos, leguminosas, oleaginosas y otras, con el fin de desarrollar alimentos con elevado valor nutricional.

Entre la variedad de cereales enfocamos nuestra atención en el maíz morado, un cereal oriundo del Perú que ha venido despertando gran interés en la industria no solo alimentaria sino también en la farmacéutica y cosmética por su gran potencial antioxidante, como se citó en (Orellano y Valverde, 2017) menciona que las antocianinas también pueden prevenir el deterioro oxidativo de lípidos y proteínas en los alimentos, interviniendo en su conservación.

En los últimos años, investigaciones refieren que el consumo de maíz morado reduce enfermedades cardiovasculares, gástricas, reduce el colesterol y en el caso de la diabetes los antioxidantes están vinculados con el impedimento de la digestión de la glucosa (Guillén, Mori , y Paucar, 2014). Otra investigación peruana realizada por el Dr. Mario Carhuapoma reveló que el

consumo de maíz morado aporta en la prevención del cáncer de colon; así mismo explica que “Las antocianinas como los radicales libres son formadas naturalmente en nuestro cuerpo en iguales proporciones, sin embargo, cuando nos alimentamos desordenadamente y sufrimos estados de estrés, la generación de estos radicales se incrementa de manera peligrosa” (Agencia Agraria de Noticias, 2019).

El procesamiento de productos de panificación re formulados con harinas compuestas presentan ciertas dificultades tecnológicas, por ello el uso del ácido ascórbico como aditivo alimentario ha sido amplio y utilizado como mejorador comercial en panificación. (Moreno Rojo, 2017) Pero son pocas las investigaciones en elaboración de panetones utilizando otros recursos diferentes a la harina de trigo.

Hoy en día la tendencia en alimentación está en consumir alimentos con mejores características nutricionales. Por tanto; el motivo principal de este estudio consiste en evaluar el efecto de la adición de harina de maíz morado y ácido ascórbico en las características tecnológicas de panetones. Y los objetivos específicos planteados son:

- Obtener y determinar la composición proximal y las características fisicoquímicas de la harina de maíz morado.
- Evaluar la influencia de la harina de maíz morado y ácido ascórbico en la elaboración de panetones utilizando el DCCR.
- Evaluar los porcentajes de sustitución de harina de maíz morado en elaboración de panetones y su efecto en las características tecnológicas del mismo.
- Determinar la vida útil de la formulación con mejor aceptabilidad sensorial y mejores características tecnológicas.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO

2.1. Panetón

2.1.1. Generalidades del panetón

El panetón es una especie de pan originario de Milán, Italia; elaborado tradicionalmente a base de masa madre (fermento) natural que incluye pasas y frutas confitadas en su presentación final (Briceño, 2013). Este producto ha sido difundido a nivel mundial por su agradable sabor y original presentación, en Perú el panetón se comenzó a industrializar a partir de 1960; desde entonces ha venido siendo el protagonista en la celebración de muchas fechas festivas como Navidad, Año Nuevo e incluso Fiestas Patrias. (Andina Agencia Peruana de Noticias, 2012)

2.1.2. Importancia de las grasas en panetones

En la industria y tecnología de panificación las características y calidad del producto final se logran añadiendo entre otros insumos materias grasas como (manteca, margarina, mantequilla) que ayudan al crecimiento de la masa, puesto que, retienen las burbujas de gas producidos por la levadura (Avellaneda Rodriguez & Cubas Quispe, 2018).

Las grasas y aceites evitan que los productos de panificación pierdan humedad y se endurezcan, prolongando su vida en anaquel. Como lo describe Quaglia citado en (Yepez, 2018), las grasas son sustancias empleadas para elaborar productos horneados mejorando las características de la masa, aquí las grasas son repartidas en finas capas entre la red de gluten que se forma en la masa, produciendo un efecto lubricante y como resultado nos da una masa suave con una miga uniforme y pronunciada.

Según (Revista Panadería y Pastelería Peruana, 2016), los principales atributos que brinda la materia grasa son:

- Brinda suavidad a la masa durante la elaboración y en el producto terminado.
- Tiene un sabor neutro o suave.
- Brinda agradable color.
- Permite formar un producto con buen volumen (retiene aire en su interior)
- Brinda fresca al producto horneado (humedad en el tiempo)

Las mantecas deben tener un punto de fusión bajo impidiendo así que la manteca se endurezca. Existen mantecas emulsificadas cuya propiedad principal es mejorar la textura, aumentar el volumen, mejorar la incorporación de aire en el batido e incrementar la capacidad de retener líquidos (Belitz, Grosch, & Schieberle, 2012).

2.1.3. Características comerciales de calidad en panetones

Según (Revista Panadería y Pastelería Peruana, 2016), existen 5 aspectos importantes que determinan la calidad de un buen panetón:

- Tamaño: La altura promedio esperada debe ser de 18cm.
- Forma: Necesariamente cilíndrica con cúpula que tenga una ligera curvatura.
- Color: Exteriormente dorado y en el interior amarillo yema (panetón tradicional)
- Aroma: Debe percibirse desde que abrimos la bolsa.
- Sabor y suavidad: Suave a nuestros sentidos; suavidad y humedad al morder, agradable sabor a frutas frescas.

2.1.4. Estandarización del proceso de producción del panetón

El término estándar proviene del inglés *standard* y del compuesto *stand* (pararse) y *art* (lugar, punta) por lo que para la estandarización del panetón debe definirse un método que homogenice su proceso de elaboración (Ciencia y Tecnología de los alimentos, 2019). Para elaborar panetones, el flujo productivo sigue dos etapas: masa esponja y masa final, para ello se debe estructurar cada operación a través de un diagrama de flujo y por lo general la metodología de trabajo empleada es 60% esponja y 40% masa final. La esponja no requiere una formación de liga completa, solo es una mezcla de ingredientes necesarios para potenciar el efecto de leudamiento generando un medio adecuado para las levaduras, interpretado como una disminución del pH a un promedio de 5.3 (Yepez Valdez, 2018).

Esto nos lleva a una fermentación alcohólica con liberación de CO₂ y aroma fuerte. La temperatura promedio debe estar en los 31°C y la humedad 80%, un exceso en estos parámetros podría afectar el resultado final del producto (Yepez Valdez, 2018).

Terminada la fermentación es importante realizar un “*check list*” de los demás ingredientes de la segunda etapa. Durante la fermentación es importante controlar que la temperatura no exceda los 28°C y el tiempo. El peso por cada masa de panetón será un 6% a 8% más que el peso neto a declarar. Las masas de panetón se llevan en coches a una segunda fermentación a 32°C y una humedad de 80%. La fermentación termina cuando el tamaño del centro respecto al pirotín es de 0.5cm aproximadamente, luego va al horno a 150°C por 50 minutos, tiempo durante el que se dará el salto de horno esperado y producido por el gas que liberan las levaduras hasta los 60°C (temperatura interna), dando pase a la gelificación del almidón. Terminando el horneado pasamos al

enfriamiento a un temperatura de 20-22°C. Para el embolsado se atomiza con un aroma preservante sobre la superficie para luego sellar herméticamente con precinto (Yepez Valdez, 2018).

2.1.5. Composición nutricional del panetón

Tabla 1: Valores nutricionales del panetón por 100gr

Componente	Porción (100gr)	%VRN (*)
Energía (kcal)	374	19%
Protínas (gr)	8	14%
Grasa (gr)	12	23%
Grasa saturada (gr)	7.5	40%
Colesterol (mg)	90	30%
Carbohidratos (gr)	55	18%
Azúcares (gr)	21	18%
Fibra (gr)	2	8%
Sodio (mg)	140	5%

Fuente: Nestlé Perú – Panetón Buon Natale, 2013

(*)VRN: Valor referencial de nutrientes (Codex/FDA/ECRDA)

2.1.6. Mercado de panetones

En el año 2013 el mercado de panetones peruanos llegó a 19 países, concentrando casi el 52% de los envíos a EE.UU; le seguía Bolivia, Venezuela, Chile (con un aumento en exportación del 28%), entre otros (ADEX, 2013). Las empresas que más han exportado sus productos fueron: Gloria S.A., Compañía Nacional de Chocolates del Perú S.A., Panificadora Bimbo del Perú S.A., Nestlé del Perú, Industrias Teal S.A., entre otras.

En el año 2017, se reportaron aumentos en exportaciones de panetones como el tercer producto más demandado, teniendo como destinos principales EE.UU. (US\$ 2 millones 271 mil), Bolivia (US\$ 679 mil 672) y Chile (US\$ 479 mil 129), entre otros (ADEX, 2017).

El consumo interno de panetones ha aumentado en los últimos años, ante ello la oferta de este producto también se ha incrementado. (Diario La República, 2013) Luego de Italia, Perú está ubicado como el segundo país con mayor índice de consumo de panetón en el mundo, esta información es confirmada por un estudio sobre las costumbres en el consumo de panetón en Lima realizado por (Briceño, 2013) donde menciona que el 38% de sus encuestados manifiestan no solo el consumo de panetón en épocas festivas sino también en otras épocas del año.

Según el Gerente de la Categoría de Panetones de Nestlé Perú, dueño de la marca D'Onofrio, Ricardo Bassani. Menciona que dentro de un hogar peruano, conformado por un promedio de cuatro personas, cada miembro llega a comer más de un panetón, Los limeños aún lideran el ranking del consumo (45%) pues el interior del país tiene un 55 por ciento en la participación de compras de este pan navideño. A Lima le sigue Arequipa, Trujillo y Chiclayo en mayor consumo (Diario La República, 2018).

Al cierre del 2018 el consumo tendrá un incremento de 5 por ciento respecto al año anterior. Brasil es el tercer país con mayor consumo en el mundo. (Diario La República, 2018)

2.2. Harinas Premezclas

El mezclado de sólidos es una operación unitaria que por su importancia es ampliamente utilizada en la industria alimentaria como en la farmacéutica y otros ámbitos en los que se pretende obtener una combinación de distintos elementos para lograr uniformidad en el resultado final de la mezcla. El mezclado es sumamente importante cuando se trata de la elaboración de algunos alimentos en los que la concentración de sus componentes debe cumplir con normas o legislación. Por ejemplo, en mezclas de vegetales, en salchichas, productos fortificados con vitaminas y/ minerales, entre otros) (Castello *et al.*, 2017)

El mezclado ejerce un efecto favorable sobre las propiedades funcionales y características sensoriales de los alimentos, tal es el caso de las masas en panificación, durante el mezclado y amasado se facilita la formación de enlaces de hidrógeno y disulfuro responsables de la estructura y resistencia del gluten, a la que se debe la característica del pan.

2.2.1. Generalidades de la premezcla panetonera

La industria molinera ha desarrollado una amplia variedad de productos innovadores, entre ellos, las premezclas de harina de trigo, ya que brindan a los panaderos mayor simplicidad para elaborar los productos sus productos (Klein, 2012). El grado de uniformidad de la premezcla se obtiene a través de la homogenización de los ingredientes como: harinas, emulsificantes, colorantes, saborizantes, aditivos, grasas, minerales, conservantes, entre otros, obteniendo como resultado productos instantáneos de diferentes sabores para panificación (Huayna, 2016).

La premezcla panetonera es un polvo fino, libre de grumos y materias extrañas que facilitan la producción de panetones, ahorra tiempo, mejora la calidad y otorga buen

volumen al producto (Bakels Perú, 2018). Existen diferentes marcas que comercializan su propia mezcla de harinas y aditivos, cada una valida su propia composición y receta para mejorar el producto final, con su uso se obtiene un mayor rendimiento en la producción, excelente fibra y se prolonga la vida útil del producto hasta por 6 meses.

2.2.2. Composición de la premezcla panetonera

La premezcla comercial empleada fue de Bakels, Premezcla Panetón Premium, cuya presentación en bolsa de 25kg contiene:

Harina de trigo fortificada (hierro, niacina (vitamina B3), Riboflavina (vitamina B2), ácido fólico, gluten de trigo, azúcar, sólidos de leche, emulsionante, sal yodada, enzimas, preservante, antioxidante, colorante amarillo tartrazina), según la información general detallada en el reverso del empaque.

2.2.3. Contenido de humedad en la premezcla

Las harinas son la base para elaborar productos panificados, su humedad no debe sobrepasar el 15 % por ello es importante asegurar un buen almacenamiento y realizar pruebas que avalen su calidad teniendo en cuenta que si supera este valor la harina está propensa a desarrollar crecimiento fúngico. El método para determinar la humedad de una harina se realiza empleando la estufa para secar la muestra a evaluar y la pérdida de peso de la harina se calcula luego de calentarla a 105°C por 2h, (ICC Standard methods of the International Association for Cereal Science and Technology, 2013)

2.2.4. Prueba de cenizas

Es la proporción de minerales (elementos inorgánicos) que contiene la harina, el calcio y fósforo son los minerales con mayor interés nutricional. El porcentaje de cenizas está en relación a la tasa de extracción de la molienda, es decir; cuanto más partículas de salvado estén presentes en la harina (harina integral) mayor será el contenido de cenizas, aproximadamente 1.5 - 2% (López y Paredes, 2018); a diferencia de la harina proveniente de la parte interna del grano (endospermo) cuyo valor aproximado de cenizas es de 0,3%. De los ensayos realizados por (Vásquez *et al.*, 2016) se demuestra que el contenido de cenizas disminuye cuando la harina de trigo es sustituida en menor proporción por otro cereal.

Al someter los alimentos a elevadas temperaturas entre 500 y 600°C, sus componentes volátiles como el agua y el hidrógeno serán expulsados en forma de vapores de agua, mientras que los constituyentes orgánicos serán transformados en presencia del oxígeno del aire en (CO₂) y (NO₂). (Márquez, 2014).

La prueba de cenizas se realiza incinerando la muestra en una mufla a temperaturas de 900°C ±25°C, según ISO Método No. 2171.

2.3. Maíz morado

2.3.1. Generalidades del maíz morado

Los cereales en general, son la fuente alimenticia más utilizada en la industria alimentaria, contribuyendo con calorías, proteínas y vitaminas en mayor proporción respecto a otros cultivos. El maíz morado como materia prima ha sido utilizado desde el antiguo imperio inca por su agradable sabor y color morado intenso.

El maíz de nombre científico (*Zea Mays L.*) variedad morado, es un maíz que ha sido utilizado por muchas culturas antiguas en nuestro país en la alimentación del hombre peruano, está conformado por una mazorca (tusa 15% y grano 85%), este alimento contiene un pigmento color morado intenso denominado antocianina, cuyo mayor contenido está en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano. En la dieta peruana es muy utilizada en la elaboración de bebidas populares como la chicha morada y postres como la mazamorra (Guillén, Mori y Paucar, 2014)

En una entrevista realizada al Doctor Mario Carhuapoma, científico peruano, afirmó que consumir maíz morado en sus versiones populares en Perú como chicha y mazamorra contribuyen en la salud humana ayudando a prever posibles enfermedades como cáncer de colon, problemas gastrointestinales, sanguíneos entre otros, gracias al efecto antioxidante del pigmento morado que contiene coronta y granos (Andina Agencia Peruana de Noticias, 2012).



Figura 1: INDECOPI, 2016

2.3.2. Variedades de maíz morado

El maíz de color característico morado es originario de los andes peruanos, perteneciente a la raza Kculli (MINAGRI, 2017). Existen diversas variedades de maíz morado entre las cuales podemos encontrar:

- Variedades de Maíz morado Nativas, según su lugar de origen:

Morado Canteño, morado Caráz, morado Arequipeño, Morado Cusco, Negro Junín.

- Variedades de Maíz morado Mejoradas y obtenidas por el INIA:

INIA 601, para la sierra norte (Cajamarca).

INIA 615 – “Negro Canaán”, para la sierra centro y sur (Ayacucho, Junín, Apurímac, Cusco) y en la costa sur (Arequipa).

- Variedades obtenidas por la UNALM (mejoradas):

PMV – 581 para la siembra en sierra media

PMV – 582 para la costa central.

2.3.3. Composición química del maíz morado

Tabla 2: Macronutrientes en el maíz morado

Componente	Unidad	Cantidad
Energía	kcal	318
Agua	g	11.4
Proteínas	g	8.4
Grasa total	g	4.2
Carbohidratos	g	74.3
Cenizas	g	1.7

Fuente: Ministerio de Salud, 2017

Tabla 3: Micronutrientes en el maíz morado

Componente	Unidad	Cantidad
Calcio	mg	29
Fósforo (P)	mg	300
Hierro (Fe)	mg	6.4
Sodio (Na)	mg	16
Potasio (K)	mg	63
Zinc (Zn)	mg	2.6

Fuente: Tabla de composición de alimentos, 2017

En cuanto a minerales, éstos están comprendidos mayormente en el germen del maíz morado. El mineral más abundante es el fósforo (328 mg) y representa el 0.1% del grano integral. Respecto al calcio, que es el mineral más importante su contenido está en (12mg), ya que su consumo es esencial en la alimentación de los seres humanos para fortalecer el sistema óseo. El contenido respecto al calcio puede oscilar de 0.01 a

0.1% del peso de grano seco; asimismo es importante mencionar que el grano de maíz morado también posee cantidades considerables de potasio y magnesio.

El maíz morado es un grano andino abundante en compuestos fenólicos; desde el punto de vista químico, los fenoles son metabolitos secundarios que interfieren en el aroma y sabor de los alimentos, son compuestos orgánicos que poseen anillos aromáticos, con grupos sustituyentes hidroxilo, éster, glucósido, etc.

La familia de los fenólicos es muy amplia y tienen muchas clasificaciones. Por su estructura química tenemos dos grandes grupos, no flavonoides y flavonoides (Arhuire y Betancur, 2016). Siendo los no flavonoides ácidos fenólicos que a su vez se dividen en dos grupos: ácidos benzoicos y ácidos cinámicos. Y los flavonoides son metabolitos secundarios polifenólicos; químicamente sustancias producidas en las plantas que tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y antivirales.

Desde el punto de vista agronómico las antocianinas y los compuestos fenólicos tienen funciones de protección en la planta contra efectos de radiación ultravioleta, defensa contra contaminantes virales y microbianos, además de ser responsables de la polinización en la dispersión de las semillas para facilitar su reproducción (Garzón, 2008).

Arhuire y Betancur (2016) Reafirma que los compuestos fenólicos y antocianinas son esenciales para el crecimiento y reproducción de la planta, otorgándole resistencia frente al estrés que puede ser ocasionado por diferentes condiciones ambientales o el daño por plagas.

En los últimos años se ha despertado el interés por investigar y estudiar el color característico de los pigmentos antociánicos, sus componentes, así como los alimentos

que lo contienen; tales investigaciones han llevado a la conclusión que los productos pigmento antociánicos ayudan al ser humano a reducir posibles enfermedades coronarias, cancerígenas, diabetes, tienen efecto antiinflamatorio y comportamiento cognitivo (Garzón, 2008).

Las antocianinas vegetales son pigmentos naturales que remplazan a los colorantes sintéticos en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. La presencia de antocianinas son las causantes del color en los alimentos, desde una tonalidad roja hasta un azul. (Garzón, 2008). Desde el punto de vista estructural, las antocianinas tienen una carga positiva sobre su átomo de oxígeno, cuya orientación y cantidad de los grupos hidroxilo y metoxilo por toda la molécula serán los responsables de su color (Torres, 2018).

Se conocen alrededor de 20 antocianidinas, de las cuales seis son las de mayor interés de estudio en la industria de alimentos y surgen como resultado de las variaciones estructurales del anillo B (Garzón, 2008).

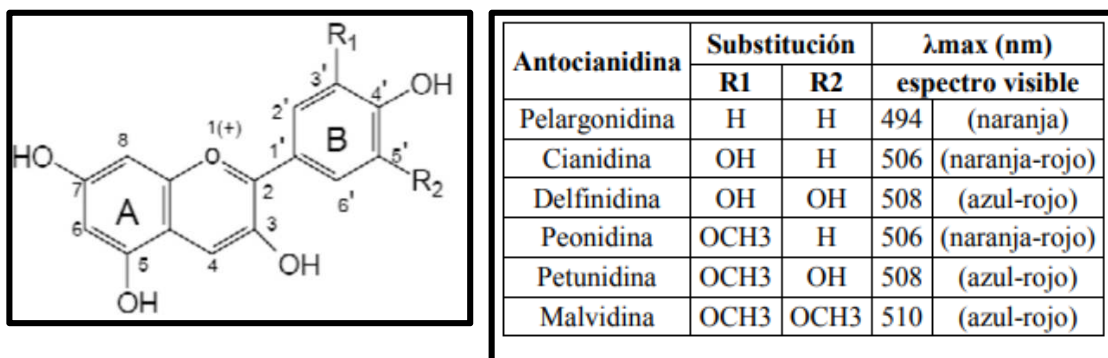


Figura 2: Estructura y sustituyentes de las antocianinas

Fuente: Garzón, 2008.

2.3.4. Beneficios del maíz morado

El extracto de maíz morado proporciona una base alimenticia y bioquímica empleando la antocianina como un “factor funcional de alimentos”, siendo beneficioso porque controla la concentración de glucosa en la sangre ayudando a prevenir la diabetes y suprimiendo el desarrollo de enfermedades como la obesidad. Las antocianinas que posee el maíz morado, favorecen la reconstrucción y reparación de los tejidos, ayuda a reforzar el sistema cardiovascular (tensión alta) previniendo futuros problemas cardiacos, retarda los procesos degenerativos, gracias a su alto contenido de antioxidantes se resalta su acción antiarrugas, aumenta el flujo sanguíneo, promueve la formación de colágeno y ayuda a estimular la acción diurética (Paucar y Castillo, 2011).

2.3.5. Harina de maíz morado

Uno de los alimentos más representativos del Perú desde épocas preincaicas ha sido el maíz morado siendo representado en diferentes elementos cerámicos de culturas antiguas (Perez, 2014).

El maíz morado como harina viene a ser un polvo obtenido luego de un proceso previo de selección, lavado, desinfección, deshidratado, molido y tamizado, donde la harina obtenida debe estar libre de partículas extrañas e impurezas. Es usado comercialmente en bebidas y como sustituto parcial de la harina de trigo para elaborar productos panificables como panes, tortillas, empanadas, cup cakes, muffins y pasteles.

2.4. Caracterización reológicas de las harinas

La reología estudia el comportamiento de los materiales en función al esfuerzo ejercido sobre él y su deformación. Existen expresiones matemáticas o modelos reológicos que ayudan a simular el comportamiento de un material según su composición y su forma de preparación. Las propiedades reológicas pueden ser expresadas en función de la viscosidad, elasticidad y viscoelasticidad, buscando la relación entre el esfuerzo y la deformación (Rodríguez, Fernández, & Ayala, 2005)

En la industria de la panificación medir las características reológicas de las harinas utilizadas para la elaboración de un producto nuevo es fundamental. Por ello, es necesario controlar ciertas características de textura que deseamos obtener del producto final así como evaluar propiedades de dureza, grado de gelatinización de los almidones, extensibilidad de la masa entre otras.

La estabilidad y el crecimiento de las cavidades celulares en la masa se ven afectadas por el comportamiento de la misma durante el proceso mecánico de manipulación en las pruebas reológicas.

Esto se determina por la intervención del almidón, la proteína y el agua, donde parte de la proteína de la harina tiene la capacidad de formar una red continua de gluten, dicha estructura proteica se forma al hidratar la harina y se refuerza con el amasado, ya que una masa pobre en agua puede darnos como resultado un producto seco y de textura quebradiza (Sciarin, León, & Steffolani, 2016).

2.4.1. Aplicación en el área de alimentos

- En Ingeniería de procesos, se aplica para llevar a cabo las operaciones unitarias adecuadas para el producto.
- En control de calidad, evaluando que las características físicas y organolépticas que se refieren sean realmente las que se están ofreciendo.
- Mejora y desarrolla productos dirigidos a un segmento del mercado
- Aceptabilidad del consumidor, siempre que se cumpla con las características organolépticas que el consumidor requiere.

2.5. Trascendencia del ácido ascórbico en panificación

El ácido ascórbico es uno de los aditivos más importantes y utilizados en la industria alimentaria como un antioxidante en diversos productos alimentarios. Es un polvo muy fino ligeramente amarillento, inodoro y de sabor ácido. Generalmente está incorporado en los mejoradores y en las harinas comerciales utilizadas en elaborar productos de panificación. Tras una investigación para estudiar el efecto que proporciona la adición del ácido ascórbico en las propiedades reológicas de la masa hecha con harina de trigo y agua, se encontró que el ácido ascórbico modifica las propiedades reológicas de la masa y reacciona en presencia de la enzima ácido-ascórbicooxidasa de la harina, como un agente oxidante que produce el aumento de elasticidad en la masa (Alasino *et al.*, 2011).

Actualmente se admite que el ácido ascórbico es un agente reductor que se comporta como un oxidante proporcionándole fuerza a la masa y mejorando el volumen y la calidad de los panes. Algunos autores como Miller y Hosene en (Alasino *et al.*, 2011) refieren

que esas mejoras se atribuyen a la producción de uniones disulfuro dentro de la red de gluten logrando un fortalecimiento de la masa.

2.6. Mezclas alimenticias

Hace referencia a combinaciones de distintos alimentos como cereales andinos, tubérculos, leguminosas, entre otros; los alimentos son mezclados con la finalidad de obtener un producto comestible con alto valor añadido y calidad nutricional superior a su estado original e individual. El objetivo con el que son elaborados es para cubrir las necesidades nutricionales de poblaciones con índices de desnutrición y mala alimentación. (Paucar *et al.*, 2016), refiere y reafirma que las mezclas alimenticias has sido creadas principalmente para satisfacer deficiencias en alimentación de las poblaciones infantiles en riesgo de desnutrición a fin de cubrir mejor sus necesidades nutricionales.

Las mezclas alimenticias están compuestas de varias clases de proteínas, de todas las proteínas la lisina es el primer aminoácido limitante, seguido por la treonina en la mayoría de los cereales, y el triptófano en el maíz (Briones, 2011)

2.6.1. Complementación proteica

Las proteínas son macromoléculas formadas de aminoácidos que actúan en nuestro cuerpo para regenerar, compensar y defender nuestro organismo. El ser humano necesita ingerir cantidades importantes de aminoácidos, las cuales deben ser cubiertas en nuestra dieta diaria a través de la proteína de un alimento. Si la proteína logra aportar los aminoácidos que el organismo necesita o demanda, se dice que dicha proteína es de excelente calidad; si por el contrario, no los aporta, la proteína alimentaria es de mala calidad (Rosenbloom y Coleman, 2012).

La búsqueda de alimentos que ofrezcan una dieta con alta calidad de proteínas, ha llevado a combinar harinas de cereales y/o leguminosas en el desarrollo de nuevas formulaciones alimenticias (Cerezal *et al.*, 2011). Las proteínas están presentes en los alimentos y su calidad está condicionada por el número y la cantidad de aminoácidos esenciales que proporcione, el aminoácido que se encuentre en menor proporción respecto a la demanda celular; es decir, el aminoácido más deficiente de una proteína es llamado aminoácido limitante (Phillips y Lj, 2011).

Si bien el maíz es usado más que cualquier otro cereal para fines domésticos e industriales, por su alto valor nutricional respecto a otros de su categoría como el trigo y arroz; es importante remarcar que nutricionalmente su estado más pobre está en su cantidad de proteínas. Los cereales como el maíz tienen un tipo de proteínas de almacenamiento en el endospermo denominadas prolaminas, las cuales han sido investigadas por sus propiedades de extensibilidad y elasticidad, la prolamina en el maíz recibe el nombre de zeína (Hernández *et al.*, 2015); el maíz tiene un bajo contenido de aminoácidos esenciales, especialmente lisina y triptófano, por ello es importante complementar su ingesta con otras proteínas para aprovechar mejor su estado nutricional (Marinez Austin & Martinez De Victoria, 2006).

2.6.2. Computo Químico.

El cómputo químico evidencia la calidad y el contenido en aminoácidos de la proteína al ser evaluado con la proteína patrón o de referencia. Actualmente existen muchos métodos para evaluar que la calidad proteica cumpla con los requerimientos necesarios, el método

sugerido se llama score de aminoácidos (SQ) o calificación del cómputo químico corregido por digestibilidad proteica, representado por sus siglas en inglés como (protein digestibility corrected amino acid score) o PDCAAS (Suárez, Kizlansky, & López, 2006).

Las proteínas de referencia son diferentes y dependen de las necesidades alimenticias de la población a evaluar, son utilizadas como modelos de referencia de las mezclas aminoacídicas deseables y reciben el nombre debido a que son proteínas que permiten una óptima síntesis proteica (Huayna, 2016).

Cuando no existe déficit en el porcentaje de un aminoácido esencial el SQ es 100%; por el contrario, si una proteína es carente en un aminoácido esencial su porcentaje de SQ será cero.

Las proteínas son evaluadas a través del cómputo químico, fijando una comparación porcentual entre la composición aminoacídica de una proteína patrón y la composición aminoacídica de la proteína a evaluar.

$$CQ = \frac{g. AAE. Alimento o Mezcla}{g. AAE. Proteína patrón}$$

El consumo de proteínas en los seres humanos fundamenta su importancia en una serie de reacciones orgánicas que interviene en los procesos regenerativos y de construcción celular, ya que nuestro cuerpo está básicamente compuesto por proteínas (Boticario & Cascales, 2012). La ingesta de proteínas nos provee de aminoácidos que no pueden ser generados por nuestro propio organismo y que responsables del buen funcionamiento de nuestro sistema inmunológico, reparación de tejidos y oxigenación de nuestro organismo (Huayna, 2016).

Para abastecer el requerimiento de aminoácidos que necesitamos diariamente, nuestro organismo hace uso del pool de aminoácidos que provienen de las vías exógenas (aminoácidos introducidos por la dieta) y endógenas (se encuentran circulando en sangre); al cual las células recurren cuando debe sintetizar nuevas proteínas o compuestos relacionados a esta (Brandan y Aispuru, 2012).

2.7. Calidad en los productos de panificación

El uso y combinación de nuevas materias primas en la industria de panificación busca dar origen a alimentos más saludables; esto puede afectar directamente los atributos sensoriales, físico químicas y reológicas de los productos panificables, por ello es fundamental modificar y controlar los parámetros de calidad que está relacionado con las necesidades y expectativas que tienen los consumidores respecto a los alimentos (FAO, 2015).

La norma (NTP – ISO 8402, 1994) define calidad como una serie de requisitos (aquellos que pueden ser descritos y considerados individualmente) y que poseen la capacidad de satisfacer necesidades que expresa el cliente o consumidor. Asimismo define calidad sanitaria como el conjunto de requerimientos microbiológicos, físico-químicos y organolépticos que debe encontrarse en un alimento para ser considerado apto e indicando que no ha sido alterado ni manipulado; por lo tanto es seguro para el consumo humano (Arellano y Rojas, 2017).

Por otro lado, la norma técnica sanitaria (NTS 088-MINSA/DIGESA-V.01) en su definición de calidad busca proteger prioritariamente la salud del consumidor estableciendo

requisitos que cumplan y aseguren la inocuidad alimentaria desde la producción, almacenamiento, distribución y finalmente comercialización o venta.

2.7.1. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial interviene en la industria alimentaria con el fin de controlar los procesos de elaboración de productos nuevos o existentes al que se quiere cambiar alguno de sus componentes, de esta manera poder medir criterios de calidad del producto y conocer el juicio de los consumidores para hacer un seguimiento que permita mejorar su aceptación. Esta evaluación no solo se tiene en cuenta para mejorar y optimizar productos ya existentes sino para realizar nuevas investigaciones y seguir innovando (Hernandez, 2005).

2.7.1.1 Conducción del panel de evaluación sensorial

Es de suma importancia desarrollar paneles de pruebas sensoriales que nos permita conocer si el producto a evaluación cumple las condiciones deseadas y esperadas por el consumidor. Tales condiciones incluyen desde la selección de jueces, el ambiente o sala de catación, el lugar donde serán preparadas las muestras, así como la prueba que se desea aplicar, con el fin de obtener resultados confiables y seguros que luego serán evaluados a través de un análisis estadístico (Surco Almendras & Alvarado Kirigin, 2011).

2.7.1.2 Método de escala hedónica

Este tipo de prueba involucra jueces imparciales que evalúen el grado de satisfacción del producto en una escala que le proporciona el analista. Estas pruebas son una herramienta muy eficiente en el diseño de nuevos productos y se utiliza mucho en empresas que desean incluir un nuevo producto, de esta depende si será un éxito o fracaso. En la escala hedónica es necesario ubicar las características de grado de aceptabilidad de un producto en los extremos y fijar un punto central para que el juez pueda localizar el punto de indiferencia de la muestra a evaluar (Ramirez, 2012).

2.7.1.3 Muestras

Manejar el tema de la preparación y presentación de muestras es prescindible en evaluaciones sensoriales ya que de su adecuada implementación dependerán los resultados (Catania, 2007).

Estadísticamente hablando, las muestras son datos medibles pertenecientes a una población y representan la información que se desea obtener. Las muestras previamente codificadas serán entregadas a los jueces y pasarán por un proceso sensorial que involucra los sentidos empezando con un estímulo, sensación, percepción, obteniendo finalmente la respuesta.

Las muestras preferentemente deben ser presentadas a los jueces de manera natural, a una temperatura similar a las de un consumo habitual, tratando de evitarle al juez la sensación que se encuentra bajo análisis (Jimenez y Perez , 2007).

2.7.1.4 Jueces

Son personas que emiten juicios en una prueba sensorial encargándose de medir los atributos sensoriales de los alimentos. Deben poseer habilidades y tener la capacidad de evaluar un producto utilizando sus sentidos para encontrar la sensación analizada. Los jueces que participarán en la evaluación sensorial están clasificados en cuatro grupos, como: juez experto, juez entrenado, juez semi-entrenado o de laboratorio, y juez consumidor, la cantidad de jueces para validar la prueba dependerá del tipo de juez (Solis, 2008).

2.8. Diseño Estadístico de Experimentos

2.8.1 Variables independientes

Las variables independientes en estudio, son los porcentajes de sustitución de harina de Maíz morado (5-15%) y Ácido ascórbico (20-120ppm).

2.8.2 Variables dependientes

- ✓ **Características tecnológicas:** Se entiende por características tecnológicas, aquellas que son parte del proceso de evaluación a través de métodos instrumentales. En el trabajo realizado serán consideradas la textura instrumental, volumen específico, a_w , colorimetría, pérdida de peso y también la calidad microbiológica que asegure su consumo.
- ✓ **Características sensoriales:** Son aquellas cualidades de evaluación que se realizan a un producto por medio de los sentidos, son evaluadas gracias a la colaboración de los jueces. En el trabajo realizado consideramos atributos de olor, color, sabor y textura para evaluar sensorialmente los panetones.

2.8.3 Esquema experimental.

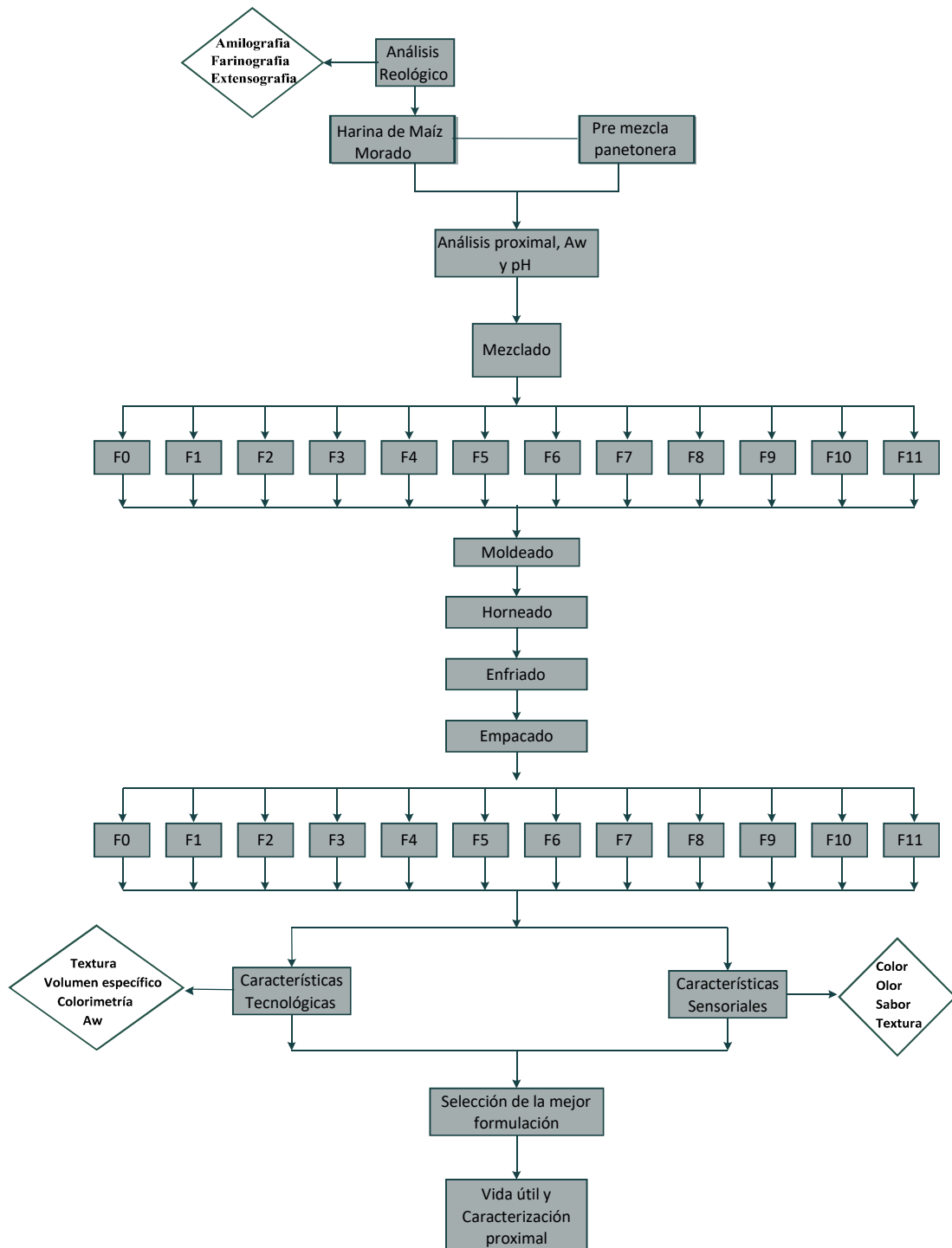


Figura 3: Esquema experimental del diseño estadístico

Capítulo III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materia Prima e Insumos

3.1.1. Materia prima

Nuestra fuente primaria para la producción de panetones fue:

- Harina premezcla panetonera, de calidad Premium, comercializada por BAKELS PERÚ.
- Maíz morado en grano entero, proveniente del distrito de Jimbe, departamento de Ancash y comercializado en el Mercado mayorista La Perla, (Chimbote).

3.1.2. Insumos

- Ácido ascórbico
- Azúcar blanca refinada, marca San Jacinto
- Levadura seca instantánea BAKELS
- Huevos, margarina, manteca, pasas, frutilla, esencia de panetón
- Conservante, marca BAKELS

3.1.3. Materiales de envase y embalaje

- Pirotines para panetón de 900g
- Bolsas de polietileno con cierre hermético.

3.2. Equipos, instrumentos y reactivos

3.2.1 Obtención de harina de maíz morado

- Secador de bandejas. Marca: Torrh. Modelo: SBT-10X10. Serie: JP0010113. País: Perú



Figura 4: Secador de bandejas

Fuente: Manual Industrias Peruanas, 2014

- Equipo de molienda y tamizado. Marca Torrh. Modelo: MDMT-60XL. Serie: JP0011112. País: Perú



Figura 5: Módulo de molienda y tamizado

Fuente: Manual Industrias Peruanas, 2014

3.2.2 Producción de panetones

- Amasadora – Sobadora. Marca: Nova. Modelo: K25. Serie: 0528028.
Capacidad: 40Kg. País: Perú



Figura 6: Amasadora

Fuente: Manual maquinarias Nova, 2012

- Horno Rotatorio por convección. Marca Nova. Modelo: MAX1000.
Serie: 0501028. País: Perú



Figura 7: Horno Rotatorio

Fuente: Manual maquinarias Nova, 2012

- Balanza gramera. Marca CAMRY. Modelo: EK2151H



Figura 8: Balanza gramera

Fuente: Manual Camry Scale Store, 2017

- Selladora de bolsas. Marca: Safari



Figura 9: Selladora de bolsas

Fuente: Manual maquinaria ligera Safari Group, 2017

3.2.3 Evaluaciones tecnológicas de panetones

3.2.3.1 Equipos

- Balanza analítica Marca: PRECISA GRAVIMETRICS A G. Serie: 321LX. Modelo: LX320A. Desviación: 0.01 g. País: Suiza
- Balanza gramera Marca: PRECISA. Modelo: XB4200C. Desviación: 0.01 g. País: Suiza
- Cocina eléctrica. Marca: KESSEN. Modelo: HPY6870- 26. Serie: 46804273. País: China
- Equipo de actividad de agua. Marca: ROTRONIC. Modelo: HydroLab2. País: Perú
- Estufa. Marca: POL-EKO APARATURA. Modelo: SW- 17TC. Serie: SW-1990. País: E.E.U.U
- Campana extractora de aire.
- pH metro digital, Marca. THERMO SCIENTIFIC (Orión Star A211)
- Texturómetro. Marca: BROOKFIELD. Modelo: CT34500. Serie: 8555940. País: EE.UU
- Amylograph-E, Marca: BRABENDER, Modelo: 800250
- Farinograph – AT, Marca: BRABENDER, Modelo: 810161
- Extensograph – E, Marca: BRABENDER, Modelo: 860723

3.2.3.2 Materiales de laboratorio

- Bureta
- Campana desecadora
- Embudo de vidrio
- Matraces de Erlenmeyer (250ml y 500ml)
- Mortero
- Papel filtro
- Balón de destilación de 250ml
- Succionador de pipetas
- Pinzas de metal y madera
- Pipetas (1ml, 5ml, 10ml)
- Placas Petri
- Probetas (50ml, 250ml y 500ml)
- Vasos de precipitado (50ml, 100ml y 250ml)

3.2.3.3 Reactivos

- Éter de petróleo
- Fenolftaleína
- Solución de NaOH (0.1N)

3.3. Método

3.3.1 Obtención de la harina de Maíz morado (*Zea Mays L.*)

Para obtener la harina de maíz morado se siguió la metodología de (Nolasco C & Araujo V, 2014). Las cantidades están referidas en el Anexo I.

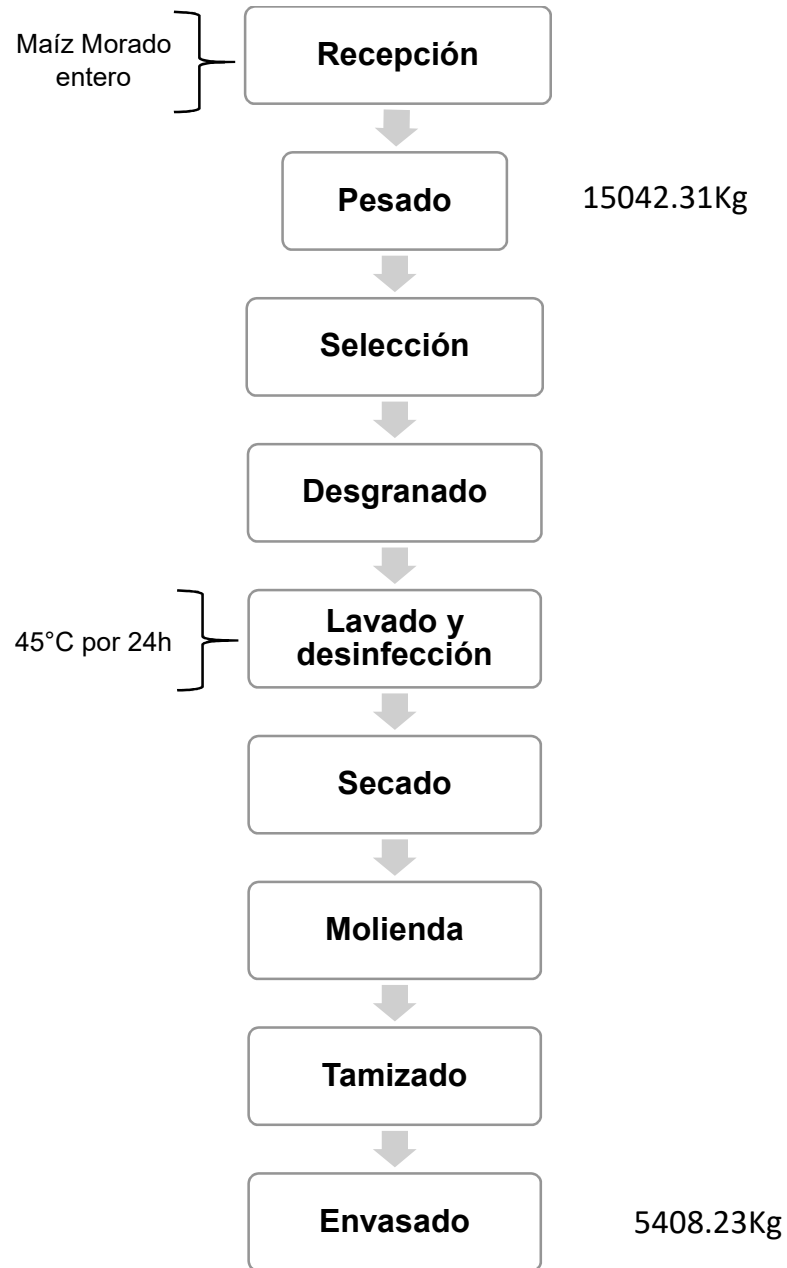


Figura 10: Diagrama de flujo de la obtención de harina de maíz morado

3.3.1.1 Recepción

La materia prima fue trasladada en sacos hacia las instalaciones del laboratorio de Operaciones Unitarias – IITA

3.3.1.2 Pesado

Pesamos la materia prima recibida con la finalidad de realizar cálculos posteriores para determinar nuestro rendimiento.

3.3.1.3 Selección

Se realiza manualmente separando las mazorcas en buen estado de las defectuosas, se utilizó una escobilla de cerdas gruesas para quitar el polvo.

3.3.1.4 Desgranado

El desgranado se llevó a cabo de forma manual.

3.3.1.5 Lavado y desinfección

Los granos fueron lavados con agua a presión eliminando suciedad e impurezas. Se utilizó una solución de NaClO a 100ppm de C.L.R. donde se sumergió la materia prima por 5 minutos (Nolazco y Araujo, 2014).

3.3.1.6 Secado

La materia prima fue oreada y colocada en el secador de túnel por aire caliente a una temperatura 45°C y una velocidad de aire promedio de 2.5 m/s (Nolazco & Araujo, 2014).

3.3.1.7 Molienda

La molienda se realizó con ayuda de un molino de martillos con cuchillas de donde se obtuvo el tamaño de partícula adecuado (Nolazco & Araujo, 2014).

3.3.1.8 Tamizado

Se utilizó el equipo tamizador y se utilizó el tamiz de menor diámetro para obtener las partículas más uniformes y finas.

3.3.1.9 Envasado y almacenamiento

Se realizó en doble bolsa para proteger el producto y se almacenó a temperatura ambiente aproximada de 25°C.

3.3.2 Caracterización Químico Proximal de las Harinas

3.3.2.1 Humedad

Según el método ICC Standard methods of the International Association for Cereal Science and Technology, se hace empleando el método tradicional de secado al horno, calculando la pérdida de peso de la harina cuando se calienta a 105°C por 2.5h.

3.3.2.2 Porcentaje de Grasas

Se utilizó el método de extracción Soxhlet, 31.4.02 de (AOAC 2000). Para este método se utiliza éter de petróleo, el cual será el reactivo que extraerá el extracto etéreo. Se utilizan 2gr de muestra, posteriormente se colocan en un papel filtro bien cerrado para no perder la muestra en el proceso.

3.3.2.3 Determinación de Cenizas

Según ISO Method No. 2171, esta prueba se realiza incinerando la muestra en una mufla a temperaturas de 900°C ±25°C.

3.3.2.4 Proteínas

Se utilizó el método Kjeldahl número 12.1.07 (AOAC 2000). Este método emplea una digestión ácida (con ácido sulfúrico y catalizadores) y requiere un tiempo significativo de hasta 10h.

3.3.2.5 Carbohidratos Totales

Los carbohidratos totales fueron determinados por diferencia, restando el 100% de la suma de los porcentajes de humedad, ceniza, grasa y proteínas.

3.3.3 Análisis fisicoquímico de las harinas

3.3.3.1 Análisis de color

Se utilizó el colorímetro digital marca KONICA MINOLTA (CR-400T), por el método CIELAB, con mediciones en la corteza y la miga. Para esta última, la muestra se partió a la mitad y se apoyó el visor del colorímetro encima, este procedimiento se realizó por triplicado y se obtuvieron tres parámetros: L (luminosidad), a* (color entre magenta y verde) y b* (color entre amarillo y azul), referido por (Paucar *et al.*, 2016)

3.3.3.2 Actividad de agua

La actividad de agua (A_w) se determinó utilizando un higrómetro marca ROTRONIC usando el método AOAC 978.18 (2000).

3.3.3.3 Acidez

Se determinó siguiendo el método AOAC 942.15 (2002), Titulometría.

3.3.3.4 pH

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

3.3.3.5 Granulometría

La granulometría de la harina de maíz morado se llevó a cabo según el método AOAC (1995) el cual refiere que la harina debe pasar por un tamiz de 212 micras (N° 70) y deberá pasar por él al menos el 98% de la misma para ser aceptable.

3.3.4 Evaluación reológica de las harinas

Las masas elaboradas a partir de harinas tienen características viscoelásticas propias, resultantes de la mezcla de harina, agua y otros ingredientes (Rodríguez *et al.*, 2005).

Estudiar la reología de masas a determinadas condiciones de proceso nos permite asegurar y obtener resultados deseados de producto final. Hay diferentes tipos de análisis para controlar la calidad de la masa, los ensayos más empleados se realizan a través de equipos que han sido diseñados para registrar el mezclado, la absorción del agua, la actividad enzimática y las propiedades de fermentación y oxidación de las harinas, estos equipos son:

a. Amilógrafo

Este equipo permite determinar características de viscosidad, retrogradación y gelatinización de las harinas, y dan como resultado información respecto a la estructura de la miga que se desea obtener.

El amilógrafo registra de forma gráfica y continua las variaciones de viscosidad de las mezclas de harinas en agua a medida que la temperatura se va incrementando

gradualmente. La viscosidad va aumentando debido a la gelatinización del almidón y la actividad enzimática de la harina. La viscosidad de un gel de almidón, previo calentamiento, se ve afectada por la acción de la alfa amilasa (Moreno, 2017).

El amilógrafo Brabender va registrando de manera continua la resistencia a la agitación de una suspensión de harina en agua a medida que se va elevando la temperatura a velocidad de 1.5°C/min durante el proceso de panificación hasta alcanzar los 90 a 95°C y luego se mantiene constante a 95°C, mientras tanto en el equipo se registrará el grado de gelatinización. (Moreno, 2017).

La altura de la curva indica el grado de gelatinización de la mezcla, una curva baja indica que hay una mala gelatinización la cual significa que el almidón no ha podido integrarse por completo con el agua; por el contrario una curva elevada demuestra un alto grado de gelatinización y buena capacidad para retener el agua, de modo que no quede libre (Moreno, 2017).

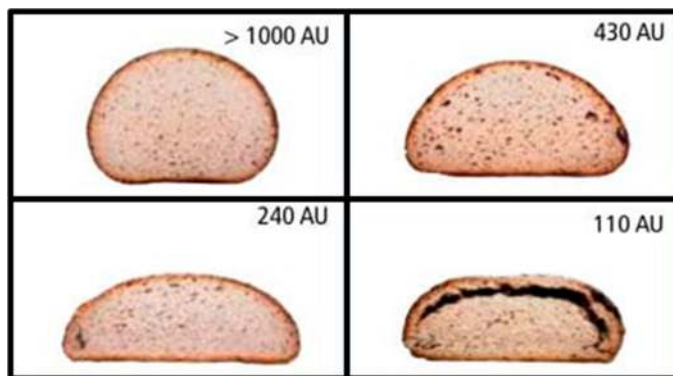


Figura 11: Influencia de la actividad enzimática (α -amilasa) en la calidad del pan. Ficha técnica Amilógrafo E

El equipo amilógrafo permite:

- Evaluar la capacidad y calidad de la harina en su aplicación elaborando productos panificables.
- Medir las características de horneado de las harinas (contenido de α -amilasa, máximo de gelatinización, temperatura en el máximo de gelatinización).
- Evaluación y estudio de harinas especiales, así como nuevas formulaciones o combinaciones de harinas.
- Controlar las cantidades y tipos de enzimas que serán añadidas durante el ensayo pudiendo observar su influencia durante el proceso.



Equipo	Anylograph - E
Marca	Brabender
Modelo	800250
Serie	1925888

Figura 12: Equipo Amilógrafo - BRABENDER

Fuente: Manual de Amilógrafo Brabender

b. Farinógrafo

Permite realizar análisis de calidad en harinas, es una amasadora de alta velocidad que evalúa la resistencia de la masa contra una fuerza de cizalladura constante. Se registra dicha resistencia que opone la masa frente al esfuerzo mecánico uniforme, en condiciones de ensayo invariable, desde la formación de la masa y durante toda la duración del ensayo reportándolo en un gráfico que detalla la resistencia en función al

tiempo. La curva resultante se llama farinograma, la cual representa en su conjunto las propiedades características de la harina. Un principio importante del farinograma es la determinación exacta del agua absorbida por la masa y la resistencia que presentará a su fermentación (Moreno, 2017).

El farinógrafo se utiliza ampliamente como una manera de supervisar el desarrollo de la proteína de gluten durante el mezclado de la masa, también puede estudiar la influencia de los mejoradores de todo tipo sobre la consistencia y características de la masa, utilizados a diferentes proporciones; influencia de agentes enriquecedores, productos de malta y enzimas bacterianas. (Moreno, 2017)

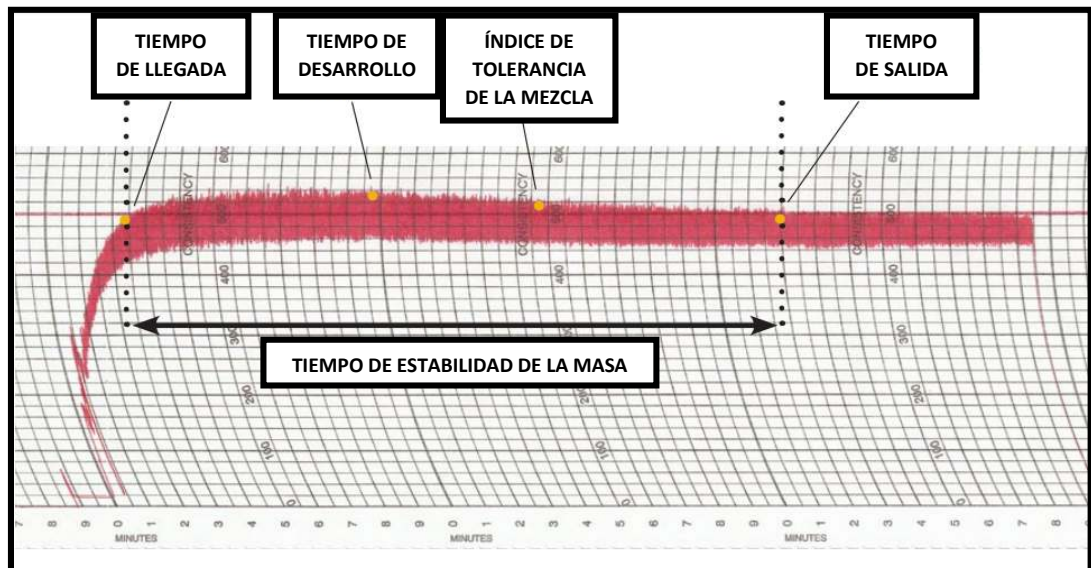


Figura 13: Harina de gluten fuerte

Fuente: Wheat and Flour Testing Methods: A Guide to Understanding Wheat and Flour Quality. Version 2



Equipos	Farinograph - E
Marca	Brabender
Modelo	810161
Serie	1925949

Figura 14: Figura 18: Equipo Farinógrafo – BRABENDER

Fuente: Manual de Farinógrafo Brabender

c. Extensógrafo

Complementa al farinógrafo, se fundamenta en el principio de deformar (estirar) un pedazo de masa, va registrando el comportamiento de la masa y su resistencia al estiramiento (extensión) a una velocidad constante. (Brabender, 2011).

Los resultados de la prueba de extensografía son útiles en la determinación de la fuerza del gluten, esto debido a la cantidad y calidad de proteínas presentes en la masa, para que la red de gluten tenga la capacidad de retener la mayor cantidad de gas (CO₂) durante el proceso de fermentación. También es posible evaluar el efecto del tiempo de fermentación y los aditivos utilizados en el rendimiento de la masa (North American Export Grain Association, 2008).

- La prueba del extensógrafo simula y registra el comportamiento de estiramiento de la masa.
- Registra la resistencia a la extensión está determinado por el valor R y se indica por la altura máxima de la curva. Se expresa en centímetros (cm), Unidades Brabender (UB) o unidades de Extensógrafo (UE).

- La extensibilidad es el valor de E y se indica por la longitud de la curva expresada en milímetros o centímetros (cm).
- La relación resistencia – extensibilidad (R/E) señala el equilibrio entre la fuerza de la masa que se resiste a la extensión y la medida en que la masa puede estirarse antes de la rotura, se expresa en (cm²).

La harina de gluten débil tiene una resistencia más baja a la extensión (valor R) que la harina fuerte con gluten (North American Export Grain Association, 2008)



Equipos	Extensograph – E
Marca	Brabender
Modelo	860723
Serie	1925035

Figura 15: Equipo Extensógrafo – BRABENDER

Fuente: Manual de Extensógrafo Brabender

3.3.5 Computo Químico

Se realizó el cálculo del puntaje químico o score de las proteínas de la muestra sobre la base del cálculo del aminoácido limitante, se determinó el porcentaje de presencia de los aminoácidos esenciales en la proteína en estudio, con respecto a la proteína de referencia. Como lo sugiere (Cervilla *et al.*, 2012) el método consiste en dividir la cantidad de aminoácidos esenciales presentes en los concentrados proteicos entre la cantidad de aminoácidos esenciales presentes en la proteína de referencia y multiplicar este valor por 100.

El score de cada alimento fue calculado teniendo en cuenta datos bibliográficos de composición química de aminoácidos esenciales de las tablas de FAO.

Tabla 4: Requerimiento Proteico (FAO/OMS/UNU 2007)

Proteína de referencia (adultos) Aminoácidos	FAO /OMS /UNU (2007)
	mg/Kg por proteína
Histidina	15
Isoleucina	30
Leucina	59
Lisina	45
Metionina + cisteína	22
Metionina	16
Cisteína	6
Fenilalanina + tirosina	38
Treonina	23
Triptófano	6
Valina	39
Total de aminoácidos indispensables	277

3.3.6 Producción de panetones

3.3.6.1 Pruebas preliminares

Se realizaron pruebas preliminares primero con la formulación tradicional que incluye la harina de trigo como harina base y todos los demás ingredientes y segundo con la utilización de la harina premezcla panetonera por ser la más comercial con el fin de ajustar la formulación estándar y obtener el rango de sustituciones y concentración de la harina de maíz

morado y el ácido ascórbico respectivamente. A partir de los resultados se delineó la planificación experimental para evaluar el efecto de estas variables en panetones.

3.3.6.2 Formulación

La formulación estándar utilizada para la producción de panetones está presentada en la Tabla 5

Tabla 5: Formulación utilizada para la producción de panetones - Panetón control

FORMULACIÓN		
INGREDIENTE	CANTIDAD (%)	CANTIDAD (gr)
PREMEZCLA PANETONERA	100	2,500
ESPONJA		
Pre mezcla	60	1,500
Levadura seca	1.6	40
Azúcar blanca	6	150
Agua	34	850
MASA FINAL		
Pre mezcla	40	1,000
Azúcar blanca	24	600
Agua helada	18	450
Manteca	16	400
Margarina	8	200
Pasas	22	550
Frutas	22	550
Esencia	0.4	10

3.3.6.3 Diseño experimental

Se realizó un diseño factorial de 2^2 incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central, la harina de maíz morado y el ácido ascórbico se eligieron como variables independientes para este diseño.

Para investigar el efecto de la adición de la harina maíz morado y ácido ascórbico en las características tecnológicas de panetones se aplicó un diseño estadístico del tipo compuesto central rotacional (DCCR). Los niveles varían en $-\alpha$, -1, 0, +1, $+\alpha$ y los valores reales se presentan en la tabla 5, siendo establecidos después de haber realizado las pruebas preliminares.

Tabla 6: Variables y niveles del delineamiento experimental 2^2

Variables Independientes	Niveles				
	$-\alpha$	-1	0	1	$+\alpha$
Harina de Maíz Morado (%)	5	6.5	10	13.5	15
Ácido ascórbico (ppm)	20	34.6	70	105.4	120

Se realizaron once ensayos con cuatro puntos factoriales (combinación de los niveles -1 y +1), cuatro ensayos en condiciones axiales (una variable en el nivel $+\alpha$ y la otra en 0), y tres repeticiones del punto central (las dos variables en el nivel 0). La tabla 6 presenta la planificación experimental empelada con los valores codificados.

Tabla 7: Valores codificados y reales del diseño central compuesto rotacional 2^2

Experimento	VALORES CODIFICADOS		VALORES REALES	
	X_1	X_2	Harina de Maíz Morado (%)	Ácido ascórbico (ppm)
1	-1	-1	6.5	35
2	1	-1	13.5	35
3	-1	1	6.5	105
4	1	1	13.5	105
5	$-\alpha$	0	5	70
6	α	0	15	70
7	0	$-\alpha$	10	20
8	0	α	10	120
9	0	0	10	70
10	0	0	10	70
11	0	0	10	70

Tabla 8: Composición de las materias primas para cada formulación del DCCR 2^2

Formulaciones	Harina de Pre-Mezcla (%)	Harina de Maíz Morado (%)	Ácido ascórbico (ppm)
1	93.5	6.5	35
2	86.5	13.5	35
3	93.5	6.5	105
4	86.5	13.5	105
5	95	5	70
6	85	15	70
7	90	10	20
8	90	10	120
9	90	10	70
10	90	10	70
11	90	10	70

3.3.6.4 Obtención de panetones

3.3.6.4.1 Primera etapa

Habiendo realizado previamente el pesado de los insumos según cada formulación establecida, en esta etapa se empieza con la preparación de la masa esponja: en una máquina amasadora se colocaron la harina premezcla, levadura seca instantánea y el agua fría, reservando parte del volumen requerido de la misma para ir agregando poco a poco según el proceso.



Figura 16: Primera etapa del proceso - Amasado I

El proceso de amasado se inicia en primera velocidad y es mezclado hasta obtener una masa homogénea, este proceso dura aproximadamente 12 minutos. Colocamos la masa en un recipiente de plástico con tamaño adecuado, considerando 4 veces más su volumen inicial, tapar y almacenar en la cámara de fermentación por espacio de 90-120 minutos a 29°C.



Figura 17: Almacenamiento de la masa en el fermentador

3.3.6.4.2 Segunda etapa

Dentro de la máquina amasadora se agrega el agua helada y el azúcar blanco a segunda velocidad para ayudar a diluir, luego dentro del equipo amasador es colocada la masa fermentada de la primera etapa.



Figura 18: Segunda etapa del proceso. Amasado II

Se agrega en orden la harina premezcla, harina de maíz morado y el ácido ascórbico, previo pesado, luego de 8 minutos añadimos las yemas de huevo (heladas) y las grasas hasta alcanzar la textura de una masa ligada con buena estructura (que sea capaz de estirarse sin romperse).



Figura 19: Adición de la harina de maíz morado a la masa



Figura 20: Consistencia ligosa de la masa

Finalmente adicionamos las pasas morenas, la fruta confitada y la esencia de panetón; seguimos amasando por 2 minutos más hasta lograr que todos los insumos se hayan integrado homogéneamente. Retiramos la masa final de la amasadora y trozamos manualmente con una raspa, pesando bollos de 950gr, con la finalidad de obtener panetones de igual peso. Inmediatamente después viene la etapa de boleado, que consiste en someter a presión sobre una superficie rígida a la masa dando giros con la finalidad de cerrar la superficie dando a los panetones un exterior liso y “seco” para evitar que el gas pueda escapar fácilmente.



Figura 21: Masa final. Pesado y boleado

Cada bollo es colocado dentro de los moldes (pirotines), los cuales son acomodados en bandejas y llevados dentro de la cámara de fermentación por 120 – 150min a T° de 33°C, en esta operación las levaduras desdoblan y degradan los azúcares contenidos en la masa para convertirlo en gas carbónico y alcohol, acompañado de ácidos. Durante esta operación la masa adquiere mayor volumen debido a que la levadura libera dióxido de carbono (CO₂) durante su etapa de metabolismo.



Figura 22: Masa en pirotines. Cámara de fermentación

Una vez el producto haya alcanzado el volumen óptimo, es llevado al horno rotatorio a 160°C por 50 minutos.



Figura 23: Horneado de panetones

Finalmente los carros portabanderas son trasladados a un área de enfriamiento por 6 horas para después ser envasados y almacenados en un lugar fresco.



Figura 24: Enfriado al ambiente

3.3.6.4.3 Diagrama de flujo para la elaboración de panetón

➤ PRIMERA ETAPA: Preparación de la esponja

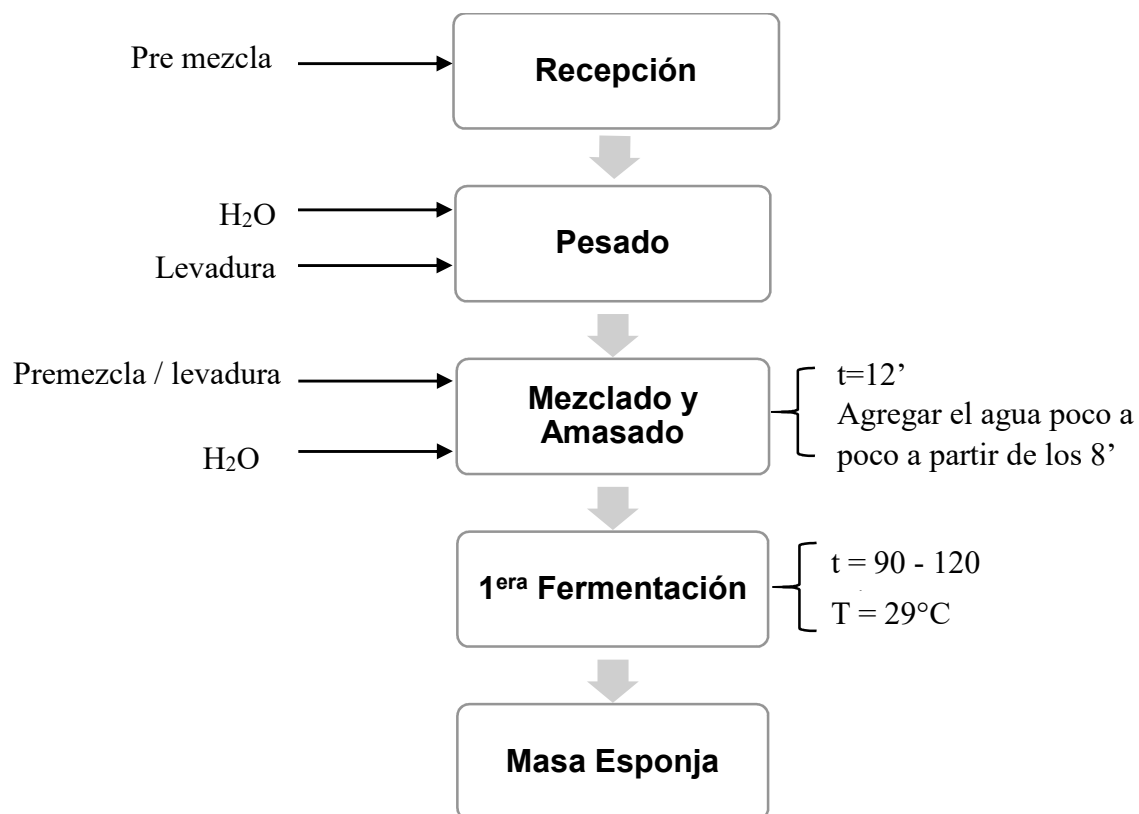


Figura 25: Diagrama de flujo preparación de la masa esponja

Fuente: Planta Piloto Agroindustrial de la UNS

➤ SEGUNDA ETAPA: Preparación de la masa final

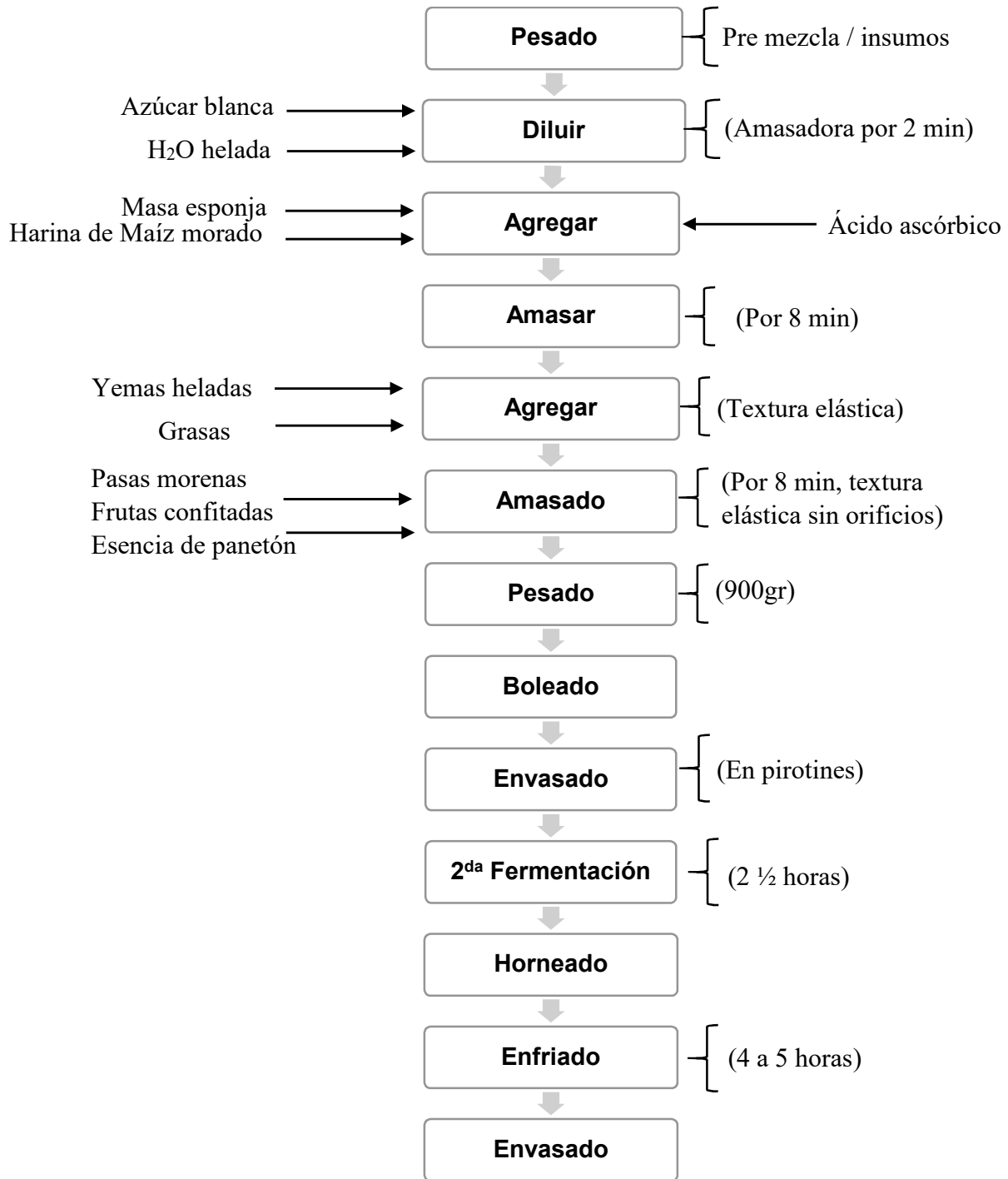


Figura 26: Diagrama de flujo preparación de la masa final

3.3.7 Evaluación de calidad en panetones

3.3.7.1 Análisis sensorial y optimización

Para este análisis fueron evaluadas todas las formulaciones de los panetones incluyendo la muestra patrón de panetón tradicional.

La población donde fueron evaluadas las muestras fue en la Universidad Nacional del Santa, llevada a cabo por 40 panelistas no entrenados (varones y mujeres) de diferentes edades (+18 años), entre ellos están (universitarios, docentes y personal administrativo) con el objetivo de determinar el nivel de aceptabilidad de los panetones a través de los parámetros evaluados como color, olor, sabor y textura; así como la intención de compra de cada panelista. Las encuestas de evaluación sensorial han sido diseñadas siguiendo la escala hedónica de siete puntos, con las siguientes opciones de respuesta: 1= me disgusta demasiado, 2 = me disgusta moderadamente, 3 = me disgusta poco, 4 = ni me gusta ni me disgusta, 5 = me gusta poco, 6 = me gusta moderadamente, 7 = me gusta demasiado.

Y con una valoración de intención de compra en escala hedónica de cinco puntos, con las siguientes opciones de respuesta: 1 = no lo compraría, 2 = probablemente no lo compraría, 3 = Tal vez lo compraría / tal vez no lo compraría, 4 = probablemente lo compraría, 5 = lo compraría (Ver anexos).

3.3.7.2 Volumen específico

El volumen es un parámetro de calidad que se determina mediante el desplazamiento de las semillas contenidas en un recipiente cilíndrico. El

volumen específico se calculó dividiendo el volumen del pan (ml) entre su masa (g).

(Batista da Silva, 2007) El método consiste en: Dentro de un balde o recipiente cilíndrico se colocan las semillas de alpiste hasta enrasar a la altura del balde, luego con ayuda de una probeta de 500ml se miden las semillas colocándolas dentro de otro recipiente. Posteriormente se introduce la unidad de panetón al recipiente cilíndrico, se colocan nuevamente todas las semillas hasta cubrir la altura del recipiente y se mide la distancia de desplazamiento de las mismas. La prueba se realizó por triplicado. (Lainez, 2006)



Figura 27: Evaluación de volumen específico de cada tratamiento

3.3.7.3 Color instrumental de la miga

Para cuantificar los valores del color percibido en las muestras de panetones, se utilizó el aplicativo App Color Toll, por el método CIELAB. Este aplicativo es capaz de reproducir los descriptores perceptuales del

color en coordenadas XYZ. Para el registro de los datos se siguió el siguiente procedimiento:

- Se preparó el ambiente donde se realizará la toma de datos, debe tener buena luminaria (Luz LED blanca).
- La muestra es cortada de ambos extremos, quedando sólo la parte central.
- Luego se realiza un último corte a la mitad, dejando a la miga expuesta.
- La muestra (miga) es colocada frente a la cámara y se toman datos de diferentes puntos, este procedimiento se realiza por triplicado.

Se obtuvieron tres parámetros: L (luminosidad), a* (color entre magenta y verde) y b* (color entre amarillo y azul), referido por (Paucar, Salvador, Guillén y Mori, 2016)



Figura 28: Determinación del color del panetón

3.3.7.4 Caracterización fisicoquímica

3.3.7.4.1 Textura

Para evaluar la textura se utilizó el equipo Texturómetro de la marca BROOKFIELD siguiendo el método AOAC 74-10A (2000).

3.3.7.4.2 Actividad de agua (A_w)

La actividad de agua se determinó utilizando el equipo Higrómetro de la marca ROTRONIC (HidroLab2) empleando el método AOAC 978.18 (2000)

3.3.7.4.3 Acidez

Se determinó según el método AOAC 942.15 (“002), Titulometría

3.3.7.4.4 pH

Para determinar pH utilizamos el equipo pH-metro marca THERMO SCIENTIFIC (Orion VersaStar)

3.3.7.5 Porcentaje de grasa

Se utilizó el método de extracción Soxhlet, 31.4.02 de (AOAC 2000). Para este método se utiliza éter de petróleo, el cual será el reactivo que extraerá el extracto etéreo. Se utilizan 2g de muestra, posteriormente se colocan en un papel filtro bien cerrado para no perder la muestra en el proceso.



Figura 29: Determinación de grasas. Montaje del equipo Soxhlet

3.3.7.6 Evaluación de vida útil en panetones

La vida útil en un alimento es un periodo en el que dicho alimento mantiene sus características sensoriales y de calidad, cumpliendo correctamente con la función para la que fue creada; asegurando que durante este tiempo el producto sea apto para el consumo humano, cabe recalcar que los tiempos y condiciones de almacenamiento para asegurar el periodo aceptable del producto varía según el tipo de alimento.

3.3.7.6.1 Humedad

Se determinó según el método ICC Standard methods of the International Association for Cereal Science and Technology, se hace empleando el método tradicional de secado en estufa, se pesarán 3 g de la muestra optima (con 3 repeticiones) en una balanza analítica, las muestras serán colocadas en placas Petri. Luego serán llevadas a una estufa para ser calentadas por 2h a 105°C para extraer el agua (Nielsen, 2010). Se enfría a temperatura ambiente en una campana de desecación y se determina la humedad mediante el siguiente cuadro:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

En donde:

Mf = Masa final

Mi = Masa inicial

3.3.7.6.2 Determinación de pérdida de peso

Se determinó usando el método gravimétrico, para ello las muestras fueron analizadas durante 90 días (día 1, 15, 30, 45, 60, 75, 90), usando la balanza PRECISA GRAVIMETRICS a condiciones ambientales.

3.3.7.6.3 Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos serán realizados al tratamiento con mayor aceptabilidad luego de 150 días de almacenamiento en un ambiente con aire acondicionado y oscilación de temperaturas entre 18 – 27°C, a fin de darle condiciones normales y extremas al producto, con el objetivo de evaluar el riesgo que podría presentar el alimento tras los días de almacenamiento.

Métodos:

Tabla 9: Métodos empleados para los análisis microbiológicos

<i>ANÁLISIS</i>	<i>MÉTODO</i>	<i>MÉTODO</i>
<i>Mohos</i>	AOAC OFFICIAL METHOD 997.02-18TH EDCHAPTER 17 SUBCHAPTER 2-17.2.09	ISO 7854:1987
<i>Escherichia Coli</i>	AOAC OFFICIAL METHOD 991.17-18TH EDCHAPTER 17 SUBCHAPTER 3-17.3.04	ISO 7521:1993 (E)
<i>Staphylococcus Aureus</i>	ICMSF VOL.I EDiI MET .1 PAG 231-233 (TRADUCCION VERSION ORIGINAL1987) REIMPRESJON 2000(ED.ACRIBIA)	ISO 6888-1: 1999
<i>Salmonella Sp.</i>	ICMSF VOL.I EDiI PAG 172-178 (TRADUCCION VERSION ORIGINAL1987) REIMPRESION 2000 (ED.ACRIBIA)	ISO 6679.2002/ Cor.1:2004

Según DIGESA, norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas para consumo humano.

Productos de panadería pastelería, galletería y otros. Productos de panadería con o sin relleno y/o cobertura que no requieren refrigeración (pan, galletas y panes enriquecidas o fortificadas, tostadas, bizcochos, panetón, queques, otros similares) (Digesa, 2011):

Tabla 10: Límites mínimos y máximos permitidos de agentes microbianos

Agentes microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g.	
					min	max
Mohos	5	3	5	2	102	103
Escherichia coli (*)	6	3	5	1	3	20
Staphylococcus aureus (*)	6	3	5	1	10	102
Salmonella sp (*)	10	2	5	0	Ausencia/ 25 g	—

(*) Para productos con relleno

Capítulo IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Obtención de la harina de maíz morado.

4.1.1. Harina de maíz morado

Obtuvimos la harina de maíz morado se obtuvo moliendo el grano de maíz morado sin coronta, se molió 15 Kg y se obtuvo 5.408 Kg, con un rendimiento de 36%.



Figura 30: Harina de maíz morado

4.2. Caracterización Químico Proximal de las harinas

Realizar estos análisis es necesario para conocer las características y propiedades químicas originales de la materia prima. Los resultados obtenidos nos permitirán conocer los componentes y sus valores generales necesarios para nuestra investigación.

4.2.1. Harina de maíz morado

Los valores obtenidos del análisis químico proximal para la harina de maíz morado (*Zea Mays L.*) se describen en la siguiente tabla.

Tabla 11: Composición porcentual (%) de la Harina de Maíz morado

Componentes (%)	Harina de Maíz morado
Humedad	9.88 ± 0.29
Grasa	3.41 ± 0.61
Ceniza	1.45 ± 0.17
Proteína	9.34 ± 0.71
Carbohidratos totales	75.92
Fibra	8.17
Carbohidratos disponibles	67.75

El resultado en porcentaje del contenido de humedad para la harina de maíz morado es de 9.88±0.29%, de la misma manera, Kallpafoods, una empresa dedicada a la comercialización de harina de maíz morado reporta valores < 12%, esta información se verifica según la Tabla Peruana de Composición de alimentos 2017 el cual registra un valor de 11.4% de humedad, por ello indicamos que nuestro resultado está dentro del rango de aceptación.

Referente a la harina de maíz morado el porcentaje de grasa es de 3.41±0.61% valores cercanos a lo reportado por Cedeño Saldarriaga, (2013) que obtuvo un resultado de

3.4%, los mismo valores son referidos por INDECOPI, 2016 que señala un valor de grasa para la harina de maíz morado de 3.4%.

Como se puede observar en la tabla 11 el porcentaje de cenizas que obtuvimos fue de $1.45 \pm 0.17\%$. El porcentaje de cenizas en la harina de maíz morado obtenido según Cedeño Saldarriaga, (2013) fue de 1.1% y según la Tabla Peruana de Composición de alimentos 2017, los valores referenciales del porcentaje de cenizas para la harina de maíz morado son de 1.7%, por lo tanto podemos decir que nuestro resultado obtenido oscila dentro del rango permitido.

Según Cedeño Saldarriaga, (2013) refiere que el porcentaje de proteínas contenido en la harina de maiz morado varía de un 7 – 10%. Almeida (2012) establece valores de 8.41% para proteína de maiz morado sin coronta, del mismo modo la Tabla Peruana de Composición de Alimentos reporta resultados de 7.3% para proteínas. El porcentaje de proteínas según nuestros resultados es $9.34 \pm 0.71\%$, demostrando que la harina de maíz morado contiene niveles bajos en proteínas.

Con respecto a la cantidad de carbohidratos en la harina de maíz morado tenemos un valor de 75.92, de la misma manera, todoalimentos.org, página dedicada a la salud reporta valores para carbohidratos de 73.9 para harina de maíz morado.

Referente al porcentaje de fibra dietaria es de 8.17%, de la misma manera, todoalimentos.org, página dedicada a la salud reporta valores para fibra de 8.4. Ambos valores no presentan mucha diferencia.

4.2.2. Pre mezcla panetonera

Los valores obtenidos del análisis químico proximal para la pre mezcla panetonera se describen en la tabla 12.

Tabla 12: Composición porcentual (%) de la Pre mezcla panetonera

Componentes (%)	Pre mezcla panetonera
Humedad	10.6 ± 0.07
Grasa	4.26 ± 0.33
Ceniza	0.56 ± 0.05
Proteína	11.93 ± 0.76
Carbohidratos totales	72.65
Fibra	1.78
Carbohidratos disponibles	70.87

El resultado en porcentaje del contenido de humedad para la pre mezcla panetonera es de 10.6±0.07%. Según la ficha técnica de EXPERTA PREMEZCLA PANETÓN de ALICORP, menciona que el porcentaje máximo de humedad debe ser 12%, y según la ficha técnica de pre mezcla panetonera de la empresa MOLINO LINDEROS S.A indica que el porcentaje de humedad debe ser <14%. Lo que indica que nuestro resultado está en el rango de aceptación.

Referente al porcentaje de grasa de la premezcla panetonera el resultado obtenido es de 4.26±0.33%. Lo que se verifica con la información brindada según ficha técnica de pre mezcla panetonera de la empresa MOLINO LINDEROS S.A que indica un valor de 4.95%. Por lo tanto nuestro resultado es ligeramente menor al referido.

Como se puede observar en la tabla el porcentaje de cenizas que obtuvimos fue de $0.56 \pm 0.05\%$. Según la ficha técnica de premezcla panetonera de la empresa MOLINO LINDEROS S.A indica valores $<1\%$. Lo que demuestra que nuestro resultado está en el rango de aceptación.

El porcentaje de proteínas según nuestros resultados es $11.93 \pm 0.76\%$. Tomando como referencia la ficha técnica de pre mezcla panetonera de la empresa MOLINO LINDEROS S.A indican que el porcentaje de proteínas de la premezcla que comercializan es 11.2% . Por lo tanto podemos decir que la premezcla BAKELS PREMIUM utilizada para este análisis contiene valores superiores en proteínas.

Con respecto al contenido de carbohidratos totales de la pre mezcla nuestro resultado es 66.84% según la ficha técnica de pre mezcla panetonera MOLINO LINDEROS indica 69.04% . Lo que indica que nuestro resultado está en el rango de aceptación.

4.3. Análisis fisicoquímico de las harinas

4.3.1 Análisis de color de las materias primas

Se muestran resultados correspondientes a la evaluación de la harina de maíz morado y pre mezcla panetonera como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 13: Colorimetría de la Harina de Maíz morado y Premezcla panetonera

Materia Prima	a*	b*	Luminosidad L*	Cromaticidad C*	Ángulo de tonalidad h
Harina de Maíz Morado	5.13 ± 0.73	-3.51 ± 0.68	53.37 ± 7.39	6.22	34.38
Premezcla panetonera	-1.35 ± 0.11	12.36 ± 0.02	79.80 ± 4.82	12.43	83.77

De la tabla 13, podemos observar en la harina de maíz morado que los resultados obtenidos para la variable a* fueron 5.13 ± 0.73 unidades, ubicándose en la zona de los

tonos rojos claros; para la segunda variable b^* los resultados fueron -3.51 ± 0.68 , éstos valores se ubican en la zona de los tonos azules claros. Para el caso de luminosidad L^* , que está relacionado con el brillo de la muestra, los valores obtenidos fueron 53.37 ± 7.39 ubicando la muestra con luminosidad media, un color gris medio con ligera tendencia al color blanco. La Cromaticidad C^* o saturación que define el grado de intensidad de un color viene a ser la resultante de la interacción entre los valores a^* y b^* , los valores reportados fueron de 6.22 unidades y el valor obtenido para el ángulo de tonalidad es de 34.38° el cual corresponde al cuarto cuadrante (entre rojo y azul) resultando un color lila claro. El color obtenido se debe a la presencia de antocianinas, pigmentos naturales propios del maíz morado que se encuentran en el pericarpio del grano.

El color característico del maíz morado se debe a los pigmentos antocianos, los cuales se forman como resultado del trabajo de muchos genes ubicados en diferentes cromosomas del fruto, una combinación entre pigmentos rojos y azules que pueden variar en intensidad según el fenotipo del maíz morado, mencionado por Almeida en (Pinedo, 2015).

De la tabla 13, respecto a la harina premezcla panetonera los resultados obtenidos para la variable a^* fueron -1.35 ± 0.11 unidades, ubicándose en el eje de los tonos verde claros; para la segunda variable b^* los resultados fueron 12.36 ± 0.02 , éstos valores se ubican en la zona de los tonos amarillos claros. Para el caso de luminosidad L^* , que está relacionado con el brillo de la muestra, los valores obtenidos fueron 79.80 ± 4.82 ubicando la muestra con una luminosidad alta, con tendencia al color blanco. La Cromaticidad C^* o saturación que define el grado de intensidad de un color viene a ser la resultante de la interacción entre los valores a^* y b^* , los valores reportados fueron de

12.43 unidades y el valor obtenido para el ángulo de tonalidad es de 83.77° el cual corresponde al segundo cuadrante (entre verde y amarillo) resultando un color con tendencia al amarillo leve. El color ligeramente amarillo en harinas para panificación se debe a la presencia de pigmentos carotenoides del tipo xantofilas y su degradación por enzimas oxidativas como lipoxigenasas (LPX), peroxidases (POD) y polifenol oxidases (PPO) (Roncallo *et al.*, 2009).

4.3.2 Actividad de agua

Se muestran los valores obtenidos con respecto a la evaluación de la harina de maíz morado y de la pre mezcla panetonera como se describe en la tabla 14.

Tabla 14: Actividad de agua de la harina de maíz morado y premezcla

Materia Prima	Aw
Harina de Maíz morado	0.486 ± 0.0015
Pre mezcla panetonera	0.570 ± 0.0058

Los resultados de la evaluación de actividad de agua permiten conocer la cantidad de agua libre que contiene nuestra materia prima, para la harina de maíz morado y premezcla obtuvimos valores de 0.486±0.0015 y 0.570±0.0058 respectivamente. Los alimentos en general poseen un valor máximo de 1.0 y mínimo de 0.0 de actividad de agua (Arevalo, 2017), para el caso de las harinas es importante controlar la actividad de agua con la finalidad de alargar su vida útil, por ello los valores deben ser intermedios, menores a 0.6 como refiere (Belitz *et al.*, 2012) a valores <0.6 de Aw no hay crecimiento

microbiano, pero sí podría existir el desarrollo de algunos microorganismos residentes cuando el producto ha sido almacenado por largos periodos.

4.3.3 Acidez

Se muestran resultados correspondientes a la evaluación de la harina de maíz morado y de la pre mezcla panetonera como se describe en la tabla 15.

Tabla 15: Acidez de la harina de maíz morado y premezcla

Materia Prima	Acidez
Harina de Maíz morado	0.13 ± 0.013
Pre mezcla panetonera	0.15 ± 0.005

Los resultados obtenidos en acidez para las muestras de harina de maíz morado fueron $0.13 \pm 0.013\%$, en la premezcla panetonera el valor determinado fue $0.15 \pm 0.005\%$, en el caso del maíz morado el resultado obtenido fue menor a 0.15% , valor máximo permitido de acidez expresada en ácido sulfúrico según en MINSA, 2006 y para el caso de la premezcla los valores están en el límite máximo de aceptación.

Harinas con una acidez alta, pueden llegar a modificar la calidad del gluten disminuyendo su elasticidad y su grado de hidratación. A medida que aumenta el tiempo de almacenamiento de la harina, su acidez también aumenta (Arhuire y Betancur, 2016).

4.3.4 pH

Se muestran resultados correspondientes a la evaluación de la harina de maíz morado y de la pre mezcla panetonera como se describe en la tabla 16.

Tabla 16: pH de la harina de maíz morado y premezcla

Materia Prima	pH
Harina de Maíz morado	6.28 ± 0.094
Pre mezcla panetonera	5.49 ± 0.107

Los resultados obtenidos con respecto al pH en las muestras utilizadas en la harina de maíz morado fueron de 6.28 ± 0.094 y en la premezcla panetonera el valor determinado fue 5.49 ± 0.107 . Verificando así que las harinas son un grupo de alimentos con baja acidez o llamados no ácidos (pH de 5.0 – 6.8).

(Arhuire y Betancur, 2016) Refieren resultados de 6.52 para pH en harina de maíz morado, lo que nos indica que nuestros resultados se encuentran dentro de los parámetros normales.

4.3.5 Granulometría

Se muestran resultados correspondientes a la evaluación de la harina de maíz morado y de la pre mezcla panetonera como se describe en la tabla 17.

Tabla 17: Granulometría para la harina de maíz morado y premezcla

N° de malla (Abertura de tamiz mm)	Tamaño de partícula (% retenido en cada malla)	
	Harina de Maíz morado	Pre mezcla panetonera
30 (0.60mm)	0.61 ± 0.564	0.00
60 (0.250mm)	1.78 ± 0.635	0.00
70 (0.212mm)	3.86 ± 0.393	0.00
80 (0.180mm)	9.84 ± 0.358	13.4 ± 0.814
100 (0.150mm)	7.55 ± 0.544	5.47 ± 0.437
< 0.150mm	76.36 ± 0.649	81.13 ± 0.437

En la Tabla 17 observamos 5 tamices con diferente número de malla y la distribución del tamaño de partículas de la harina de maíz morado y harina premezcla en la elaboración de panetones. Se observa que el 76.36% de harina de maíz morado se encuentra por debajo de las 150 μm , mientras que el 7.55% se encuentra entre 150-180 μm , los números de malla más pequeños representan aberturas de malla más grandes y aquí quedan retenidas las partículas más gruesas del maíz morado, conformado por el pericarpio y el germen. Para el caso de la harina premezcla, el 81.13% está por debajo de 150 μm y el 18.87% representa las partículas más gruesas conformadas por gránulos de sal, azúcar y mejoradores contenidos en la harina.

Para elaborar productos de panificación, someter la materia prima a un proceso granulométrico es fundamental para alcanzar las características físicas deseadas en el producto final. Los productos panificables con una base irregular producirán masas con menor fuerza y menor resistencia a la expansión y el resultado será productos con menor volumen.

4.4.Evaluación reológica

4.4.1. Amilografía

Cuando se refiere a análisis de viscosidad tenemos el análisis amilográfico que nos permite evaluar viscosidad, gelatinización y retrogradación de las harinas. En la tabla 18 se muestran los Amilogramas correspondientes a las mezclas realizadas. Se observa la curva de gelatinización y también al tiempo (min), como también a la viscosidad (AU), en la parte superior la temperatura de gelatinización (°C).

Tabla 18: Resumen de parámetros del análisis amilográfico de premezcla y tratamiento óptimo

Tratamiento	Premezcla panetonera (%)	Harina de Maíz Morado (%)	Inicio de Gelatinización (°C)	Temp de Gelatinización (°C)	Máximo de Gelatinización (AU)
Control	100	0	64.1	91.8	464
T8	90	10	64	90.9	345
T8R	90	10	64.3	91.1	355

En la Tabla 18, muestra que cuando da inicio la gelatinización las temperaturas fueron, para el control (100% premezcla panetonera) 64.1°C, mientras que el T₈ (90% premezcla panetonera + 10% harina de maíz morado y 120ppm de ácido ascórbico) fue de 64.00°C y de 64.3°C para el T_{8R} (90% premezcla panetonera

+ 10% harina de maíz morado y 120ppm de ácido ascórbico). La temperatura de inicio de gelatinización dependerá de la concentración de almidón que se encuentre en la mezcla.

La máxima temperatura de gelatinización alcanzado fue 91.8°C correspondiente al tratamiento control, el menor valor fue 90.9°C que corresponde al T₈, mientras que el T_{8R} fue de 91.1°C, lo asociamos a lo que manifiesta (Ramírez y Santiago, 2011). Hace referencia a que la temperatura de formación de pasta depende de la concentración de almidones, mientras que la temperatura inicial se relaciona a la naturaleza de las interacciones entre los componentes del almidón.

El máximo punto de gelatinización alcanzada en el tratamiento control fue de 464 AU, mientras que el T₈ fue de 345 AU y en el T_{8R} de 355 AU. Estos datos obtenidos como resultados se deben a que la premezcla panetonera su grado de almidón es superior a la harina de Maíz Morado lo cual permite obtener una gelatinización superior, también tomemos en cuenta que el aumento del grado de viscosidad se debe a la gelatinización del almidón.

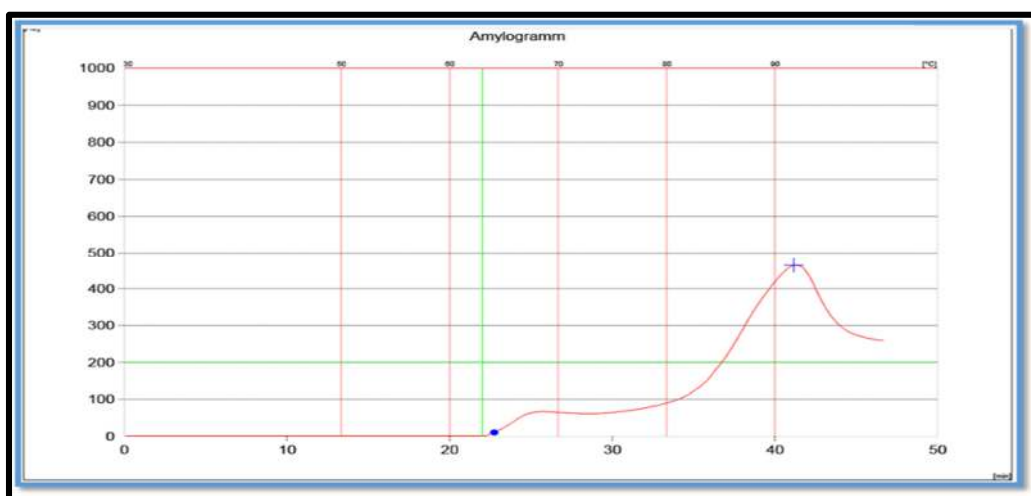


Figura 31: Amilograma para premezcla panetonera

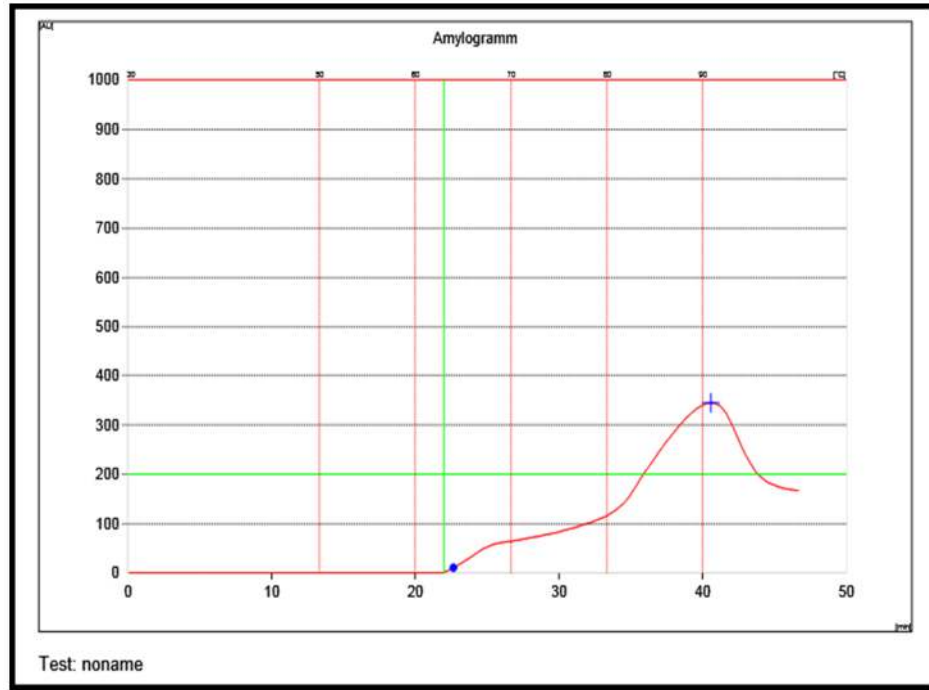


Figura 32: Amilograma para tratamiento óptimo (T_8). Mezcla de maíz morado y premezcla

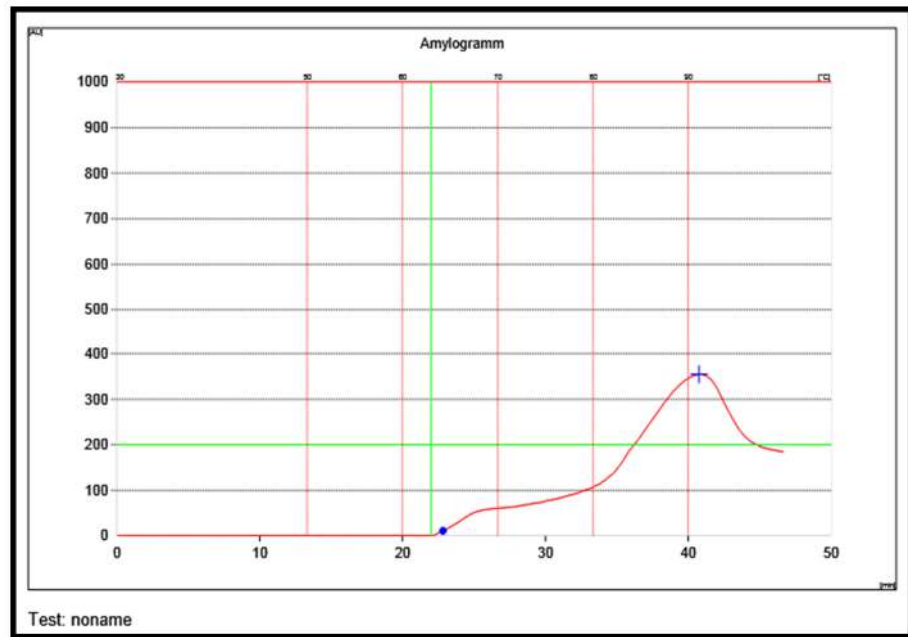


Figura 33: Amilograma para repetición de (T_8). Mezcla de maíz morado y premezcla

4.4.2. Farinografía

Registra la capacidad de resistencia de la masa a través de acción mecánica constante en condiciones de pruebas que varían. En un diagrama de esfuerzo-tiempo se presenta tal resistencia a partir del momento de formación de la masa durante todo el periodo de prueba, en el diagrama se observa la calidad de la harina y su determinación exacta de absorción de agua.

Tabla 19: Resumen de parámetros del análisis farinográfico de premezcla y T₈

Muestra	Tiempo de desarrollo de la masa (DDT)	Consistencia (C)	Absorción de agua (WS)	Estabilidad (S)	Índice de tolerancia (MTI)
	min:seg	FE	%	min:seg	FE
Premezcla	13:08	650	56.1	16.29	57
T8	07:41	647	55.8	12:16	59
T8R	08:19	637	56	13:57	56

FE: Unidades farinográficas

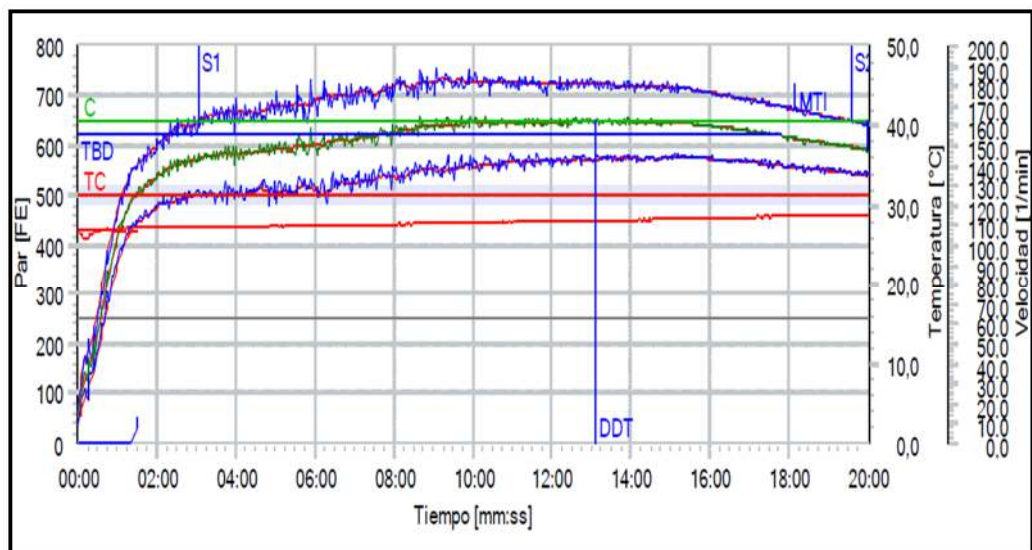


Figura 34: Farinograma para premezcla panetonera

Figura 35: Farinograma para tratamiento óptimo (T₈). Mezcla de maíz morado y premezcla

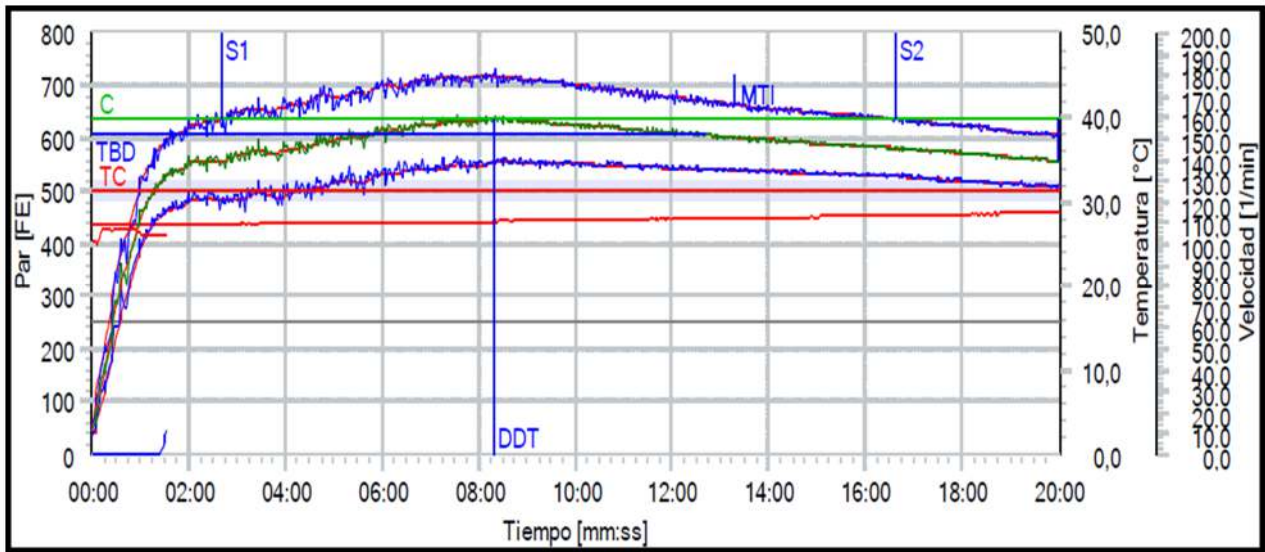
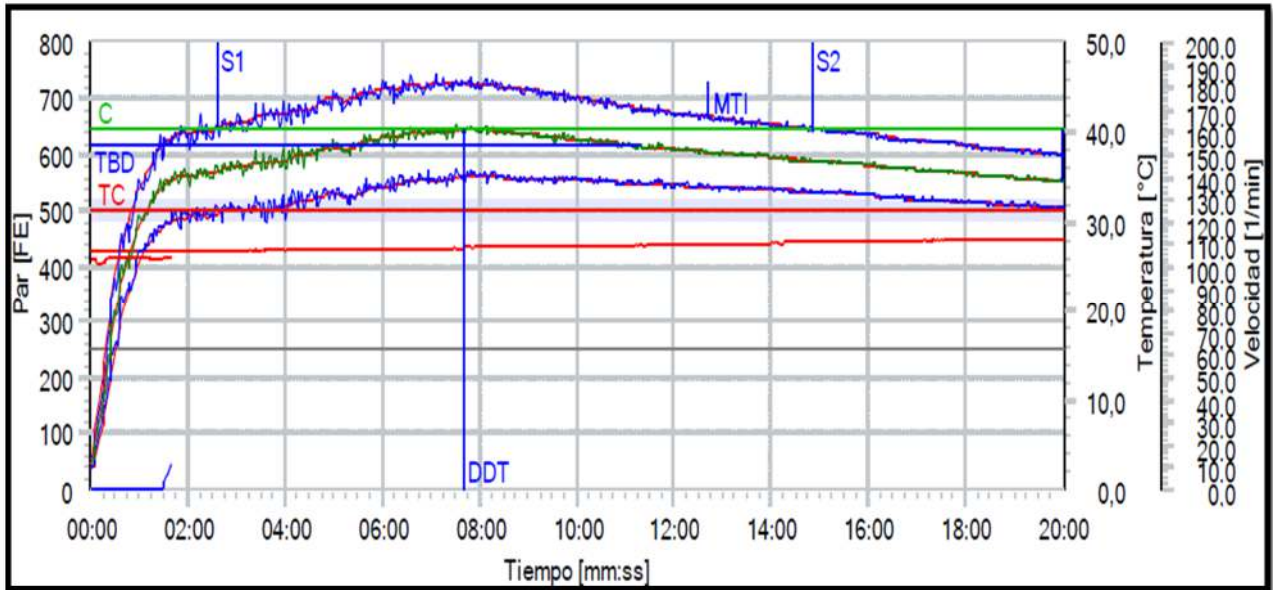


Figura 36: Farinograma repetición de T₈. Mezcla de maíz morado y premezcla

De haberse realizado el análisis sensorial, se hizo el análisis reológico al tratamiento con mayor aceptabilidad y se comparan con un control.

En el tratamiento control fue (100% premezcla), además de los T₈ (90% de Harina premezcla panetonera + 10% de Harina de maíz morado y 120ppm de

ácido ascórbico) y T_{8R} (90% de Harina premezcla panetonera + 10% de Harina de maíz morado y 120ppm de ácido ascórbico) ambos tratamientos sobrepasan las 500 FE como se esperaba, esto es un indicador de que la masa es resistente y ofrece fuerza para la absorción de agua, manifestando valores de 56.1%, 55.8% y 56.0% respectivamente. Como se observa en la Tabla 19 el valor de DDT correspondiente a la premezcla panetonera es de 13:08 min, es el tiempo para la formación de la masa.

En general, la cantidad de absorción de agua dependerá del contenido de proteína, ya que da la capacidad de absorber más o menos agua. Por ejemplo, una harina débil o floja puede absorber alrededor de 500FE de agua mientras que una de gran fuerza puede hasta 750FE. Por lo tanto, dependerá del contenido de proteínas según refiere (Pascual y Zapata, 2010).

Para la absorción de agua el porcentaje requerido debe estar entre: 55% ~ 65% de su propio peso. Se utiliza para productos horneados como pasteles, hojaldres, galletas de mantequilla, y preparaciones que requerirán fermentación. También es buena para algunos tipos de pan y pizza, para masas dulces que requieren largos procesos (como brioche) y masa madre según (Pascual Chagman & Zapata Huamán, 2010).

El índice de tolerancia (MTI), representa la diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 10-20 minutos. El MTI para la Premezcla panetonera (control), T_8 , T_{8R} es 50, 59 y 56.

4.4.3. Extensografía

La extensografía permite determinar el comportamiento a la extensión de la masa midiendo la fuerza, la resistencia y extensibilidad de la masa.

Tabla 20: Resumen de parámetros del análisis Extensográfico para premezcla y tratamiento óptimo

Muestra	Tiempo	Energía	Resistencia a la extensión (R)	Extensibilidad (E)	Máximo (M)
	min	(cm2)	BU	mm	BU
Premezcla	30	292	1215	149	1638
	60	250	1638	138	1638
	90	113	1101	107	1159
T8	30	241	1060	139	1419
	60	228	1399	114	1638
	90	195	1432	112	1638
T8R	30	214	940	141	1238
	60	248	1338	125	1638
	90	181	1470	95	1638

En la Tabla 20, la resistencia a la extensión (R) con respecto al control en los tres tiempos (30, 60 y 90 min) se obtuvo 1215 BU, 1638 BU y 1101 BU respectivamente, notamos que para el minuto 60 la masa control opuso más resistencia a la extensión es decir mayor capacidad de retención de CO₂. Asimismo, la pre-mezcla panetonera presenta menor extensibilidad a medida que transcurre el tiempo (30, 60 y 90 min) 149 BU, 138 BU y 107 BU en ese orden.

La calidad de una harina queda definida, básicamente, por la cantidad y la calidad de las proteínas que forman el gluten. Esta calidad se determina mediante ensayos reológicos que permiten prever el comportamiento de las harinas durante el proceso de panificación y las características que tendrán los productos finales (Torpoco, 2014). La resistencia a la extensión (R) para el T₈ en sus tiempos de fermentación 30, 60 y 90 min, se obtuvo valores de 1060 BU, 1399 UB y 1432 BU respectivamente, al minuto 90 el tratamiento 8, su masa muestra más capacidad de resistencia a la extensión es decir mayor capacidad de retención de CO₂, y para las resistencias máximas (M) en los tiempos de fermentación 30, 60 y 90 min se obtuvo valores 1419 BU, 1638 BU Y 1638 BU respectivamente.

La resistencia a la extensión (R) para el T_{8R} en sus tiempos de fermentación 30, 60 y 90 min se obtuvo valores de 940 BU, 1338 BU y 1470 BU respectivamente, al minuto 90, el tratamiento 8R su masa muestra más capacidad de resistencia a la extensión es decir mayor capacidad de retención de CO₂, y para las resistencias máximas (M) en los tiempos de fermentación 30, 60 y 90 min se obtuvo valores 1419 BU, 1638 BU Y 1638 BU respectivamente.

Los valores de resistencia a la extensión (R) para el tratamiento control (100% premezcla panetonera) su mayor valor de resistencia a la extensión fue 1638 BU, para el T₈ (10% Harina de maíz morado y 90% pre mezcla panetonera y 120ppm de ácido ascórbico) su mayor valor de resistencia es 1492 BU, para el T_{8R} (10% Harina de maíz morado y 90% pre mezcla panetonera y 120ppm de ácido ascórbico) su mayor valor

de 1470 BU. Los resultados que se determinaron podemos atribuirlos a la sustitución con harina de maíz morado la cual disminuye el gluten presente, y por lo tanto ocasiona que los tiempos aumenten para encontrar su mayor valor de resistencia a la extensión.

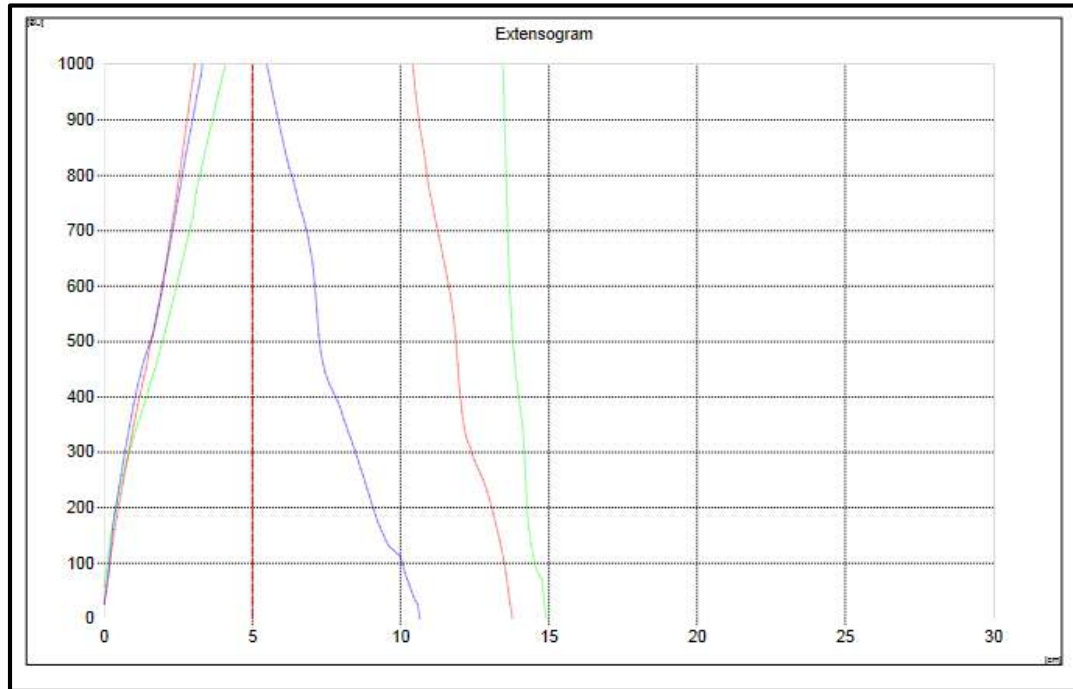


Figura 37: Extensograma para premezcla panetonera

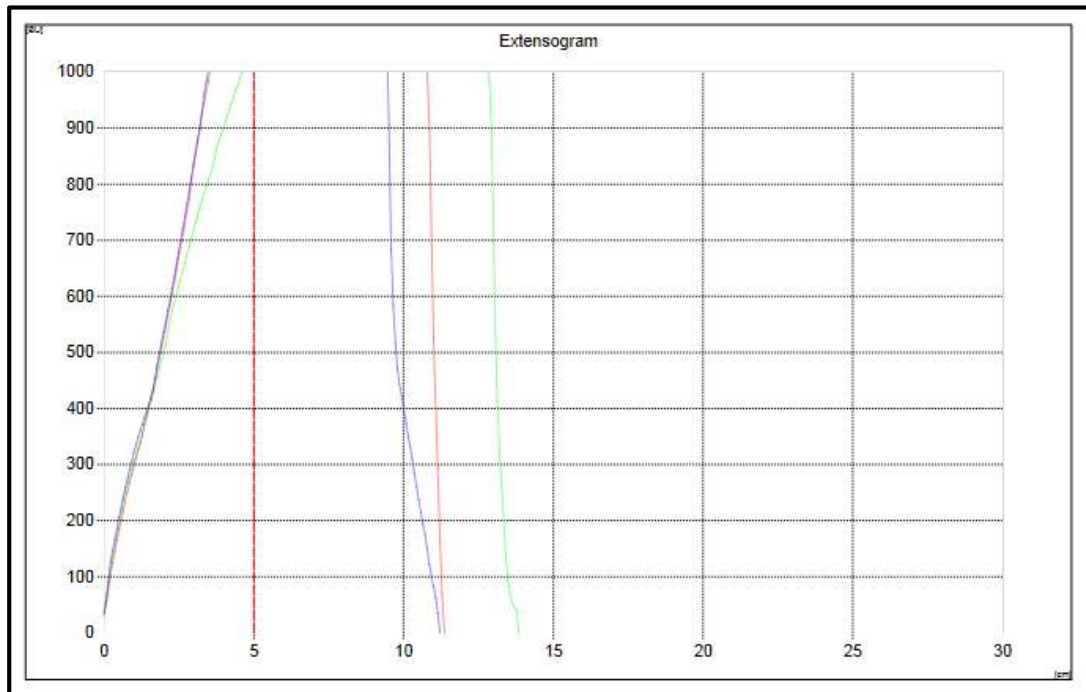


Figura 38: Extensograma para el tratamiento óptimo (T_8). Mezcla de maíz morado y pmezcla

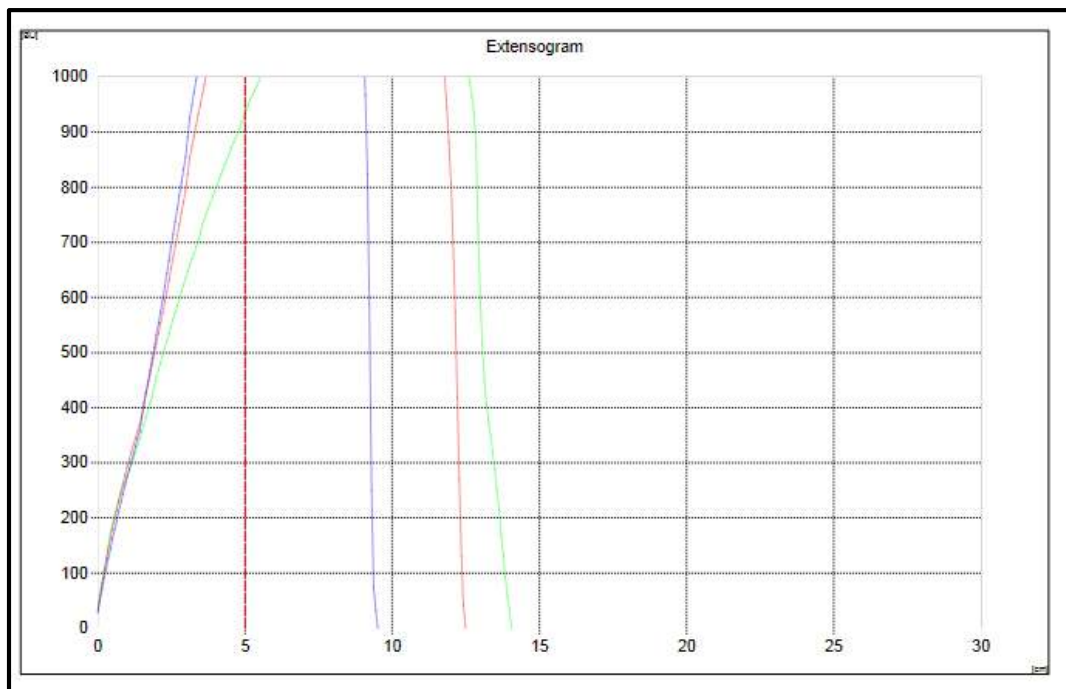


Figura 39: Extensograma repetición de T_8 . Mezcla de maíz morado y pmezcla

4.5. Cómputo químico

Se determinó el score químico de nuestras formulaciones de harina de maíz morado y pre mezcla panetonera, utilizamos como referencia el patrón de los aminoácidos esenciales de la FAO/OMS/UNU (2007).

Tabla 21: Cómputo químico de las formulaciones del diseño experimental

TRATAMIENTOS (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Patrón de aminoácidos (mg/g)
HARINA PREMEZCLA	92.50%	87.50%	92.50%	87.5%	95.0%	85.0%	90.0%	90.0%	90.0%	90.0%	90.0%	100%	-
HARINA DE MAIZ MORADO	7.50%	12.50%	7.50%	12.50%	5.00%	15.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	-	-
ÁCIDO ASCÓRBICO (ppm)	35	35	105	105	70	70	20	120	70	70	70	-	-
Isoleucina	202.15	279.85	202.15	279.85	185.5	296.5	241	241	241	241	241	130	30
Leucina	222.74	340.31	222.74	340.31	197.54	365.51	281.53	281.53	281.53	281.53	281.53	113.56	59
Lisina	73.42	107.02	73.42	107.02	66.22	114.22	90.22	90.22	90.22	90.22	90.22	42.22	45
Metionina + Cistina	252.55	323.82	252.55	323.82	237.27	339.09	288.18	288.18	288.18	288.18	288.18	186.36	22
Fenilalanina + tirosina	341.08	487.34	341.08	487.34	309.74	518.68	414.21	414.21	414.21	414.21	414.21	205.26	38
Treonina	201.04	291.13	201.04	291.13	181.74	310.43	246.09	246.09	246.09	246.09	246.09	117.39	23
Triptofano	208.92	254.42	208.92	254.42	199.17	264.17	231.67	231.67	231.67	231.67	231.67	166.67	6
Valina	173.26	241.1	173.26	241.1	158.72	255.64	207.18	207.18	207.18	207.18	207.18	110.26	39

4.6. Evaluaciones de calidad en panetones

4.6.1 Caracterización químico proximal del panetón

En la tabla 22 se resume la caracterización químico proximal para la mejor formulación F₈ y para el panetón control.

Tabla 22: Composición químico proximal del panetón con mayor aceptabilidad y el control

Componentes (%)	Panetón de mayor aceptabilidad F₈	Control
Humedad	19.11 ± 1.0612	20.54 ± 0.4320
Grasa	17.95 ± 2.4355	23.37 ± 2.8791
Ceniza	0.91 ± 0.0230	0.84 ± 0.1230
Proteína	12.08 ± 0.2350	13.56 ± 0.4317
Carbohidratos totales	49.95	41.69

El resultado en porcentaje del contenido de humedad para el panetón con mayor aceptabilidad es de 19.11 ± 1.0612% y del panetón control es 20.54 ± 0.4320%, según NTP 206.011 dice que el porcentaje de humedad del panetón es de 19.08%, observamos que nuestro panetón con mejor formulación y control son ligeramente superior en lo que refiere a humedad. Según (Avellaneda y Cubas, 2018) dice que su panetón optimo con 10% harina de algarrobo y 90% de harina de trigo presenta un valor de humedad (24,1%) debido al uso de harina de algarrobo, esto hace ligeramente superior a nuestro control y mejor formulación.

Referente al panetón con mejor formulación el porcentaje de grasa es de $17.95 \pm 2.4355\%$ y del panetón control es $23.37 \pm 2.8791\%$, según (Avellaneda y Cubas, 2018) presenta un valor de 12.6% en su formulación con 10% harina de algarrobo y 90% de harina de trigo. También NTP 206,017 indica que el porcentaje de grasa para el panetón es de 9.18%.

Como se puede observar en la tabla 22 el porcentaje de cenizas que obtuvimos fue de $0.91 \pm 0.0230\%$. Según AOAC 935.39B dice que el porcentaje de ceniza para el panetón es 1.28%. Según (Avellaneda y Cubas, 2018) refiere que su formulación optima con 10% harina de algarrobo y 90% de harina de trigo presenta un valor de 0.26%. Nuestros resultados están en los límites permisibles. El porcentaje de proteínas según nuestros resultados es $12.08 \pm 0.2350\%$ mejor formulación y control es $13.56 \pm 0.43217\%$. Según AOAC 935.39C dice que el porcentaje de proteína para el panetón es 7.45%. Como refiere (Avellaneda y Cubas, 2018) que el porcentaje de proteína en su formulación optima con 10% harina de algarrobo y 90% de harina de trigo presenta un valor de 6.38%. Tanto la mejor formulación como el control fueron superiores en proteínas.

Con respecto a la cantidad de carbohidratos en la mejor formulación y control se obtuvo valores de (49.95 y 41.69) respectivamente, valores cercanos como menciona (Yepez, 2018) que la cantidad de carbohidratos es 53.2.

4.6.2 Análisis sensorial y optimización

4.6.2.1 Color sensorial

Los resultados obtenidos que se observan en la Tabla 23 se muestran los resultados del color sensorial del panetón, utilizando el Diseño Compuesto Central Rotacional 2^2 (DCCR).

Tabla 23: Color sensorial de panetones

Formulaciones	DATOS CODIFICADOS				Color Sensorial
	H. M.Morado	Ac. Ascórbico	% H. M.Morado	Ac. Ascórbico (ppm)	
1	-1	-1	7.5	35	5.30
2	1	-1	12.5	35	6.15
3	-1	+1	7.5	105	5.02
4	+1	+1	12.5	105	6.18
5	$-\alpha$	0	5	70	5.17
6	$+\alpha$	0	15	70	6.20
7	0	$-\alpha$	10	20	5.28
8	0	$+\alpha$	10	120	5.59
9	0	0	10	70	5.62
10	0	0	10	70	5.63
11	0	0	10	70	5.65
Control	-	-	-	-	6.81

Las formulaciones realizadas presentaron una puntuación de color sensorial desde 5.02 valor mínimo para la formulación 3 hasta 6.20 valor máximo para la formulación 6, por lo tanto deducimos que la F_6 (15 % de Harina de maíz morado y 70ppm de Ac. Ascórbico) es la que presenta mayor aceptación según los datos recopilados de 40 panelistas; a diferencia de la F_3 (7.5% de Harina de maíz morado y 105ppm de Ac. Ascórbico) que fue la que obtuvo menor aceptación 5.02. Cabe mencionar que el valor de la formulación control fue de 6.81 y las formulaciones de los puntos centrales fueron F_9 , F_{10} y F_{11} y no difieren mucho entre sí.

Como se muestra en la figura 40 el % de harina de maíz morado tiene un alto nivel significativo ($p < 0.05$) con respecto al color sensorial de los panetones, el ácido ascórbico es menos significativo con respecto al % de harina de maíz morado.

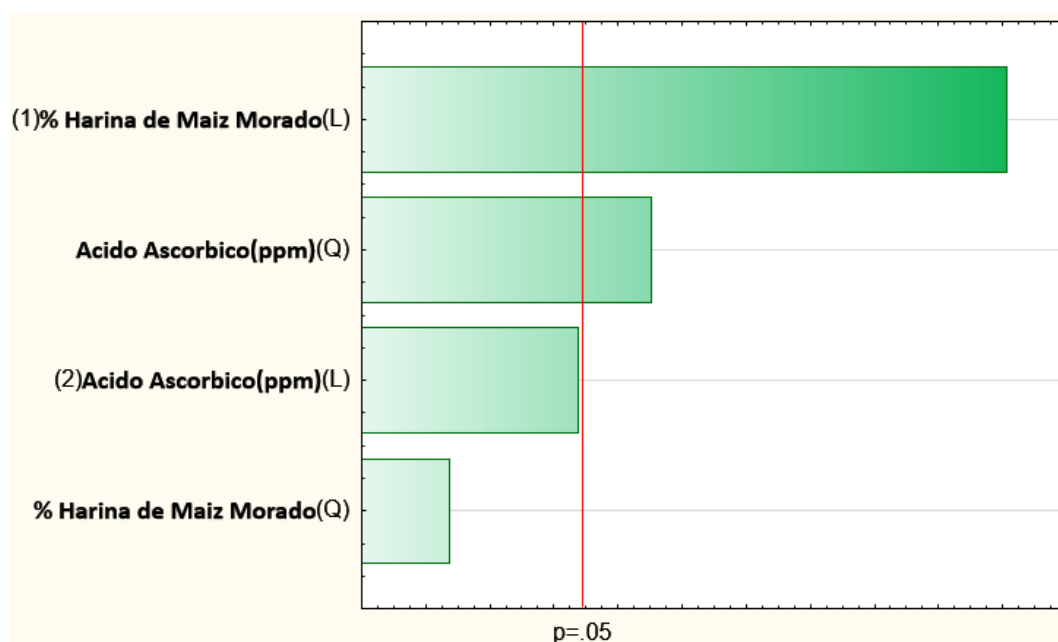


Figura 40: Diagrama de Pareto para el atributo de color sensorial de panetones

El modelo con el que mejor se correlaciona los experimentos respecto al color sensorial fue el modelo de segundo orden, El elevado valor del coeficiente de determinación ($R^2=85.35\%$) el cual fue seleccionado para poder predecir el color sensorial, esto significa que los puntos experimentales están ajustados a la recta de regresión.

Al no incluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 81.68%, esto significa un buen ajuste de los experimentos en el modelo o delineamiento experimental, considerando una explicación óptima en la variación total de las 11 formulaciones.

Se observan en la tabla 24, los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error, el valor de t (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, si obtenemos valores menores al 5% serán significativos

Tabla 24: Coeficientes de regresión lineal para el atributo de color sensorial en panetones

FACTOR	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	3.459	1.19014	2.90633	0.033543
(1) X (%) (L)	0.231	0.16879	1.37045	0.22887
X (%) (Q)	-0.013	0.00734	-1.7084	0.148262
(2) Y (ppm) (L)	23.457	15.23399	1.5398	0.184235
Y (ppm) (Q)	-263.854	70.68758	-3.73267	0.013534
1L x 2L	1.952	1.1405	1.71119	0.147729

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

En los valores de la tabla 24, se obtuvo una ecuación que podría predecir el color sensorial.

$$\text{Color} = 3.459 + 0.231X - 0.013X^2 + 23.457Y - 263.854Y^2 + 1.952XY$$

X=%Harina de maíz morado

Y=Ácido Ascórbico (ppm)

Realizamos el análisis de varianza para la variable color sensorial y después aplicamos el modelo secundario utilizado en la tabla 25, en este caso el %harina de maíz morado y ácido ascórbico fueron significativos $p > 0.05$.

Tabla 25: Análisis de varianza para el atributo de color sensorial en panetones

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (P)
(1) X (%) (L)	1.026675	1	1.026675	25.25768	0.004016
X (%) (Q)	0.118637	1	0.118637	2.91863	0.148262
(2) Y (ppm) (L)	0.364077	1	0.364077	8.95683	0.03035
Y (ppm) (Q)	0.566343	1	0.566343	13.93285	0.013534
1L by 2L	0.119025	1	0.119025	2.92819	0.147729
Error	0.20324	5	0.040648		
Total SS	2.281818	10			

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

- A través del cuadro análisis de varianza se determinó el **coeficiente de varianza** para color sensorial

$$\bar{x} = 5.3$$

$$CV = \frac{\sqrt{CMError}}{\bar{x}} * 100$$

$$CV = \frac{3.168698}{5.3} * 100 = 3.80\%$$

Respetando un rango de coeficiente de variación de $\leq 20\%$, si es mayor las estimaciones serían poco precisas.

$R^2 = 86.01\%$, R^2 ajustado = 82.15%

El análisis de varianza nos permite saber con certeza si el modelo utilizado es apropiado o no. Se observa que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que el porcentaje de R^2 es (86.01%), según los resultados obtenidos podemos decir que nuestras variables independientes son significativas, valor $P < 0.05$, por lo tanto se podrán construir los grafico de superficie respuesta y de contornos.

Otra manera de corroborar si el modelo predicho es apropiado será utilizando la gráfica de linealidad teniendo como referencia el $R^2 = 86.01\%$, en esta gráfica se muestran los puntos azules (valores experimentales) y la línea roja representa los valores predichos, mientras el valor del R^2 se acerquen a 0.9 o 1 las variables serán más significativas porque se encuentran más pegadas a la línea. Para nuestros resultados podemos decir que las variables harina de maíz morado y ácido ascórbico son significativas porque no se encuentran tan dispersas de la línea roja como se observa en la figura 41.

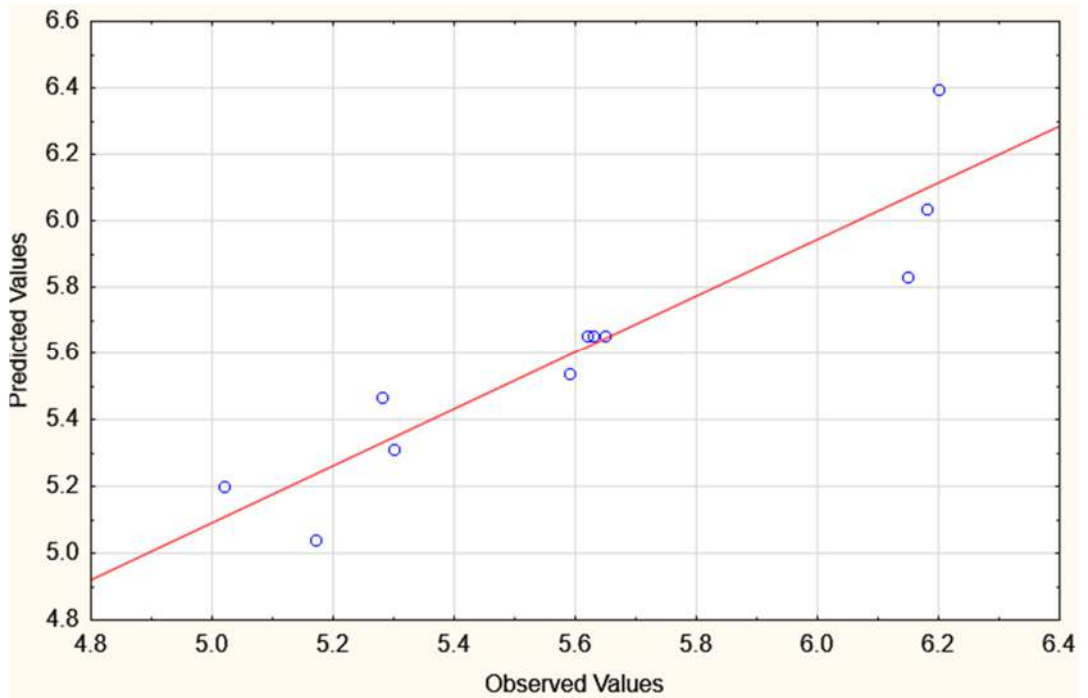


Figura 41: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el atributo de color sensorial en panetones

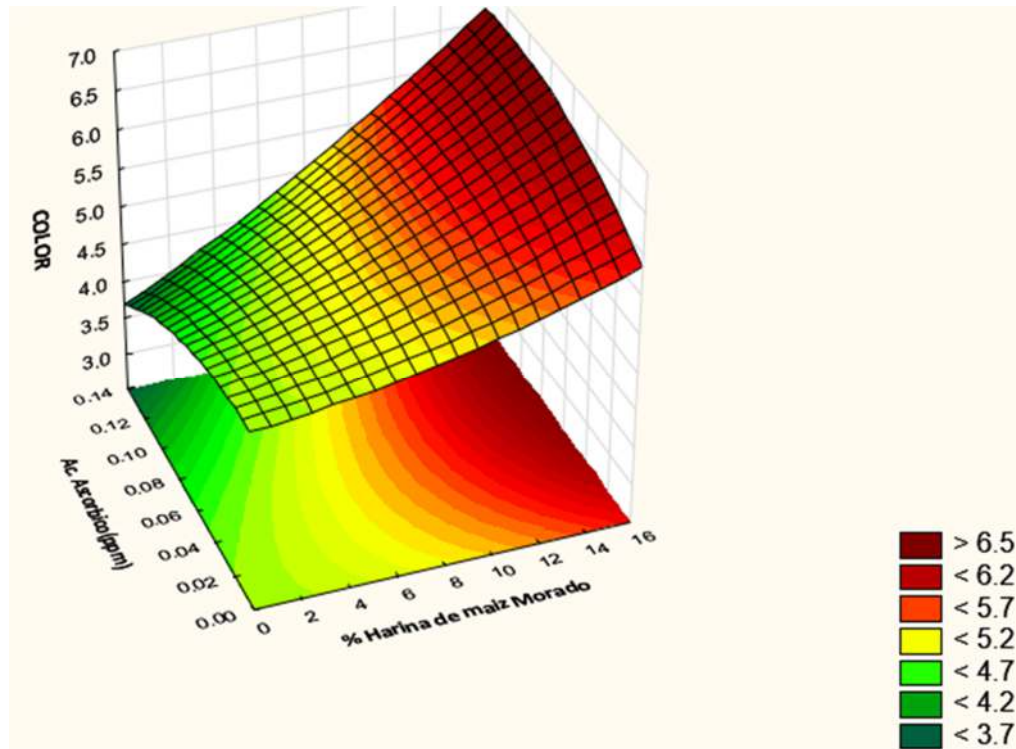


Figura 42: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de color sensorial en panetones

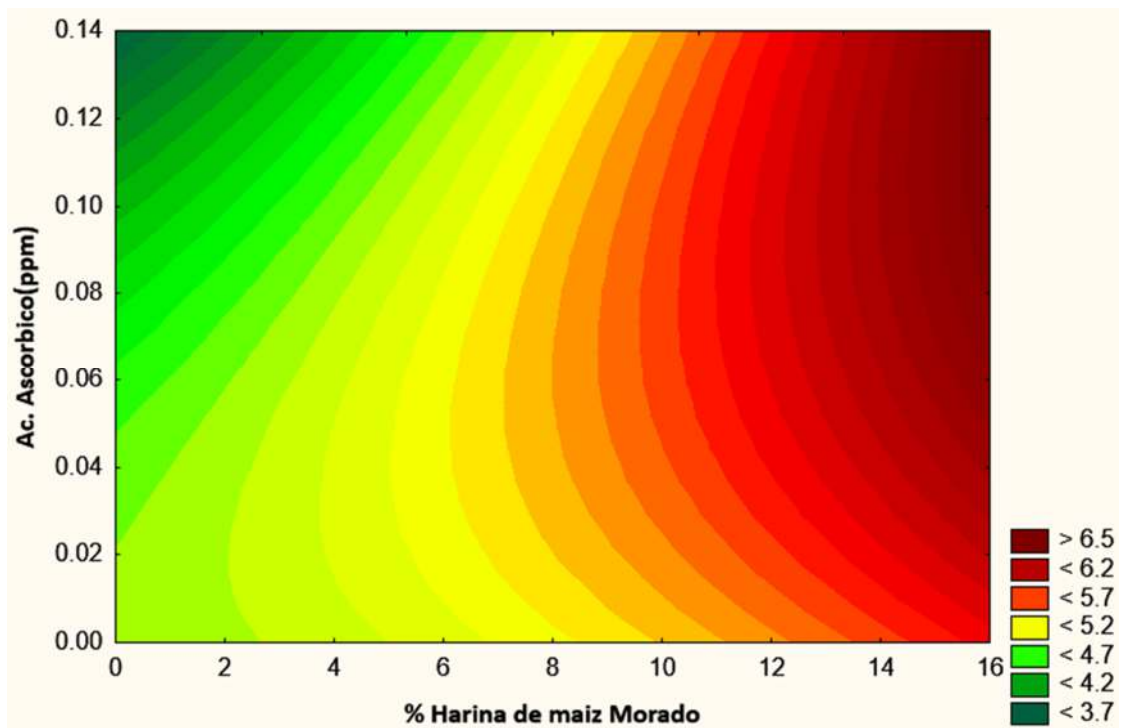


Figura 43: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de color sensorial en panetones

Podemos observar en la figura 42 de superficie respuesta que, al aumentar el porcentaje de harina de maíz morado, el puntaje de aceptación con respecto al color sensorial en panetones aumenta, a excepción de la máxima sustitución F₆ que es 15%, a medida que aumente, el puntaje de aceptación para el color sensorial aumenta. Los mejores puntajes de aceptación para el color sensorial se dan en condiciones de entre 15% de harina de maíz morado y 70ppm de ácido ascórbico.

En la figura 43, se puede considerar a la región delimitada por los valores del % harina de maíz morado (10-15%) y ácido ascórbico (35-70ppm), como la zona de mayor aceptación para el color sensorial de los panetones. Dentro de esta región delimitada se encuentran las formulaciones: F₂, F₄ y F₆.

4.7.1.2 Olor sensorial

Los resultados obtenidos que se observan en la Tabla 26 muestran los resultados del color sensorial del panetón, utilizando el Diseño Compuesto Central Rotacional 2² (DCCR).

Tabla 26: Olor sensorial de panetones

Formulación	Valores Codificados				Olor Sensorial
	H.M.Morado %		Ac. Ascórbico (ppm)		
1	-1	7.5	-1	35	5.29
2	1	12.5	-1	35	6.11
3	-1	7.5	1	105	5.01
4	1	12.5	1	105	6.16
5	- α	5	0	70	5.15
6	+ α	15	0	70	6.23
7	0	10	- α	20	5.27
8	0	10	+ α	120	5.56
9	0	10	0	70	5.65
10	0	10	0	70	5.65
11	0	10	0	70	5.65
Control	-	-	-	-	6.53

Las formulaciones realizadas presentaron una puntuación de olor sensorial desde 5.01 valor mínimo para la formulación 3 hasta 6.23 valor máximo para la formulación 6, por lo tanto deducimos que la F₆ (15 % de Harina de maíz morado y 70ppm de Ac. Ascórbico) es la que presenta mayor aceptación según los datos recopilados de 40 panelistas; a diferencia de la F₃ (5% de Harina de maíz morado y 70ppm de Ac. Ascórbico) que fue la que obtuvo menor aceptación 5.01. Cabe mencionar que el valor de la formulación control fue de 6.53 y las formulaciones de los puntos centrales fueron F₉, F₁₀ y F₁₁ y no difieren mucho entre sí.

Las formulaciones realizadas presentaron una puntuación de olor sensorial desde F₅ (5.15) mínima con (5% de Harina de maíz morado y 70ppm de ácido ascórbico) F₆ (6.23) máxima con (15% de Harina de maíz morado y 70ppm de ácido ascórbico), por lo tanto la F₆ (6.45) presenta mayor aceptación los datos recopilados de 40 panelistas.

Como se muestra en la figura 44, el % de harina de maíz morado tiene un alto nivel de significativo ($p < 0.05$) con respecto al olor sensorial de los panetones, el ácido ascórbico es menos significativo con respecto al % de harina de maíz morado.

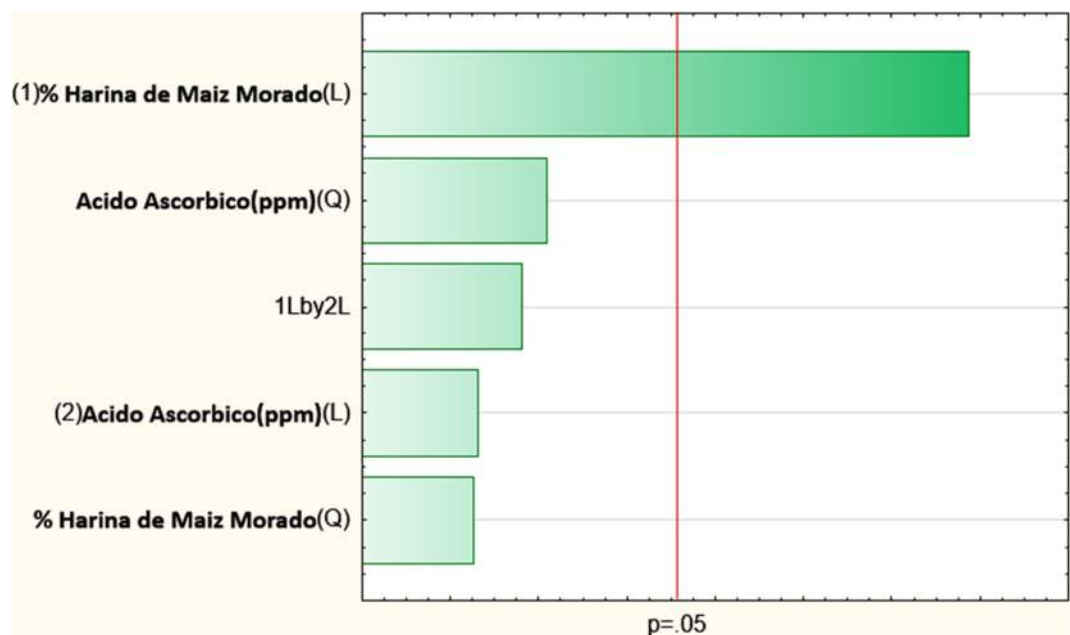


Figura 44: Diagrama de Pareto para el atributo de olor sensorial de panetones

El modelo con el que mejor se correlaciona los experimentos respecto al olor sensorial fue el modelo de segundo orden, El elevado valor del coeficiente de determinación ($R^2=88.08\%$) el cual fue seleccionado para poder predecir el color

sensorial, esto significa que los puntos experimentales están ajustados a la recta de regresión.

Al no incluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 85.10%, esto significa un buen ajuste de los experimentos en el modelo o delineamiento experimental, considerando una explicación óptima en la variación total de las 11 formulaciones.

Se observan en la tabla 27, los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error, el valor de t (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, si obtenemos valores menores al 5% serán significativos.

Tabla 27: Coeficientes de regresión lineal para el atributo de olor sensorial en panetones

FACTOR	Coefficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	4.717	1.20008	3.93019	0.011068
(1) X (%) (L)	0.033	0.1702	0.1911	0.855962
X (%) (Q)	0.002	0.00741	0.26876	0.798851
(2) Y (ppm) (L)	2.278	15.36128	0.14827	0.887922
Y (ppm) (Q)	-78.39	71.27823	-1.09978	0.321539
1L x 2L	0.933	1.15003	0.81162	0.4539

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

En los valores de la tabla 27, se obtuvo una ecuación que podría predecir el olor sensorial.

$$\text{Olor} = 4.717 + 0.033X + 0.002X^2 + 2.278Y - 78.390Y^2 + 0.933XY$$

X=%Harina de maíz morado

Y=Ácido Ascórbico (ppm)

Realizamos el análisis de varianza para la variable olor sensorial y después aplicamos el modelo secundario utilizado en la tabla 28, en este caso el %harina de maíz morado fue significativos $p > 0.05$.

Tabla 28: Análisis de varianza para el atributo de olor sensorial en panetones

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (P)
(1) X (%) (L)	1.421408	1	1.421408	34.39155	0.002044
X (%) (Q)	0.002985	1	0.002985	0.07223	0.798851
(2) Y (ppm) (L)	0.004055	1	0.004055	0.09812	0.766738
Y (ppm) (Q)	0.049989	1	0.049989	1.20951	0.321539
1L by 2L	0.027225	1	0.027225	0.65872	0.4539
Error	0.206651	5	0.04133		
Total SS	1.733764	10			

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal,

Q=Término Cuadrático.

- A través del cuadro análisis de varianza se determinó el **coeficiente de varianza** para olor sensorial

$$\bar{x} = 5.2$$

$$CV = \frac{\sqrt{CMError}}{\bar{x}} * 100$$

$$CV = \frac{0.203297}{5.2} * 100 = 3.90\%$$

Respetando un rango de coeficiente de variación de $\leq 20\%$, si es mayor las estimaciones serian poco precisas.

$$R^2 = 88.08\%, R^2 \text{ ajustado} = 85.10\%$$

El análisis de varianza nos permite saber con certeza si el modelo utilizado es apropiado o no. Se observa que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que el porcentaje de R^2 es (88.08%), según los resultados obtenidos podemos decir que nuestras variables independientes son significativas, valor $P < 0.05$, por lo tanto, se podrán construir los grafico de superficie respuesta y de contornos.

Otra manera de corroborar si el modelo predicho es apropiado será utilizando la gráfica de linealidad teniendo como referencia el $R^2 = 85.10\%$, en esta gráfica se muestran los puntos azules (valores experimentales) y la línea roja representa los valores predichos, mientras el valor del R^2 se acerquen a 0.9 o 1 las variables serán más significativas porque se encuentran más pegadas a la línea. Para nuestros

resultados podemos decir que las variables harina de maíz morado y ácido ascórbico son significativas porque no se encuentran tan dispersas de la línea roja como se observa en la figura 45

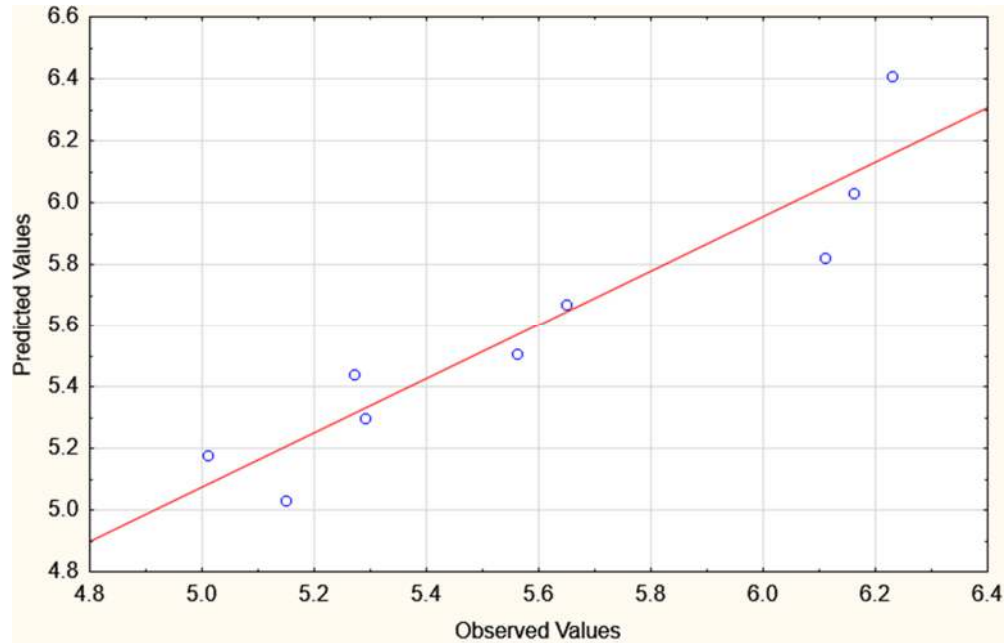


Figura 45: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el atributo de olor sensorial en panetton

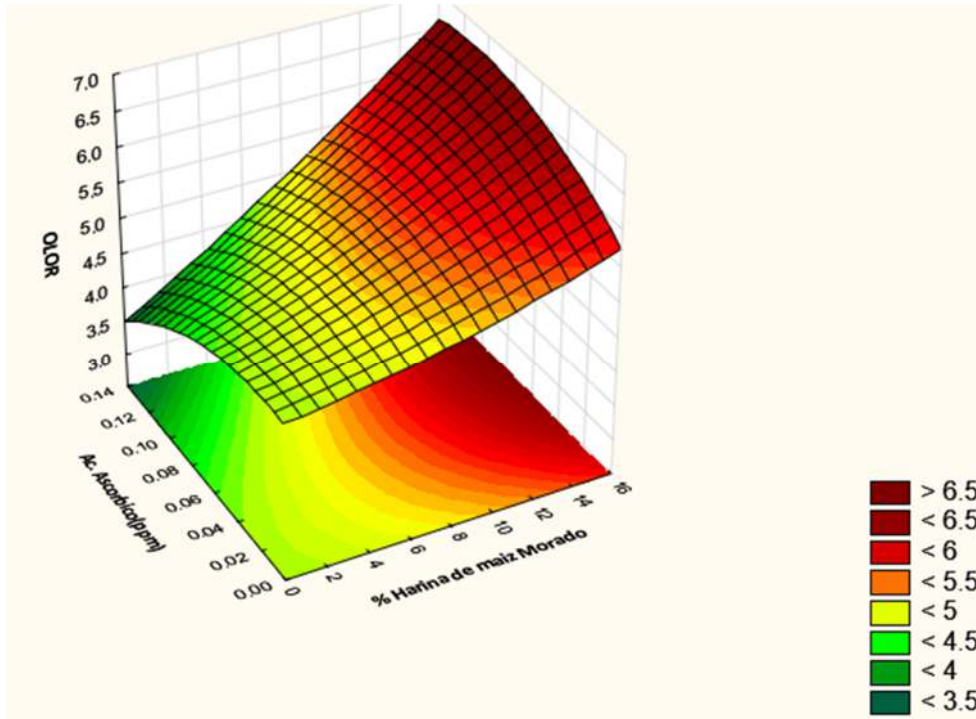


Figura 46: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de olor sensorial en panetones

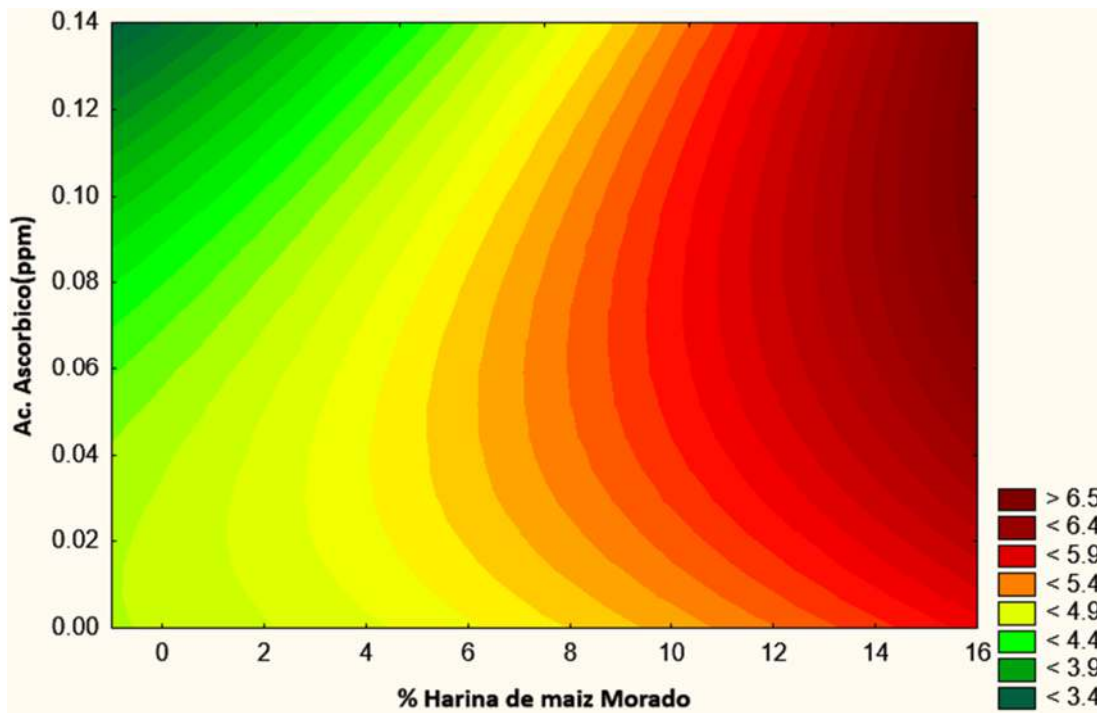


Figura 47: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de olor sensorial en panetones

Podemos observar en la figura 46 de superficie respuesta que al aumentar el porcentaje de harina de maíz morado, el puntaje de aceptación con respecto al olor sensorial en panetones aumenta, como es el caso de nuestra máxima sustitución F6 que es 15%. El ácido ascórbico es menos significativo que la harina de maíz morado, a medida que aumenta, el puntaje de aceptación para el olor sensorial aumenta. Los mejores puntajes de aceptación para el color sensorial se dan en condiciones de entre 10 y 15% de harina de maíz morado y 20 hasta 120ppm de ácido ascórbico.

En la figura 47, se puede considerar a la región delimitada por los valores del % harina de maíz morado (10-15%) y ácido ascórbico (20-120ppm), como la zona de mayor aceptación para el olor sensorial de los panetones. Dentro de esta región delimitada se encuentran las formulaciones: F₂, F₄, F₆, F₇, F₈.

4.7.1.3 Sabor sensorial

Los resultados obtenidos que se observan en la Tabla 29 muestran los resultados del color sensorial del panetón, utilizando el Diseño Compuesto Central Rotacional 2² (DCCR).

Tabla 29: Sabor sensorial de panetones

Formulación	Valores Codificados				Sabor Sensorial
	H.M. Morado (%)		Ac. Ascórbico (ppm)		
1	-1	7.5	-1	35	6.35
2	1	12.5	-1	35	5.92
3	-1	7.5	1	105	5.46
4	1	12.5	1	105	5.78
5	- α	5	0	70	5.38
6	+ α	15	0	70	6.67
7	0	10	- α	20	5.76
8	0	10	+ α	120	6.96
9	0	10	0	70	5.88
10	0	10	0	70	5.87
11	0	10	0	70	5.87
Control	-	-	-	-	6.86

Las formulaciones realizadas presentaron una puntuación de sabor sensorial desde 5.38 valor mínimo para la formulación 5 hasta 6.96 valor máximo para la formulación 8, por lo tanto deducimos que la F₈ (10 % de Harina de maíz morado y 120ppm de Ac. Ascórbico) es la que presenta mayor aceptación según los datos recopilados de 40 panelistas; a diferencia de la F₅ (5% de Harina de maíz morado y 70ppm de Ac. Ascórbico) que fue la que obtuvo menor aceptación 5.38. Cabe mencionar que el valor de la formulación control fue de 6.86 y las formulaciones de los puntos centrales fueron F₉, F₁₀ y F₁₁ y no difieren mucho entre sí.

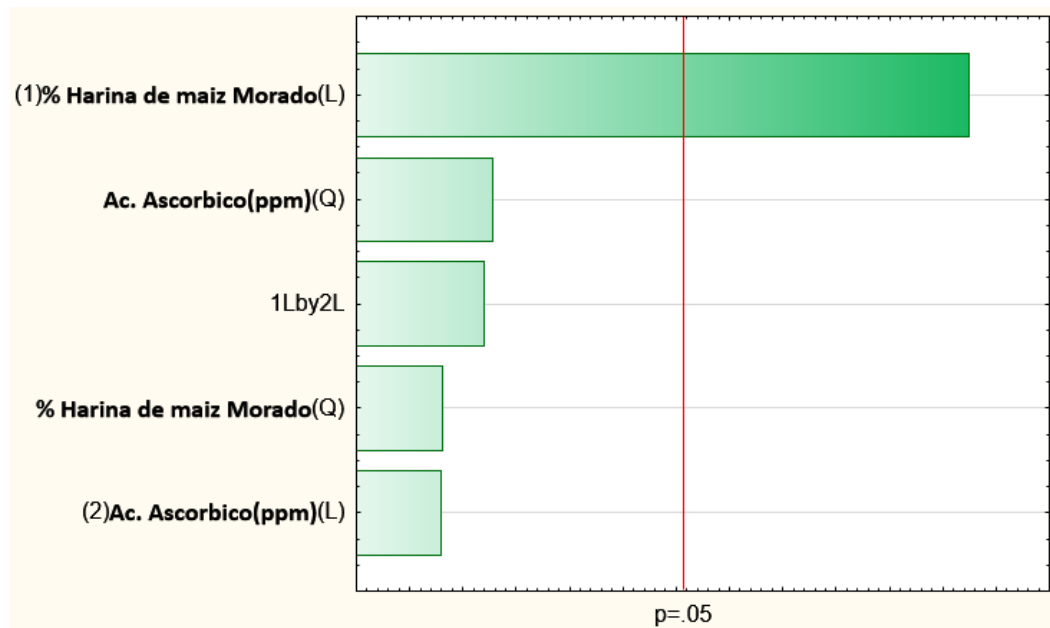


Figura 48: Diagrama de Pareto para el atributo de sabor sensorial de panetones

El modelo con el que mejor se correlaciona los experimentos respecto al sabor sensorial fue el modelo de segundo orden, El elevado valor del coeficiente de determinación ($R^2=94.54\%$) el cual fue seleccionado para poder predecir el color sensorial, esto significa que los puntos experimentales están ajustados a la recta de regresión.

Al no incluir los términos no significativos ($p>0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 93.18%, esto significa un buen ajuste de los experimentos en el modelo o delineamiento experimental, considerando una explicación óptima en la variación total de las 11 formulaciones.

Se observan en la tabla 30, los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error, el valor de t (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, si obtenemos valores menores al 5% serán significativos.

Tabla 30: Coeficientes de regresión lineal para el atributo de sabor sensorial en panetones

FACTOR	Coefficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	4.412	0.4642	9.50405	0.000077
(1) X (%) (L)	0.082	0.07821	1.05251	0.333097
X (%) (Q)	0.001	0.00386	0.37132	0.723159
(2) Y (ppm) (L)	15.763	5.31156	2.96777	0.02503
Y (ppm) (Q)	-130.634	37.17605	-3.51393	0.012611

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

En los valores de la tabla 30, se obtuvo una ecuación que podría predecir el sabor sensorial.

$$\text{Sabor} = 4.412 + 0.082X + 0.001X^2 + 15.763Y - 130.634Y^2$$

X=%Harina de maíz morado Y=Ácido Ascórbico (ppm)

Realizamos el análisis de varianza para la variable sabor sensorial y después aplicamos el modelo secundario utilizado en la tabla 31, en este caso el %harina de maíz morado y ácido ascórbico fueron significativos $p > 0.05$.

Tabla 31: Análisis de varianza para el atributo de sabor sensorial en panetones

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (P)
(1) X (%) (L)	0.924075	1	0.924075	82.1916	0.000101
X (%) (Q)	0.00155	1	0.00155	0.13788	0.723159
(2) Y (ppm) (L)	0.063772	1	0.063772	5.67215	0.054647
1L by 2L	0.138825	1	0.138825	12.34773	0.012611
Error	0.067458	6	0.011243		
Total SS	1.235818	10			

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

- A través del cuadro análisis de varianza se determinó el **coeficiente de varianza** para sabor sensorial

$$\bar{x}=5.3$$

$$CV = \frac{\sqrt{CME_{Error}}}{\bar{x}} * 100$$

$$CV = \frac{0.106033}{5.3} * 100 = 2.0\%$$

Respetando un rango de coeficiente de variación de $\leq 20\%$, si es mayor las estimaciones serian poco precisas.

$$R^2 = 94.54\%, R^2 \text{ ajustado} = 93.17\%$$

El análisis de varianza nos permite saber con certeza si el modelo utilizado es apropiado o no. Se observa que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que el

porcentaje de R^2 es (94.54%), según los resultados obtenidos podemos decir que nuestras variables independientes son significativas, valor $P < 0.05$, por lo tanto, se podrán construir los grafico de superficie respuesta y de contornos.

Otra manera de corroborar si el modelo predicho es apropiado será utilizando la gráfica de linealidad teniendo como referencia el $R^2 = 93.17\%$, en esta gráfica se muestran los puntos azules (valores experimentales) y la línea roja representa los valores predichos, mientras el valor del R^2 se acercan a 0.9 o 1 las variables serán más significativas porque se encuentran más pegadas a la línea. Para nuestros resultados podemos decir que las variables harina de maíz morado y ácido ascórbico son significativas porque no se encuentran tan dispersas de la línea roja como se observa en la figura 49.

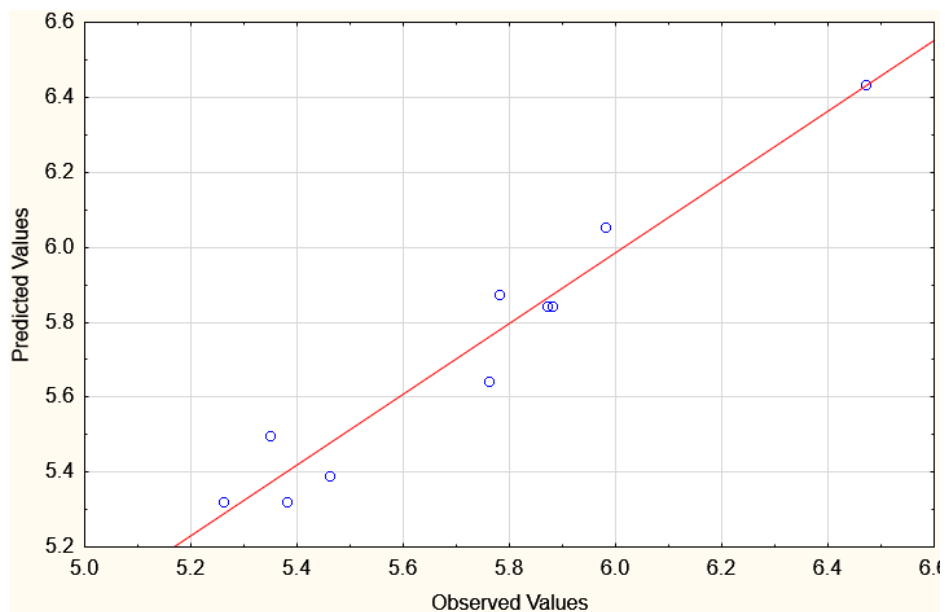


Figura 49: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el atributo de sabor sensorial en panettones

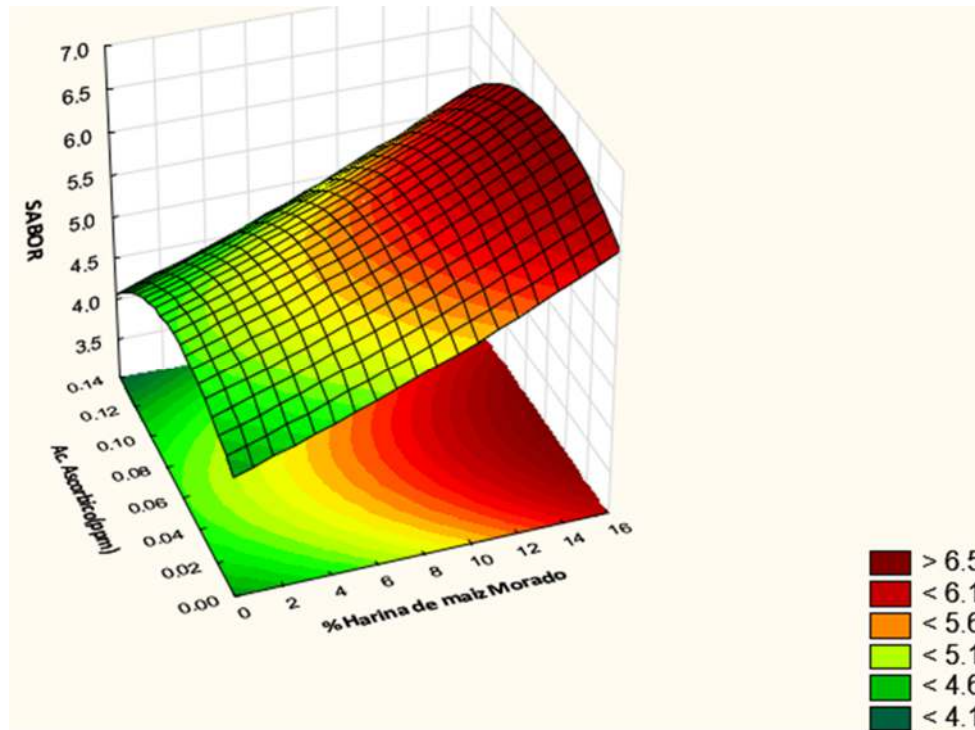


Figura 50: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de sabor sensorial en panetones

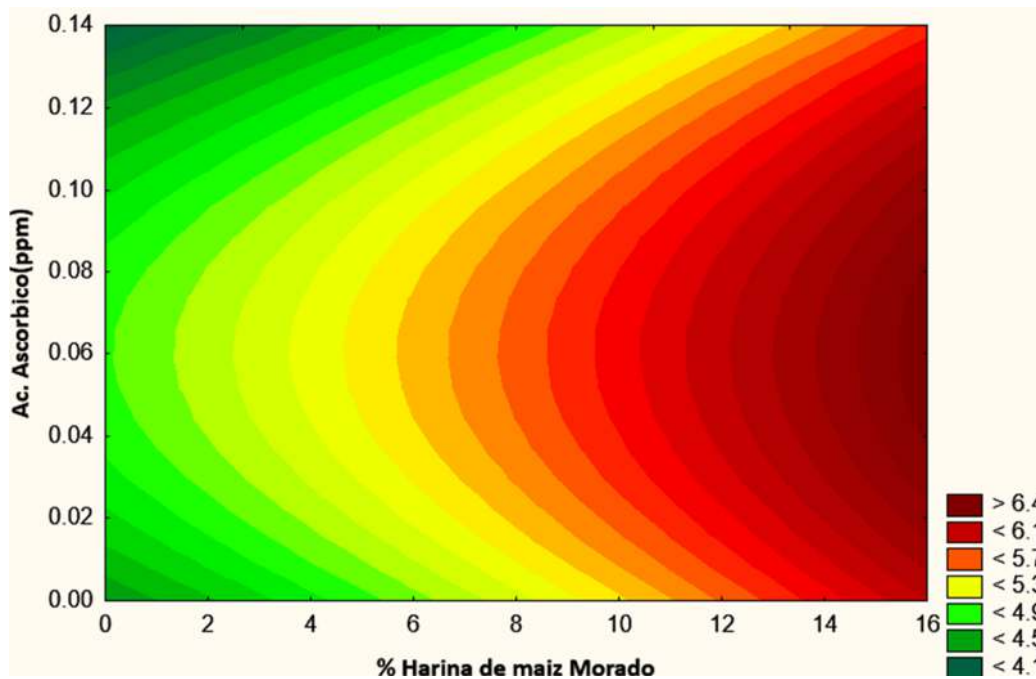


Figura 51: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de sabor sensorial en panetones

Podemos observar en la figura 50 de superficie respuesta que al aumentar el porcentaje de harina de maíz morado, el puntaje de aceptación con respecto al sabor sensorial en panetones aumenta, como es el caso de nuestra máxima sustitución F8 que es 10%. El ácido ascórbico es menos significativo que la harina de maíz morado, a medida que aumenta, el puntaje de aceptación para el sabor sensorial aumenta. Los mejores puntajes de aceptación para el sabor sensorial se dan en condiciones de entre 10 y 15% de harina de maíz morado y 20 hasta 120ppm de ácido ascórbico.

En la figura 51, se puede considerar a la región delimitada por los valores del % harina de maíz morado (10-15%) y ácido ascórbico (20-120ppm), como la zona de mayor aceptación para el sabor sensorial de los panetones está la formulación F8.

4.7.1.4 Textura sensorial

Los resultados obtenidos que se observan en la Tabla 32 muestran los resultados del color sensorial del panetón, utilizando el Diseño Compuesto Central Rotacional 22 (DCCR).

Tabla 32: Textura sensorial de panetones

Formulación	Valores Codificados				Textura Sensorial
	H.M. Morado (%)		Ac. Ascórbico (ppm)		
1	-1	7.5	-1	35	6.28
2	1	12.5	-1	35	5.84
3	-1	7.5	1	105	6.17
4	1	12.5	1	105	5.82
5	- α	5	0	70	6.38
6	+ α	15	0	70	5.19
7	0	10	- α	20	5.71
8	0	10	+ α	120	5.99
9	0	10	0	70	5.97
10	0	10	0	70	5.98
11	0	10	0	70	5.96
Control	-	-	-	-	6.51

Las formulaciones realizadas presentaron una puntuación de textura sensorial desde 5.19 valor mínimo para la formulación 6 hasta 6.38 valor máximo para la formulación 5, por lo tanto, deducimos que la F₅ (5 % de Harina de maíz morado y 70ppm de Ac. Ascórbico) es la que presenta mayor aceptación según los datos recopilados de 40 panelistas; a diferencia de la F₆ (15% de Harina de maíz morado y 70ppm de Ac. Ascórbico) que fue la que obtuvo menor aceptación 5.19. Cabe mencionar que el valor de la formulación control fue de 6.51 y las formulaciones de los puntos centrales fueron F₉, F₁₀ y F₁₁ y no difieren mucho entre sí.

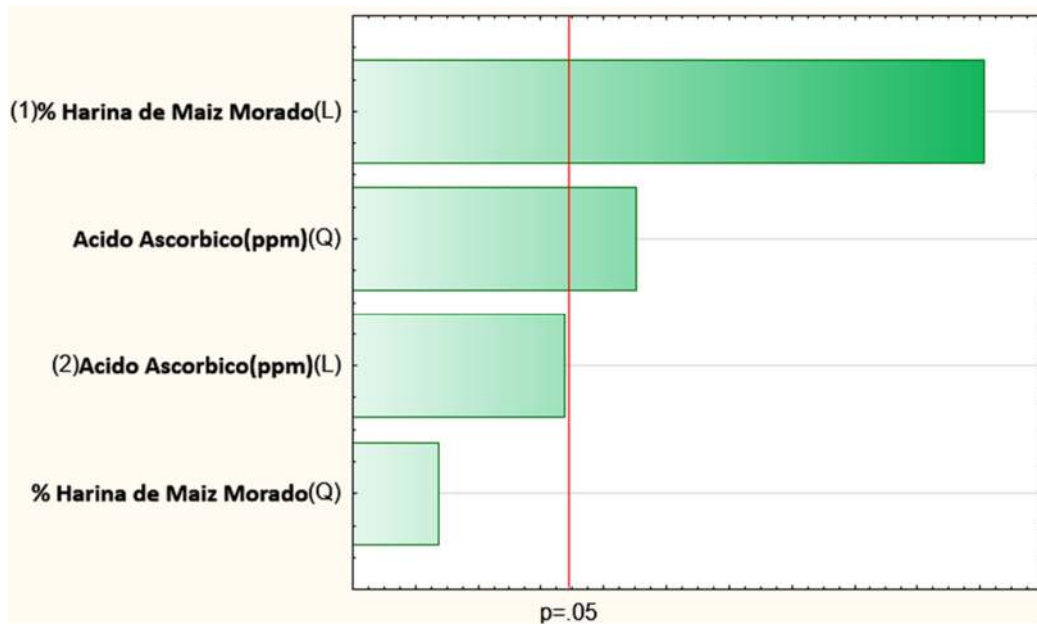


Figura 52: Diagrama de Pareto para el atributo de textura sensorial de panetones

El modelo con el que mejor se correlaciona los experimentos respecto a la textura sensorial fue el modelo de segundo orden, El elevado valor del coeficiente de determinación ($R^2=86.38\%$) el cual fue seleccionado para poder predecir el color sensorial, esto significa que los puntos experimentales están ajustados a la recta de regresión.

Al no incluir los términos no significativos ($p>0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 82.98% , esto significa un buen ajuste de los experimentos en el modelo o delineamiento experimental, considerando una explicación óptima en la variación total de las 11 formulaciones.

Se observan en la tabla 33, los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error, el valor de t (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, si obtenemos valores menores al 5% serán significativos.

Tabla 33: Coeficientes de regresión lineal para el atributo de textura sensorial en panetones

FACTOR	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	3.272	0.49024	6.67423	0.000548
(1) X (%) (L)	0.331	0.0826	4.01045	0.007035
X (%) (Q)	-0.013	0.00408	-3.14524	0.019935
(2) Y (ppm) (L)	18.562	5.60947	3.309	0.016225
Y (ppm) (Q)	-135.171	39.26118	-3.44286	0.013753

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal,
Q=Término Cuadrático

En los valores de la tabla 33, se obtuvo una ecuación que podría predecir la textura sensorial.

$$\text{Textura} = 3.272 + 0.331X - 0.013X^2 + 18.562Y - 135.171Y^2$$

X=%Harina de maíz morado

Y=Ácido Ascórbico (ppm)

Realizamos el análisis de varianza para la variable textura sensorial y después aplicamos el modelo secundario utilizado en la tabla 34, en este caso el %harina de maíz morado y ácido ascórbico fueron significativos $p > 0.05$.

Tabla 34: Análisis de varianza para el atributo de textura sensorial en panetones

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (P)
(1) X (%) (L)	0.924075	1	0.924075	82.1916	0.000101
X (%) (Q)	0.00155	1	0.00155	0.13788	0.723159
(2) Y (ppm) (L)	0.063772	1	0.063772	5.67215	0.054647
Y (ppm) (Q)	0.138825	1	0.138825	12.34773	0.012611
Error	0.067458	6	0.011243		
Total SS	1.235818	10			

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

- A través del cuadro análisis de varianza se determinó el **coeficiente de varianza** para textura sensorial

$$\bar{x}=5.3$$

$$CV = \frac{\sqrt{CMError}}{\bar{x}} * 100$$

$$CV = \frac{0.106033}{5.3} * 100 = 2.0\%$$

Respetando un rango de coeficiente de variación de $\leq 20\%$, si es mayor las estimaciones serian poco precisas.

$$R^2= 86.38\%, R^2 \text{ ajustado}= 82.98\%$$

El análisis de varianza nos permite saber con certeza si el modelo utilizado es apropiado o no. Se observa que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que el porcentaje de R^2 es (86.38%), según los resultados obtenidos podemos decir que

nuestras variables independientes son significativas, valor $P < 0.05$, por lo tanto se podrán construir los grafico de superficie respuesta y de contornos.

Otra manera de corroborar si el modelo predicho es apropiado será utilizando la gráfica de linealidad teniendo como referencia el $R^2 = 86.38\%$, en esta gráfica se muestran los puntos azules (valores experimentales) y la línea roja representa los valores predichos, mientras el valor del R^2 se acercan a 0.9 o 1 las variables serán más significativas porque se encuentran más pegadas a la línea. Para nuestros resultados podemos decir que las variables harina de maíz morado y ácido ascórbico son significativas porque no se encuentran tan dispersas de la línea roja como se observa en la figura 53.

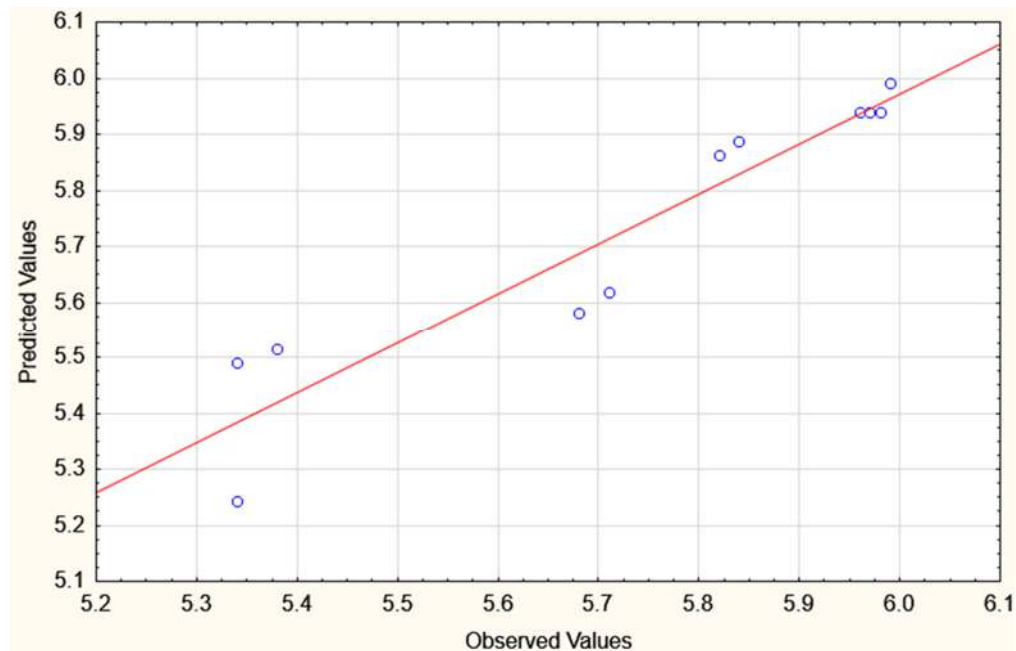


Figura 53: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el atributo de textura sensorial en panetones

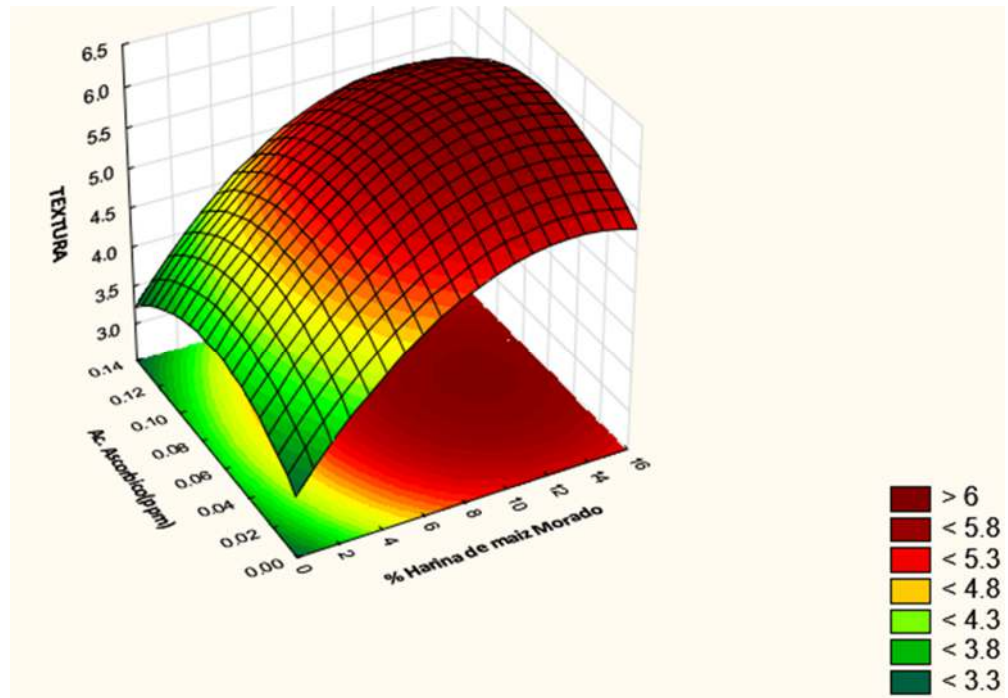


Figura 54: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de textura sensorial en panetones

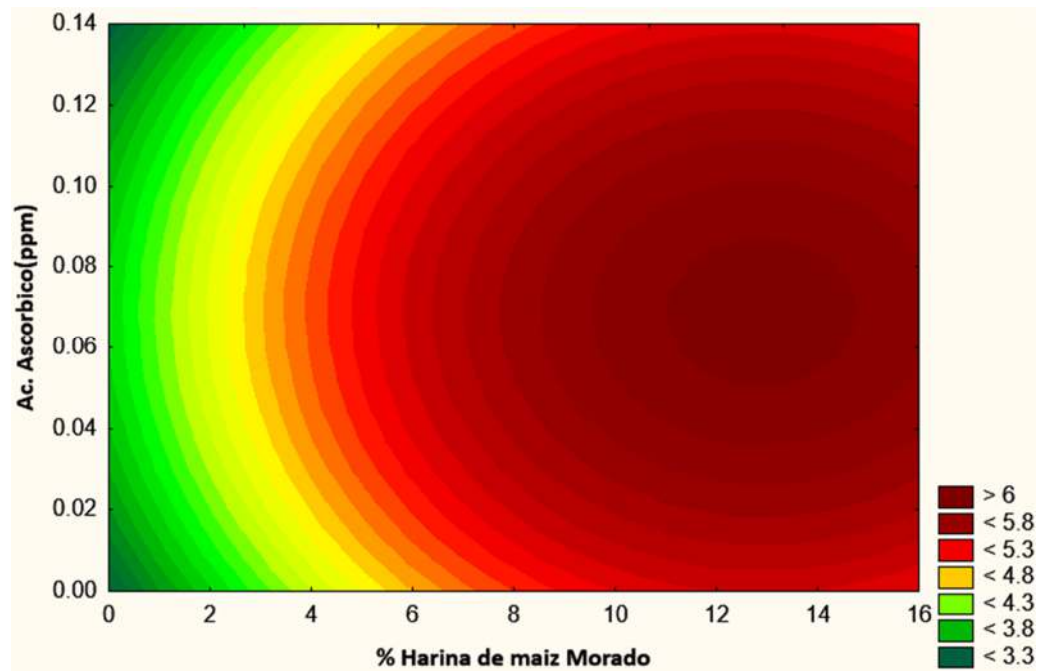


Figura 55: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el atributo de textura sensorial en panetones

Podemos observar en la figura 54 de superficie respuesta que al disminuir el porcentaje de harina de maíz morado, el puntaje de aceptación con respecto a la textura sensorial en panetones aumenta, como es el caso de la sustitución F5 que es 5%. El ácido ascórbico es menos significativo que la harina de maíz morado, a medida que disminuye, el puntaje de aceptación para la textura sensorial aumenta. Los mejores puntajes de aceptación para el sabor sensorial se dan en condiciones de entre 5 % de harina de maíz morado y 70ppm de ácido ascórbico.

En la figura 55, se puede considerar a la región delimitada por los valores del % harina de maíz morado (5%) y ácido ascórbico (70ppm), como la zona de mayor aceptación para el sabor sensorial de los panetones.

4.7.1.5 Volumen específico

Estos datos se obtuvieron como resultados durante el análisis de volumen específico de los panetones control y de mayor aceptabilidad, como se muestra en la tabla 35, almacenado a una temperatura ambiente.

Tabla 35: Volumen específico de panetones

Formulación	Valores codificados			Volumen específico (cm ³ /gr)	
	H.M. Morado (%)		Ac. Ascórbico (ppm)		
1	-1	7.5	-1	35	3.79
2	1	12.5	-1	35	3.12
3	-1	7.5	1	105	4.02
4	1	12.5	1	105	3.46
5	- α	5	0	70	4.03
6	+ α	15	0	70	3.06
7	0	10	- α	20	3.56
8	0	10	+ α	120	3.96
9	0	10	0	70	3.86
10	0	10	0	70	3.82
11	0	10	0	70	3.86
Control	-	-	-	-	4.12

Las formulaciones realizadas presentaron una puntuación de textura sensorial desde 3.06 valor mínimo para la formulación 6 hasta 4.03 valor máximo para la formulación 5, por lo tanto, deducimos que la F₅ (5 % de Harina de maíz morado y 70ppm de Ac. Ascórbico) es la que presenta mayor aceptación según los datos recopilados de 40 panelistas; a diferencia de la F₆ (12.5% de Harina de maíz morado y 35ppm de Ac. Ascórbico) que fue la que obtuvo menor aceptación 3.06. Cabe mencionar que el valor de la formulación control fue de 4.12 y las formulaciones de los puntos centrales fueron F₉, F₁₀ y F₁₁ y no difieren mucho entre sí.

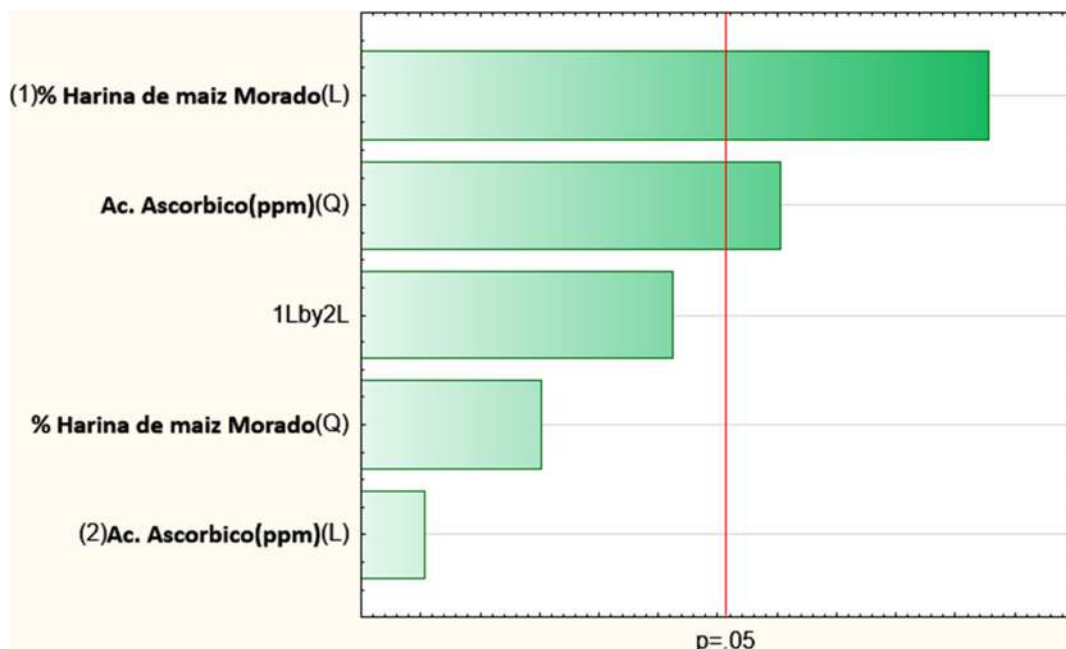


Figura 56: Diagrama de Pareto para el volumen específico de panetones

El modelo con el que mejor se correlaciona los experimentos respecto al volumen sensorial fue el modelo de segundo orden, El elevado valor del coeficiente de determinación ($R^2=87.95\%$) el cual fue seleccionado para poder predecir el color sensorial, esto significa que los puntos experimentales están ajustados a la recta de regresión.

Al no incluir los términos no significativos ($p>0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 84.97% , esto significa un buen ajuste de los experimentos en el modelo o delineamiento experimental, considerando una explicación óptima en la variación total de las 11 formulaciones.

Se observan en la tabla 36, los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error, el valor de t (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, si obtenemos valores menores al 5% serán significativos.

Tabla 36: Coeficientes de regresión lineal para el volumen específico en panetones

FACTOR	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	4.597	0.87466	5.25591	0.00331
(1) X (%) (L)	-0.097	0.12405	-0.77989	0.470742
X (%) (Q)	-0.005	0.0054	-1.01588	0.356296
(2) Y (ppm) (L)	4.256	11.19584	0.38017	0.719432
Y (ppm) (Q)	-157.317	51.95005	-3.02824	0.02914
1L x 2L	1.782	0.83818	2.12592	0.086951

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

En los valores de la tabla 36, se obtuvo una ecuación que podría predecir la textura sensorial.

$$\text{Vol. específico} = 4.597 - 0.097X - 0.005X^2 + 4.256Y - 157.317Y^2 + 1.782XY$$

X=%Harina de maíz morado

Y=Ácido Ascórbico (ppm)

Realizamos el análisis de varianza para la variable volumen específico y después aplicamos el modelo secundario utilizado en la tabla 37, en este caso el %harina de maíz morado y ácido ascórbico fueron significativos $p > 0.05$.

Tabla 37: Análisis de varianza para el volumen específico en panetones

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (P)
(1) X (%) (L)	1.026675	1	1.026675	25.25768	0.004016
X (%) (Q)	0.118637	1	0.118637	2.91863	0.148262
(2) Y (ppm) (L)	0.364077	1	0.364077	8.95683	0.03035
Y (ppm) (Q)	0.566343	1	0.566343	13.93285	0.013534
1L by 2L	0.119025	1	0.119025	2.92819	0.147729
Error	0.20324	5	0.040648		
Total SS	2.281818	10			

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

- A través del cuadro análisis de varianza se determinó el **coeficiente de varianza** para volumen específico

$$\bar{x} = 4.6$$

$$CV = \frac{\sqrt{CMError}}{\bar{x}} * 100$$

$$CV = \frac{0.201613}{4.6} * 100 = 4.382\%$$

Respetando un rango de coeficiente de variación de $\leq 20\%$, si es mayor las estimaciones serían poco precisas.

$$R^2 = 87.95\%, R^2 \text{ ajustado} = 84.94\%$$

El análisis de varianza nos permite saber con certeza si el modelo utilizado es apropiado o no. Se observa que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que el

porcentaje de R^2 es (87.95%), según los resultados obtenidos podemos decir que nuestras variables independientes son significativas, valor $P < 0.05$, por lo tanto se podrán construir los grafico de superficie respuesta y de contornos.

Otra manera de corroborar si el modelo predicho es apropiado será utilizando la gráfica de linealidad teniendo como referencia el $R^2= 87.95\%$, en esta gráfica se muestran los puntos azules (valores experimentales) y la línea roja representa los valores predichos, mientras el valor del R^2 se acercan a 0.9 o 1 las variables serán más significativas porque se encuentran más pegadas a la línea.

Para nuestros resultados podemos decir que las variables harina de maíz morado y ácido ascórbico son significativas porque no se encuentran tan dispersas de la línea roja como se observa en la figura 57.

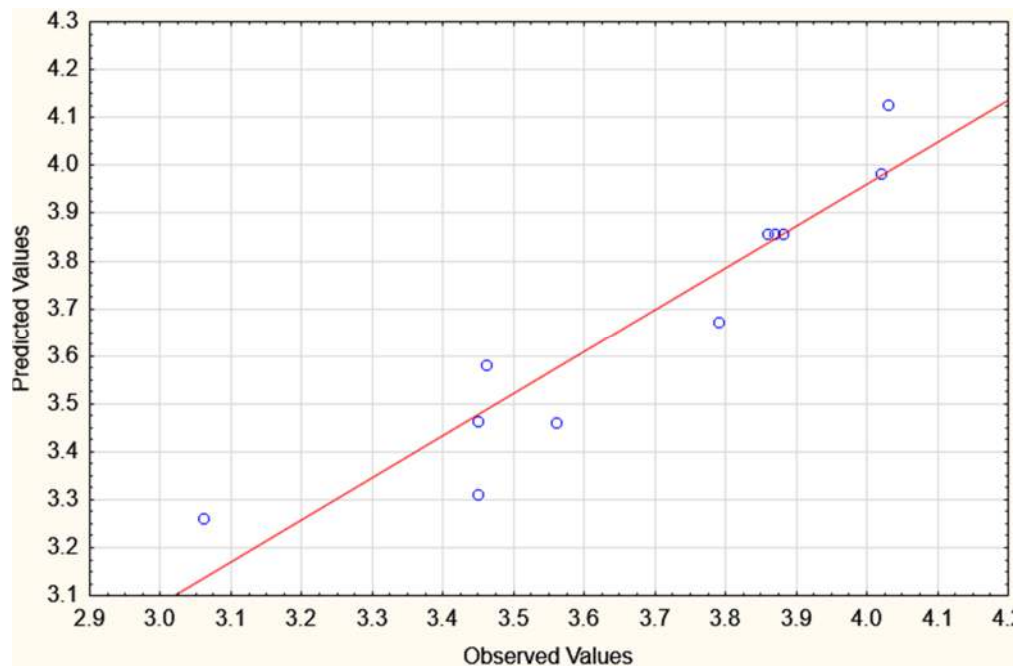


Figura 57: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el volumen específico en panetones

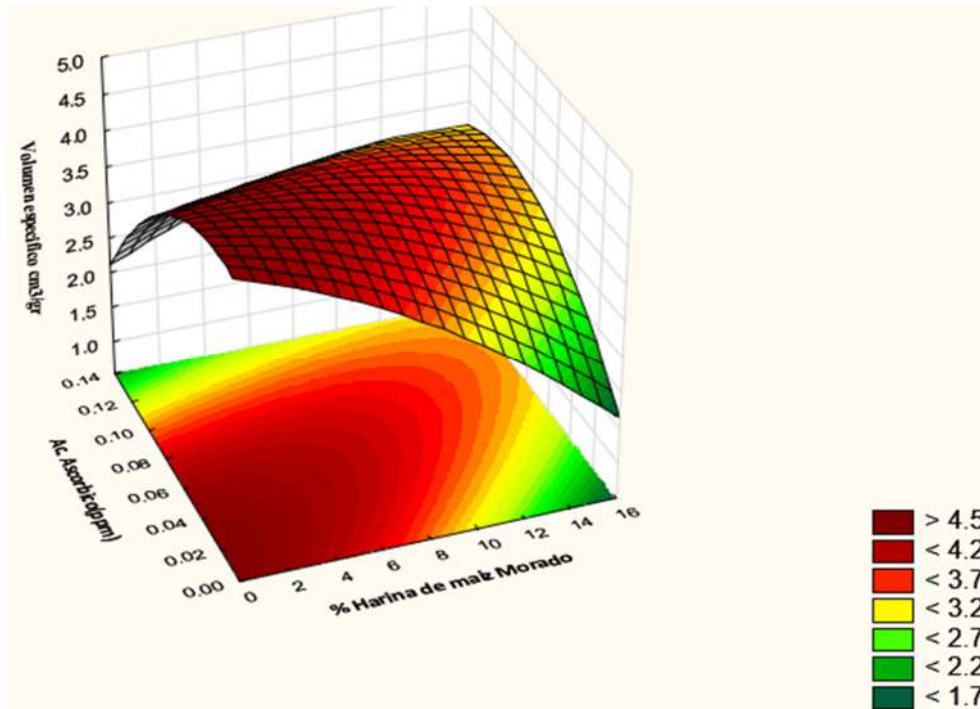


Figura 58: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el volumen específico en panetones

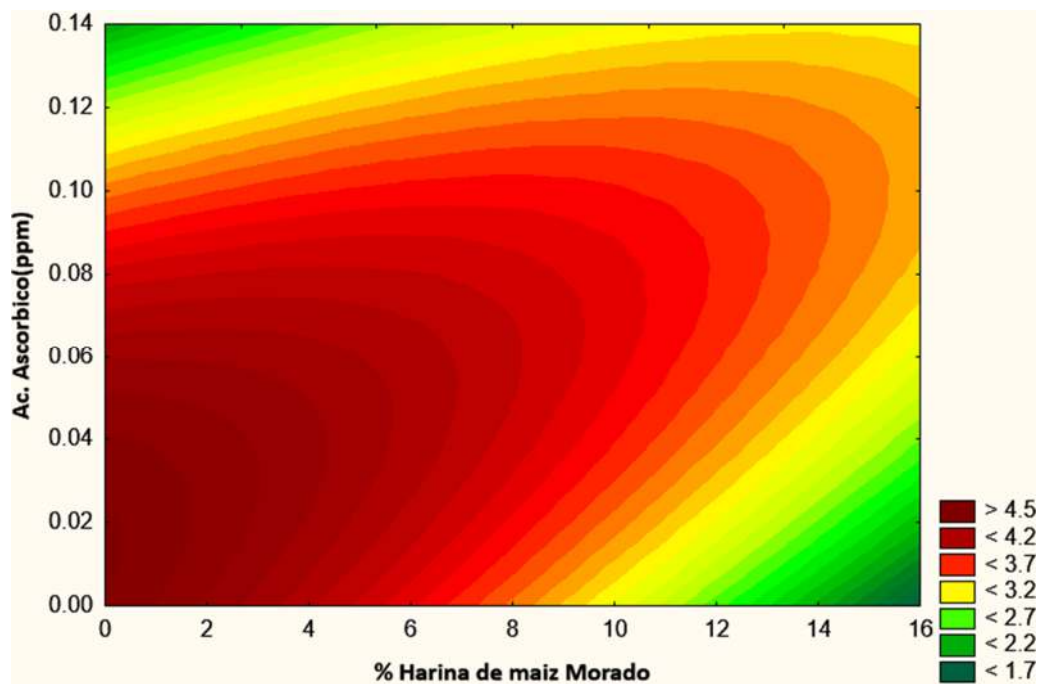


Figura 59: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el volumen específico en panetones

Podemos observar en la figura 59 de superficie respuesta que al disminuir el porcentaje de harina de maíz morado, el puntaje de aceptación con respecto a la textura sensorial en panetones aumenta, como es el caso de la sustitución F5 que es 5%. El ácido ascórbico es menos significativo que la harina de maíz morado, a medida que disminuye, el puntaje de aceptación para la textura sensorial aumenta. Los mejores puntajes de aceptación para el sabor sensorial se dan en condiciones de entre 5 % de harina de maíz morado y 70ppm de ácido ascórbico.

En la figura 64, se puede considerar a la región delimitada por los valores del % harina de maíz morado (5%) y ácido ascórbico (70ppm), como la zona de mayor aceptación para el sabor sensorial de los panetones. Dentro de esta región delimitada se encuentran las formulaciones

4.7.1.6 Optimización

Después de evaluar las características sensoriales del panetón, podemos elegir a la mejor formulación, consideramos las variables con mayor importancia de acuerdo a su valor nutricional tales como % Lisina, y su aceptación sensorial tales como color, Olor, sabor y Textura sensorial, según el criterio de panelistas semi-entrenados y consideramos también su característica tecnológica Volumen específico.

Los gráficos de Superficie Respuesta y de Contornos evalúan según el Diseño Compuesto Central Rotacional 2^2 (DCCR) las variables más importantes para poder elegir nuestra mejor formulación.

De acuerdo a los porcentajes de sustitución de harina de maíz morado y ácido ascórbico en ppm, para poder determinar la mejor formulación según las mezclas realizadas en diferentes tratamientos para poder obtener un panetón con mayores atributos, según los análisis realizados el mejor panetón fue la formulación 8.

4.6.3 Color instrumental de la miga

Los valores que se obtienen como resultados en la tabla 38 sobre, Luminosidad (L), Cromaticidad (C) y Ángulo de tonalidad de la miga de los panetones de acuerdo con el diseño experimental.

Tabla 38: Color de la miga de los panetones

FORMULACIÓN	H. Maíz Morado	Ac. Ascórbico (ppm)	Luminosidad (L)	Cromaticidad (C*)	Ángulo de Tonalidad (H*)
1	-1	-1	56.45	14.61	76.67
2	+1	-1	39.97	9.83	17.34
3	-1	+1	58.75	20.45	80.12
4	+1	+1	50.43	9.52	14.4
5	- α	0	60.19	18.13	80.47
6	+ α	0	36.48	10.37	2.15
7	0	- α	70.82	11.21	82.57
8	0	+ α	69.21	12.74	76.61
9	0	0	65.35	14.05	85.75
10	0	0	62.44	13.16	80.24
11	0	0	61.39	18.31	80.22
CONTROL	-	-	72.69	15.29	76.19

4.6.3.1 Luminosidad

La luminosidad de la miga en los panetones con adición de harina de maíz mirado y ácido ascórbico varía de 36.48 a 80.19. Con respecto al panetón patrón este presento un valor de 72.69 este se encuentra dentro de los valores mencionados.

Mientras más altos los valores de L * indican una mayor reflectancia de la luz, que se traduce en productos de panificación de colores claros según (Batista, 2007).

En la tabla 38 muestra valores de luminosidad de las formulaciones realizadas en una escala 0 (negro) a 100 (blanco), en la formulación F₅ debido a la sustitución de harina de maíz morado la luminosidad tiende al negro.

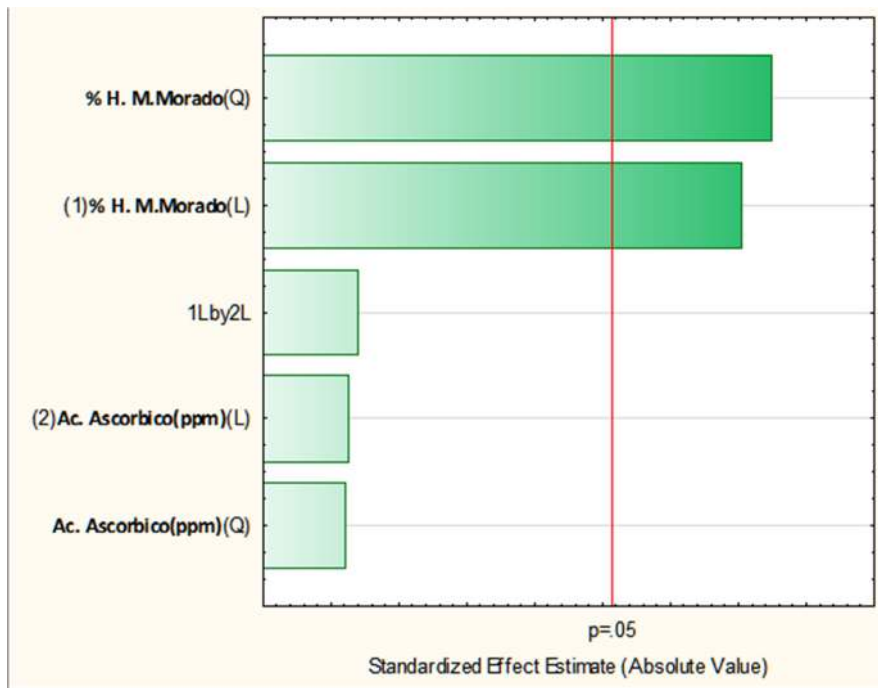


Figura 60: Diagrama de Pareto para luminosidad de la miga de panetones

El % de Harina de maíz es significativo como se observa en la figura 60 que ($p < 0.05$) entonces él % de harina de maíz morado tiene mayor significancia con respecto a la luminosidad. El elevado valor del coeficiente de determinación ($R^2 = 84.56\%$) el cual fue seleccionado para poder predecir la luminosidad, esto significa que los puntos experimentales están ajustados a la recta de regresión.

Al no incluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 80.70% , esto significa un buen ajuste de los

experimentos en el modelo o delineamiento experimental, considerando una explicación óptima en la variación total de las 11 formulaciones.

Se observan en la tabla 39, los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error, el valor de t (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, si obtenemos valores menores al 5% serán significativos.

Tabla 39: Coeficientes de regresión lineal para luminosidad de la miga en panetones

Factor	Coefficientes de Regresión	Error Estándar	t (5)	p – valor*
Media	24.222	28.37300	0.85369	0.432262
(1) X	11.645	4.34600	2.67962	0.043840
X (%) (Q)	-0.744	0.19900	-3.74409	0.013375
(2) Y	-296.235	369.48600	-0.80175	0.459090
Y	1203.151	1979.43200	0.60783	0.569850
1L x 2L	16.486	23.72300	0.69493	0.518061

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

En los valores de la tabla 39, se obtuvo una ecuación que podría predecir la luminosidad (L).

$$\text{Luminosidad} = 24.222 + 11.645X - 0.744X^2 - 296.235Y + 1203.151Y^2 + 16.486XY$$

X=%Harina de maíz morado Y=Ácido Ascórbico (ppm)

Realizamos el análisis de varianza para la variable luminosidad y después aplicamos el modelo secundario utilizado en la tabla 40, en este caso el %harina de maíz morado y ácido ascórbico fueron significativos ($p > 0.05$).

Tabla 40: Análisis de varianza para luminosidad de la miga en panetones

Factor	ANOVA				
	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabulado (P)
(1)X	0.924075	1	0.924075	82.19160	0.000101
X%(Q)	0.001550	1	0.001550	0.13788	0.723159
(2)Y(ppm)	0.063772	1	0.063772	5.67215	0.054647
Y(ppm)(Q)	0.138825	1	0.138825	12.34773	0.012611
Error	0.067458	6	0.011243		
Total SS	1.235818	10			

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

- A través del cuadro análisis de varianza se determinó el **coeficiente de varianza** para luminosidad

$$\bar{x} = 0.10603$$

$$CV = \frac{\sqrt{CME_{Error}}}{\bar{x}} * 100$$

$$CV = \frac{3.24815}{57.40} * 100 = 0.19\%$$

Respetando un rango de coeficiente de variación de $\leq 20\%$, si es mayor las estimaciones serian poco precisas.

El análisis de varianza nos permite tener la seguridad de saber si el modelo utilizado es apropiado, lo cual significa que nuestras variables son significativas, se observa que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que porcentaje de R^2 (84.56%). Las variables independientes son significativas, tal como se demuestra en el análisis de varianza por lo tanto se podrá construir los grafico de superficie de respuesta y de contornos.

La grafica demuestra que los puntos están pegados a la línea, esto demuestra que mis variables harina de maíz morado y ácido ascórbico son significativas.

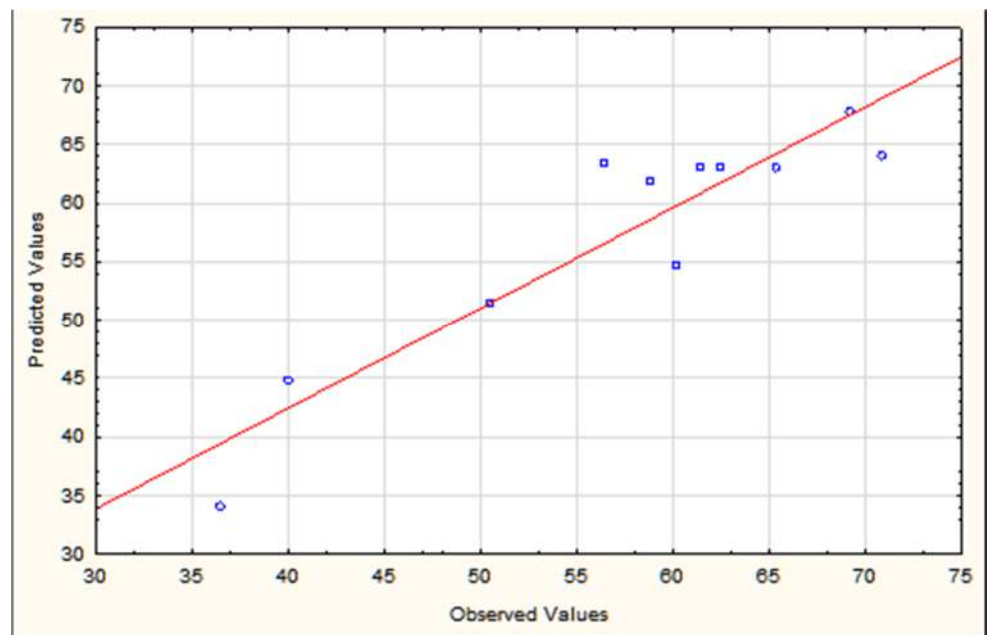


Figura 61: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para luminosidad de la miga en panetones

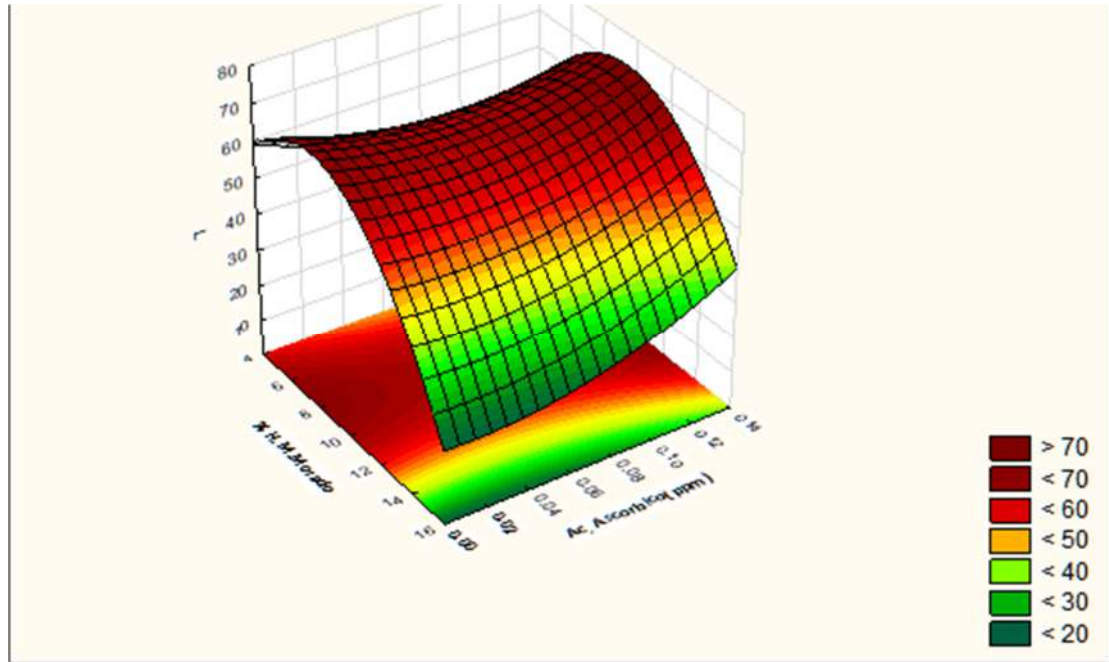


Figura 62: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para luminosidad de la miga en panettones

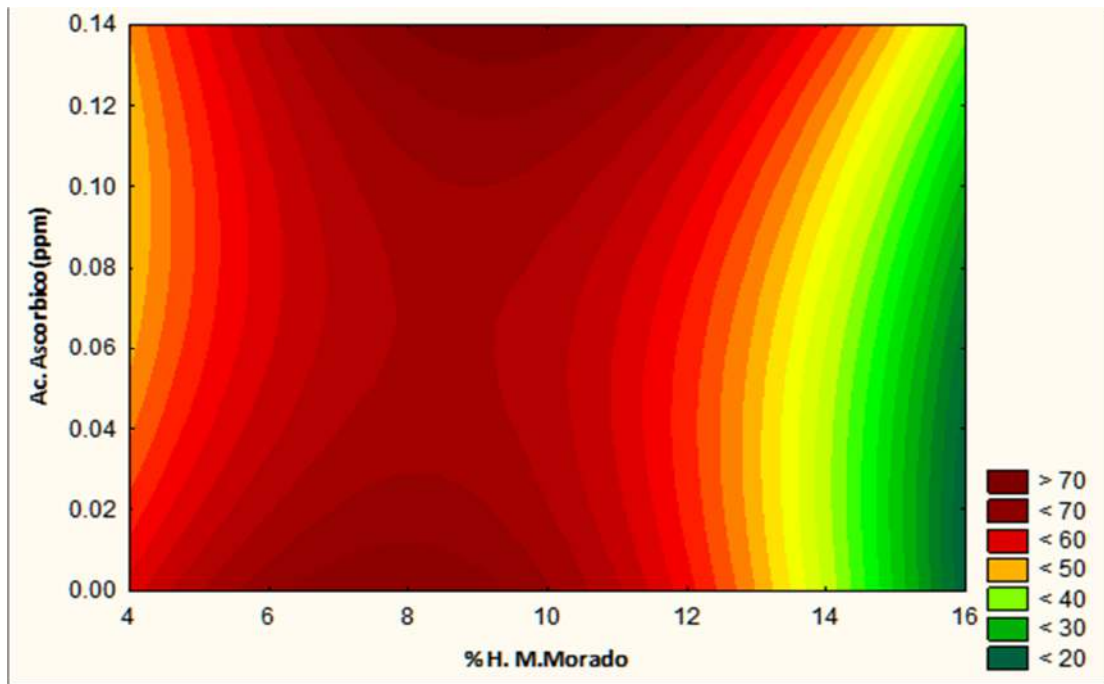


Figura 63: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para luminosidad de la miga en panettones

En ambos gráficos tanto de superficie de respuesta y contorno, se observa que el valor de respuesta “L” del color de la miga del panetón fue mayor cuando se añadió de 0 a 5 % de Harina de maíz morado y de 35 a 70ppm de ácido ascórbico. Cuando se añade estos porcentajes se obtiene valores más altos de luminosidad los cuales indican una mayor reflectancia la luz.

4.6.3.2 Cromaticidad

Los resultados del panetón para cromaticidad mostro valores entre 9.52 y 20.45. El panetón con la mejor formulación mostro un valor de 12.74, se encuentra en el intervalo de los resultados anteriores. En la tabla 41 se muestra los Coeficientes de regresión para la variable respuesta de Cromaticidad de la miga del panetón.

Tabla 41: Coeficientes de regresión lineal para cromaticidad de la miga en panetones

FACTOR	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	7.768	8.7915	0.88356	0.417387
(1) X (%) (L)	0.149	1.2468	0.11984	0.909276
X (%) (Q)	-0.002	0.0542	-0.04496	0.96588
(2) Y (ppm) (L)	287.888	112.5329	2.55826	0.050754
Y (ppm) (Q)	-619.561	522.1663	-1.18652	0.288717
1L x 2L	-17.395	8.4248	-2.06471	0.093869

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

En los valores de la tabla 41, se obtuvo una ecuación que podría predecir la

luminosidad (L).

$$\text{Cromaticidad} = 7.768 + 0.149X - 0.002X^2 + 287.888Y - 619.561Y^2 - 17.395XY$$

X=%Harina de maíz morado

Y=Ácido Ascórbico (ppm)

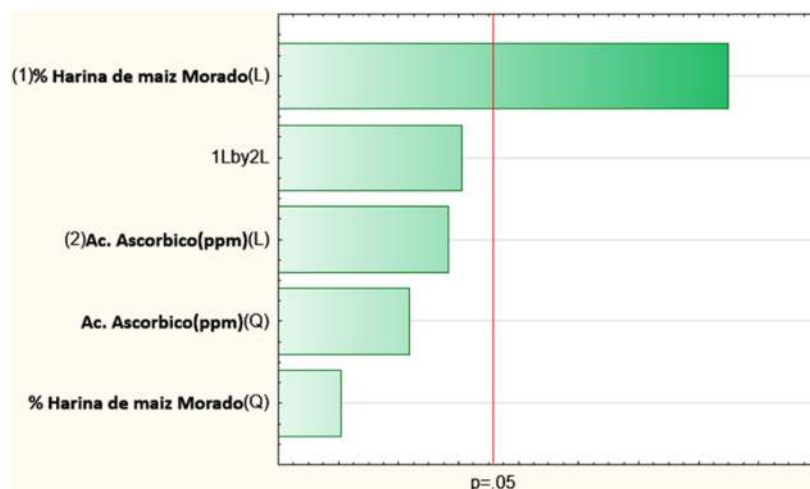


Figura 64: Diagrama de Pareto para cromaticidad de la miga de panetones

El % de Harina de maíz es significativo como se observa en la figura 64 que ($p < 0.05$) entonces él % de harina de maíz morado tiene mayor significancia con respecto a la cromaticidad.

Al no incluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 88.91%, esto significa un buen ajuste de los experimentos en el modelo o delineamiento experimental, considerando una explicación óptima en la variación total de las 11 formulaciones.

Realizamos el análisis de varianza para la variable cromaticidad. Después aplicamos el modelo secundario utilizado en la tabla 42, en este caso el %harina de maíz morado y ácido ascórbico fueron significativos ($p > 0.05$).

Tabla 42: Análisis de varianza para cromaticidad de la miga en panetones

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (P)
(1) X (%) (L)	93.5767	1	93.57668	42.18874	0.001291
X (%) (Q)	0.0045	1	0.00448	0.00202	0.96588
(2) Y (ppm) (L)	7.3992	1	7.39922	3.33591	0.127348
Y (ppm) (Q)	3.1226	1	3.12264	1.40783	0.288717
1L by 2L	9.4556	1	9.45563	4.26304	0.093869
Error	11.0902	5	2.21805		
Total SS	125.1232	10			

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

- A través del cuadro análisis de varianza se determinó el **coeficiente de varianza** para cromaticidad

$$\bar{x} = 13.8527$$

$$CV = \frac{\sqrt{CMError}}{\bar{x}} * 100$$

$$CV = \frac{1.489311}{13.8527} * 100 = 10.751\%$$

Respetando un rango de coeficiente de variación de $\leq 20\%$, si es mayor las estimaciones serian poco precisas.

$R^2 = 91.13\%$, R^2 ajustado = 88.91%

El análisis de varianza nos permite tener la seguridad de saber si el modelo utilizado es apropiado, lo cual significa que nuestras variables son significativas, se observa que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que porcentaje de R^2 (91.13% .) Las variables independientes son significativas, tal como se demuestra en el análisis de varianza por lo tanto se podrá construir los grafico de superficie de respuesta y de contornos.

También se podría corroborar si mi modelo predice bien el $R^2 = 91.13\%$ si es apropiado utilizando la gráfica de linealidad. La grafica demuestra que los puntos están pegados a la línea, esto demuestra que mis variables harina de maíz morado y ácido ascórbico son significativas.

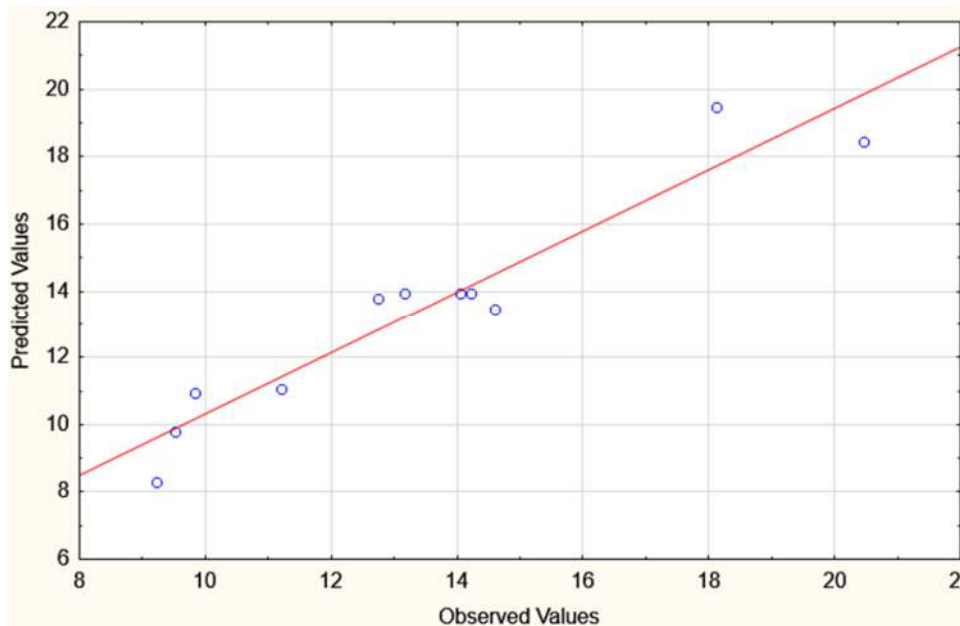


Figura 65: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para cromaticidad de la miga en panetones

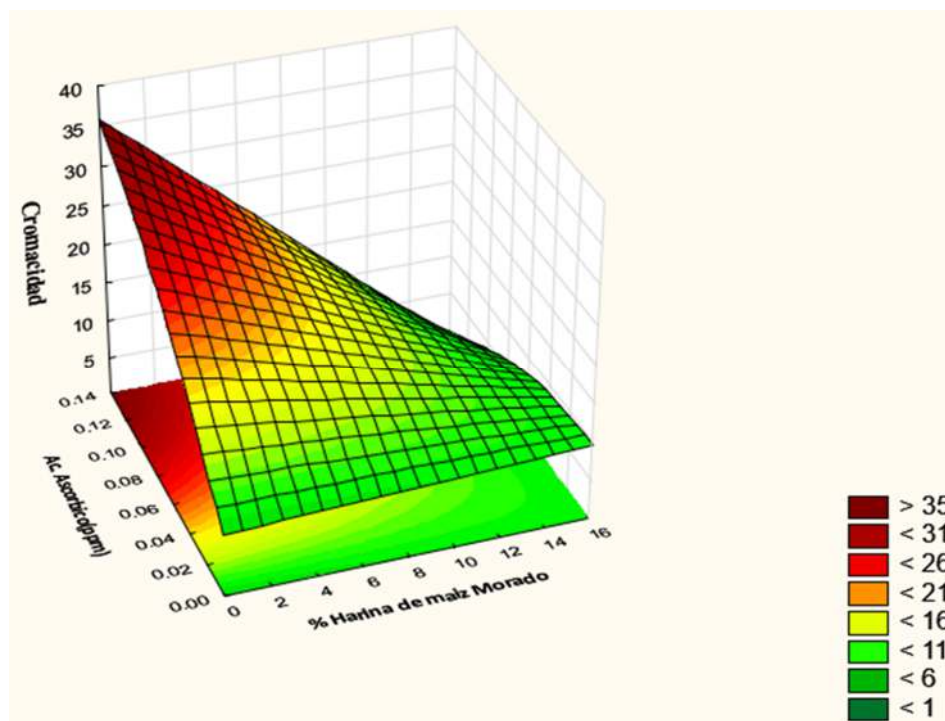


Figura 66: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para cromaticidad de la miga en panetones

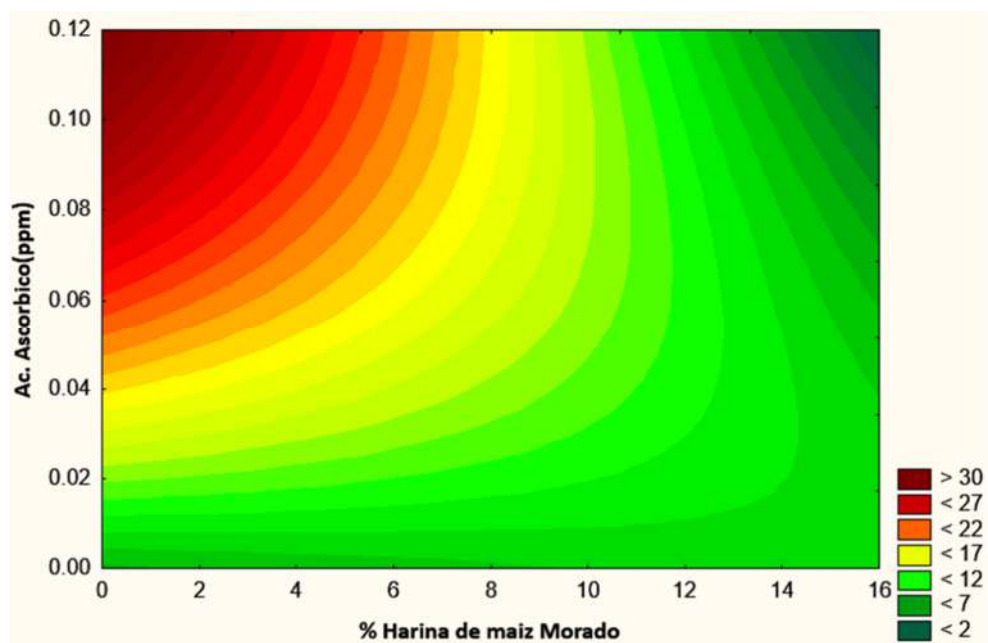


Figura 67: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para cromaticidad de la miga en panetones

La cromaticidad presento los siguientes valores en las formulaciones F₂, F₄ y F₆ son 9.83, 9.52 y 10.37 respectivamente. Para las formulaciones mencionadas, los valores presentados de b* (-2.93 ± 0.141, -2.73 ± 0.597, -0.389 ± 0.467), esto muestra una ligera tendencia al color azul y para los valores de a* (9.38 ± 0.159, 9.23 ± 0.157, 10.37 ± 0.057) una tendencia al color rojo. El valor de L* (60.50 ± 2.078, 60.39 ± 2.948, 44.34 ± 3.319) nos indica que tiene una tendencia al color oscuro.

4.6.3.3 Angulo de tonalidad

Los valores en la Tabla 38 para Ángulo de tonalidad, las formulaciones se encuentran entre 2.15 mínimo y 85.75 máximo correspondientes a las formulaciones F₆ y F₉, para la F₆ debido a la adición de harina de maíz morado en 15% se obtiene un Angulo de tonalidad de 2.15° el cual corresponde al cuarto cuadrante (entre rojo y azul) con una tendencia al color lila claro, sin embargo para la formulación F₉ con una Angulo de tonalidad de 85.75° con tendencia al color amarillo debido al menor porcentaje de harina de maíz morado. Para la formulación control del panetón tiene un valor de 76.19, se encuentra en el intervalo de las pruebas anteriores.

El color característico del maíz morado se debe a los pigmentos antocianos, los cuales se forman como resultado del trabajo de muchos genes ubicados en diferentes cromosomas del fruto, una combinación entre pigmentos rojos y azules

que pueden variar en intensidad según el fenotipo del maíz morado, mencionado por Almeida en (Pinedo, 2015).

El color ligeramente amarillo en harinas para panificación se debe a la presencia de pigmentos carotenoides del tipo xantofilas y su degradación por enzimas oxidativas como lipoxigenasas (LPX), peroxidasas (POD) y polifenol oxidasas (PPO) (Roncallo et al., 2009)

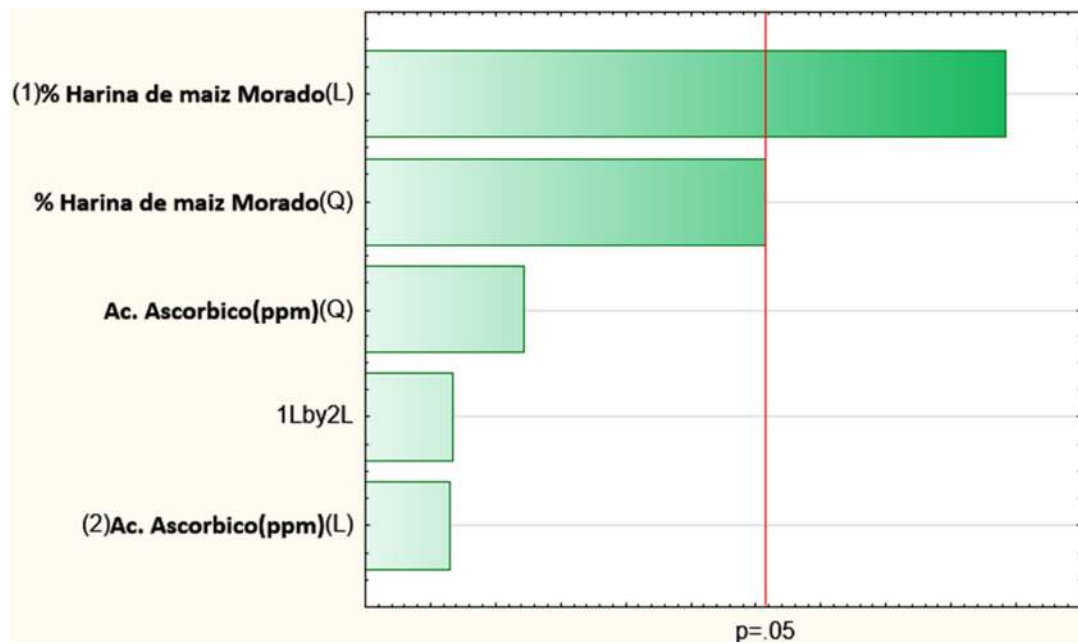


Figura 68: Diagrama de Pareto para ángulo de tonalidad de la miga de panetones

El % de Harina de maíz es significativo como se observa en la figura 68 que ($p < 0.05$) entonces él % de harina de maíz morado tiene mayor significancia con respecto al ángulo de tonalidad.

Al no incluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 80.07%, esto significa un buen ajuste de los experimentos en el

modelo o delineamiento experimental, considerando una explicación óptima en la variación total de las 11 formulaciones.

Se observan en la tabla 42, los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error, el valor de t (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, si obtenemos valores menores al 5% serán significativos.

Tabla 43: Coeficientes de regresión lineal para ángulo de tonalidad de la miga en panetones

FACTOR	Coefficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	-34.37	108.467	-0.31684	0.764166
(1) X (%) (L)	26.32	15.383	1.71088	0.14779
X (%) (Q)	-1.72	0.669	-2.573	0.049854
(2) Y (ppm) (L)	805.34	1388.399	0.58005	0.587035
Y (ppm) (Q)	-4661.46	6442.341	-0.72357	0.501755
1L x 2L	-18.07	103.943	-0.17388	0.86878

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

En los valores de la tabla 43, se obtuvo una ecuación que podría predecir la luminosidad (L).

$$\text{Angulo de tonalidad} = -34.37 + 26.32X - 1.72X^2 + 805.34Y - 4661.46Y^2 - 18.07XY$$

X=%Harina de maíz morado

Y=Ácido Ascórbico (ppm)

Realizamos el análisis de varianza para la variable Angulo de tonalidad y después

aplicamos el modelo secundario utilizado en la tabla 44, en este caso el %harina de maíz morado fue significativo ($p > 0.05$).

Tabla 44: Análisis de varianza para ángulo de tonalidad de la miga en panetones

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (P)
(1) X (%) (L)	6612.44	1	6612.438	19.58488	0.006857
X (%) (Q)	2235.22	1	2235.219	6.62033	0.049854
(2) Y (ppm) (L)	7.84	1	7.838	0.02322	0.884856
Y (ppm) (Q)	176.77	1	176.766	0.52355	0.501755
1L by 2L	10.21	1	10.208	0.03023	0.86878
Error	1688.15	5	337.63		
Total SS	10589.58	10			

X=%Harina de maíz morado, Y=Ácido Ascórbico (ppm), L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

- A través del cuadro análisis de varianza determinó el **coeficiente de varianza** para ángulo de tonalidad

$$\bar{x} = 61.5036$$

$$CV = \frac{\sqrt{CMError}}{\bar{x}} * 100$$

$$CV = \frac{18.374710}{61.5036} * 100 = 29.87\%$$

Respetando un rango de coeficiente de variación de $\leq 20\%$, si es mayor las estimaciones serian poco precisas.

$R^2 = 90.40\%$, R^2 ajustado = 88.07%

El análisis de varianza nos permite tener la seguridad de saber si el modelo utilizado es apropiado, lo cual significa que nuestras variables son significativas, se observa que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que porcentaje de R^2 (90.40% .) Las variables independientes son significativas, tal como se demuestra en el análisis de varianza por lo tanto se podrá construir los grafico de superficie de respuesta y de contornos.

También se podría corroborar si mi modelo predice bien el $R^2=90.40\%$ si es apropiado utilizando la gráfica de linealidad. La grafica demuestra que los puntos están pegados a la línea, esto demuestra que mis variables harina de maíz morado y ácido ascórbico son significativas.

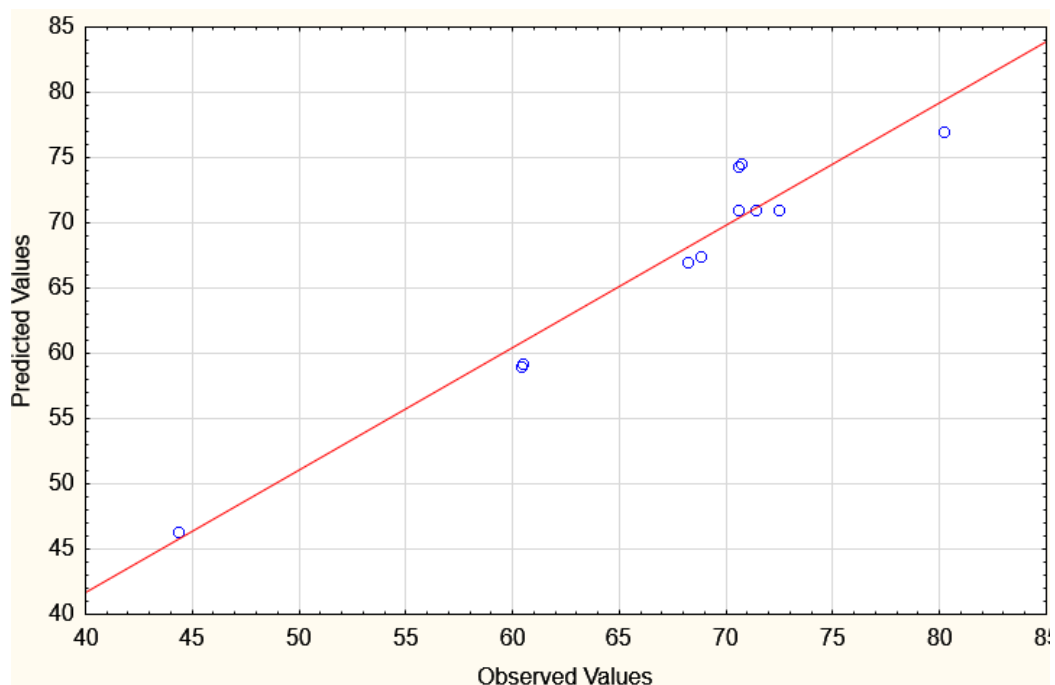


Figura 69: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para ángulo de tonalidad de la miga en panetones

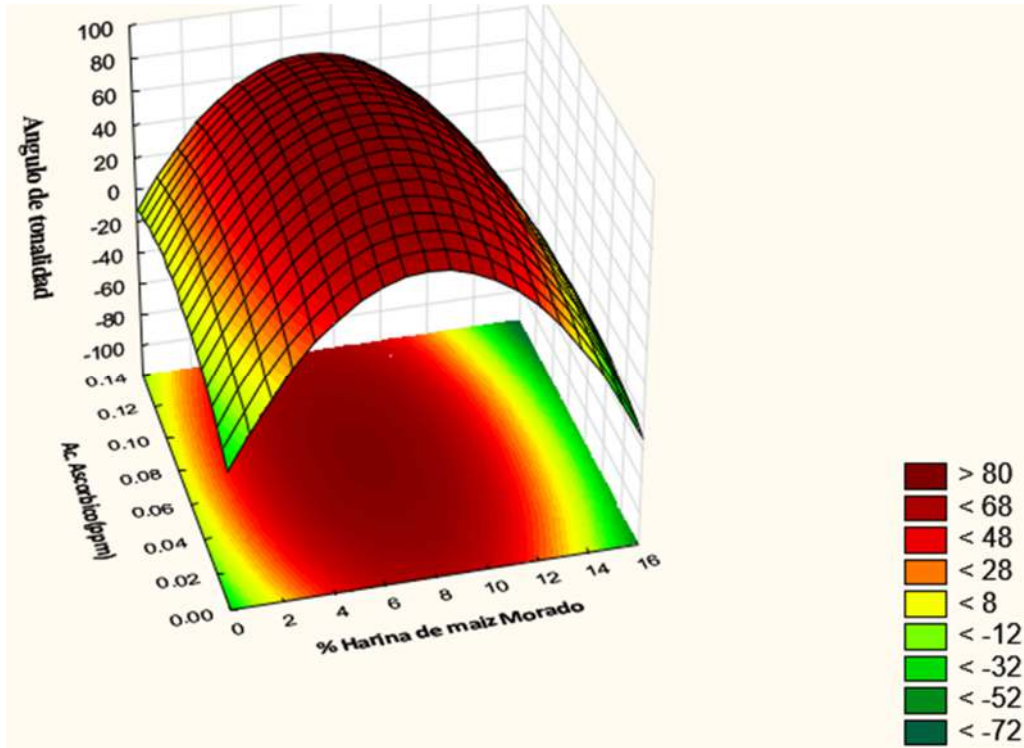


Figura 70: Superficie respuesta en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el ángulo de tonalidad de la miga en panetones

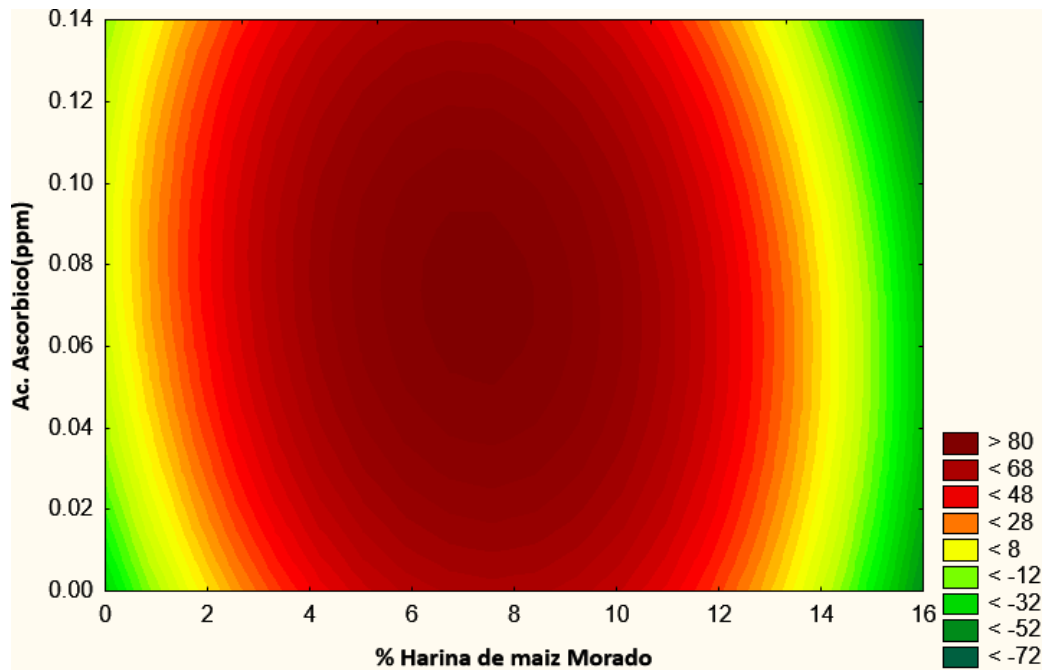


Figura 71: Gráfico de contornos en función al porcentaje de maíz morado y ácido ascórbico (ppm) para el ángulo de tonalidad de la miga en panetones

En ambos gráficos tanto de superficie de respuesta y contorno, se observa que el valor de respuesta “H” del color de la miga del panetón fue mayor cuando se añadió de 5 a 10% de Harina de maíz morado y de 35 a 105ppm de ácido ascórbico. Si se adicionan estos porcentajes de harina de maíz morado y ácido ascórbico los panetones suele tener un color amarillo en la miga.

4.6.4 Características físico químicas y tecnológicas del panetón

4.6.4.1 Textura

En la tabla 45 se observa los datos que se obtuvieron como resultados durante el análisis de la textura de los panetones control y de mayor aceptabilidad, durante 6 meses de almacenamiento a una temperatura ambiente.

Tabla 45: Evaluación de textura de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente

Tiempo (Días)	Textura(mJ)	
	Control	Mejor formulación F ₈
1	34.978 ± 0.31	36.245 ± 0.04
15	35.403 ± 0.01	37.243 ± 0.03
30	37.442 ± 0.21	39.315 ± 0.06
45	39.115 ± 0.03	40.412 ± 0.11
60	40.352 ± 0.33	42.345 ± 0.07
75	42.115 ± 0.44	44.356 ± 0.05
90	45.144 ± 0.11	47.231 ± 0.13
105	48.432 ± 0.02	51.146 ± 0.02
120	48.886 ± 0.05	53.451 ± 0.07
135	51.544 ± 0.22	55.341 ± 0.05
150	53.221 ± 0.41	57.511 ± 0.01
175	53.865 ± 0.36	60.221 ± 0.07
190	54.258 ± 0.28	65.451 ± 0.03

Media de 3 repeticiones + SD.

En la tabla 45, se muestra los valores que se obtienen de textura el trabajo requerido para fracturar el panetón mejor formulación y control fue de 36.245 ± 0.04 mJ y 34.978 ± 0.31 mJ respectivamente, observamos que el panetón con mejor formulación fue más duro que el control.

La composición de las masas bizcocheras puede tener un efecto importante sobre la textura del producto acabado. Por ejemplo, el contenido de agua provoca en la masa modificadores en el alisado de la superficie del bizcocho y de la densidad según (Roudot, 2004). Es importante mencionar que el panetón correspondiente a la F₈, presenta en su composición mayor contenido de proteínas y menor porcentaje de humedad frente al panetón control.

El envejecimiento de los productos de panificación se manifiesta como dureza de la miga, textura correosa de la corteza y pérdida de agua y cambios en el sabor (Luna y Bárcenas, 2011).

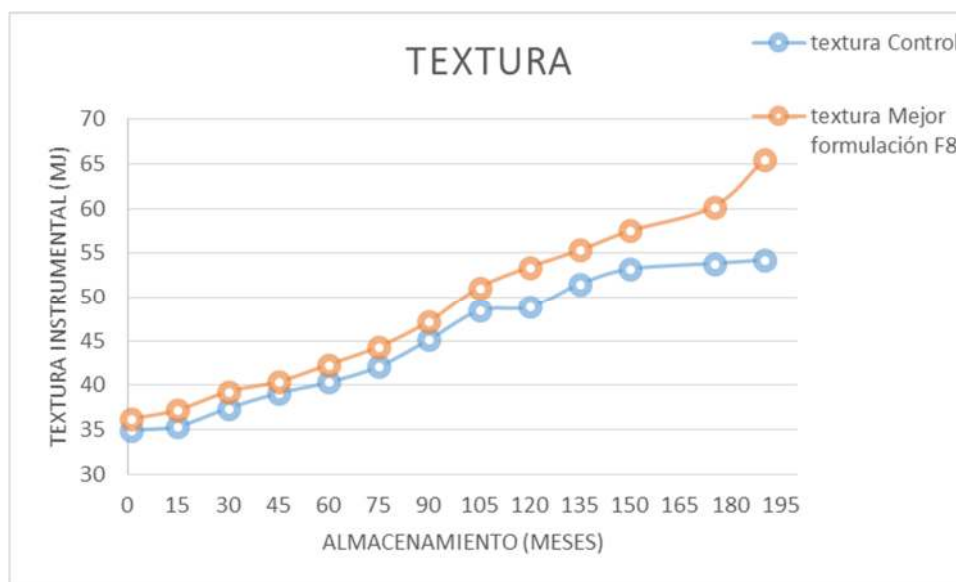


Figura 72: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F8 respecto a la textura durante 190 días a T° ambiente

La tendencia en la textura como podemos observar en la figura 72 tiende a aumentar al pasar los días de almacenamiento, el último día de medición los valores reportados de textura instrumental fueron 65.451 ± 0.03 y 54.258 ± 0.28 mJ para el control y F_8 respectivamente.

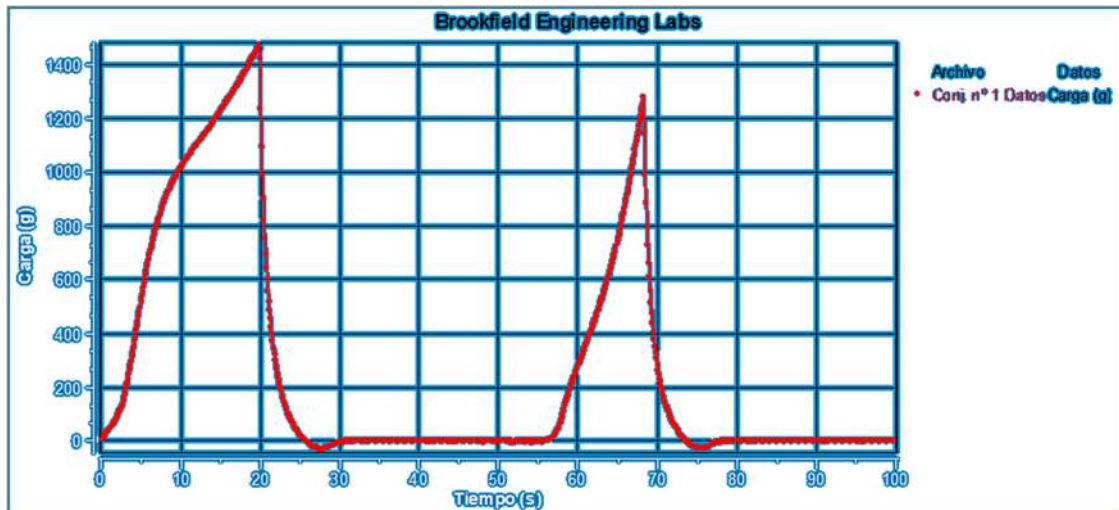


Figura 73: Gráfica de análisis de textura instrumental para el panetón control

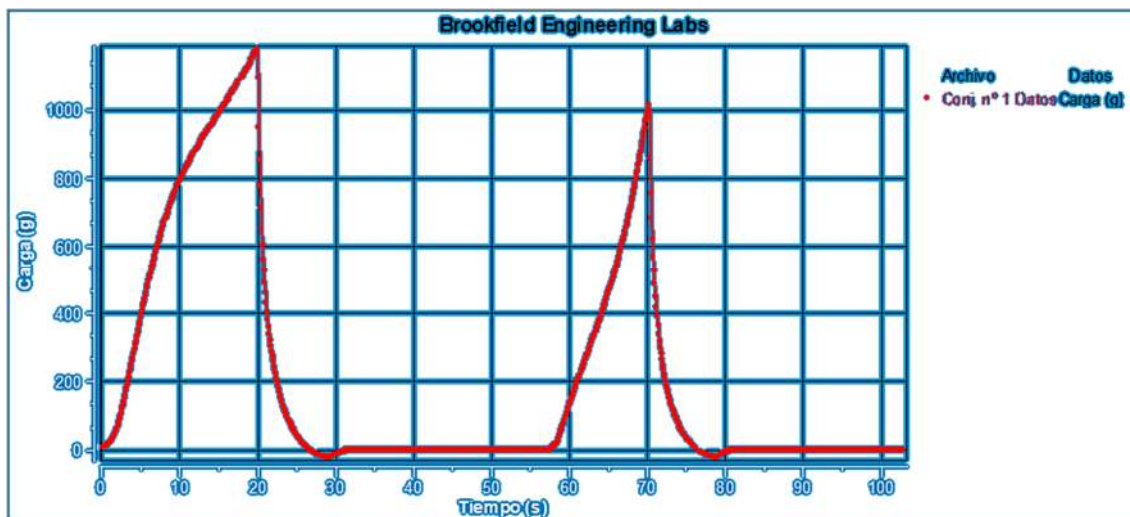


Figura 74: Gráfica de análisis de textura instrumental para el panetón control (repetición)

Las gráficas corresponden al panetón control según su análisis de textura podemos observar que para el control se produjo una carga de 1469g y una textura de 84.58mJ, esto sucedió en el primer ciclo de trabajo. Para el segundo ciclo de trabajo se produjo una carga de 1278g y una textura de 36.28mJ, esta menor resistencia se debe a la deformación del panetón por que no regreso a su forma original.

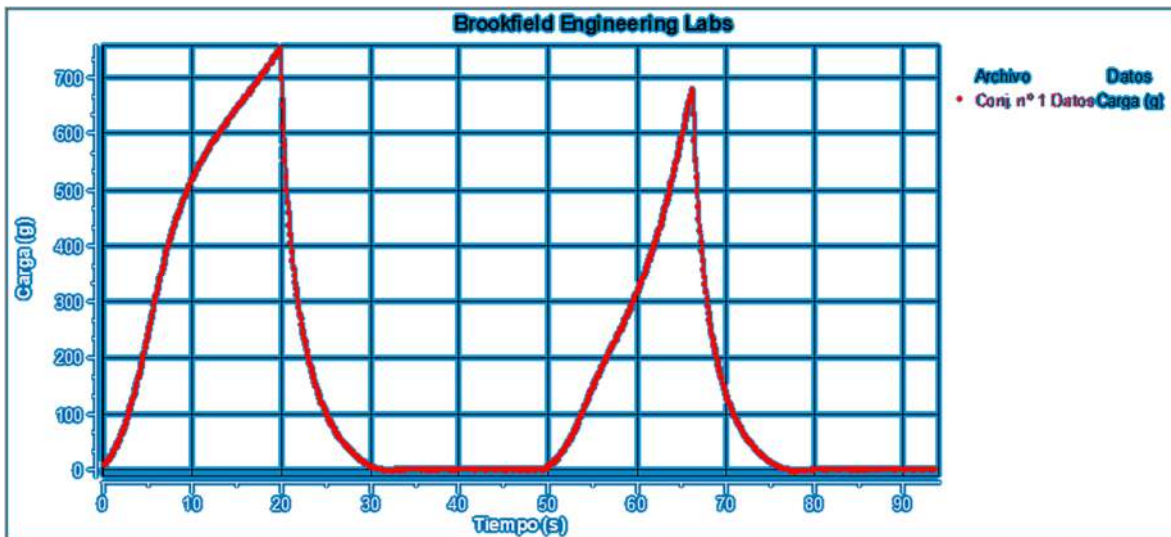


Figura 75: Gráfica de análisis de textura instrumental para la mejor formulación (F₈)

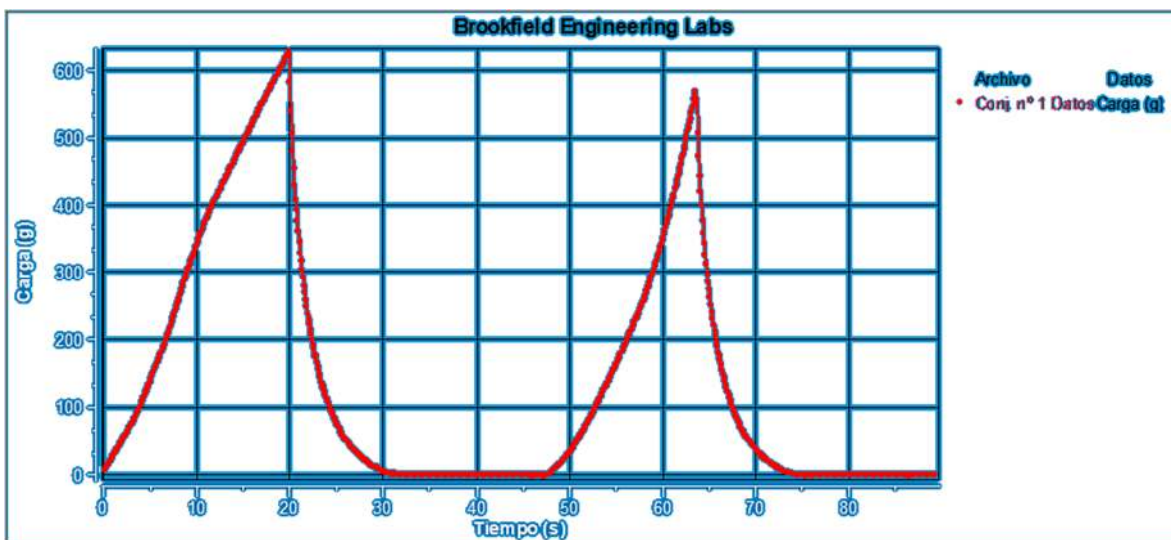


Figura 76: Gráfica de análisis de textura instrumental para mejor formulación F₈ (repetición)

Las gráficas corresponden al panetón con mejor aceptación según su análisis de textura podemos observar que para el control se produjo una carga de 751.0g y una textura de 43.58 mJ, en el segundo ciclo de trabajo la carga fue menor debido a la deformación.

4.6.4.2 Actividad de agua

Estos datos se obtuvieron como resultados durante el análisis de actividad de agua como se observa en la tabla 46 de los panetones control y de mayor aceptabilidad, durante 6 meses de almacenamiento a una temperatura ambiente.

Tabla 46: Evaluación de Aw de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente

Tiempo (Días)	Actividad de agua (aw)*	
	Control	Mejor formulación (F8)
1	0.693 ± 0.004	0.686 ± 0.001
15	0.711 ± 0.012	0.684 ± 0.032
30	0.714 ± 0.030	0.695 ± 0.002
45	0.715 ± 0.101	0.691 ± 0.003
60	0.704 ± 0.201	0.687 ± 0.005
75	0.707 ± 0.011	0.681 ± 0.012
90	0.701 ± 0.035	0.671 ± 0.006
105	0.692 ± 0.021	0.670 ± 0.004
120	0.682 ± 0.030	0.669 ± 0.007
135	0.681 ± 0.105	0.655 ± 0.006
150	0.666 ± 0.004	0.639 ± 0.015
175	0.658 ± 0.131	0.635 ± 0.040
190	0.655 ± 0.002	0.623 ± 0.005

Media de 3 repeticiones + SD.

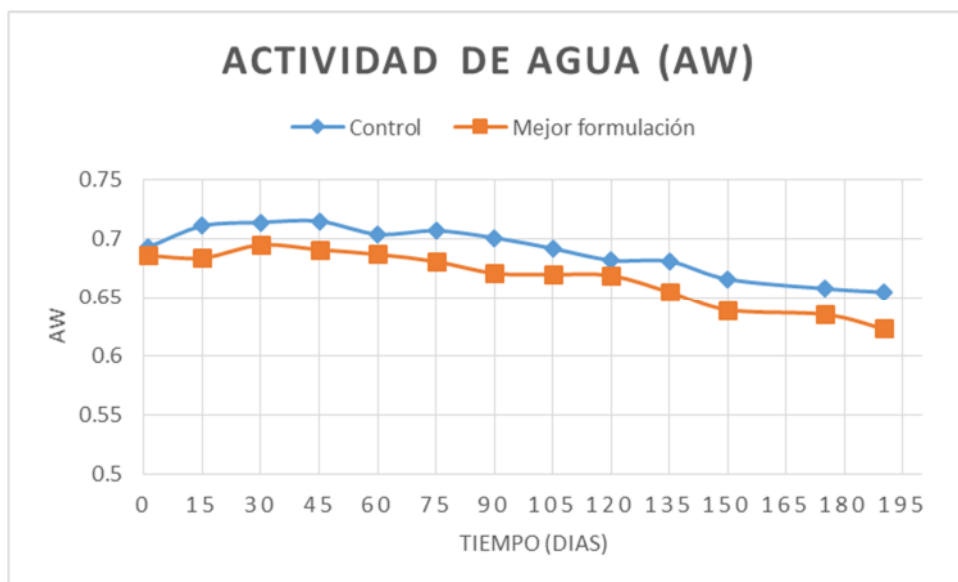


Figura 77: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F8 respecto a la Aw durante 190 días a T° ambiente

Los valores de actividad de agua que se ven en la tabla 46 desde 0.693 ± 0.004 hasta 0.655 ± 0.002 en el panetón control y valores de 0.686 ± 0.001 hasta 0.623 ± 0.005 para el panetón con mayor aceptación. Se observa en la figura 77, después de 190 días de evaluación los valores de actividad de agua disminuyeron conforme pasaban los días.

La pérdida de actividad de agua se ve afectada también por la migración de agua de la miga hacia la corteza del producto, debido a las diferencia entre la presión de vapor de la corteza y la miga, dando lugar a una disminución en el contenido de agua y por lo tanto en la actividad de agua de las muestras. A medida que la aw es reducida, atributos indeseables aparecen como dureza, resequedad, "viejo", etc. Por lo tanto, la disminución en la Aw refuerza la teoría del endurecimiento del producto en el almacenamiento. (Gray y Bemiller, 2003).

4.6.4.3 Acidez

La tabla 47 muestra los resultados para el análisis de acidez en panetones control y de mayor aceptabilidad, durante 6 meses (190 días) de almacenamiento a una temperatura ambiente. La acidez está expresado M eq-ácido láctico.

Tabla 47: Evaluación de Acidez de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente

Tiempo (Días)	Acidez	
	Control	Mejor formulación (F8)
1	0.221 ± 0.012	0.240 ± 0.03
15	0.233 ± 0.031	0.251 ± 0.04
30	0.239 ± 0.015	0.258 ± 0.31
45	0.244 ± 0.021	0.262 ± 0.27
60	0.251 ± 0.011	0.284 ± 0.31
75	0.258 ± 0.014	0.286 ± 0.33
90	0.262 ± 0.002	0.291 ± 0.27
105	0.267 ± 0.012	0.298 ± 0.22
120	0.271 ± 0.005	0.311 ± 0.17
135	0.274 ± 0.012	0.334 ± 0.28
150	0.284 ± 0.041	0.344 ± 0.13
175	0.295 ± 0.033	0.351 ± 0.21
190	0.314 ± 0.036	0.368 ± 0.21

Media de 3 repeticiones + SD.

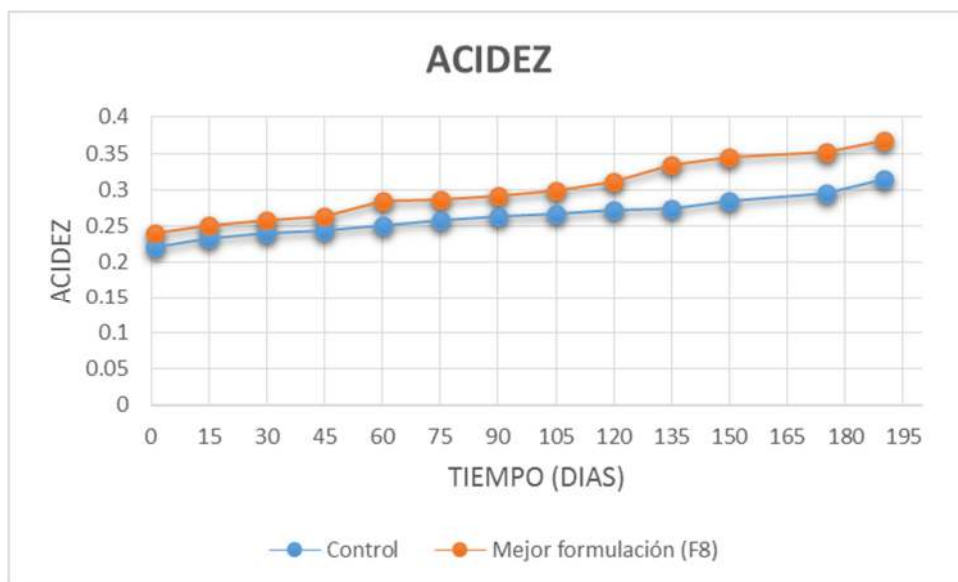


Figura 78: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F₈ respecto a la Acidez durante 190 días a T° ambiente

Durante el primer día almacenamiento el panetón control presento una acidez de 0.221 ± 0.012 , y el panetón con mejor formulación F₈ presentó una acidez de 0.240 ± 0.03 . Según los resultados el panetón con mejor formulación F₈ tiene mayor porcentaje de acidez con respecto al control, durante los días de almacenamiento el porcentaje de acidez iba aumentando, teniendo valores de acidez de $0.314 \pm 0.036\%$ y $0.368 \pm 0.21\%$ para el control y el de mejor formulación respectivamente. Según la NTP 206.013, 1981 (revisada el 2011), dice que el ácido láctico como máximo 0.70%.

4.6.4.4 pH

La tabla 48 muestra los resultados para el análisis de pH en panetones control y de mayor aceptabilidad, durante 6 meses (190 días) de almacenamiento a una temperatura ambiente.

Tabla 48: Evaluación de pH de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente

Tiempo (Días)	pH	
	Control	Mejor formulación (F8)
1	7.331 ± 0.851	0.156 ± 0.421
15	6.912 ± 0.352	6.879±0.321
30	6.543 ± 0.223	6.471±0.133
45	6.332 ± 0.341	6.113±0.113
60	6.103 ± 0.112	5.945±0.371
75	5.823 ± 0.441	5.748±0.392
90	5.656 ± 0.335	5.411±0.251
105	5.486 ± 0.241	5.201±0.641
120	5.197 ± 0.141	5.002±0.054
135	4.950 ± 0.272	4.846±0.025
150	4.897 ± 0.321	4.612±0.012
175	4.664 ± 0.141	4.481±0.024
190	0.314 ± 0.036	4.203±0.028

Media de 3 repeticiones + SD.

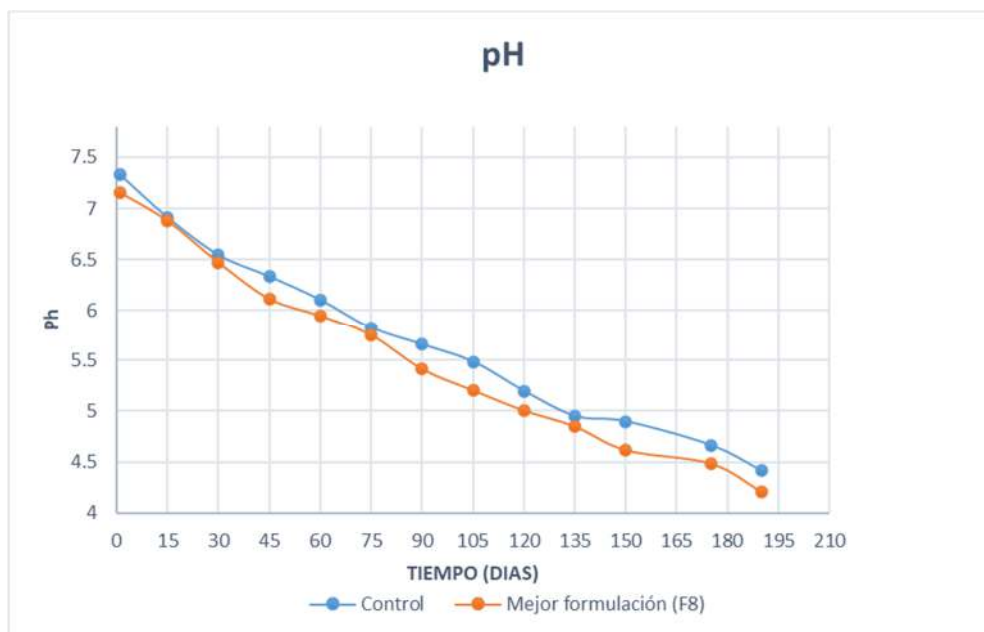


Figura 79: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F₈ respecto a la pH durante 190 días a T° ambiente

En la figura 79 respecto al pH del panetón control y el de mejor formulación F₈, el índice de acidez va disminuyendo en relación a los días de almacenamiento; en el día 1 el panetón control dio un valor de $7.331 \pm 0.851\%$, y el día 190 tuvo un valor de pH de $4.413 \pm 0.443\%$. Y el panetón con la mejor formulación F₈ presentó un valor de $7.156 \pm 0.421\%$ el primer día y el día 190 presento un valor $4.203 \pm 0.028\%$.

4.6.5 Evaluación de vida útil de panetones

4.6.5.1 Humedad

Estos datos se obtuvieron como resultados durante el análisis de humedad de los panetones control y de mayor aceptabilidad, durante 6 meses de almacenamiento a una temperatura ambiente.

Tabla 49: Evaluación de Humedad de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente

Tiempo (Días)	Humedad	
	Control	Mejor formulación (F8)
1	24.54 ± 0.013	19.11 ± 0.004
15	20.62 ± 0.004	19.75 ± 0.013
30	20.87 ± 0.104	19.86 ± 0.022
45	21.13 ± 0.005	20.07 ± 0.017
60	21.36 ± 0.030	20.22 ± 0.019
75	21.47 ± 0.050	20.53 ± 0.009
90	21.77 ± 0.014	20.83 ± 0.001
105	22.11 ± 0.023	21.14 ± 0.070
120	22.46 ± 0.041	21.41 ± 0.029
135	22.78 ± 0.070	21.76 ± 0.010
150	23.42 ± 0.031	22.31 ± 0.018
175	23.72 ± 0.057	22.75 ± 0.030
190	24.68 ± 0.011	23.25 ± 0.060

Media de 3 repeticiones + SD

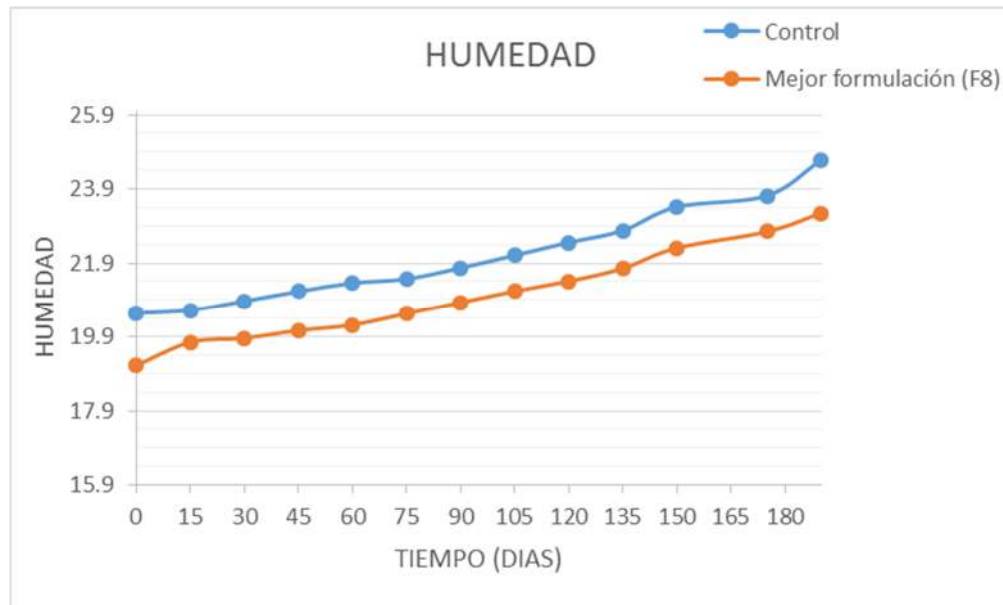


Figura 80: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F₈ respecto a la Humedad durante 190 días a T° ambiente

De los resultados de la figura 80 observamos que, durante el almacenamiento, el panetón control tuvo una humedad inicial de $20.54 \pm 0.013\%$ y el panetón con la mejor formulación presentó una humedad de $19.11 \pm 0.004\%$. Los valores aumentan con relación a los días transcurridos de almacenamiento. El último día, los valores de humedad tanto del panetón control y el de mejor formulación reportaron valores de $24.68 \pm 0.011\%$ y $23.25 \pm 0.060\%$ respectivamente.

4.6.5.2 Determinación de pérdida de peso

Estos datos se obtuvieron como resultados durante el análisis de pérdida de peso en los panetones control y de mayor aceptabilidad, durante 6 meses de almacenamiento a una temperatura ambiente.

Tabla 50: Evaluación de pérdida de peso de los panetones Control y Mejor formulación durante 190 días de almacenamiento a T° ambiente

TIEMPO (Días)	Pérdida de peso (gr)	
	Control	Mejor formulación (F8)
0	901.75±0.044	858.36±0.004
15	901.45±0.028	858.13±0.014
30	900.89±0.076	857.68±0.028
45	900.55±0.003	857.56±0.003
60	900.23±0.014	857.42±0.013
75	900.03±0.021	856.85±0.024
90	899.90±0.037	856.62±0.137
105	899.78±0.022	856.13±0.140
120	899.61±0.114	855.87±0.024
135	898.87±0.037	855.65±0.034
150	898.45±0.045	855.23±0.051
175	898.12±0.047	854.89±0.001
190	897.23±0.075	854.45±0.003

Media de 3 repeticiones + SD.

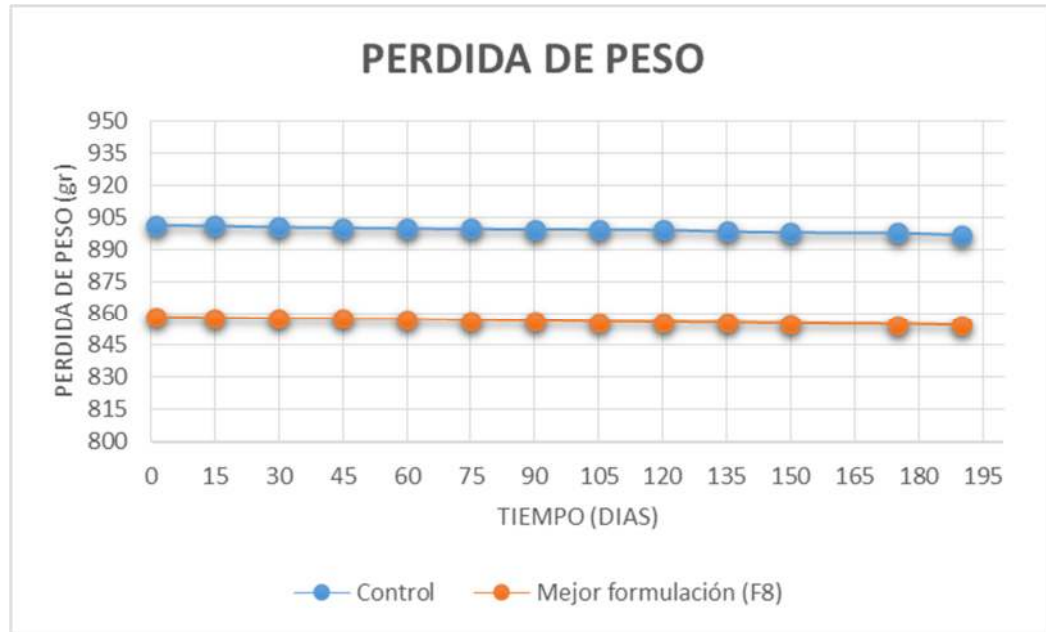


Figura 81: Variación entre el panetón control y la mejor formulación F₈ respecto a la pérdida de peso durante 190 días a T° ambiente

Observamos en la figura 81 que el peso (g) inicial que corresponde al panetón control (100% harina premezcla panetonera) es $901.75 \pm 0.044\text{g}$, y para la mejor formulación (10% harina de M.M, 90% premezcla, 120ppm de ácido ascórbico) es $858.36 \pm 0.004\text{g}$, en la figura el peso disminuye a través de los días que está en almacenamiento, los pesos del último día fueron $897.23 \pm 0.075\text{g}$ y $854.45 \pm 0.003\text{g}$ del panetón control y mejor formulación F₈ respectivamente.

Si la humedad relativa del aire que rodea al pan recién retirado del horno es inferior a la actividad de agua del mismo, habrá una salida de agua del pan hacia el entorno, de lo contrario el pan ganará agua. Por otro lado, la miga del pan recién horneado tiene una actividad de agua superior a la de la corteza; esta diferencia provoca que agua que se encuentra en el interior del pan se desplace a la superficie (Luna y Bárcenas, 2011).

4.6.5.3 Análisis microbiológico

El tratamiento con mayor aceptabilidad (F8), fue sometido a almacenamiento durante 6 meses a condiciones de temperatura ambiente y posteriormente se realizaron pruebas microbiológicas. De acuerdo a los criterios microbiológicos establecidos por DIGESA, nuestro producto presenta los siguientes valores:

Tabla 51: Análisis microbiológico tratamiento óptimo F8

Análisis	Muestra Mejor Formulación(F8)
Determinación de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	0
Determinación de Mohos (UFC/g)	<10
Determinación de <i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	< 10
Determinación de <i>Salmonella</i> en 25g	Ausencia

Para *mohos* los valores se encuentran en cantidades menores a 10^3 ufc/ g que es el límite máximo permitido por la NTS N° 088-MINSA/DIGESA.

Los valores de *Escherichia Coli* se encuentran en cantidades menores a 20 UFC/g que es el límite máximo permitido por la NTS N° 088-MINSA/DIGESA; por lo tanto, nuestro producto cumple los requisitos establecidos durante su tiempo en anaquel.

Para *Staphylococcus aureus*, los resultados encontrados se encuentran en cantidades menores a 10^2 UFC/g que es el límite máximo permitido por la NTS N° 088-MINSA/DIGESA.

Por último, para *Salmonella*, los resultados encontrados se encuentran en cantidades menores a 0 UFC/g que es el límite permitido por la NTS N° 088-MINSA/DIGESA; cumpliendo los requisitos máximos permitidos.

Capítulo V: CONCLUSIONES

- De los análisis respecto a las características tecnológicas de panetones con sustitución parcial de harina de maíz morado, el tratamiento F8 evidenció tener mejores características respecto a los demás tratamientos, demostrando que una sustitución con harina de maíz morado al 10% y una adición de ácido ascórbico (120ppm) como mejorador, son las cantidades recomendables para un proceso industrial.
- Se obtuvo harina de maíz morado y se determinó su composición proximal encontrando valores de $9.88 \pm 0.29\%$ de humedad, $3.41 \pm 0.61\%$ de grasa, $1.45 \pm 0.17\%$ de ceniza, $9.34 \pm 0.71\%$ de proteína, 75.92% de carbohidratos totales, 8.17% de fibra dietaria total y 67.75% de carbohidratos disponibles. Para las características fisicoquímicas como análisis instrumental de color se obtuvieron valores de 53.37 ± 7.39 de luminosidad, 6.22 de cromaticidad y 34.38 ángulo de tonalidad, así mismos valores de 0.486 ± 0.0015 de A_w , 0.13 ± 0.013 de acidez y 6.28 ± 0.094 de pH.
- De los resultados obtenidos durante 190 días de almacenamiento podemos concluir que, a diferencia de otros productos de panificación, los panetones con harina de maíz morado tiene una muy buena capacidad de retención de humedad durante su vida en anaquel a condiciones normales de temperatura.

Capítulo VI: RECOMENDACIONES

- Continuar promoviendo y diversificando el consumo de maíz morado en productos de panificación a fin de incrementar la producción agraria de este cultivo y fomentar la innovación de la industria alimentaria.
- Profundizar los estudios respecto a la calidad proteica y contenido de aminoácidos del maíz morado, realizando un análisis completo desde la materia prima hasta el producto final mediante un Aminograma.
- Se recomienda realizar un análisis de cuantificación de antocianinas presentes en los panetones para determinar el porcentaje de disminución durante el proceso de horneado.

Capítulo VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Agraria de Noticias. (19 de Agosto de 2019). Investigación peruana confirma que maíz morado previene cáncer de colon. Recuperado el 19 de Agosto de 2019, de

<https://agraria.pe/noticias/investigacion-peruana-confirma-que-maiz-morado-previene-canc-19636>

Alasino, M., Osella, C., De la Torre, M., & Sánchez, H. (2011). Efecto de Oxidantes y Emulsionantes sobre la Calidad del Pan elaborado con incorporación de Harina de Arvejas (*Pisum sativum*) inactivadas Enzimáticamente. *Información Tecnológica*, 22(1),

41-50. Recuperado el 30 de Noviembre de 2018, de
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v22n1/art06.pdf>

Andina Agencia Peruana de Noticias. (15 de Diciembre de 2012). Recomiendan consumir panetones con colorantes naturales. Recuperado el 02 de Mayo de 2018, de

<http://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=310806>

Arellano, A., & Rojas, I. (2017). “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de arvejas (*Pisum sativum*) y harina de camote (*Ipomoea batatas*) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcake”. Universidad Nacional del Santa, Chimbote.

Arevalo Saenz, S. (2017). "Agua en los alimentos". Universidad Nacional de la Amazonía Perunana, Facultad de Industrias Alimentarias, Iquitos - Perú.

Arhuire , J., & Betancur, Y. (2016). Aceptabilidad y calidad nutricional de la mezcla de harina de maíz morado (*Zea mays* l.) enriquecida con harina de spirulina (*Arthrospira platensis*) para la elaboración del api. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado el 19 de Julio de 2019, de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1852/NUarhujd.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Asociación de Exportadores - ADEX. (2017). Aumenta exportaciones de panetones peruanos a EE.UU. Gestión. Recuperado el 24 de Julio de 2019, de <https://gestion.pe/economia/aumenta-exportaciones-panetones-peruanos-ee-uu-223456-noticia/?ref=gesr>

Avellaneda Rodriguez, E. E., & Cubas Quispe, D. M. (2018). “Formulación de panetón con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de algarroba (*Prosopis alba*)”. Universidad nacional “pedro ruiz gallo”, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Lambayeque.

Bakels Perú. (2018). Obtenido de <https://www.bakels.pe/product-category/premezcla-para-paneton/>

Batista da Silva, C. (2007). Efeito da adição de xilanase, glicose oxidase e ácido ascórbico na qualidade do pão de forma de farinha de trigo de grão inteiro. Universidade estadual de campinas , facultade de engenharia de alimentos, Campinas.

Belitz, H., Grosch, W., & Schieberle, P. (2012). Química de los alimentos (Vol. 3 Edición). Zaragoza, España: Acribia.

- Boticario, C., & Cascales, M. (2012). Digestión y metabolismo energético de los nutrientes. Plascencia.
- Brabender. (2011). Manual de Instrucciones Farinograph. Alemania.
- Brandan, N., & Aispuru, G. (2012). Metabolismo de compuestos nitrogenados. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Medicina. Recuperado el 20 de Julio de 2019, de <https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/Carrera-Medicina/BIOQUIMICA/nitro.pdf>
- Briceño, J. (2013). Hábitos y costumbres del consumo de panetón en Lima metropolitana. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola. Recuperado el 01 de Junio de 2018, de http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/123456789/233/1/2013_Brice%C3%B1o_H%C3%A1bitos%20y%20costumbre%20del%20consumo%20de%20panet%C3%B3n%20en%20Lima%20Metropolitana.pdf
- Briones, J. (2011). Obtención de harinas de cereales y leguminosas precocidas y su aplicación en alimentos para el adulto mayor. Tesis para obtener el grado de maestro en Ciencias en Alimentos, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8848/1/Tesis%20Jose%20Evandro%20Briones%20Bermudez.pdf>
- Castello Gomez, M., Barrera Puigdollers, C., Perez, E. E., & Betoret Valls, N. (2017). Mezcla de Sólidos. Universitat Politècnica de València, 1-2.
- Catania, C., & Avagnina, S. (2007). El análisis sensorial. Curso Superior de Degustación de Vinos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

- Cedeño Saldarriaga, M. A. (2013). “Evaluación de diferentes combinaciones de harina de maíz morado (*Zea mays*) y harina de trigo (*Triticum aestivum*) en la elaboración de galletas”. Tesis de Grado para obtener el Título de Ingeniero en Agroempresas, Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería, Quito.
- Cerezal, P., Urtuvia, V., Ramírez, V., Romero, N., & Arcos, R. (2011). Product development on the basis of cereal and leguminous flours to coeliac disease in children between 6-24 months; I: formulation and acceptability. *Nutrición Hospitalaria*, 26(1), 152-160.
Recuperado el 03 de Junio de 2019, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112011000100018&lng=es&tlng=es.
- Cervilla, N. S., Mufari, J. R., Calandri, E. L., & Guzman, C. A. (2012). Determinación del contenido de aminoácidos en harinas de quinoa de origen argentino. Evaluación de su calidad proteica. *Actualización en nutrición*, 13(2), 107-113.
- Ciencia y Tecnología de los alimentos. (2019). Editorial Acribia, S.A.
- Diario La República. (08 de Abril de 2018). Diario La República. Perú se ubica como el cuarto país exportador de América del Sur en el 2017. Recuperado el 14 de Noviembre de 2018, de <https://larepublica.pe/economia/1223843-peru-fue-el-cuarto-pais-exportador-de-america-del-sur-en-el-2017>
- DIGESA. (2011). Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N° 1020-2010/MINSA. (1ra). Lima, Perú.
Recuperado el 10 de Julio de 2019, de <http://www.digesa.minsa.gob.pe>

- Durst, R., & Wrolstad, R. (2001). Separation and Characterization of Anthocyanins by HPLC. *Handbook of Food Analytical Chemistry*, 33-45.
- FAO. (2015). El programa calidad y origen.
- García Martínez, E., & Fernández Segovia, I. (2012). Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valencia: <http://hdl.handle.net/10251/16338>.
- Garzón, G. A. (2008). Anthocyanins As Natural Colorants And Bioactive Compounds. A Review. *Scielo*, 13(3), 27-36. Recuperado el 13 de Julio de 2019, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2008000300002
- Gray, J., & Bemiller, J. (2003). Bread Staling: Molecular Basis and Control *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Institute of Food Technologists.
- Guillén, J., Mori, S., & Paucar, L. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigrovioláceo. *Scientia Agropecuaria. Scientific journal of Universidad Nacional de Trujillo*, 5(4), 211-217.
doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.05>
- Hernández Alarcón, E. (2005). Evaluación sensorial. Bogotá.
- Hernández, N., Reyes, M., González, F., Núñez, L., & Cooper, B. (2015). Importancia de las proteínas de almacenamiento en cereales (prolaminas). *Vertientes. Revista especializada en ciencias de la salud*, 18(1). Obtenido de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/vertientes/article/view/51724>

- Huayna Chara, C. D. (2016). Optimización de formulación de premezcla para la elaboración de queque con sustitución parcial de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y evaluación de su vida útil. Puno.
- ICC Standard methods of the International Association for Cereal Science and Technology. (2013). Viena, Austria. Recuperado el 05 de junio de 2019, de http://orgprints.org/16531/1/AGTEC_Technological_Handbooks_of_Methods.pdf
- Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL) Instituto Mixto CSIC-UAM. (2011). Análisis sensorial de alimentos. Madrid.
- Instituto de Nutrición de Centro America y Panamá. (s.f.). Conceptos y Tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. INCAP.
- Jimenez Osorio, A. S., & Perez , V. K. (2007). Desarrollo de una pasta laminada para recubrir productos de pastelería y repostería. Tesis para obtener el título de Químico en Alimentos, Univerisdad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigaciones químicas, HIDALGO.
- Klein, F. R. (2012). Generación de valor mediante la integración vertical en la cadena agroindustrial del trigo para una empresa agropecuaria especializada en genética. Tesis de Grado en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Lainez, E. (2006). Estudio de la estabilidad del pan parcialmente horneado conservado en refrigeración. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas, Puebla. Mexico.
- López Bobadilla, J., & Paredes Barrios, K. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por harina de ajonjolí (*Sesamum indicum* L) desgrasada y harina

- de arveja (*Pisum sativum*) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.
- Luna Fernandez, M., & Bárcenas Pozos, M. (2011). Envejecimiento del pan: causas y soluciones. Universidad de las Americas Puebla, Ingeniería Química, alimentos y ambiental, Mexico.
- Marinez Austin, O., & Martinez De Victoria, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Scielo*(21), 01-14.
- Márquez Sigvas, B. (2014). Métodos de muestreo en cenizas y grasas: Refrigeración y congelación de alimentos. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Mendita gozales, e. (24 de abril de 2013). Análisis bromatológico básico. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/esmegonz/humedad-y-cenizas-19921935>
- Minagri. (2017). De la biodiversidad del maíz amiláceo: el moradito. Saludable antioxidante natural. Lima. Recuperado el 13 de Mayo de 2019, de http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/maiz_morado.pdf
- Moreno Rojo, C. (2017). "Influencia de la adición de harina de cáscara de mango (*mangifera indica* L.), variedad kent y ácido ascórbico sobre las características tecnológicas del pan de molde". Para optar el grado académico de doctor en ingeniería agroindustrial, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.

- Nolazco, D., & Araujo, M. (2014). Obtención de un filtrante de maiz morado (*Zea Mays L.*), evaluación de pérdida de color y degradación de antocianinas en el almacenaje. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 76(2), 350-359.
doi:<http://dx.doi.org/10.21704/ac.v76i2.801>
- North American Export Grain Association. (2008). *Wheat and Flour Testing Methods: A guide to Understanding Wheat and Flour Quality*. Kansas State University. Recuperado el 24 de Octubre de 2018, de <https://www.grains.k-state.edu/igp/wheatflourbook/wheat-flour-book.pdf>
- Orellano, E., & Valverde, J. (2017). *Propiedades físicas, antocianinas y capacidad antioxidante del atomizado de Mashua (*Tropaeolum Tuberosum*) encapsulado con maltodextrina*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Tarma - Perú.
- Otiniano, R. (2012). *Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (*Zea mays L.*) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo*. Trujillo: (Tesis de pregrado) Universidad Cesar Vallejo.
- Paiz Romero, F. L. (2008). *Capacidad productiva de una planta productora de harinas premezcladas industriales y paquetería*. Guatemala.
- Paliwal, R. (2001). *El Maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado el 5 de Junio de 2019, de <http://www.fao.org/3/X7650S/x7650s08.htm>
- Pascual Chagman, G., & Zapata Huamán, J. (2010). *Sustitución parcial de harina de trigo *Triticum aestivum L.* Por harina de kiwicha *Amaranthus caudatus L.*, usando el método*

- directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Industrias Alimentarias., lima.
- Paucar, L. M., & Castillo, A. (2011). Estudio del maíz morado (*Zea Mays (L.)* var. subnigroviolaceo), como alimento funcional. Recuperado el 13 de Junio de 2018, de http://biblioteca.uns.edu.pe/ver_proyecto.asp?idm=28737
- Paucar, L., Salvador , R., Guillén, J., & Mori, S. (2016). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar. *Scientia Agropecuaria*, 7(2), 121-132.
- Perez Sauñi, H. F. (2014). Utilización de la antocianina del maíz morado (*Zea Mays L.*) y stevia (*Stevia Rebaudiana Bertoni*) en la elaboración de un producto tipo mermelada y su aceptabilidad. Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Nutrición , Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Phillips, S., & Lj, V. L. (2011). Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *Journal of Sports Sciences*. US National Library of Medicine National Institutes of Health, 29-38.
- Pinedo, R. E. (2015). Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mayz L.*) en la localidad de canaán - Ayacucho. Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Postgrado Maestría en Producción Agrícola, Lima.
- Ramírez Martínez, M., & Santiago-Pineda, T. (2011). Desarrollo de un pan cubilete, adicionado de semillas de chía (*Salvia hispanica L.*) como fuente de fibra para niños en edad escolar. Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, ciudad de mexico.

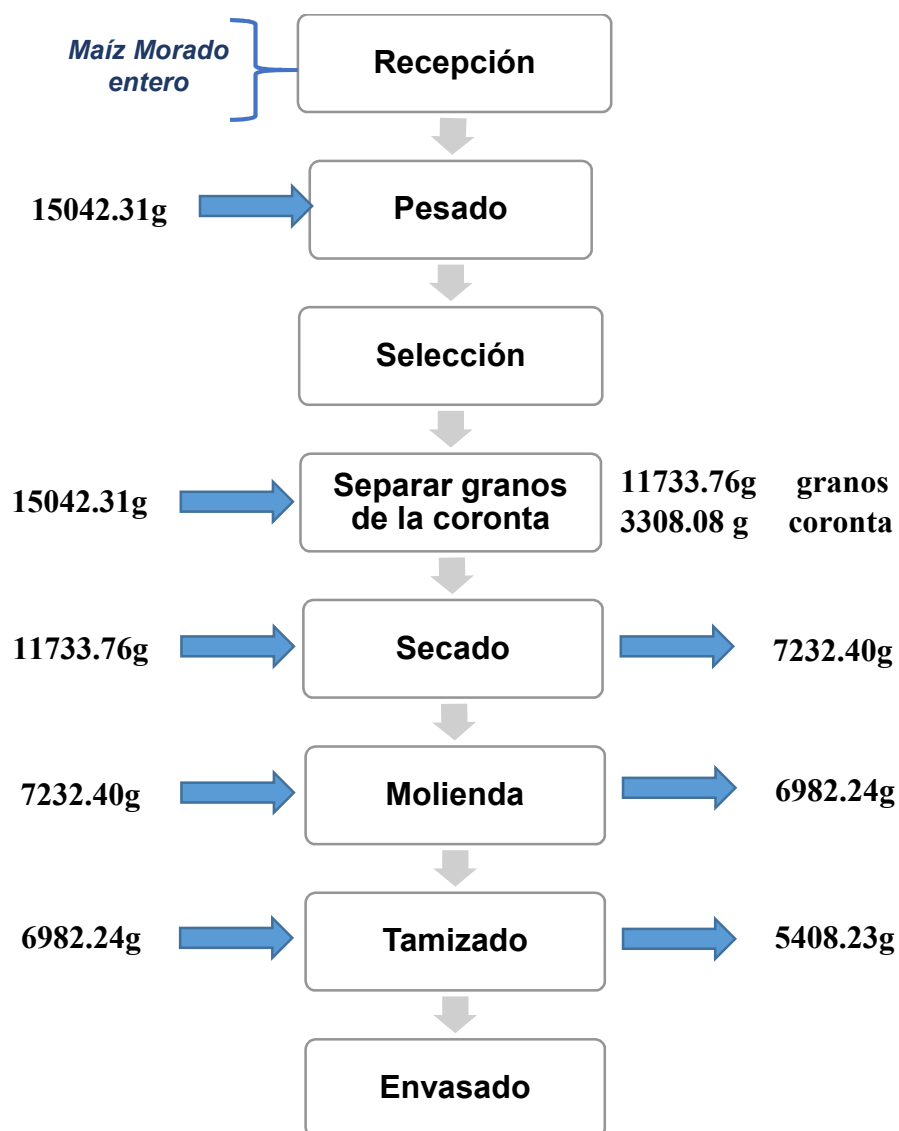
- Ramirez Navas, J. S. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor.
- Rettig, M., & Hen, A. (2014). El color en los alimentos un criterio de color medible. *Agrosur - Universidad Austral de Chile*, 42(2), 45.
- Revista Panadería y Pastelería Peruana. (2016). *Revista Panadería y Pastelería Peruana*(164).
- Rodríguez, E., Fernández, A., & Ayala, A. (2005). Reología y textura de masas: aplicaciones. *Revista Ingeniería e Investigación*(57), 72-78.
- Roncallo, P., Garbus, I., Picca, A., Echenique, V., Carrera, D., Cervigni, G., & Miranda, R. (2009). Análisis de las bases genéticas del color en trigo candeal. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 108(1), 9-23.
- Rosenbloom , C., & Coleman, E. (2012). *Sports Nutrition: A Practice Manual for Professionals*. Academy of Nutrition & Dietetics. Obtenido de <https://g-se.com/calidad-de-las-proteinas-complementacion-proteica-bp-v57cfb26de32d5>
- Roudot Alain, c. (2004). *Reología y Análisis de Textura de los Alimentos*. zaragoza: Editorial Acribia S.A.
- Sciarin, León, A., & Steffolani, M. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan. *AGRISCIENTIA*, 33(2), 61-74.
- Solis Montiel, Y. L. (2008). *Evaluación sensorial: selección de jueces*. Mexico.
- Suárez, M., Kizlansky, A., & López, L. (2006). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. *SciELO*, 21(1). Recuperado el 16 de Junio de 2019, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000100009

- Surco Almendras, J., & Alvarado Kirigin, J. (2011). Estudio estadístico de pruebas sensoriales de harinas compuestas para panificación. *Revista Boliviana de Química*, 28(2).
- Torpoco Vivas, N. (2014). Evaluación de la calidad panadera de 4 líneas promisorias de trigo de la Estación Experimental Santa Ana INIA - Huancayo. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental “Santa Ana”, huancayo.
- Torres Espirilla, A. (2018). Determinación de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante de extractos de orujo (Epicarpo) DE *Vitis vinífera* L. var. Italia y Negra criolla de residuos vitivinícolas como fuente de principios bioactivos aprovechables. Universidad Nacional de San Agustín. Facultad de Ciencias Biológicas, Arequipa.
- Vásquez, F., Verdú, S., Islas, A., Barat, J., & Grau, R. (2016). Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(2), 307-317.
- Villalobos Cipriano, J., & Sing Ramos, M. (2015). Elaboración y evaluación nutricional de alfajores enriquecidos con harina de camote (*Ipomea Batata* Lam) y soya (*Glicine Max* Meir) con sustitución parcial de la margarina por aceite de ajonjolí. Chimbote.
- Yopez Valdez, B. (2018). “evaluación de la conveniencia utilizando pre mezcla o método tradicional para la elaboración de panetón en panaderías del mercado independiente. Monografía, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

ANEXOS

ANEXO I: OBTENCIÓN DE HARINA DE MAÍZ MORADO

1. Balance de materia para la obtención de harina de Maíz morado



✓ OBTENCIÓN DE HARINA DE MAÍZ MORADO

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{5408.23}{15042.31} \times 100 = 35.95\%$$

ANEXO II: ILUSTRACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA DE MAIZ MORADO.



ANEXO III: CARACTERIZACIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LA HARINA DE MAÍZ MORADO, PREMEZCLA Y PANETÓN ÓPTIMO

1. Análisis de humedad en las harinas de maíz morado, premezcla y panetón óptimo

Procedimiento

- Pesar la placa Petri limpia y seca, registrar el peso.
- Pesar en balanza analítica 5g de la muestra a analizar, registrar el peso.
- Llevar la muestra a la estufa a una temperatura de 105°C por 3 horas.
- Retirar la muestra de la estufa y colocarla en la campana de desecación por 10 minutos para enfriar la muestra.
- Pesar cada muestra hasta alcanzar peso constante, de ser necesario retornar la muestra a la estufa por 10 minutos y enfriar para volver a pesar.
- Realizar los ensayos por triplicado para cada muestra.
- Reportar el peso final y determinar el % de Humedad siguiendo la siguiente fórmula:

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

Donde:

M : Peso de la muestra en g

M₁: Peso de la placa Petri

M₂: Peso final de la placa más muestra seca



Figura A 1. Muestras en estufa a 105°C

2. Análisis de Cenizas en las harinas de maíz morado (Zea Mays L.), premezcla y Panetón óptimo

Procedimiento

- Pesar los crisoles limpios y secos, anotar el peso.
- Pesar en balanza analítica 1gr de muestra en el crisol.
- Incinerar la muestra en una cocina eléctrica hasta la carbonización, realizar este procedimiento dentro de una campana extractora de gases para evitar inhalar olores tóxicos.
- Colocar la muestra dentro de la mufla y calcinar a 550 – 600°C por 5 horas, hasta que las cenizas tengan un color blanco o blanco grisáceo.
- Retirar las muestras de la mufla y enfriar en una campana de desecación por 30 minutos.
- Pesar el crisol con las cenizas en la misma balanza utilizada para todo el proceso, anotar los resultados y reportar el % de cenizas siguiendo la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{M - (P_2 - P_1)}{M} \times 100$$

Donde:

M : Muestra

P₁: Peso del crisol

P₂: Peso del crisol más muestra



Figura A 2. Análisis de cenizas de las muestras

3. Análisis de determinación de grasas en las harinas de maíz morado, premezcla y panetón óptimo

Procedimiento

- Pesar de 3 – 5 g de muestra seca, colocar la muestra dentro de una empaquetadura de papel filtro y colocarlo dentro de la cámara de extracción del equipo Soxhlet.
- Agregar el hexano (150ml) aproximado, dentro del balón.
- Instalar el equipo correctamente, verificando la fuente de calor y las mangueras de ingreso y salida de agua.
- Al ser calentado el solvente, éste se evapora y asciende a la parte superior del equipo, donde será condensado (por la refrigeración con agua) y cae en pequeñas gotas sobre la muestra. Una vez alcanzado el nivel de llenado dentro de la cámara de extracción, el solvente retornará al balón por sifoneado arrastrando consigo el extracto etéreo. La velocidad de goteo del solvente debe ser de 45 – 60 gotas por minuto y el proceso dura aproximadamente 2 horas dependiendo del contenido de grasa de la muestra a evaluar.
- Finalmente en la última recirculación, el solvente puede ser recuperado apagando la fuente de calor y desmontando el equipo, evitando que el solvente retorne al balón.
- Retirar el balón con el extracto etéreo y llevarlo a la estufa (110°C por 30 minutos) para evaporar los restos de solvente que hayan quedado.
- Enfriar el balón en una campana de desecación por 30 minutos y reportar el % de grasas siguiendo la siguiente fórmula:

$$\% \textit{Grasa} = \frac{(V_2 - V_1)}{M} \times 100$$

Donde:

V₂: Peso del balón más la grasa

V₁: Peso del balón vacío

M: Peso de la muestra

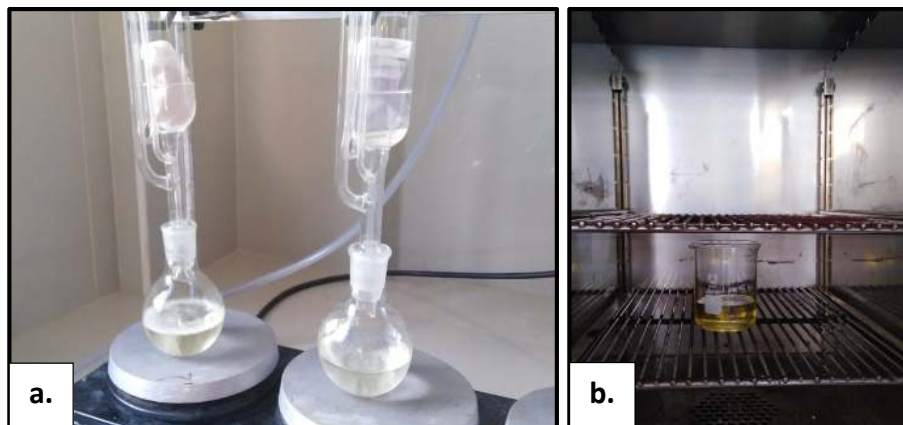


Figura A 3: a. Equipo Soxhlet para determinar grasa b. Secado en estufa de la muestra

4. Análisis de Fibra dietaria total en harinas de maíz morado, premezcla y panetón óptimo

Reactivos

- Acetona
- Amiloglucosidasa (mantener refrigerada)
- Célite C-211, lavado con ácido
- Etanol a 78° y 96°
- Éter de petróleo
- HCl 0.325 N
- NaOH 0.275 N
- Proteasa (mantener refrigerada)
- Tampón fosfato 0.08M, pH 6.0
- α -amilasa termoestable (mantener refrigerada)

Equipos

- Balanza analítica, sensibilidad 0,1mg
- Equipo determinador de fibra, marca FOSS.
- Equipo de baño maría con shaker.
- Estufa de vacío a 70°C o alternativamente estufa de aire, según lo especificado en la referencia.

- Mufla
- Campana de desecación
- Micro pipetas y puntas

Fundamento

- Las muestras (1g por muestra) deben estar molidas, secas y libres de grasa, son gelatinizadas con α -amilasa termoestable y luego digerida enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para eliminar el almidón y la proteína. La fibra insoluble es colectada por filtración. La fibra soluble se precipita por la adición al filtrado de etanol al 78% y se colecta el residuo por filtración, la fibra filtrada es lavada con etanol y acetona, luego se seca en la estufa y se pesa. Las muestras se realizan por duplicado utilizando una para determinar proteína y el otro para determinar cenizas.

$$\text{Fibra dietetica total} = \text{Peso del residuo} - \text{Peso (proteína + cenizas)}$$

Procedimiento

- Rotular los crisoles de vidrio para separar las muestras de fibra dietaria total e insoluble.
- Pesar los crisoles limpios y secos, anotar el peso.
- Pesar 0.5g de Célite en cada crisol, anotar el peso.
- Llevar los crisoles a la estufa 130°C por 3 horas.
- Enfriar los crisoles en la campana de desecación y luego anotar el peso.
- Rotular los frascos con sus respectivas placas (tapa base).
- Pesar 1 g de muestra (desgrasada) en cada placa, anotar el peso. Cerrar las placas con los frascos respectivamente.
- Agregar 50 ml de buffer fosfato, pH 6.0 a cada frasco.
- Adicionar 50 μ l de la solución α -amilasa a cada frasco. Hacer tapas de papel aluminio para cubrir los frascos.
- Colocar los frascos en baño maría a 80°C por 30 minutos con agitación continua.
- Enfriar cada frasco con agua destilada, vertiendo el agua por las paredes.

- Ajustar pH a 7.5 con NaOH 0.275 N.
- Agregar 100 µl de proteasa a cada frasco. Tapar con papel aluminio y llevar al baño maría a 60°C por 30 minutos con agitación continua.
- Enfriar con agua destilada, vertiendo por las paredes del frasco y medir pH.
- Ajustar entre 4.0 – 4.6 pH, utilizando el HCl 0.325 N.
- Adicionar 200 µl de enzima amiloglucosidasa a todos los frascos, cubrir con papel aluminio, para fibra dietaria insoluble llevar los frascos a baño maría 60°C por 30 minutos con agitación continua.
- Para fibra dietaria total colocar los frascos así como los de etanol dentro del equipo de baño maría para calentar 60°C por 30 minutos.
- Montar el equipo de filtración colocando frascos vacíos para recibir el filtrado en la parte inferior del equipo y los crisoles con Célite en la parte superior. Para fibra dietaria insoluble humedecer el Célite con agua destilada.
- Encajar los frascos rotulados para fibra insoluble con sus respectivos crisoles para filtración, de manera que quedarán invertidos facilitando destapar la placa para lavar las paredes con agua destilada. Volver a taparlos.
- Para fibra dietaria total, adicionar 280 ml de etanol al 96% precalentado a 60°C y dejar reposar por 1 hora.
- Humedecer los crisoles que contienen Célite, rotulados para ensayos de fibra dietaria total, con alcohol al 96%
- Encajar los frascos rotulados para fibra dietaria total con sus respectivos crisoles para filtración, de manera que quedarán invertidos facilitando destapar la placa para lavar las paredes con etanol. Volver a taparlos.
- Iniciar el proceso de filtración que varía de 1 a 6 horas.
- Lavar el residuo que quedará en los crisoles con acetona, vertiendo por las paredes del crisol.
- Llevar los crisoles con muestra (residuo) a la estufa 105°C por 12 horas.
- Enfriar los crisoles en la campana de desecación por 30 minutos y pesar. Restar el peso del crisol y del Célite para determinar el peso del residuo. Registrar el **m_i**.

- Calcinar el residuo de la muestras determinada para cenizas a 550 – 600°C por 5 horas, dejando la otra muestra para realizar análisis de proteínas.
- Enfriar en la campana de desecación y pesar. Restar el peso del crisol y el Célite para determinar cenizas.



Figura A 4. a. Peso del célite b. Peso de la muestra c. Adición del tampón fosfato

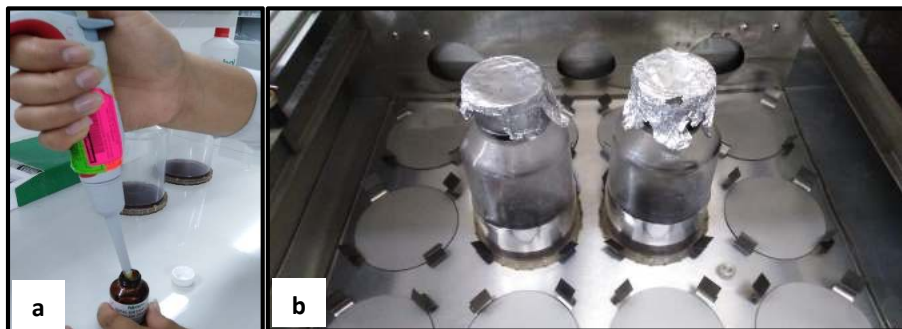


Figura A 5. a. Adición de la enzima α -amilasa b. Colocar los frascos en baño maría

ANEXO IV: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DE LA HARINA DE MAÍZ MORADO, PREMEZCLA Y PANETÓN ÓPTIMO

1. Determinación de colorimetría en harinas de Maíz morado, premezcla y panetón óptimo

Fundamento

- El color de una imagen puede ser medido por la percepción visual del ojo humano, pero también existen herramientas instrumentales para medir el color, como el colorímetro, que hace posible cuantificar los valores de manera precisa.

La CIE, una organización que representa la autoridad de la ciencia de la luz y el color ha desarrollado importantes sistemas para describir y medir el color usando tres coordenadas que ubican el color en un espacio tridimensional esférico. En el sistema CIE Lab, la coordenada L^* representa la luminosidad o claridad y puede tomar valores de 0 a 100. Las coordenadas a^* y b^* representan la cromaticidad, la a^* delimita la desviación del punto acromático correspondiente a la luminosidad hacia el rojo, siempre y cuando a^* sea positivo, y hacia el verde si a^* es negativo. Del mismo modo la coordenada b^* delimita la desviación hacia el amarillo si b^* es positivo, y hacia el azul si b^* es negativo, mencionado por Gilabert en (Rettig & Hen, 2014)

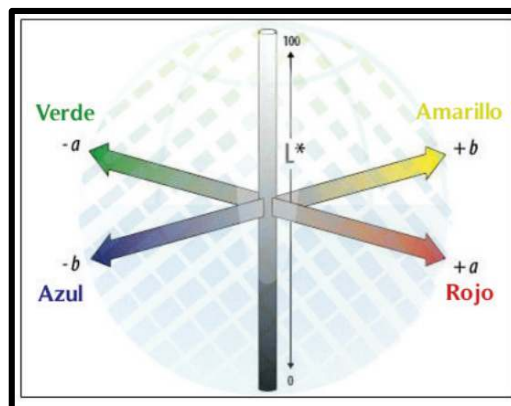


Figura A 6: Coordenadas de color en el sistema Hunter Lab.

El conjunto $L^*a^*b^*$ determinan el color del estímulo (en coordenadas cartesianas o rectangulares) esto precisa al término de cromaticidad que no está referido expresamente ni el tono ni la saturación. Por ello es importante definir los valores de C^* (cromaticidad) y H^* (tono o ángulo de tonalidad).

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$$

$$H^* = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Para determinar el color instrumental utilizamos el colorímetro Konica Minolta, el cual representa sus valores en Hunter L^* , a^* , b^* . El valor de H^* será expresado en grados y ambos valores serán calculados utilizando las ecuaciones anteriores.

Procedimiento

Acondicionamiento de la muestra

- Las muestras de harina de maíz morado, premezcla y panetón óptimo fueron colocadas sobre una placa Petri respectivamente.
- Cada muestra se dispersó uniformemente dentro de la placa evitando la sobrecarga de muestra.
- Para el caso del panetón, se cortó el producto por la mitad para tomar valores en varios puntos de la muestra.

Puesta en marcha del instrumento

- Calibrar el colorímetro con el blanco.
- Determinar la luminosidad representada por L^* y los parámetros de a^* , b^* para determinar cromaticidad y el ángulo de tonalidad.
- Seleccionar el espacio de color en el cual se va a realizar la lectura.
- Tomar la muestra a evaluar y colocarlo en el colorímetro.
- Realizar las lecturas por triplicado para cada muestra.
- Limpiar el objetivo del colorímetro después de cada lectura.
- Reportar los valores de los parámetros L^* , a^* , b^* .

2. Evaluación de Actividad de agua en las harinas de maíz morado, premezcla y panetón óptimo

Procedimiento

- Colocar la muestra molida sobre la cubeta receptora del equipo, aproximadamente 3g.
- Llevar la cubeta y colocarla dentro del equipo para analizar la actividad de agua.
- Esperar aproximadamente 10 – 15 minutos hasta alcanzar estabilidad en la lectura.
- Reportar los resultados.



Figura A 7. Medición de A_w de las muestras

3. Análisis de pH en harinas de maíz morado, premezcla y panetón óptimo

Fundamento

- El método está basado en medir electrométicamente la actividad de los iones hidrógeno presentes en una muestra, haciendo uso del equipo medidor de pH (potenciómetro).

Procedimiento

- Calibrar el potenciómetro con las soluciones reguladoras de pH 4, pH 7 y pH 10.

- Pesar 10 g de muestra seca y molida dentro de un vaso de precipitado de 50ml.
- Añadir 15 ml de agua destilada y homogenizar con el objetivo de formar una pasta uniforme.
- Sumergir el electrodo en la muestra, de manera que quede perfectamente cubierto.
- Esperar hasta que la lectura del equipo estabilice, deberá aparecer “Ready”.
- Realizar las muestras por triplicado.
- Anotar los valores reportados.



Figura A 8: Preparación de muestra para medir pH en harina de maíz morado



Figura A 9: Preparación de muestra para medir pH en premezcla panetonera

4. Análisis de acidez en harinas de maíz morado, premezcla y panetón óptimo

Procedimiento

- Pesar 5 g de muestra seca y molida dentro de un vaso de precipitado de 50ml.
- Añadir 25 ml de agua destilada y agitar para homogenizar.
- Colocar en baño maría a 45°C por 20 minutos
- Filtrar el contenido utilizando papel filtro y un matraz.
- Adicionar al filtrado 2 gotas de fenolftaleína al 1%, como indicador.
- Titular gota a gota con NaOH al 0.1N, hasta que la muestra llegue a una coloración rosa, la agitación del matraz debe ser constante.
- Reportar el gasto en (ml) de NaOH y aplicar la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Acidez} = \left(\frac{\text{gasto}_{\text{NaOH}} \times N \times M_{\text{eq}}}{\text{gr muestra}} \right) \times F \times 100$$

Donde:

Gasto_{NaOH}: Gasto en (ml) de la titulación con NaOH al 0.1N

N: Normalidad del NaOH, equivalente a 0.1

M eq: Mili-equivalentes del ácido predominante, para las harinas se consideró el ácido sulfúrico y para las muestras de panetón el ácido láctico según NTP.

gr muestra: Peso total de la muestra

F: Factor de dilución (5).



Figura A 10: Medición de acidez de las muestras

ANEXO V: CÓMPUTO QUÍMICO

Método para determinar el aminograma teórico de cada formulación

$$S_x = \frac{(P)(\%MP) + (M)(\%MM)}{F}$$

Donde:

S_x : Score químico de cada aminoácido presente en la mezcla.

P : Aminoácido de la premezcla (referencia del trigo).

%MP: Porcentaje de participación de la premezcla en la combinación.

M : Aminoácido de la harina de maíz morado (referencia maíz)

%MM: Porcentaje de la participación de harina de maíz morado en la combinación.

F : Aminoácido patrón de la FAO para la combinación.

Tabla 52: Perfil de aminoácidos de harina de maíz morado y harina premezcla para panetones

Aminoácidos Esenciales	Composicion de Aminoácidos (mg/g proteína)	Patron FAO Aminoácidos (mg/g proteína)*
	Harina de Maíz morado	Pre mezcla panetonera
Isoleucina	372	39
Leucina	1058	67
Lisina	235	19
Metionina + Cisteina	265	41
Fenilalanina + Tirosina	872	78
Treonina	323	27
Triptofano	49	10
Valina	421	43

Fuente: WHO/FAO/UNU, 2007 – Patrón referencial de aminoácidos categoría adultos

ANEXO VI: ANÁLISIS PARA EVALUAR CALIDAD EN PANETONES

1. Ficha de evaluación sensorial

ESCALA HEDÓNICA PARA MEDIR EL GRADO DE ACEPTABILIDAD EN PANETONES

Nombre:.....

Fecha:

Usted está recibiendo 12 muestras de panetones. Por favor, indique cuánto le gustó o disgustó cada atributo señalado en la tabla inferior. Escriba el puntaje de evaluación correspondiente a cada muestra siguiendo la escala de evaluación cuantitativa del 1 al 7:

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

Código de Muestra	PUNTAJE PARA CADA ATRIBUTO					
	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad General	Intención de compra

En relación a las mismas muestras, evalúe cuánto sería su intención de compra

- 1. No lo compraría.
- 2. Probablemente no compraría.
- 3. Tal vez lo compraría/tal vez no lo compraría
- 4. Probablemente lo compraría.
- 5. Lo compraría.

Observaciones:.....

2. Volumen específico en panetones

Procedimiento

- Pesar la muestra correspondiente a cada uno de los tratamientos (formulaciones) después de haber salido del horno y enfriado, aproximadamente después de 12 horas.
- En un recipiente cilíndrico vacío (balde de 5l) se introducen las semillas de alpiste hasta alcanzar la altura del recipiente.
- Medir con una probeta la cantidad de semillas retenidas por el balde.
- Vaciar el balde colocando las semillas dentro de otro recipiente.
- Cada muestra es colocada dentro del primer recipiente (balde de 5l) y se vuelve a llenar con el alpiste medido volumétricamente hasta llegar a la altura del recipiente.
- El volumen que ocupa el panetón dentro del recipiente desplazará parte de las semillas de alpiste.
- Con una probeta se vuelve a medir el alpiste desplazado por el volumen que ocupó cada muestra.
- Realizar los ensayos por triplicado.
- Reportar los datos obtenidos en (ml) para remplazar en la siguiente fórmula:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot d$$

Donde:

V: Volumen del panetón (ml)

r²: Radio del cilindro (cm)

d: distancia desplazada

- Por último el volumen específico es calculado dividiendo el volumen del panetón (ml) entre su masa (g).

$$\text{Volumen específico} = \frac{\text{Volumen del panetón (ml)}}{\text{masa (g)}}$$

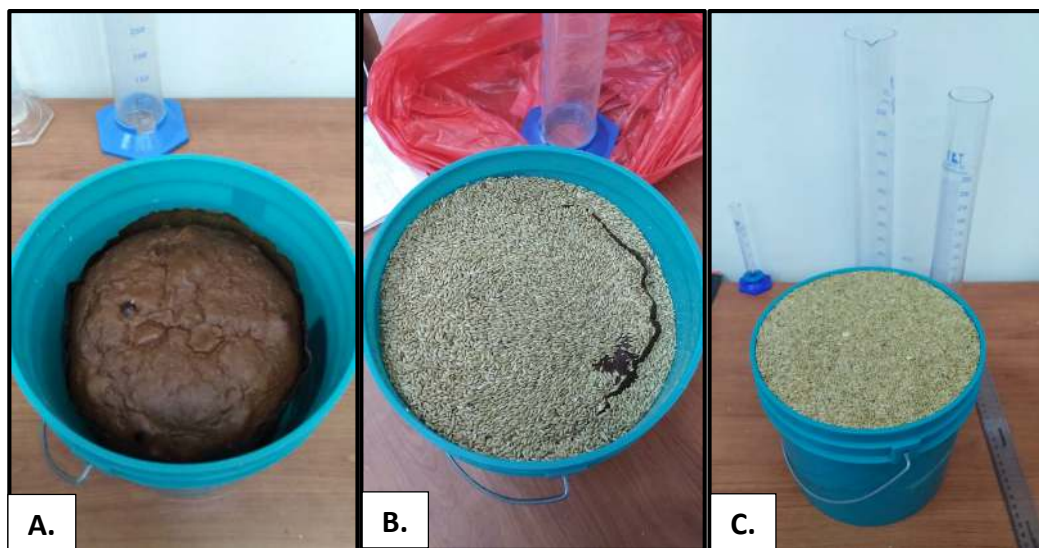


Figura A 11: A. Panetón dentro del recipiente B. Llenar el recipiente con el alpiste C. Enrasar y medir el volumen desplazado

3. Análisis de textura instrumental en panetones

Se realizó con la mejor formulación de panetón obtenida como resultado de la evaluación sensorial.

La textura instrumental se determinó por medio de una adaptación de la técnica de cizallamiento de Kramer. La muestra es colocada sobre la base del equipo y las propiedades de textura se determinan por medio de la compresión que ejerce el equipo sobre la muestra.



Figura A 12. Medición de textura instrumental, tratamiento óptimo

ANEXO VII: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA FORMULACIÓN CON MEJOR ACEPTABILIDAD



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046



Registro N° LE - 046

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20191205-009

Pág. 1 de 1

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

SOLICITADO POR	: MUÑOZ AGREDA JANET ELIZABET MORALES VALDIVIEZO MIULER DARWIN
DIRECCIÓN	: Pasaje Los Laureles Mz. 21 Lote 11 San Juan Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA.
PRODUCTO DECLARADO	: PANETÓN.
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de polietileno, cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2019-12-05
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2019-12-05
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2019-12-10
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio de Microbiología.
CÓDIGO COLECBI	: SS 191205-3

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Formulación 8
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	0
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	<10
Recuento de Mohos (UFC/g)	<10
<i>Salmonella</i> en 25 g	Ausencia

METODOLOGÍA EMPLEADA

Escherichia coli: ISO/TS 1664 9-3:2015. Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of B-glucuronidase-positive *Escherichia coli*-Part 3: Most probable number technique using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl-b-d-glucuronide.

Enumeración de *Staphylococcus aureus* Coagulasa Positivo: ISO 6888-1:1999/Amd 1:2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive *Staphylococci* (*Staphylococcus aureus* and other species) Part 1: Technique using Baird Parker agar medium. Amendment 1: Inclusion of precision data A 37°C.

Mohos: ICMSF 1983 Reimpresión 2000 Vol I 2da Ed. II Editorial Acribia - España pág.: 166 a 167. Método del Recuento de Levaduras y Mohos por siembra en placa en todo el medio.

Salmonella: UNE-EN ISO 6579-1:2017. Microbiología de la cadena alimentaria. Método horizontal para la detección, enumeración y serotipado de *Salmonella* spp. Parte 1: Detección de *Salmonella* spp.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras: **Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ()**
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- 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.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perechibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Diciembre 11 del 2019.
GVR/jms

LC-HRIEVO
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 326
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

“EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE MAIZ MORADO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE PANETONES”

por Janet Muñoz Agreda

Fecha de entrega: 11-dic-2019 10:59a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1232360155

Nombre del archivo: TESIS_FINAL_-_Turnitin.docx (19.09M)

Total de palabras: 29945

Total de caracteres: 160048

"EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE MAIZ MORADO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE PANETONES"

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%	20%	1%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	14%
2	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%

9	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%
10	edoc.pub Fuente de Internet	<1%
11	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%
12	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1%
13	revistas.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
14	repositorio.minagri.gob.pe Fuente de Internet	<1%
15	dehesa.unex.es Fuente de Internet	<1%
16	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1%
17	tr.scribd.com Fuente de Internet	<1%
18	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
19	g-se.com Fuente de Internet	<1%

Submitted to Universidad Alas Peruanas