

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



“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”

PRESENTADO POR Bach. LÓPEZ BOBADILLA JONATÁN MOISÉS
Y Bach. PAREDES BARRIOS KOREY STEFANY

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2018

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



HOJA DE AVAL DEL JURADO EVALUADOR

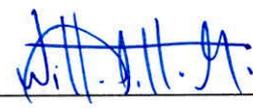
El presente trabajo de tesis titulado: “EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum vulgare*) POR HARINA DE AJONJOLÍ (*Sesamum indicum L.*) DESGRASADA Y HARINA DE ARVEJA (*Pisum sativum*) EN LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y SENSORIALES DE CUPCAKES”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. JONATÁN MOISÉS LÓPEZ BOBADILLA y Bach. KOREY STEFANY PAREDES BARRIOS, que tienen como asesora al docente Dra. LUZ MARÍA PAUCAR MENACHO designado por Resolución Decanal N° 364-2016-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 10 de mayo del 2018 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante Resolución N° 125-2018-UNS-CFI:



Mg. Jorge Domínguez Castañeda
Presidente



Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretaria (Asesora)



Ms. Williams Castillo Martínez
Integrante



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



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las **dieciséis** horas del **diez** de **mayo** del **dos mil dieciocho** se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial el Jurado Evaluador, designado mediante Resolución N°125-2018-UNS-CFI, integrado por los docentes:

- **Mg. Jorge Domínguez Castañeda** (Presidente)
- **Dra. Luz Paucar Menacho** (Secretario)
- **Ms. Williams Castillo Martínez** (Integrante); para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“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”, elaborada por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- **López Bobadilla Jonatán Moisés**
- **Paredes Barrios Korey Stefany**

Asimismo, tiene como Asesor al docente: **Dra. Luz María 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 los aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
LÓPEZ BOBADILLA JONATÁN MOISÉS	18	BUENO

Siendo las **diecisiete** y **quince** horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 10 de mayo del 2018

Mg. Jorge Domínguez Castañeda
Presidente

Dra. Luz Paucar Menacho
Secretario

Ms. Williams Castillo Martínez
Integrante



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



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las *dieciséis* horas del *diez* de *mayo* del *dos mil dieciocho* se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial el Jurado Evaluador, designado mediante Resolución N°125-2018-UNS-CFI, integrado por los docentes:

- **Mg. Jorge Domínguez Castañeda** (Presidente)
- **Dra. Luz Paucar Menacho** (Secretario)
- **Ms. Williams Castillo Martínez** (Integrante); para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“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”, elaborada por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- **López Bobadilla Jonatán Moisés**
- **Paredes Barrios Korey Stefany**

Asimismo, tiene como Asesor al docente: **Dra. Luz María 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 los aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
PAREDES BARRIOS KOREY STEFANY	18	BUENO

Siendo las *diecisiete* y *quince* horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 10 de mayo del 2018

Mg. Jorge Domínguez Castañeda
Presidente

Dra. Luz Paucar Menacho
Secretario

Ms. Williams Castillo Martínez
Integrante

DEDICATORIA

A Dios, quien siempre ha estado conmigo, cuidándome y guiándome en cada momento vivido durante todo este tiempo de mi formación académica universitaria. Él ha sido mi apoyo y fortaleza en los momentos difíciles.

A mis padres Jorge Paredes L. y Dora Barrios D., por su amor, paciencia y apoyo incondicional en todo momento y de los cuales he recibido los mejores consejos para ser siempre una mejor persona.

A mi hermano J. Isaac Paredes B. porque a pesar de la diferencia de caracteres, es y será siempre mi único hermano al que amo inmensamente y deseo verlo algún día ser un grande como el siempre soñó. Además, que de él aprendí que cuando uno lucha por sus sueños por más difícil que parezca todo es posible y me lo está demostrando.

A mis mejores amigos, Kevin, William, Deiby, Jhon, Jhoselyn, Solansh, por todos estos años en los que pude aprender un poquito de cada uno de ellos, ya que cada uno, con su manera diferente de ser y ver las cosas, aprendieron a ver en mí más que una amiga, una hermana y consejera, por su paciencia infinita hacia mí y por su apoyo en los momentos más complicados. Gracias por su amistad, los quiero infinitamente.

A mi mejor amor-amigo, Jonatán López B., quien además de ser el compañero de este proyecto, es mi compañero de vida por casi 8 años, porque con mucha paciencia ha sabido brindarme ese apoyo y amor incondicional en todo momento de mi vida universitaria. Gracias por todo, Dios te ayude y guarde siempre.

Korey

DEDICATORIA

A Dios, por toda su bendición y misericordia, por haberme acompañado a lo largo de mi vida universitaria y profesional. Él ha sido mi guía, mi luz y mi sustento durante toda mi vida.

A mis padres Fidel López C. y Carmen Bobadilla M., quienes me brindaron su amor, su incondicional apoyo y paciencia durante toda mi vida universitaria. Siempre estuvieron a mi lado a pesar de las adversidades logrando formar una persona de bien.

A mi papá Juan Alberto, que desde muy pequeño me enseñó a creer en mí, a sentir ese deseo de superación y entrega, a hacer las cosas con cariño y gusto. Gracias por tanto amor y sus mil sacrificios que hizo por sacar adelante a nuestra familia.

A mis hermanos Elizabeth, Rut y Joel que con sus consejos me ayudaron a madurar como persona y a afrontar los desafíos de la vida. Por estar siempre a mi lado, brindándome todo su apoyo y confianza, porque a pesar de tantas faltas de respeto, siempre tuvieron paciencia conmigo.

A mis mejores amigos, en especial a Kevin Cango C., por valorar mi amistad y brindármela, por tantas experiencias vividas en toda mi vida universitaria y profesional. Gracias por todas las alegrías y consejos que siempre me das.

A mi especial amor-amiga, Korey Paredes B, por llegar a mi vida y compartir tantas cosas bonitas durante todos estos 8 años, por ser mi compañera en toda esta vida universitaria, por su apoyo y amor incondicional. Gracias y Dios te bendiga siempre.

Jonatán

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial a todas las personas que hicieron posible la culminación de este proyecto de investigación:

A todos nuestros profesores que nos han enseñado estos cinco años y en especial a nuestra Asesora, la Doctora Luz Paucar Menacho, quien, con sus conocimientos, orientaciones, y manera de trabajar, ha sido fundamental para concluir el desarrollo de la tesis. Se ha ganado nuestra admiración y respeto como profesional, gracias por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado el proyecto de investigación.

Al Ing. John Gonzales, al Ing. Lenin Palacios y al Ing. Pedro Ayala que nos han brindado información para el desarrollo del presente trabajo, y nos apoyaron incondicionalmente para culminar este proyecto.

A nuestros amigos Bach. William López Rodríguez, Bach. Carlos Sifuentes Cisneros y todos los profesionales que trabajan en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA), que nos ayudaron incondicionalmente durante todo este tiempo de realización del proyecto de investigación y culminación de nuestra tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	24
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	26
2.1. Trigo.....	26
2.1.1. Generalidades del trigo	26
2.1.2. Trigo nacional y Producción del trigo	26
2.1.3. Taxonomía.....	27
2.1.4. Composición química del trigo.....	28
2.1.5. Clasificación del trigo según su utilización	28
2.1.6. Harina de trigo.....	30
2.2. Ajonjolí	36
2.2.1. Generalidades.....	36
2.2.2. Producción de Ajonjolí.....	37
2.2.3. Taxonomía y morfología	38
2.2.4. Composición química	39
2.2.5. Harina de Ajonjolí.....	40
2.3. Arveja.....	41
2.3.1. Generalidades.....	41
2.3.2. Producción de Arveja.....	41
2.3.3. Taxonomía y Morfología.....	42
2.3.4. Composición química	43
2.3.5. Harina de Arveja	48
2.4. Mezclas alimenticias	49
2.4.1. Complementación proteica	50
2.4.2. Computo Químico	50

2.5.	Generalidades de los Cupcakes	51
2.5.1.	Definición de Cupcake	51
2.5.2.	Características de Calidad de los Cupcakes	52
2.6.	Insumos	53
2.6.1.	Harina de trigo.....	53
2.6.2.	Margarina.....	53
2.6.3.	Azúcar	54
2.6.4.	Huevos.....	54
2.6.5.	Leche	55
2.6.6.	Polvo de hornear	56
2.6.7.	Anti-moho.....	57
2.7.	Materiales de Embalaje.....	57
2.7.1.	Polietileno (PE)	57
2.7.2.	Polipropileno (PP)	58
2.7.3.	Polietileno Tereftalato (PET).....	58
2.8.	Evaluación Sensorial.....	58
2.8.1.	Conducción del panel	59
2.8.2.	Métodos de escala hedónica	59
2.9.	Evaluación Biológica.....	60
2.9.1.	Valor Biológico.....	60
2.9.2.	Digestibilidad Aparente (Da).....	61
2.10.	Principales Defectos en los Productos de Panificación	61
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	64
3.1.	Lugar de Ejecución	64
3.2.	Materia Prima e Insumos.....	64
3.2.1.	Materia Prima.....	64

3.2.2.	Insumos.....	64
3.3.	Equipos, Instrumentos, reactivos y otros materiales.....	65
3.3.1.	En la elaboración de la harina de ajonjolí desgrasada y de la harinade arveja.	65
3.3.2.	En la elaboración de cupcakes.....	66
3.3.3.	Para la Evaluación Tecnológica de los cupcakes	68
3.4.	Métodos.....	70
3.4.1.	Obtención de la harina de ajonjolí desgrasada.....	70
3.4.2.	Obtención de la harina de arveja	74
3.4.3.	Caracterización de las harinas de trigo, harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja.....	78
3.4.4.	Análisis Físicoquímico de las harinas de trigo, harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja.....	79
3.4.5.	Cómputo Químico.....	79
3.4.6.	Producción de Cupcakes	80
3.4.7.	Evaluación de los cupcakes.....	89
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	99
4.1.	Análisis de las Harinas.....	99
4.1.1.	Caracterización Químico Proximal	99
4.1.2.	Análisis Físicoquímico	103
4.2.	Cálculo del Cómputo Químico de las Formulaciones.....	108
4.3.	Análisis de los Cupcakes.....	109
4.3.1.	Evaluación del Aminoácido Lisina en los Cupcakes.....	109
4.3.2.	Análisis Sensorial.....	117
4.3.3.	Volumen Específico	141
4.4.	Elección de la formulación de mayor aceptabilidad	147
4.5.	Análisis de los cupcakes de Mayor aceptabilidad y Control.....	152

4.5.1.	Caracterización Químico-Proximal del Cupcake.....	152
4.5.2.	Caracterización Fisicoquímica y Tecnológica del cupcake	154
4.6.	Evaluación del tipo de envase	170
4.6.1.	Evaluación de pérdida de peso	170
4.6.2.	Evaluación de la textura instrumental	174
4.7.	Evaluación Biológica.....	178
4.8.	Controles para determinación de Vida Útil del Cupcake	179
4.8.1.	Controles sensoriales	179
4.8.2.	Controles tecnológicos	185
4.8.3.	Determinación de tiempo de vida útil.....	187
4.9.	Vida Útil por Método de Cinética de Reacción del % Acidez	189
V.	CONCLUSIONES.....	191
VI.	RECOMENDACIONES	193
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	194
ANEXOS	211	

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1: Clasificación taxonómica del trigo	27
Tabla 2: Composición química del grano de Trigo	28
Tabla 3: Clasificación del trigo con base en sus características generales de calidad y su uso industrial	29
Tabla 4: Composición Química de la harina de Trigo	31
Tabla 5: Composición de aminoácidos del gluten, gliadina y glutenina	34
Tabla 6: Principales sucedáneos del trigo en nuestro país.....	36
Tabla 7: Clasificación taxonómica del Ajonjolí	38
Tabla 8: Composición química de la semilla de Ajonjolí.....	39
Tabla 9: Aminoácidos Esenciales en el Ajonjolí	40
Tabla 10: Composición Química de la harina de Ajonjolí.....	40
Tabla 11: Clasificación Taxonómica de la Arveja	42
Tabla 12: Composición química de la arveja seca cruda en 100 gr	44
Tabla 13: Aminoácidos Esenciales en la arveja	45
Tabla 14: Composición Química de la harina de arveja.....	49
Tabla 15: Composición proximal de cupcake	52
Tabla 16: Composición de micronutrientes del cupcake	53
Tabla 17: Formulación control utilizada para la elaboración de cupcakes	80
Tabla 18: Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2², incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central	90
Tabla 19: Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2².....	91
Tabla 20: Composición de materias primas para cada formulación del DCCR 2².91	
Tabla 21: Composición Químico Proximal de la Harina de Trigo en 100 g de Harina	99
Tabla 22: Composición Químico Proximal de la Harina de Ajonjolí Desgrasada en 100 g de Harina.....	101
Tabla 23: Composición Químico Proximal de la Harina de Arveja en 100 g de Harina.....	102

Tabla 24: Colorimetría de la Harina de Trigo (pastelera), Harina de Ajonjolí y Harina de Arveja	103
Tabla 25: Actividad de Agua de la Harina de Trigo (Panadera), harina de Ajonjolí y Harina de Arveja	106
Tabla 26: Acidez de la Harina de Trigo (Panadera), Harina de Ajonjolí y Harina de Arveja	106
Tabla 27: Cómputo Químico de las Formulaciones del Planteamiento Experimental	108
Tabla 28: Valores de Lisina de Cada Formulación de Cupcakes.....	110
Tabla 29: Coeficientes de Regresión para el Aminoácido Lisina del Cómputo Químico de los Cupcakes	112
Tabla 30: Análisis de Varianza para el aminoácido Lisina de Cupcakes.....	113
Tabla 31: Sabor Sensorial de los Cupcakes.....	117
Tabla 32: Coeficientes de Regresión para la variable respuesta Sabor de los Cupcakes	119
Tabla 33: Análisis de Varianza para la variable respuesta sabor de Cupcakes ...	120
Tabla 34: Textura Sensorial de Cupcakes.....	123
Tabla 35: Coeficientes de Regresión para la variable respuesta Textura de los Cupcakes	125
Tabla 36: Análisis de Varianza para la variable respuesta Textura Sensorial de Cupcakes	126
Tabla 37: Olor Sensorial de Cupcakes.....	129
Tabla 38: Coeficientes de Regresión para la variable respuesta Olor de los Cupcakes	131
Tabla 39: Análisis de Varianza para la variable respuesta Olor Sensorial de Cupcakes	132
Tabla 40: Color Sensorial de Cupcakes.....	135
Tabla 41: Coeficientes de Regresión para la variable respuesta Color Sensorial de los Cupcakes.....	137
Tabla 42: Análisis de Varianza para la variable respuesta Color de Cupcakes ...	138
Tabla 43: Volumen específico de los Cupcakes.....	141
Tabla 44: Coeficientes de Regresión para la variable respuesta Volumen Específico de los Cupcakes.....	143

Tabla 45: Análisis de Varianza para la variable Volumen Específico de Cupcakes	144
Tabla 46: Resumen de los resultados de Superficie Respuesta Evaluados por el DCCR de los Atributos de mayor relevancia para la elección de la mejor formulación	148
Tabla 47: Asignación de pesos para cada atributo Ponderado	149
Tabla 48: Elección de la mejor formulación de cupcake según atributos ponderados	150
Tabla 49: Composición porcentual (%) del Cupcake control y el de mayor aceptabilidad	152
Tabla 50: Porcentaje de humedad del cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	155
Tabla 51: Variación del % Acidez y pH de los cupcakes control y mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	156
Tabla 52: Variación de la textura de los cupcakes control y de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	158
Tabla 53: Variación de la actividad de agua de los cupcakes control y de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	160
Tabla 54: Colorimetría de la corteza del cupcake con control durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente	163
Tabla 55: Colorimetría de la miga del cupcake con control durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente	166
Tabla 56: Volumen específico de los cupcakes control y de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente	168
Tabla 57: Variación de peso cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno de alta densidad, polipropileno y PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	171
Tabla 58: Variación de peso cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno de alta densidad, polipropileno y PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	173
Tabla 59: Análisis de Varianza para Pesos	174

Tabla 60: Textura del cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno de alta densidad, polipropileno y PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	175
Tabla 61: Análisis de Varianza para Textura.....	177
Tabla 62: Resultados de la evaluación biológica del cupcake con mayor aceptabilidad.....	178
Tabla 63: Variación del % de acidez del cupcake mejor formulación durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	185
Tabla 64: Análisis realizados durante el estudio de vida útil.....	188
Tabla 65: Variación del % Acidez del cupcake de mayor aceptabilidad a través de los días para reacción de orden cero.....	189

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1: Harina de Trigo	30
Ilustración 2: Semillas de Ajonjolí	37
Ilustración 3: Planta de Ajonjolí	38
Ilustración 4: Planta de arveja	43
Ilustración 5: Harina de arveja	49
Ilustración 6: Secador de Bandejas.....	65
Ilustración 7: Expeller	65
Ilustración 8: Modulo de molienda y tamizado	66
Ilustración 9: Batidora Industrial	66
Ilustración 10: Batidora Manual.....	67
Ilustración 11: Horno Rotatorio.....	67
Ilustración 12: Balanza Gramera.....	67
Ilustración 13: Recepción del ajonjolí	70
Ilustración 14: Extracción del Aceite y Obtención de la harina de ajonjolí desgrasada.	71
Ilustración 15: Tamizado de la harina de ajonjolí desgrasada.....	72
Ilustración 16: Envasado y Sellado de la harina de Ajonjolí desgrasada	72
Ilustración 17: Recepción de la arveja tostada	74
Ilustración 18: Pesado de la arveja tostada.....	74
Ilustración 19: Molienda	75
Ilustración 20: Tamizado de la harina de arveja.....	76
Ilustración 21: Envasado y sellado de la harina de arveja.....	76
Ilustración 22: Harina de Trigo	82
Ilustración 23: Harina de Ajonjolí Desgrasada	82
Ilustración 24: Harina de Arveja	83
Ilustración 25: Balanza Gramera.....	83
Ilustración 26: Cremado	84
Ilustración 27: Incorporación de Huevos al Cremado	84
Ilustración 28: Incorporación de Leche al Primer mezclado.....	84
Ilustración 29: Incorporación de mezclas de harinas.....	85

Ilustración 30: Moldeado de Cupcakes	85
Ilustración 31: Horneado de Cupcakes	86
Ilustración 32: Enfriado a Temperatura de Ambiente.....	86
Ilustración 33: Envasado y Sellado	86
Ilustración 34: Almacenamiento en lugares frescos	87
Ilustración 35: Formulaciones de Cupcakes listas para la degustación.....	89
Ilustración 36: Degustación de Cupcakes por panelistas semientrenados	89
Ilustración 37: Cupcakes en tres tipos de envase a) PET, b) Polipropileno y c) Polietileno de alta densidad	95
Ilustración 38: Acondicionamiento de las ratas en las jaulas metabólicas	96
Ilustración 39: Entrenamiento de Panelistas	97
Ilustración 40: Panelista entrenado realizando el primer día de evaluación sensorial	97
Ilustración 41: Determinación de acidez	98

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Intenciones de Siembra y Siembras realizadas de Trigo por Región según Campaña agosto 2017 - julio 2018.....	27
Gráfica 2: Intenciones de Siembra y Siembras realizadas de Arveja Grano seco por Región según Campaña agosto 2017 – julio 2018	42
Gráfica 3 : Diagrama de Pareto para el Aminoácido Lisina del Cómputo Químico de los Cupcakes	111
Gráfica 4: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el contenido de Lisina en Cupcakes	114
Gráfica 5: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para el aminoácido Lisina en Cupcakes	116
Gráfica 6: Diagrama de Pareto para la variable respuesta sabor de los Cupcakes	118
Gráfica 7 : Linealidad de los valores experimentales con los predichos para la variable respuesta sabor en Cupcakes.....	120
Gráfica 8: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para la variable Sabor en Cupcakes	122
Gráfica 9: Diagrama de Pareto para la variable respuesta textura sensorial de los Cupcakes	124
Gráfica 10: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para la variable respuesta textura en Cupcakes.....	126
Gráfica 11: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para la variable textura sensorial en Cupcakes	128
Gráfica 12: Diagrama de Pareto para la variable respuesta olor sensorial de los Cupcakes	130
Gráfica 13: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para la variable respuesta Olor en Cupcakes	132
Gráfica 14: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para la variable Olor sensorial en Cupcakes.....	134

Gráfica 15: Diagrama de Pareto para la variable respuesta color sensorial de los Cupcakes	136
Gráfica 16: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para la variable respuesta Color en Cupcakes	138
Gráfica 17: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para la variable Color sensorial en Cupcakes.....	140
Gráfica 18: Diagrama de Pareto para la variable respuesta volumen específico de los Cupcakes.....	142
Gráfica 19: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el Volumen Específico en Cupcakes	144
Gráfica 20: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para la variable Volumen Específico en Cupcakes	146
Gráfica 21: Variación del Porcentaje de humedad del cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	155
Gráfica 22: Variación del % de acidez y pH del cupcake control y el cupcake con mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	157
Gráfica 23: Variación de la textura del cupcake control y del cupcake con mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente	159
Gráfica 24: Variación de la actividad de agua del cupcake control y del cupcake con mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	161
Gráfica 25: Variación del volumen específico del cupcake control y de mayor aceptabilidad, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	169
Gráfica 26: Variación de pesos del cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno de alta densidad, polipropileno y PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	172
Gráfica 27: Variación de pesos del cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno de alta densidad, polipropileno y PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	173

Gráfica 28: Análisis de textura del cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno, polipropileno y PET, durante los 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	176
Gráfica 29: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el atributo de color sensorial.....	180
Gráfica 30: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el atributo de forma sensorial	181
Gráfica 31: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el atributo de olor sensorial.....	182
Gráfica 32: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el atributo de textura sensorial	183
Gráfica 33: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el atributo de sabor sensorial	185
Gráfica 34: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el análisis del % de acidez	186
Gráfica 35: %Acidez en función al tiempo para reacción de orden cero	189

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Diagrama de Flujo para la Obtención de Harina de Ajonjolí Desgrasada	73
Diagrama 2: Diagrama de Flujo para la Obtención de Harina de Arveja	77
Diagrama 3: Diagrama de Flujo para la elaboración de Cupcakes	88

RESUMEN

El presente trabajo busca determinar cuál es el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por la harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja en las características tecnológicas y sensoriales en la elaboración de un producto de pastelería, denominado cupcake, que cumpla con los estándares de calidad, logrando así el diseño de un nuevo producto para el mercado mediante la utilización de harinas sucedáneas. Para cumplir con ello se partió de una formulación control constituida de: 34.2% harina de trigo, 20.5% de azúcar, 13.7% de huevos, 17.1% de margarina, 13.7% de leche, 0.7% de levadura química, 0.2% de emulsionante y 0.09% de Antimoho. Se elaboró cupcakes a partir de, 11 formulaciones constituidas por harina de trigo, harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja proporciones que fueron establecidas utilizando un Diseño Compuesto Central Rotacional 2² y el programa STATISTICA versión 8.0 manteniendo el resto de insumos igual a la formulación base; los cuales fueron evaluados en función al sabor, textura, aroma, color y volumen específico, datos que fueron analizados con un nivel de significancia de 5 y 10%. Estos sirvieron para determinar el cupcake con mayor aceptabilidad el cual fue la Formulación 6 (F₆) con los siguientes porcentajes 82% de harina de trigo, 12% de harina de ajonjolí desgrasada, 6% de harina de arveja (con respecto al 100%). El cupcake de mayor aceptabilidad se analizó a través de 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente con respecto a los parámetros exigidos a las Normas Técnicas Peruanas.

La F₆ presenta un cómputo químico de Lisina de 71% y mayor al 100% en todos los demás aminoácidos esenciales, siendo sus características sensoriales: Sabor (6.14), Textura (5.98), Olor (5.68) y Color (5.85), para una escala de atributos de 7 puntos, además obtuvo un volumen específico de 1.9156 cm³/g. Esta formulación presenta un contenido de proteína y cenizas alto (9.36% y 1.03% respectivamente), un incremento notable de fibra dietaría total (4.58%), con un aumento en el contenido de grasa (22.67%) y una disminución en el contenido de carbohidratos disponibles (40.40%), contrastándolos con los valores reportados en la formulación control (proteína=8.18%, cenizas=0.38%, fibra dietaría total=2.56%. grasa=20.96% y Carbohidratos disponibles=45.57%), la F₆ tiene más contenido. La digestibilidad aparente y el valor biológico fueron de 89.17% y 62.31% respectivamente. Por otro lado, la vida útil estimada para la F₆ es de 12 días.

ABSTRACT

The present work seeks to determine what is the effect of the partial substitution of wheat flour for the partially defatted sesame cake and pea flour in the technological and sensorial characteristics in the elaboration of a confectionery product, called cupcake, that complies with the quality standards, thus achieving the design of a new product for the market through the use of substitute flours. To comply with this, we started with a control formulation consisting of: 34.2% wheat flour, 20.5% sugar, 13.7% eggs, 17.1% margarine, 13.7% milk, 0.7% chemical yeast, 0.2% emulsifier and 0.09% Anti-mold. Cupcakes were made from 11 formulations consisting of wheat flour, partially defatted sesame cake and pea flour proportions that were established using a Rotational Central Composite Design 2² and the STATISTICA version 8.0 program maintaining the rest of the inputs equal to the formulation base; which were evaluated according to flavor, texture, aroma, color and specific volume, data that were analyzed with a level of significance of 5 and 10%. These served to determine the cupcake with greater acceptability which was Formulation 6 (F6) with the following percentages 82% wheat flour, 12% partially defatted sesame cake, 6% pea flour (with respect to 100%). The cupcake with the highest acceptability was analyzed through 12 days of storage at room temperature with respect to the parameters required by the Peruvian Technical Standards.

The F₆ presents a chemical calculation of 71% Lysine and greater than 100% in all other essential amino acids, with its sensory characteristics: Flavor (6.14), Texture (5.98), Smell (5.68) and Color (5.85), for an attribute scale of 7 points, also obtained a specific volume of 1.9156 cm³/g. This formulation has a high protein and ash content (9.36% and 1.03% respectively), a notable increase in total dietary fiber (4.58%), with an increase in fat content (22.67%) and a decrease in the content of available carbohydrates (40.40%), contrasting them with the values reported in the control formulation (protein = 8.18%, ash = 0.38%, total dietary fiber = 2.56%, fat = 20.96% and available carbohydrates = 45.57%), the F₆ has more content. The apparent digestibility and biological value were 89.17% and 62.31% respectively. On the other hand, the estimated useful life for F₆ is 12 days.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la panificación ha atravesado por ciertas tendencias, entre ellas la aparición de los famosos cupcakes, también conocidos como muffins, magdalenas o quequitos. Un cupcake es definido como una pequeña porción de queque para una persona que data de 1786. Actualmente, los cupcakes se encuentran entre los productos de panificación de mayor popularidad a nivel mundial (Zolezzi, 2014).

Entre las diversas leguminosas y cereales existentes ninguna puede aportar todos los nutrientes en cantidad suficiente para cubrir las necesidades nutricionales de una persona. Sin embargo, ya desde tiempos antiguos se reconocía el beneficio de mezclar cereales con leguminosas en la dieta para mejorar su calidad nutricional, lo que demuestra que es posible enriquecer un producto alimenticio con otra sustancia, mejorando la calidad nutricional y la aceptación que es necesaria por parte del consumidor (FAO, 1995).

Como la mayoría de los productos de panificación, los cupcakes están hechos de harina de trigo floja, harina que no es muy alta en proteínas. Sin embargo, actualmente el tema de salud y de los productos nutritivos ha hecho crecer a la demanda de panes especiales (Carece, 2014). Por ello se está haciendo el uso de mezclas de harinas que contribuyan al mejoramiento del nivel nutricional de un producto de panificación.

En los últimos años, se ha comenzado a utilizar diversos cereales, leguminosas y tubérculos nacionales como cebada, maíz, quinua, trigo y papa como una alternativa para contrarrestar las exigencias de la población, mediante la elaboración de alimentos básicos de consumo diario como es el pan. En diversas partes de América, se ha incrementado el uso de arveja dulce (*Pisum sativum*) para la elaboración de productos de panificación con elevado aporte, proteico, los cuales tienen como finalidad mejorar la calidad proteica en los panes a base de harina de trigo (*Triticum aestivum*) mediante el aporte de aminoácidos que le son deficientes (Alasino, 2009). El ajonjolí, si bien es cierto que no contienen todos los aminoácidos esenciales, al igual que las legumbres, son muy ricas en proteínas y, simplemente combinándolas con cereales, podemos obtener una proteína de alto valor biológico. (VidaNaturalia, 2016)

Analizar el efecto de la incorporación de en los procesos de panificación la materia prima principal utilizada proviene de las importaciones. Por lo que es necesario, buscar alimentos nativos que puedan ser utilizados como sustitutos en la elaboración de productos de panificación. Actualmente, en el país se están realizando investigaciones para sustituir la harina de trigo por harinas no tradicionales con el objetivo de obtener un mejor valor nutricional, sin embargo, se desconoce sus consecuencias en las características reológicas y sensoriales (Jara, 2006)

Lo explicado en los párrafos anteriores, ha servido de incentivo para el diseño de un nuevo producto de panificación, con un nuevo sabor, nueva apariencia, con un nuevo valor nutricional. Es así que el presente trabajo de investigación tiene como título: “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”, tiene como objetivo principal evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja en las propiedades tecnológicas y sensoriales del cupcake, y como objetivos específicos:

- Determinar la composición proximal de la harina de trigo, harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja.
- Determinar el cómputo químico de aminoácidos para todas las formulaciones.
- Evaluar las propiedades organolépticas: sabor, textura, olor, color, y volumen específico (cm^3/g) de los cupcakes elaborados a base de harina de ajonjolí (*Sesamum indicum L.*) desgrasada y harina de arveja (*Pisum sativum*) sustituyendo parcialmente la harina de trigo (*Triticum vulgare*).
- Determinar la composición proximal, fisicoquímica y tecnológicas del cupcake de mayor aceptabilidad.
- Determinar el valor biológico y Digestibilidad Aparente del cupcake de mayor aceptabilidad.
- Determinar la vida útil del cupcake de mayor aceptabilidad sensorial y características fisicoquímicas.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Trigo

2.1.1. Generalidades del trigo

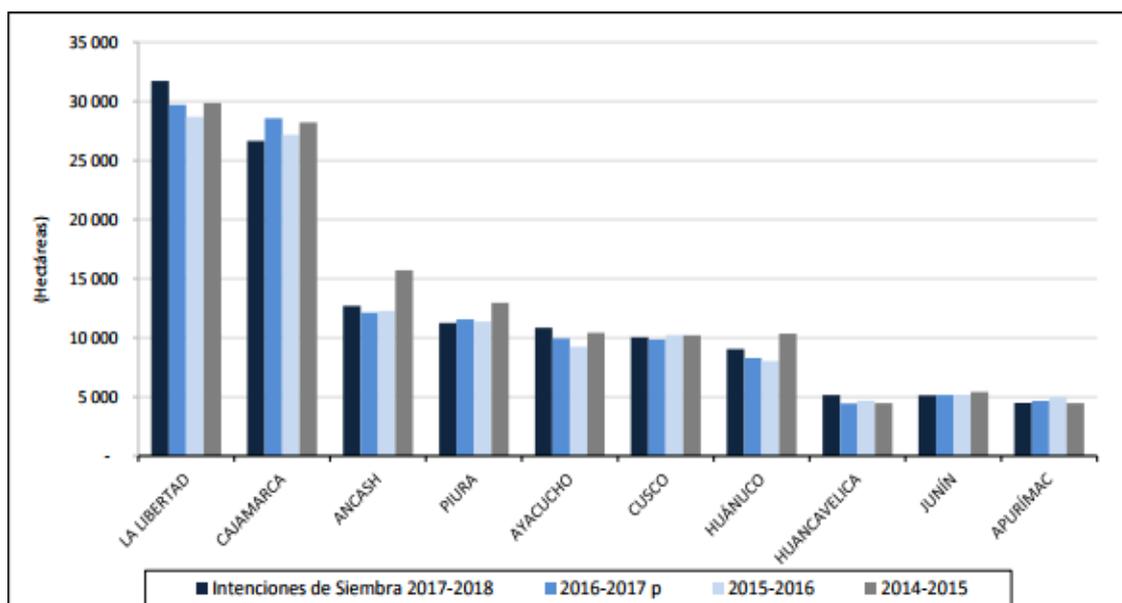
Siendo el trigo el cereal más importante, abundante y productivo, es por lo tanto uno de los más estudiados (Juárez *et al.*, 2014). El trigo, “rey de los cereales”, tiene su origen en el viejo mundo, específicamente en Asia Menor, Asia Central y África del Norte. Este cereal es uno de los tres granos más producidos globalmente, junto al maíz y el arroz (FAO, 2016 citado por Arellano y Rojas, 2016). El grano del trigo es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios. (Forero , 2013).

2.1.2. Trigo nacional y Producción del trigo

Las intenciones de siembra para el trigo son de 134,0 mil hectáreas, con las que se incrementaría en 3,7 mil hectáreas más (2,8%) con relación a lo sembrado en la campaña agrícola 2016-2017. Las siembras se realizarían mayormente de octubre a marzo sembrándose 124,1 mil hectáreas (93% del total de las intenciones de siembra del cultivo a nivel nacional). (MINAGRI, 2017)

Las Regiones con mayor participación en las intenciones de siembra para la campaña agrícola 2017-18 de este cultivo, en miles de hectáreas son: La Libertad con 31,7, Cajamarca 26,7, Ancash 12,7, Piura 11,3, Ayacucho 10,9, Cusco 10,0 y Huánuco 9,0, que en conjunto alcanzarían las 112,3 mil hectáreas (83,8%) de las intenciones de siembra para este cultivo a nivel nacional. (MINAGRI, 2017)

Las Regiones donde se incrementarían las intenciones de siembra son: La Libertad que será mayor en 2 005 ha (6,7%), Ayacucho que se incrementará en 905 ha (9,1%) y Huánuco que crecerá en 773 ha (9,3%). Sin embargo, las regiones que disminuirían sus intenciones de siembra de la próxima campaña serían: Cajamarca que será menor en 1 920 ha (- 6,7%), Piura que disminuirá en 296 ha (-2,6%) y Apurímac que será menor en 158 ha (-3,4%). (MINAGRI, 2017)



Gráfica 1: Intenciones de Siembra y Siembras realizadas de Trigo por Región según Campaña agosto 2017 - julio 2018

Fuente: MINAGRI, 2017 (accesado 21/08/17)

2.1.3. Taxonomía

La palabra trigo designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles, tal y como ocurre con los nombres de otros cereales (Forero, 2013).

Tabla 1: Clasificación taxonómica del trigo

Taxonomía del Trigo	
Reino	Vegetal
Subreino	Fanerógamas
División	Cheteriodophitas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Monocotiledónea
Orden	Cereales
Familia	Gramínea
Género	Triticum
Especie	Vulgare
N. Científico	Triticum Vulgare
N. Común	Trigo

Fuente: Magallanes, 2010

2.1.4. Composición química del trigo

El grano maduro del trigo esta formado por hidratos de carbono, compuestos nitrogenados, acidos grasos, sustancias minerales y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas, enzimas y otras sustancias como pigmentos. Dentro de las proteínas que contiene el trigo la más importante en la industria de panificación es el gluten que es un complejo de proteínas de color blanco grisáceo, duro y elástico, presente en el trigo; esta proteína da a la masa de pan el lacto viscoso o pegajoso que retiene el gas cuando sube por acción de la levadura. (De la Vega, 2009)

Tabla 2: Composición química del grano de Trigo

Componentes	Mínimo (%)	Máximo (%)
Humedad	8.0	18.0
Proteínas	7.0	18.0
Cenizas	1.5	2.0
Lípidos	1.5	2.0
Fibra cruda	1.7	3.4
Fibra dietaría*	4.0	12.9
Almidón	60.0	68.9
Pentosas	6.2	8.0
Sacarosa	0.2	0.6
Maltosa	0.6	4.3
Celulosa	1.9	5.0
Carbohidratos	68.0	87.0

Fuente: Alasino et al., 2008; * Yanez, 2013

2.1.5. Clasificación del trigo según su utilización

Un ejemplo de clasificación del trigo con base en su uso o procesamiento, es de acuerdo a su textura y características de fuerza de gluten (Tabla 5). Los trigos de gluten fuerte y extensible (grupo 1) son necesarios en los procesos mecanizados de panificación (pan de molde en general) en los cuales las masas deben tolerar el trabajo intenso al cual son sometidas, los

trigos con gluten medio fuerte y extensible (grupo 2) son aptos para la producción mecanizada y manual de pan a partir de masas fermentadas (pan blanco, pan de masa hojaldrada y pan dulce, moldeados manualmente y horneado sin molde) y no fermentadas (pan plano como el árabe, tortilla de harina, etc.). Por otro lado los trigos de endospermo suave (o blando) y gluten débil (grupo 3) son requeridos en la industria galletera y de repostería, estos trigos deben poseer un contenido de proteína menor que el de los trigos de los grupos 1 y 2, los trigos de gluten tenaz (poco extensibles), del grupo 4, son altamente indeseables en la industria panificadora, ya que producen masas de panificación que, por el hecho de tener extensibilidad muy limitada, presentan poca tolerancia al sobremezclado, deficiente capacidad de expansión durante la fermentación y el horneado, y pobres características de manejo y moldeado. El trigo cristalino o durum (grupo 5) produce sernolina (harina gruesa) de color amarillo y posee un gluten medio fuerte a fuerte y tenaz, adecuado para elaborar pastas alimenticias muy densas y resistentes. (De la Cruz, 2009)

Tabla 3: Clasificación del trigo con base en sus características generales de calidad y su uso industrial.

Grupo de calidad	Fuerza de gluten	Uso industrial	Observaciones
Grupo 1 (F)	Fuerte/extensible	- Panificación mecanizada. - Mejorador de trigos de menor fuerza de gluten.	Endospermo duro a semi-duro.
Grupo 2 (M)	Medio/extensible	- Panificación manual y semi-mecanizada,	Endospermo duro a semi-duro.
Grupo 3 (S)	Debil/extensible	- Galletería y repostería. - Panificación artesanal.	Endospermo suave (blando).
Grupo 4 (T)	Medio/Tenaz (poco extensible)	- Algunos productos de repostería.	Endospermo duro a semi-duro. No panificable.
Grupo 5 (C) (<i>T. durum</i>)	Fuerte/tenaz	- Elaboración de pastas alimenticias (espagueti, etc)	Endospermo muy duro y cristalino. No panificable.

Fuente: Peña *et al*, 1991

2.1.6. Harina de trigo

2.1.6.1. Definición

Por harina de trigo se entiende al producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum L.* o trigo ramificado, *Triticum compactum Host*, o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura. (Codex Alimentarius 152, 1985)

La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína – gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente. Esta es una masa tenaz, con ligazón entre sí, que en nuestra mano ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación (levado con levadura, leudado químico) para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen. (De la Vega Ruiz, 2009).



Ilustración 1: Harina de Trigo

Fuente: Colordo, 2012

2.1.6.2. Clasificación de la harina de trigo

Las harinas, según sus tipos, se clasifican en: cero (0), dos ceros (00), tres ceros (000) y cuatro ceros (0000). La harina 000 se utiliza siempre en la elaboración de panes, ya que su alto contenido de proteínas posibilita la formación de gluten y se consigue un buen leudado sin que las piezas pierdan su forma. La 0000 es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten no es un buen contenedor de gas y los panes pierden forma. Por ese motivo

sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería, en batido de tortas, hojaldres, etc. (Aguirre et al., 1997)

2.1.6.3. Tipos de harina de trigo

Las harinas pueden dividirse en dos grandes grupos:

- **Harinas Duras:** Son aquellas que tienen un alto contenido de proteínas como el trigo rojo duro de invierno y rojo duro de primavera (Stanley, 2002).
- **Harinas Suaves:** Son aquellas que tienen bajo contenido de proteínas y se extraen de tipos de baja proteína como el trigo blando rojo de invierno. Se utiliza para bizcochos, queques y galletas (Stanley, 2002).

2.1.6.4. Composición química

Los químicos que componen la harina son los mismos que los del trigo, aunque con una modificación porcentual debido a la eliminación de parte de ellos en el proceso de molienda. (Calaveras, 2004)

Tabla 4: Composición Química de la harina de Trigo

Componente	Harina 100% extracción
Proteínas	12-13.5%
Lípidos	2.2%
Almidón	67%
Cenizas (materia mineral)	1.5%
Vitaminas (B y E)	0.12%
Humedad	13-15%
Fibra cruda	1.5%
Fibra dietética*	4.6%
Azúcares	2.3%

Fuente: Calaveras, 2004; * UNL, 2010

2.1.6.5. Principales Componentes de la Harina

A. Carbohidratos:

Se llama así a ciertos compuestos químicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Constituyen la parte mayor del endospermo del trigo. El principal componente de la harina que contribuye en el poder de absorción gracias a que es muy ávido de agua es el almidón. (Cauvain, 2002) Los hidratos de carbono representan el 90% aproximadamente del peso seco de los granos de cereales, contienen el 60 a 68% Almidón (19 a 26% de amilosa y 74 a 81% amilopectina). 6,5 % Pentosas. 2 a 2,5 % celulosa. 1,5% azúcares reductores (Son importantes para la fermentación en la masa). (Stanley, 2002) Dada su higroscopicidad, existe una competencia directa entre las proteínas y el almidón al añadir el agua al amasado. (Cauvain, 2002) Durante la cocción, la amilopectina absorbe mucha agua y es en gran parte responsable de la hinchazón de los gránulos de almidón. El almidón del grano en plena maduración permite obtener un pan de mayor volumen que el obtenido con granos no maduros. La temperatura de gelatinización del almidón esta entre 56 a 60 °C. (Stanley, 2002)

B. Proteínas:

Son macromoléculas que contienen nitrógeno. Sus complejos compuestos de naturaleza coloidal, al contacto con el agua son los responsables de la formación del gluten que es bien conocido por el sector panadero. (Aguirre *et al.*, 1997) Las proteínas del trigo constituyen la mayor parte de las proteínas consumidas por numerosas regiones en vía de desarrollo, sin embargo, esa función nutricional básica resulta disminuida por el bajo contenido en lisina. El contenido proteico del grano de trigo varía entre un 8 y 17 %, dependiendo de la genética y de factores ambientales. (Peña *et al.* 1991)

Las prolaminas y glutelinas son las fracciones mayores de proteínas en el grano de cereal. En el trigo se llaman gliadinas y

gluteninas respectivamente y forman el gluten. (Dupont *et al.*, 2003). Estas proteínas son las responsables de la extensibilidad (gliadinas) y de la elasticidad (gluteninas) de la masa de panadería durante el proceso de panificación (Cheftel y col., 1989). Entre las harinas de los cereales, solamente la de trigo tiene la habilidad de formar una masa fuerte, cohesiva, y capaz de retener el gas producido por la fermentación, dando por cocción un producto esponjoso (Dupont *et al.*, 2003). El gluten es la sustancia tenaz, gomosa y elástica que se forma en la masa mediante la adición del agua. Se forma por la unión entre otros de las proteínas gliadina y gluteína. La gliadina es pegajosa y le da al gluten su cualidad adhesiva, la gluteína le da la tenacidad y fuerza. (Gallegos, 2010)

Las proteínas del gluten están constituidas por gran cantidad de aminoácidos, siendo deficientes en aminoácidos esenciales como la lisina y metionina, considerándose a la proteína del trigo de baja calidad, sin embargo, poseen un elevado contenido en glutamina. Para conocer el contenido en proteína de una muestra se utiliza el método Kjeldhal, que cuantifica el nitrógeno de la muestra; después se multiplica el valor del contenido en nitrógeno por un factor de transformación (5,7) obteniendo así el contenido total en proteína. (Magaña *et al.*, 2009)

Para una buena panificación necesitamos que se forme un 24 o 26% de gluten. (Aguirre *et al.*, 1997) La capacidad de hinchamiento de las proteínas en presencia de agua presenta una importancia especial en la química de las harinas, ya que está relacionada con la calidad del gluten. (Ayala, 2014). La cantidad de aminoácidos esenciales que le da el valor biológico al alimento es menor en las proteínas presentes en mayor cantidad y, por ende, son las que tienen un menor valor biológico. (Stanley, 2002)

Tabla 5: Composición de aminoácidos del gluten, gliadina y glutenina
(Moles de aminoácidos por 10⁵ gr.)

Aminoácido	Gluten	Gliadina	Glutenina	Aminoácido	Gluten	Gliadina	Glutenina
Arginina	20	15	20	Valina	45	46	41
Histidina	15	15	13	Leucina	59	62	57
Lisina	9	5	13	Isoleucina	33	37	28
Treonina	21	18	26	Prolina	137	148	114
Serina	40	38	50	Tirosina	20	16	25
Ac. Aspártico	22	20	23	Fenilalanina	32	38	27
Ac. Glutámico	290	317	278	Triptófano	6	5	8
Glicina	47	25	78	Cistina/2	14	10	10
Alanina	30	25	34	Metionina	12	12	12

Fuente: Alasino, 2009

La composición de aminoácidos de la fracción proteica influye en el Índice de Aminoácidos Esenciales que es responsable del valor biológico de las mismas: más elevado en la albúmina y en la globulina, más bajo en la glutenina y en la gliadina. Esto indica que las proteínas presentes en el trigo en mayor cantidad son las que tienen menor valor biológico (Quaglia, 1991). Cabe indicar que en las albúminas y las globulinas se localiza el 85% del aminoácido lisina (Badui, 1999).

C. Lípidos

Los lípidos entran sólo en pequeños porcentajes en la composición química del trigo (1.5 - 2%) y están localizados principalmente en el germen. Los componentes lipídicos más importantes son los glicéridos, los fosfolípidos y los esteroides; el germen es particularmente rico en tocoferol que toma comúnmente el nombre de vitamina E. En la composición en ácidos grasos de los glicéridos y de los fosfolípidos, sobresalen los ácidos grasos insaturados, como el ácido oleico y el linoleico. (Alasino, 2009)

D. Cenizas

Es la cantidad de material mineral que tiene la harina. Depende de la clase de trigo y de la extracción. Las harinas patentes tienen menos cenizas que las claras. El contenido de ceniza de por sí no es perjudicial a las propiedades de panificación de la harina (Stanley, 2002). Debido a su distribución en el grano, una harina tendrá un contenido en cenizas tanto más elevado cuanto mayor sean las partículas de salvado presentes en la misma, que estará correlacionado con la tasa de extracción de la molienda. (Gómez E. R., 1989)

E. Humedad

La humedad de la harina oscila alrededor del 14%. La harina con mucha humedad se puede poner mohosa. Al utilizar la harina que perdió humedad se debe compensar echándole más agua en el mezclado. (Aguirre *et al.*, 1997)

F. Vitaminas

Los granos de cereales son muy ricos en vitaminas del grupo B. La más importante es el niacina que se encuentra en el salvado, aunque la mayor parte como niacina no asimilable. Además de vitaminas del grupo B, los granos de trigo también son ricos en vitamina E (tocoferol) la cual se distribuye con bastante uniformidad a lo largo del grano destacando en el germen. Las vitaminas son muy sensibles al calor, por lo que los tratamientos tecnológicos a los que sea sometido el trigo y sus derivados pueden producir variaciones en cuanto al contenido vitamínico de partida. (Jara, 2006)

2.1.6.6. Sucedáneos del trigo

Entendemos por sucedáneos, a los productos obtenidos por un proceso adecuado de molienda para ser mezclados con la harina de trigo con fines alimenticios. Estos pueden provenir de cereales, leguminosas, pseudocereales y rafees o también como una combinación de ellas. (Escobar, 2011)

Tabla 6: Principales sucedáneos del trigo en nuestro país.

Cereales	Leguminosas	Pseudos Cereales	Tubérculos	Raíces
Trigo Nacional	Soya	Quinoa	Yuca	Maca
Maíz	Haba	Kiwicha	Camote	Oca
Cebada	Tarwi	Canihua	Papa	Mashua
Arroz				

Fuente: Escobar, 2011

Según Norma Técnica Peruana 205,045:1976. Se define harinas sucedáneas procedentes de cereales, destinadas a ser mezcladas con harina de trigo para emplearse en la elaboración de productos alimenticios. A través de muchas investigaciones, se puede decir que si es factible sustituir parcialmente la harina de trigo importada con harinas sucedáneas para la elaboración de panes, fideos y galletas. Sin embargo, esta sustitución jamás será superior en el mejor de los casos al 20% para los casos del pan y fideos y del 300% para el caso de galletas. Esto significa que los proyectos de investigación y sobre todo los proyectos de industrialización de estas harinas, son prioritarias desde el punto de vista de Seguridad Alimentaria (Escasez de trigo en el mundo) y de la Economía Popular. (Reynoso, 1994)

2.2. Ajonjolí

2.2.1. Generalidades

El ajonjolí es una planta herbácea que pertenece a la familia de las *Pedaliáceas*, la cual puede alcanzar un metro de altura y se caracteriza por poseer unas flores llamativas, de colores blanco-rosáceos. Con este nombre se conoce también a su semilla, conocida a su vez con el nombre de sésamo, originario de la India y África, donde tiende a ser muy utilizada para espesar y dar sabor a una gran diversidad de platos. (Zavaleta *et al.*, 2008).

El sésamo o ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), cuya semilla es el ajonjolí, es una planta cultivada por sus semillas ricas en aceite, que se emplean

en gastronomía, como en el pan para hamburguesas. También es usado para hacer dulces. El ajonjolí debe estar presente en una dieta saludable y variada, pues tiene un alto contenido de ácidos grasos esenciales que reducen el colesterol LDL y aumentan el colesterol HDL. Además, tiene una elevada concentración de fibra soluble, por lo que también es un eficiente regulador intestinal. Se recomienda consumir ajonjolí crudo. (Gomez, 2011)



Ilustración 2: Semillas de Ajonjolí

Fuente: Salud Book, 2016

2.2.2. Producción de Ajonjolí

El ajonjolí fue traído a América en el siglo XVI por los portugueses, quienes lo sembraron en Brasil. Según el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Mincetur), unos 634 productores peruanos se sumarán a la ola exportadora al obtener sus "certificaciones verdes", es decir, el distintivo que confirma el cumplimiento de condiciones ecológicas, ambientales y sociales en sus productos. Los productores de Ayacucho, Cusco, Huánuco, Junín, Pasco y Ucayali con "certificados verdes" pertenecen a 11 organizaciones y cultivan productos como cacao, café, ajonjolí y plátanos en más de 2.512 hectáreas. Así, los 634 productores podrán orientar sus productos, en una primera etapa, a Estados Unidos y Europa, esperando alcanzar ventas por más de S/ 10 millones. (El Comercio, 2017)

En la actualidad los productos con alto valor nutritivo y con alguna certificación que destaque el respeto al medio ambiente y a las condiciones laborales, tienen un gran potencial de crecimiento principalmente en Europa. La "Asociación Agroindustrial Yuraq Quri del río Ene" (Junín) obtuvo la certificación orgánica de ajonjolí,

beneficiando a 40 productores con una oferta exportable de 48 toneladas de ajonjolí orgánico. (El Comercio, 2017)

2.2.3. Taxonomía y morfología

Tabla 7: Clasificación taxonómica del Ajonjolí

Taxonomía del Ajonjolí	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Pedaliaceae
Genero	Sesamum
Especie	Sesamum indicum L.

Fuente: Villar, 2000

El ajonjolí es una planta anual, herbácea, con ciclo vegetativo de 60 hasta 150 días, dependiendo de la variedad, las condiciones edáficas y ecológicas. La altura varía de 0.6 – 3 metros, las variedades de menos de 1 metro de altura, tienen menor rendimiento y los demás de 2 metros tienen problemas de ácame. (Robles, 1980)



Ilustración 3: Planta de Ajonjolí

Fuente: Rodriguez, 2012

2.2.4. Composición química

Más de la mitad del peso de la semilla es aceite, y el resto: proteínas, fibra, minerales, etc. Las grasas que contiene son insaturadas, con predominio de las poliinsaturadas. Éstas, junto a la también presente lecitina, hacen del sésamo un alimento que contribuye a reducir los niveles de colesterol sanguíneo. La proteína de estas semillas está formada por quince aminoácidos distintos, con una elevada proporción del aminoácido esencial metionina. Por otro lado, las semillas de ajonjolí poseen buenas cantidades de fibra, por lo que su consumo resulta beneficioso para la regulación de la función intestinal. (MAGRAMA, 2015) También posee importantes cantidades de magnesio, cobre, hierro, fósforo, zinc, manganeso y vitaminas E, B1, B3 y B6. Poseen una cantidad elevada de proteínas, además de ser ricas en metionina, un aminoácido esencial. Las grasas que contiene son 'grasas buenas', es decir, grasas insaturadas, lo que junto a su contenido en lecitina convierte a las semillas de sésamo en un alimento que contribuye a reducir los niveles de colesterol sanguíneo. Igualmente son destacables sus muy altos niveles de calcio (que interviene en la formación de huesos y dientes), hierro (que desempeña numerosas e importantes funciones en el organismo), así como de zinc (mineral que participa en el metabolismo de los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas e incluso previene la impotencia masculina) (Gomez, 2011)

Tabla 8: Composición química de la semilla de Ajonjolí

Componentes	%
Carbohidratos	23.5
Proteínas	17.7
Grasas	52.0
Fibra cruda	12.0
Fibra dietaria*	49.7

Fuente: Mydearbody, 1990 citado por Gómez *et al.*, 2012

Tabla 9: Aminoácidos Esenciales en el Ajonjolí

Aminoácidos Esenciales	mg AA/g N
Isoleucina	226
Leucina	419
Lisina	171
Metionina + Cisteína	289
Fenilalanina + Tirosina	472
Treonina	223
Triptófano	102
Valina	288
Histidina	153

Fuente: Hegde, 2012

2.2.5. Harina de Ajonjolí

Este es un nuevo y fantástico tipo de harina sin gluten: Harina de ajonjolí, hecho de semillas de ajonjolí desgrasadas. Tiene un aspecto blanco y fino, pero contiene hasta un 15% de fibra. También es rico en proteínas y minerales como el hierro, el zinc y el magnesio. Además, la harina de sésamo tiene un leve aroma a nuez. El sabor suave y ligeramente dulce hace que esta harina sea la adecuada para galletas, pasteles y panes. (Ebdahl, 2013)

Entre los beneficios está el tener bajo contenido de hidratos de carbono (sólo 6%), es una buena fuente de proteína (46%), tiene un alto contenido en fibra (15%) y no contiene gluten. (Ebdahl, 2013)

Tabla 10: Composición Química de la harina de Ajonjolí

Componente	Por 100g
Energía (Kcal)	405
Proteínas (g)	46
Grasa (g)	3
Carbohidratos (g)	6
Fibra (g)	15

Fuente: Funksjonell Mat, 2017 (accesado 05/12/17)

2.3. Arveja

2.3.1. Generalidades

Los fríjoles, arvejas, lentejas y similares pertenecen a la familia botánica de las leguminosas. Sus semillas comestibles se denominan legumbres. (Alasino, 2008).

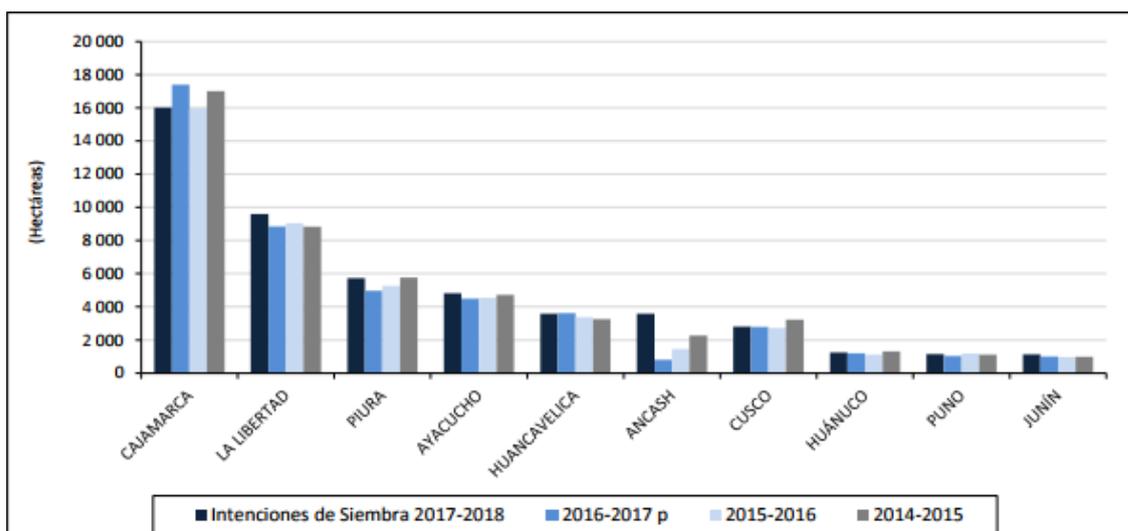
La arveja pertenece al grupo de legumbres de invierno junto a las lentejas (*Lens culinaris medik*), habas (*Vicia faba L.*), garbanzo (*Cicerarietinum L.*) y chícharo (*Lathyrus sativus L.*). (Muehlbauer, 1993). La arveja dulce (*Pisum sativum*) es una leguminosa originaria de Asia Central, que se cuenta hoy día entre las hortalizas más populares en todo el mundo. (Godoy, 2010)

2.3.2. Producción de Arveja

En el Perú las intenciones de siembra del cultivo de la arveja grano seco serían de 52,1 mil hectáreas, incrementando en 3,6 mil hectáreas más (7,4%) en comparación a la campaña agrícola 2016- 2017. Las mayores siembras en este cultivo se realizarían de octubre a abril, alcanzando a 47,3 mil hectáreas que representan el 91% de las intenciones de siembra en este cultivo. (MINAGRI, 2017)

Las Regiones que participarían con mayores siembras de esta legumbre en miles de hectáreas para la campaña agrícola 2017-18, serían: Cajamarca con 16,0, La Libertad 9,6, Piura 5,7, Ayacucho 4,8, Ancash 3,6, Huancavelica 3,6 y Cusco 2,8; estas Regiones en conjunto alcanzarían 46,1 mil hectáreas (88,6%) del total de las intenciones de siembra. (MINAGRI, 2017)

Las Regiones que incrementan sus intenciones de siembra son principalmente: Ancash que será mayor en 2 783 ha (347,4%), Piura que se incrementará en 765 ha (15,4%) y La Libertad que crecerá en 752 ha (8,5%). Sin embargo, la intención de siembra de la próxima campaña disminuirá en Cajamarca que será menor en 1 382 ha (-7,9%) con respecto a lo ejecutado en la campaña anterior. (MINAGRI, 2017)



Gráfica 2: Intenciones de Siembra y Siembras realizadas de Arveja Grano seco por Región según Campaña agosto 2017 – julio 2018

Fuente: MINAGRI, 2017 (accesado 21/08/17)

2.3.3. Taxonomía y Morfología

Pertenece a la familia de las Leguminosas; su nombre botánico es *Pisum sativum L.* Es planta anual herbácea. (Cortes, 2011)

Tabla 11: Clasificación Taxonómica de la Arveja

Taxonomía de la Arveja	
Reino	Vegetal
Clase	Angiospermas
Subclase	Dicotiledóneas
Orden	Leguminosas
Familia	Papilionaceae
Género	Pisum
Especie	Sativum
N. Científico	Pisum sativum L.
N. Común	Arveja, alverja, guisante, chicharo

Fuente: López, 2015

La planta de arveja es trepadora, posee un sistema vegetativo poco desarrollado, aunque con una raíz pivotante que tiende a profundizar bastante. Esta leguminosa se produce dentro de una vaina de color verde

tierno que puede llegar a medir hasta diez centímetros de largo y contiene entre cuatro y diez semillas de menos de un centímetro de diámetro. (Godoy, 2010)



Ilustración 4: Planta de arveja

Fuente: Alasino, 2008

2.3.4. Composición química

La arveja es una de las leguminosas que contiene mayor cantidad de carbohidratos y proteínas, por lo que se destaca como una fuente importante de sacarosa y aminoácidos. Además, es un alimento con un contenido significativo de minerales (fósforo y hierro) y de vitaminas, especialmente B1. Como todas las leguminosas, es una importante fuente de fibra soluble e insoluble. Las arvejas, como la mayoría de las leguminosas, son deficientes en metionina y ricas en lisina, al contrario de los cereales. Estas carencias se pueden superar realizando mezclas apropiadas con productos de legumbres, a fin de aumentar la calidad proteica de los productos panificados. (Alasino, 2008)

Tabla 12: Composición química de la arveja seca cruda en 100 gr

Componentes	%
Agua	10 - 2
Proteína	20 - 23
Carbohidratos	61 – 63
Grasa	1.5 – 2.0
Fibra cruda	5.0 – 7.0
Fibra dietaría*	13.5
Cenizas	2.5 – 3.0

Fuente: Terranova, 1995; *UNL, 2010

A. Proteínas

Las leguminosas poseen gran cantidad de proteínas, lo que las transforma en un alimento nutricionalmente interesante. Bressani y Elias (1980 citados por Lopez, 2015) indicaron que la arveja (*Pisum sativum*) contiene hasta 28,8% en peso seco, de proteínas. También mencionan en su estudio que el contenido de proteínas en leguminosas varía entre un 17 y 40%. La arveja tiene un alto contenido de proteína (26%) y junto a su contenido de carbohidratos la convierte en un alimento de alto interés para la alimentación humana. (Castro, 2005) Pennacchiotti citado por López, (2015), refiere que las proteínas de semillas de leguminosas son ricas en lisina y suplementan muy bien a las proteínas de los cereales, deficitarios en este aminoácido esencial, pero que presentan un buen aporte de metionina, del cual las leguminosas son deficitarias.

Tabla 13: Aminoácidos Esenciales en la arveja

AMINOÁCIDOS ESENCIALES	mg AA/g N
Isoleucina	267
Leucina	425
Lisina	470
Metionina + Cisteína	127
Fenilalanina + Tirosina	458
Treonina	254
Triptófano	56
Valina	294
Histidina	143

Fuente: Alasino, 2008 (accedido 21/08/17)

Iqbal *et al.*, (2005) estudiaron el contenido proteico de diferentes legumbres. La lenteja contenía el mayor nivel de proteínas (26.1%), seguido por la arveja. Se conoce que las arvejas poseen proteínas de alta calidad, con un contenido de proteína cruda promedio de 22.6% (base de materia seca 90%) (Racz, 1997).

B. Carbohidratos

Según Castro, (2005) señala que el contenido de carbohidratos es un 60% en arvejas. Müller e Isbary (1979 citados por López, 2015) indican que más del 50% del peso seco de la arveja son carbohidratos, un 5 a 6% son azúcares que se encuentran en la forma de cinco componentes diferentes; glucosa, sacarosa, rafinosa, estaquiosa y verbascosa. Castro (2005 es citado por Lopez, 2015) quien analizó la calidad nutritiva de las leguminosas de grano, indica que para arvejas de grano rugoso el contenido de carbohidratos es de 60% y para arvejas de grano liso es de 67%, cuyo principal constituyente es el almidón. En cuadro siguiente se presentan datos sobre el contenido de carbohidratos.

C. Lípidos

Los lípidos contenidos en las leguminosas constituyen un pequeño porcentaje sobre toda la composición, variando de 1 a 6% dependiendo de la especie (Bressani, 1980 citado por López, 2015).

Un estudio, citado por (Altschul, 1974), determinó que el contenido de triglicéridos en arvejas es 0,89%. Las leguminosas usualmente contienen sólo entre 1 y 2% de lípidos, existen algunas excepciones notables como soya o maní que contienen 18 y 43,3%, respectivamente. (Haro, 1983 citado por López, 2015)

D. Fibra.

Los granos de leguminosas comestibles poseen comúnmente entre un 3 y un 8% de fibra cruda. En muchos países son consumidos descascarados, debido a su cutícula fibrosa, lo que aumenta su digestibilidad y valor nutritivo. (López, 2015)

El contenido de fibra cruda en arveja oscila entre 0,4 y 1,1% para harina pre cocida y de 4,8 a 6,5% para harina cruda, observándose la disminución de su contenido al ser sometida a la pre cocción, (Bressani, 1980 citado por López, 2015), menciona el contenido de fibra cruda para la especie *Pisum sativum* igual a 6,7% de peso seco (Romeo *et al*, 1983). (Silva, 1990) indica la importancia de mantener niveles de fibra inferiores a 10% del alimento, ya que el contenido de fibra incide directamente sobre el consumo del alimento, aumentando su tamaño y distensibilidad estomacal, además disminuye el tiempo de evacuación gástrica, disminuyendo la digestibilidad de la materia seca debido a que el alimento se mantiene por menor tiempo en el tracto digestivo.

E. Minerales

El contenido de cenizas en las leguminosas varía en un rango entre 2,5 y 4,2%, encontrándose fósforo en mayores cantidades, cerca de 300 mg/100 g de leguminosa; el contenido de calcio disponible es cercano a 100 mg/100 g; contenido de fierro entre 5 y 12 mg/100 g; en definitiva, las leguminosas son fuentes pobres de minerales. El proceso de germinación permite una mayor disponibilidad de minerales (Altschul, 1974). El contenido de cenizas en harina de arveja cruda es de un 3% y para la harina precocida es de un 6,8%. (Romeo *et al*, 1983).

El contenido de fósforo para granos de arveja descascarados varía según su contenido proteico, por ejemplo, para granos con 28,5% de proteína el contenido de fósforo es 0,36%, para 24,2% de proteína contendrá un 0,30%, los rangos presentados llegan hasta 0,46% y presentan una leve relación inversa con el contenido proteico. (Reichert *et al.*, 1982 citados por López, 2015)

F. Vitaminas

Las leguminosas son claramente una buena fuente de tiamina, riboflavina y niacina, también se destaca que su contenido se ve favorecido con el proceso de germinación. (Altschul, 1974). Según la investigación presentada por (Romeo et al, 1983) se indica que los promedios de tiamina para la harina cruda y pre cocida de arveja fueron 0,61 y 0,12 mg/100g respectivamente. Y para la riboflavina fueron 0,08 y 0,04 mg/100g respectivamente.

Según FINELI, (2009), cada 100 gramos de arveja seca, el contenido de vitaminas es el siguiente: vitamina A y equivalentes, 110,2 µg; vitamina E menor a 0.1 mg; vitamina K, 99.12 µg; folato, 33.0 µg, equivalentes de niacina, 6.1 mg; riboflavina, 0.30 mg.; tiamina, 0.6 mg; piridoxina, 0.16 mg y carotenoides totales, 7 557,2 µg.

G. Lipoxigenasa

Las semillas de leguminosas son ricas en esta enzima, y las harinas correspondientes presentan la enzima activa. Han sido utilizadas por su capacidad de blanquear la miga del pan, aumentar la tolerancia al amasado, mejorar el volumen del pan y dar una textura interna del alveolo más firme. (Krugrer *et al.*, 1998 citados por López, 2015)

La lipoxigenasa ha sido asociada con deterioro de la calidad porque está implicada en la producción de aromas y sabores desagradables, degradación de pigmentos como carotenos y clorofilas y

destrucción de ácidos grasos esenciales (Klein *et al.*, 1987 citados por López, 2015)

Existen varios estudios realizados empleando harina de arveja en panes, tortas, cookies, muffins o bizcochos a diferentes niveles de reemplazo observa que, en los panes elaborados con reemplazo de harina de soja y harina de arveja, la arveja parecía tener más efectos adversos que la harina de soja en las propiedades físicas y sensoriales de los panes. (Raidl *et al.*, 1983 citados por López, 2015)

2.3.5. Harina de Arveja

Es un producto 100% natural, obtenido de granos, de cereales andinos seleccionados, sometidas a un proceso de molienda hasta tener una harina homogénea. (Peruinka Industrias, 2014)

Las harinas de cereales son relativamente bajas en proteínas totales y deficitarias en lisina. La arveja tiene un alto contenido de proteínas y ha sido sugerida como una fuente alternativa de proteínas, sobre todo en circunstancias donde la soja no se puede usar por intolerancias o reacciones alérgicas. Por otro lado, las legumbres son deficientes en metionina, al contrario de los cereales. Estas carencias se pueden superar realizando mezclas apropiadas con productos de legumbres, a fin de aumentar la calidad proteica de los productos panificados. Así; por ejemplo, al combinar harina de trigo con harina de arveja se logra complementar sus aminoácidos y además se obtiene un alimento más rico en fibra. (Alasino, 2008)

Tabla 14: Composición Química de la harina de arveja

Componente	Cantidad
Energía	351 kcal
Agua	10%
Proteína	23.40%
Carbohidratos	62.00%
Fibra	-
Grasa	2.10%
Hierro	6.00 mg
Zinc	-

Fuente: INCAP, 2007

Esta harina llega a ser beneficioso porque ayuda a mantener controlado los niveles de azúcares en la sangre, son ricas en hidratos de carbono, contiene proteínas de tipo vegetal y fibra, aporta complejo B y vitaminas y son excelentes para regular y generar energía. (Peruinka Industrias, 2014)



Ilustración 5: Harina de arveja

Fuente: GRANECO, 2015

2.4. Mezclas alimenticias

El promotor de esta teoría nutricional fue el médico estadounidense Williams Howard, nacido en Pennsylvania en 1866. Desarrolló un método de alimentación, al que denominó "combinar alimentos", consistente en hacer coincidir en la misma comida alimentos de condiciones digestivas similares con alimentos compatibles entre ellos durante el proceso de digestión.

Los alimentos son, desde un punto de vista exclusivamente químico, sólido o líquido que aportan al organismo la energía y los materiales que este necesita para desarrollar sin problemas sus funciones de crecimiento, reparación y

reproducción. Los nutrientes son las sustancias contenidas en los alimentos que se encargan de llevar a cabo esas funciones. Estos pueden ser divididos en dos grupos fundamentales, Macronutrientes como grasas, proteínas e hidratos de carbono y Micronutrientes como vitaminas y minerales (Pennacchiotti, 1989 citado por López, 2015). Las mezclas alimenticias son combinaciones de diferentes alimentos: cereales, cultivos andinos, leguminosas, leche, etc., que se efectúan a fin de obtener un producto final comestible de alta calidad nutricional, con un balance adecuado de AA esenciales en una dieta. Las mezclas se destinan principalmente a la población infantil en riesgos de desnutrición a fin de cubrir mejor sus necesidades nutricionales. (Beltran *et al.*, 2014)

2.4.1. Complementación proteica

Aunque la calidad de una proteína sea la adecuada en términos de alimentación habitual, no se puede considerar la proteína de un alimento aislado, puesto que usualmente se mezclan alimentos con distintos tipos de proteínas. Así, si la combinación de dos alimentos suministra proteínas que se complementan en sus aminoácidos deficitarios, el resultado es una proteína de mejor calidad que si se considera por separado. En general los cereales tienen cierta deficiencia en lisina. (Beltran *et al.*, 2014)

2.4.2. Computo Químico

Los métodos más comunes para determinar la calidad de las proteínas alimenticias se dividen en químicos y biológicos.

Dentro de los métodos químicos se encuentra el método de cómputo químico, conocido como puntaje químico, número químico o score químico propuesto por Block *et al.*, (1947), este método se basa en calcular el porcentaje de presencia de los aminoácidos esenciales, con respecto al patrón de referencia de aminoácidos esenciales para niños mayores de un año y adultos g/100g (FAO/OMS/UNU, 1985). El porcentaje del aminoácido esencial, que está en menor proporción indica el aminoácido limitante al cual se le denomina score químico (SQ), cuando no hay déficit de ningún aminoácido esencial el SQ es 100% y equivale al de una proteína

ideal o de referencia: por el contrario, si una proteína es carente en un aminoácido esencial su SQ es cero.

Los patrones de referencia reciben este nombre debido a que son proteínas que permiten una óptima síntesis proteica por lo que son utilizados como modelos, referencias o mezclas aminoacídicas deseables.

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

El computo aminoacídico califica las proteínas, estableciendo una comparación porcentual entre la composición aminoacídica de una proteína patrón que garantiza una óptima síntesis proteica y la composición aminoacídica de la proteína o mezcla proteica a evaluar. Las proteínas son compuestos que participan en una serie de reacciones orgánicas en forma permanente a fin de permitir mantener la vida. En forma continua se producen procesos de construcción y destrucción de componentes nitrogenados. El último objetivo de la ingestión de proteínas es la provisión de aminoácidos, componentes responsables de la síntesis proteica de todo ser vivo. El organismo para cubrir la demanda de aminoácidos hace uso del pool de aminoácidos provenientes de las vías exógenas y endógenas. No todas las proteínas presentan la misma capacidad de aportar aminoácidos útiles para favorecer la síntesis proteica. (Biolley citado por De la Cruz, 2009)

2.5. Generalidades de los Cupcakes

2.5.1. Definición de Cupcake

Los cupcakes (pastel o queque de taza) son pequeños queques individuales hechos a base de harina, margarina o mantequilla, huevo y azúcar. Y cuya denominación parte del tamaño en partes iguales de cada ingrediente y la forma de distribuirlos en moldes pequeños el cual ahorra mucho tiempo en la cocina, presentan una base cilíndrica y una superficie más ancha, con forma de hongo. La parte de abajo suele estar envuelta con papel especial de repostería o aluminio, y aunque su tamaño puede variar presentan un

diámetro inferior al de la palma de la mano de una persona adulta. (Le Cordon Bleu, 2015)

El cupcake es un postre rico en minerales como calcio, fósforo y hierro los cuales son aportados por las harinas, son de consumo masivo al que se le puede adicionar componentes que aumenten sus propiedades nutritivas y saludables o simplemente que mejoren sus características organolépticas (Mijan *et al.*, 2007).

2.5.2. Características de Calidad de los Cupcakes

Los cuatro ingredientes básicos (harina, grasa, azúcar y huevos) son los que determinan su valor energético y nutricional. Son alimentos que aportan hidratos de carbono complejos, fibra, vitaminas y minerales y otros nutrientes de gran valor nutricional, además de ser una buena fuente de energía. En general, y en comparación con el pan común, todos estos productos (bollería y pastelería industrial) son mucho más calóricos, contienen menos fibra dietética (salvo si se elaboran con harina integral, con preparados prebióticos o con elevado contenido de frutos secos); más proteínas del alto valor biológico, debido a la adición de huevo o leche; más grasa y generalmente de peor calidad (grasas saturadas y trans); menos almidón y más azúcares. La cantidad de vitaminas y minerales es muy variable de unos productos a otros y depende de los ingredientes empleados en su elaboración. (Infoalimentación.com, 2010)

Tabla 15: Composición proximal de cupcake

Componente	Por 100gr
Agua (g)	24.23
Calorías (kcal)	377
Proteína (g)	4.54
Lípidos (g)	15.85
Carbohidratos (g)	53.98

Fuente: USDA, 2006

Tabla 16: Composición de micronutrientes del cupcake

Componentes	Mg/100gr
Potasio (mg)	115
Calcio (mg)	46
Fosforo (mg)	145
Magnesio (mg)	10
Hierro (mg)	1.26
Vitamina C (mg)	0.9
Tiamina (mg)	0.161
Roboflavina (mg)	0.166
Niacina (mg)	1.330

Fuente: USDA, 2006

2.6. Insumos

2.6.1. Harina de trigo

La harina de trigo es la materia prima esencial en el completo sentido de la palabra: formadora de la masa para la elaboración de productos panificables (Calderón, 2005).

La calidad de la harina de trigo es relevante para la elaboración de productos batidos como el cupcake. Se necesitan masas extensibles y fáciles de trabajar (menos tenaces), es decir, las que se obtienen con harinas flojas o de trigo blando (Lezcano, 2011).

2.6.2. Margarina

Es una grasa comestible compuesta esencialmente de aceite vegetal, agua, colorante, sabor especial a leche. (Dendy *et al.*, 2011)

El principal efecto de la grasa en los productos horneados, sobre todo en los cupcakes, es la formación de una textura cremosa. Esto significa una textura blanda, agradable y desmenuzable que se forma no permitiendo que se forme gluten a partir de la proteína de la harina. De hecho, la grasa, si se encuentra en cantidad suficiente, recubrirá totalmente las partículas de la harina y de esa forma se evitará que el agua llegue hasta las

proteínas. De este modo no se formará gluten y los ingredientes no estarán fuertemente ligados entre sí con lo que la textura será, mantecosa y desmenuzable. (Dendy *et al.*, 2011)

2.6.3. Azúcar

El azúcar concede ternura y fineza a las masas de los cupcakes, dan color a las cortezas, y actúan como agentes de cremado durante el batido junto con la margarina y los huevos. Asimismo, prolongan la duración de los cupcakes, ya que retienen la humedad. Son el alimento de la levadura y/o polvo de hornear. Si bien existen numerosos tipos de azúcares, el más empleado en la elaboración de cupcakes es la sacarosa o azúcar común. El azúcar le confiere firmeza al producto, debido al comportamiento de la primera durante el horneado. El azúcar se disuelve en el agua de la masa hasta formar una solución altamente concentrada. Cuando el producto se enfría después del horneado, esta solución solidificada, no retornando a su forma primitiva de cristales, sino que se trata de un metal duro y amorfo que le da al alimento una textura un tanto crujiente. (Dendy *et al.*, 2011)

El azúcar también tiene capacidad de colorear los productos horneados gracias a las distintas reacciones químicas, que tienen lugar en el alimento durante la fase de cocción. Los productos azucarados pueden combinarse con las proteínas procedentes de ingredientes como la leche para dar origen a un atractivo color oscuro, así como agradables características de sabor y de aroma de los productos recientemente horneados. De forma conjunta estas reacciones se conocen como “Reacción de Maillard”. Estas reacciones ocurren predominantemente en la superficie del producto en donde las temperaturas son más altas. La extensión del color producido depende de la cantidad de azúcar añadida, de la composición química del alimento y de la temperatura del horno durante la cocción. (Dendy *et al.*, 2011)

2.6.4. Huevos

Los huevos son ingredientes importantes en la composición de casi todos los productos de pastelería. Poca importancia se les da; la forma más correcta de conservarlos, así como los problemas que acarrear la mala

práctica de su manipulación y las enfermedades de las que son portadores, es de gran importancia para el pastelero. (Dendy *et al.*, 2011)

En los cupcakes, la yema permite obtener una buena miga, permitiendo mayor emulsión al aumentar el volumen del batido, lo que repercutirá en un mayor esponjamiento. También las partes ricas del huevo se conservan blandas durante más tiempo. (Dendy *et al.*, 2011)

La importancia del huevo como ingrediente en productos de pastelería se debe a su contribución al valor nutritivo, así como a su influencia sobre la mejora de la apariencia y calidad del consumo del producto final. En la elaboración de cupcakes, el huevo tiene una acción ligante con otros ingredientes y un efecto emulgente que contribuye a incrementar la mantecosidad del producto. También el huevo tiene un efecto leudante ya que es capaz de retener aire cuando se bate. Este aire se expandirá durante su cocción, que al estar retenido en la fina estructura que forma la proteína del huevo (albumina) y las de la harina, no puede escapar y de esa forma permanece dentro de las celdillas para contribuir al esponjamiento del producto final. (Dendy *et al.*, 2011)

2.6.5. Leche

La leche mejora el valor nutritivo y el sabor de los productos de pastelería, pues todos los componentes de la leche tienen influencia en la masa y productos terminados se utiliza principalmente en la elaboración de masas (bizcochos) y otros, en los productos de pastelería mejora su gusto una corteza más dorada y crujiente. (Dendy *et al.*, 2011)

En la elaboración de cupcakes, la leche se comporta de la misma manera que el agua (es decir, como solvente, ayuda a distribuir los sabores y se vaporiza durante la cocción colaborando con la textura final del producto). La lactosa en la leche se carameliza y crea color en la superficie, a su vez, ayuda en el desarrollo de una corteza firme. La grasa y las proteínas de la leche y de otros productos lácteos contribuyen con sabor y volumen. El ácido láctico de la leche aumenta la estabilidad del gluten. El resultado es un producto con una textura interior fina. (Ronquillo, 2012)

2.6.6. Polvo de hornear

El polvo de hornear también conocido como leudante o levadura química es un producto químico que permite dar esponjosidad a una masa (harina + agua), debido a la capacidad de liberar dióxido de carbono al igual que las levaduras en los procesos de fermentación alcohólica. Se trata de una mezcla de un ácido no tóxico (como el cítrico o el tartárico) y una sal de un ácido o base débil, generalmente carbonato o bicarbonato, para elevar una masa confiriéndole esponjosidad. Se emplea con frecuencia en repostería. Se distingue de la levadura de panadería en que su efecto es mucho más rápido y no hace falta esperar a que las masas leuden. (Dendy *et al.*, 2011)

Aunque su composición química es variable, la mayoría de polvos de hornear comerciales están constituidos de: 1 álcali o base (bicarbonato de sodio), 2 sustancias ácidas (sulfato de aluminio y fosfato monocálcico) y almidón: mantiene el polvo en estado seco. Para actuar, el polvo de hornear requiere la presencia de un líquido y calor. Por la presencia de dos ácidos en su composición se dice que el polvo de hornear es un leudante de “doble acción” (double acting): el fosfato monocálcico se activa al entrar en contacto con la humedad de la masa. Y el sulfato de aluminio se activa con el calor del horno. (Dendy *et al.*, 2011)

El mecanismo de reacción es el siguiente: el ácido reacciona con el bicarbonato produciendo burbujas de CO₂, y dando volumen a la masa. Se diferencia de la levadura biológica en que el efecto de esta última es mucho más lento, mientras que la levadura química actúa de inmediato y es perceptible a la vista. (Guzman *et al.*, 2015)

La función que cumple el polvo de hornear en la elaboración de los cupcakes es hacer que el nivel de altura de la masa se incremente durante el horneado. Para una mejor distribución se tamiza junto con la harina. La dosis promedio es del 3% del peso de la harina, es decir que para 500 g de harina se utiliza 15 g de polvo leudante. (Guzman *et al.*, 2015)

2.6.7. Anti-moho

Es el producto por excelencia utilizado para la conservación de productos panificación, evitando el desarrollo de hongos y por ende de la síntesis de metabolitos potencialmente tóxicos. (Guzman *et al.*, 2015)

Químicamente está compuesto de sales de Calcio y Sodio del ácido propionico el cual es un eficiente inhibidor de moho y fermentación que prolonga la vida útil de los productos. (Guzman *et al.*, 2015)

El ácido propionico cuando esta protonado puede penetrar fácilmente la pared celular de hongos y bacterias. Una vez dentro del celular actúa como un potente inhibidor de varias enzimas intracelulares esenciales para el metabolismo de hidrato de carbono. De esta manera se logra inhibir el crecimiento y duplicación de los mismos. (Guzman *et al.*, 2015)

El anti moho se utiliza en los cupcakes, como en cualquier producto de bollería y/o panificación, para evitar la proliferación de mohos sobre el producto. (Guzman *et al.*, 2015)

2.7. Materiales de Embalaje

Un empaque es algo más que el mero medio conveniente de trasladar las piezas con seguridad al consumidor. También permite la exposición de la información sobre el tipo, peso, contenido, fabricación, precio, edad, etc., que puede ser exigida por la ley otros atributos más artísticos asociados con la atracción del cliente incitándole a su adquisición o para permitir su fácil reconocimiento. (Matckovich, 2009)

2.7.1. Polietileno (PE)

En forma general podemos mencionar dos tipos generales de polietileno de baja densidad (LDPE) obtenido mediante polimerización de metileno gaseoso con un proceso de alta presión y el polietileno de alta densidad (HDPE) obtenido por un proceso de baja presión. (Matckovich, 2009).

El polietileno de baja densidades la película plástica de uso más corriente en el envasado. Es resistente, transparente y tiene una permeabilidad relativamente baja al vapor de agua. El polietileno de alta densidad es dos veces más impermeable al vapor de agua y a los gases que el

polietileno de baja densidad, y ofrece también mayor resistencia al paso de olores y aromas. (Heiss, 1978 citado por Beltran y Saenz, 2014)

2.7.2. Polipropileno (PP)

Se obtiene con un proceso similar al HDPE, con una polimerización del etileno gaseoso a baja presión, se dan de tres tipos: Polipropileno no orientado, orientado y lacado. Se obtiene por extrusión plana, tiene bajo peso específico (0.89) los cuales da un mayor rendimiento de m² por Kg. Comparativamente con otros materiales, presenta alta resistencia mecánica al corte o perforación, elevada impermeabilidad al vapor de agua, alta resistencia a la temperatura por su punto de fusión (170 °C) lo cual permite autoclavado. (Matckovich, 2009).

2.7.3. Polietileno Tereftalato (PET)

Es un polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol. Es un polímero lineal, con un alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección – soplado y termoformado. (Heiss, 1978 citado por Beltran y Saenz, 2014).

2.8. Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. Es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, reológicos, etc. (Anzaldúa, 1994)

Las pruebas de análisis sensorial permiten traducir las preferencias de los consumidores en atributos bien definidos para un producto. La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis denominados pruebas orientadas al consumidor. (Watts *et al.*, 1989) (Arrabal *et al.*, 2000) Señalan que estas pruebas deben realizarse exclusivamente con consumidores y no con evaluadores entrenados.

2.8.1. Conducción del panel

Para conducir o llevar a cabo las evaluaciones en los paneles sensorial se deben tener en cuenta ciertas condiciones deseables; una sala libre de olores extraños (perfumes, cigarrillos y otros) y ruidos, contarse con un área de preparación de las muestras. A fin de eliminar la distracción y prevenir la comunicación entre panelistas se usan cabinas individuales eliminando así la distracción, la iluminación debe ser uniforme y no debe influenciar la aparición de la muestra y los miembros del panel. Si están enfermos no deben participar en la valuación. (Larmond, 1997)

Instruir una forma específica a los panelistas como registrar la información y que se está buscando, permitiendo así mayor variedad de respuesta. Todos los preparativos del panel deben hacerse un día antes de la reunión y si fuera necesario llamarlo de nuevo el día de la prueba. Es recomendable proveer al catador de agua para que después de hacer la degustación pueda suprimir el sabor entre una muestra y otra. (Mackey *et al.*, 1984 citado por Beltran y Saenz, 2014)

2.8.2. Métodos de escala hedónica

Su objetivo es localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Se evalúa de acuerdo con una escala no estructurada (también llamada escala hedónica); sin mayores descripciones que los extremos de la escala, en la cual se puntualiza las características de agrado. Esta escala debe contar con un indicador del punto medio, a fin de facilitar al juez consumidor la localización de un punto de indiferencia de la muestra. (Espinoza, 2003)

Es la prueba recomendada para la mayoría de los estudios, o proyectos de investigación estándar, donde el objetivo es simplemente determinar si existen diferencias significativas entre los productos en la aceptación del consumidor. (Ramirez, 2012)

A los panelistas se les pide evaluar muestras codificadas de varios productos, indicando cuanto les agrada cada muestra, marcando una

de las categorías en la escala, que va desde “me gusta extremadamente” hasta “me disgusta extremadamente”. Cabe resaltar que la escala puede ser presentada gráfica, numérica o textualmente, horizontal o verticalmente y se utiliza para indicar las diferencias en gusto del consumidor de los productos. (Clark *et al.*, 2009)

2.8.2.1. Muestras: Se presentan una o más muestras, según la naturaleza del estímulo, para que cada una se ubique por separado en la escala hedónica. Es recomendable que estas muestras se presenten de una manera natural tal como se consumirá habitualmente, procurando evitarle la sensación de que se encuentra en una circunstancia de laboratorio o bajo análisis. (Espinoza, 2003)

2.8.2.2. Jueces: La población elegida para la evaluación debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto en estudio. Estas personas no deben conocer la problemática del estudio, solamente entender el procedimiento de la prueba y responder a ella. Se recomienda un número de 8 – 35 jueces. (Espinoza, 2003)

2.9. Evaluación Biológica

La evaluación Biológica se realiza con la finalidad de conocer el valor nutritivo de la proteína que puede asimilar nuestro organismo. Los parámetros utilizados comúnmente en la evaluación biológica son los siguientes:

2.9.1. Valor Biológico

El valor biológico (BV) es una escala de mediciones utilizadas para determinar qué porcentaje de una fuente dada de nutriente es utilizada por el cuerpo. Valor biológico es derivado tomando en cuenta una proteína ingerida como medida base, calculando el nitrógeno contenido en ella (ingreso) versus el nitrógeno excretado (salida). (Appleton *et al.*, 2013)

$$BV = \frac{(gr\ N.\ ingerido) - (gr\ N.\ heces + gr\ N.\ orina)}{(gr\ N.\ ingerido) - (gr\ N.\ heces)} \times 100$$

2.9.2. Digestibilidad Aparente (Da)

Se realiza sobre la base del método clásico (Mitchell, 1924), la digestibilidad aparente está dada por la relación entre el nitrógeno absorbido por el animal de prueba y el contenido en el alimento. (Aguirre *et al.*, 1997)

Se utilizan ratas Holtzman machos de 21 días de edad, de un peso vivo de 40- 46 g. los cuales se colocan cada uno en jaulas metabólicas independientes, se administra diariamente 10 g de dieta experimental durante 6 días, recolectándose además las heces diariamente y determinando así el contenido de nitrógeno.

$$Da = \frac{\text{Nitrogeno ingerido} - \text{Nitrogeno heces}}{\text{Nitrogeno ingerido}} \times 100$$

2.10. Principales Defectos en los Productos de Panificación

A continuación, se detallan los principales defectos en la elaboración de productos de panificación, específicamente en los cupcakes. (Matckovich, 2009)

A. Deterioro del producto de panificación:

Como producto de panadería, los cupcakes están compuestos por una masa de harina horneada, conteniendo además azúcar, yema de huevo y otros. Entonces, el cupcake, por sus características de composición y presentación, está sujeto a vencimiento debido al deterioro ocasionado por interacción de varios factores (Calaveras, 2004)

Los principales problemas por deterioro en los productos de panadería están dados por diferentes agentes tales como:

❖ Pérdida de Humedad y Peso:

Los empaques de los cupcakes generalmente indican que el producto está sujeto a pérdida de humedad y peso, conforme transcurre el tiempo. (Calaveras, 2004).

La pérdida de humedad está dada por la diferencia de presiones de vapor entre la superficie del producto y del medio circundante. Por tanto, debe considerarse que el empaque del cupcake debe permitir

que se mantenga el equilibrio de presiones de vapor entre el producto y la atmósfera inmediata. (Calaveras, 2004).

En cuanto a las pérdidas de humedad y peso, el empaque protector juega dos papeles importantes: El primero es el disminuir la migración de vapor de agua del pan de molde al espacio interior de la bolsa y, el segundo, es el de disminuir la migración de vapor al espacio exterior de la bolsa. (Calaveras, 2004).

❖ **Alteración de la grasa**

El componente graso del cupcake está dado por mantequilla o huevo dependiendo de la formulación utilizada y, por los lípidos de las yemas de los huevos. Las grasas como triglicéridos se deterioran por acción de las enzimas proteolíticas como la lipasa, se hidrolizan a los triglicéridos, liberando ácidos grasos, que le confieren al producto sabores y aromas desnaturalizantes. La lipasa puede proceder del mismo alimento o de microorganismos contaminantes como hongos, levaduras y bacterias.

Los triglicéridos también están expuestos al deterioro por rancidez oxidativa, la misma que se produce por acción del oxígeno sobre los ácidos grasos no saturados. (Calaveras, 2004).

❖ **Pérdida de Aroma**

Los factores aromáticos del cupcake y de los productos horneados se originan por la interacción de los ingredientes que, durante el amasado y horneado, forman compuestos solubles y volátiles que dan al producto el aroma típico que lo caracteriza.

El aroma de los cupcakes puede afectarse por las siguientes razones (Calaveras, 2004):

- Alteración del componente graso por acción de lipasas, lipoxigenasas y del oxígeno.
- Alteración de los ácidos cítricos que pueden estar presentes como parte de la formulación del producto.

- El control de estos agentes de deterioro debe considerar que tanto las lipasas como las lipoxigenasas deben tener origen microbiano por contaminación posterior al horneado, pues las temperaturas altas a que se somete la masa desnaturalizan las enzimas.

❖ **Falta de Acidez**

El pH del cupcake, con valores entre 5.7 y 5.9 o superiores, facilita la proliferación microbiana, no solamente la producida por mohos sino también por ahilamiento. La reducción del pH por fermentación prolongada o por la adición de algunos reguladores del pH favorece un tiempo mayor de conservación. Por otro lado, los conservantes tienen su máxima actividad en un medio ácido. En fermentaciones cortas hay que potenciar la acidez con la adición de ácido láctico, vinagre, ácido ascórbico o cítrico. (Calaveras, 2004).

❖ **Deterioro Mecánico:**

Durante el almacenamiento y distribución del producto existe el riesgo de daño mecánico por aplastamiento de rumas ya sea en forma estática por el propio peso de las bolsas y la presión que ejercen sobre los envases de la parte inferior o durante el transporte por los efectos adicionales producidos por los arranques, frenados y la naturaleza irregular de los caminos. El aplastamiento puede fracturar la corteza con lo que se favorece la penetración y desarrollo de hongos contaminantes que están en la superficie y también se afecta la presentación del producto.

El deterioro por daño mecánico se evita mediante el adecuado diseño del empaque y embalaje. Diseño que debe tomar en cuenta la resistencia de los materiales como la bolsa de polipropileno, a las fuerzas o cargas tanto estáticas como dinámicas. (Calaveras, 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución

El trabajo de investigación se realizó en los siguientes ambientes:

- Laboratorio de Investigación de Productos Agroindustriales de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa
- Área de Panificación de la Planta Piloto Agroindustrial de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.
- Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.

3.2. Materia Prima e Insumos

3.2.1. Materia Prima

- Harina de Trigo: se utilizó harina pastelera, marca Nicollini, de COMERCIAL PIRAMIDE, (Nuevo Chimbote)
- Harina de Ajonjolí Desgrasada: se obtuvo a partir de ajonjolí entero, del Mercado 2 de mayo, (Chimbote).
- Harina de Arveja: se obtuvo a partir de arveja seca tostada entera, del Mercado 2 de mayo, (Chimbote).

3.2.2. Insumos

Se utilizó los siguientes insumos adquiridos de COMERCIAL PIRAMIDE para la producción de los cupcakes:

- Azúcar Rubia, marca San Jacinto.
- Margarina, marca danesa.
- Huevos, la calera.
- Leche Evaporada, marca Gloria presentación en tarro de 400 ml.
- Polvo de hornear, marca Fleishman.

- Emulsionante en pasta, marca MIXO T500 Puratos.
- Antimoho, marca Fleishman.

3.3. Equipos, Instrumentos, reactivos y otros materiales

3.3.1. En la elaboración de la harina de ajonjolí desgrasada y de la harina de arveja.

3.3.1.1. Equipos

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



Ilustración 6: Secador de Bandejas

- Expeller. Marca: TORRH. Modelo: PAT 100X. Serie: JP 001 11. País: Perú



Ilustración 7: Expeller

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



Ilustración 8: Modulo de molienda y tamizado

3.3.1.2. Utensilios y material de empaque

- Mesa de acero inoxidable
- Tinas y baldes
- Bolsas de polipropileno de alta densidad 7x10x3
- Tamiz: Malla N° 80

3.3.2. En la elaboración de cupcakes

3.3.2.1. Equipos

- Batidora marca nova. Modelo 30L. Serie 0549026 país: Perú



Ilustración 9: Batidora Industrial

- Batidora de mano y pedestal marca Oster. Modelo FPSTHS2612B.



Ilustración 10: Batidora Manual

- Horno Rotatorio por convección. Marca Nova. Modelo: MAX 1000. Serie: 0501028. País: Perú



Ilustración 11: Horno Rotatorio

- Balanza gramera marca CAMRY. Modelo EK2151H.



Ilustración 12: Balanza Gramera

3.3.2.2. Utensilios

- Mesa de acero inoxidable.
- Cernidores

- Espátula
- Moldes de aluminio
- Recipientes o Bowls de aluminio

3.3.2.3. Materiales de Empaque

- Pirotines de papel especial para hornear, numero 7.
- Bolsas de polipropileno de alta densidad.
- Bolsas de polietileno densidad media
- Pote termoformado PET

3.3.3. Para la Evaluación Tecnológica de los cupcakes

3.3.3.1. 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.
- Jaulas metabolicas
- Cocina eléctrica. Marca: KESSEN. Modelo: HPY6870-26. Serie: 46804273. País: China
- Colorímetro, KONIKA MINOLTA. Modelo: CR-400. País: E.E.U.U.
- Determinador de humedad. Marca: PRECISA. Modelo: XM-50. Desviación: 0.001 g. País: Suiza
- Equipo de actividad de agua. Marca: ROTRONIC. Modelo: HydroLab2. País: Perú.
- Determinador de Fibra. Marca: FOSS, modelo: FIBERTEC 1023, serie: 917604848
- MICRO-Kjeldahl. Marca: FOSS , serie : KJELTEC 8100
- Estufa. Marca: POL-EKO APARATURA. Modelo: SW-17TC. Serie: SW-1990. País: E.E.U.U.
- Vernier Calipers. Marca: SOMET. País: China

- Mufla marca: THERMOLYNE. Serie: 347034984. País: Alemania
- pH metro digital, Marca. THERMO SCIENTIFIC (Orión Star A211).
- Refrigeradora. Marca: BOSCH. Modelo: ksv44. Serie: 0200148448. País: Suiza.
- Selladora. Marca: Tew. Modelo: 207-MCSX. Serie: 20460047. Marca: China
- Soxhlet, Marca: FOSS
- Texturómetro. Marca: BROOKFIELD. Modelo: CT34500. Serie: 8555940. País: EE. UU.

3.3.3.2. Reactivos

- Agua destilada.
- Ácido bórico (4%).
- Ácido clorhídrico (37% v/v).
- Ácido sulfúrico (96%).
- Etanol (96°).
- Éter de Petróleo.
- Fenolftaleína.
- Solución de hidróxido de sodio (0.1N)

3.3.3.3. Materiales de Laboratorio

- Bureta.
- Campana Desecadora.
- Crisoles de porcelana.
- Embudo de vidrio.
- Espátula.
- Matraces de Erlenmeyer (250 y 500 ml).
- Mortero.
- Papel filtro.
- Pera succionadora.
- Pinzas de metal y de madera.
- Pipetas (1, 5 y 10 ml).

- Placas Petri
- Probetas (50, 100 y 500 ml)
- Varillas de vidrio
- Vasos precipitados (50 y 100 ml)

3.3.3.4. Otro Materiales

- Bowls
- Caja con alpiste
- Cuchillos
- Cartulina negra
- Jarras plásticas
- Papel aluminio
- Papel toalla
- Material para prueba sensorial: cabinas de degustación, formatos, lapicero, platos descartables y marcador.

3.4. Métodos

3.4.1. Obtención de la harina de ajonjolí desgrasada

Para la elaboración de la harina de ajonjolí desgrasada se siguió la metodología de (Paniker *et al* 1985). En el diagrama 2 se observa el diagrama de Flujo para la elaboración de harina de ajonjolí desgrasada.

3.4.1.1. Recepción: La materia prima (ajonjolí) se transportó hacia el laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial.



Ilustración 13: Recepción del ajonjolí

- 3412. Pesado:** La materia prima fue pesada en balanza de capacidad de 5 kg, previamente limpiada de polvo o algún objeto extraño que tenga.
- 3413. Selección:** Se separaron las semillas dañados de las buenas, luego se limpiaron de polvo y de algún objeto extraño que puedan tener.
- 3414. Secado:** Se realizó en un secador de bandejas Industrial por un lapso de 2 – 4 horas a 60°C, durante este tiempo se hizo un monitoreo de la humedad del ajonjolí, hasta que tenga una humedad menor de 12% como lo describe (Paniker *et al.* 1985).
- 3415. Extracción del aceite:** Se realizó en Expeller a una velocidad de 30 Hz, separando el aceite y de la torta.



Ilustración 14: Extracción del Aceite y Obtención de la harina de ajonjolí desgrasada.

- 3416. Tamizado:** En este proceso separamos las partículas más grandes de las pequeñas o alguna impureza que pudo quedar en la harina.



Ilustración 15: Tamizado de la harina de ajonjolí desgrasada

3417. Envasado y sellado: La harina luego de ser tamizada fue envasada en bolsas de polietileno de alta densidad y finalmente sellada.



Ilustración 16: Envasado y Sellado de la harina de Ajonjolí desgrasada

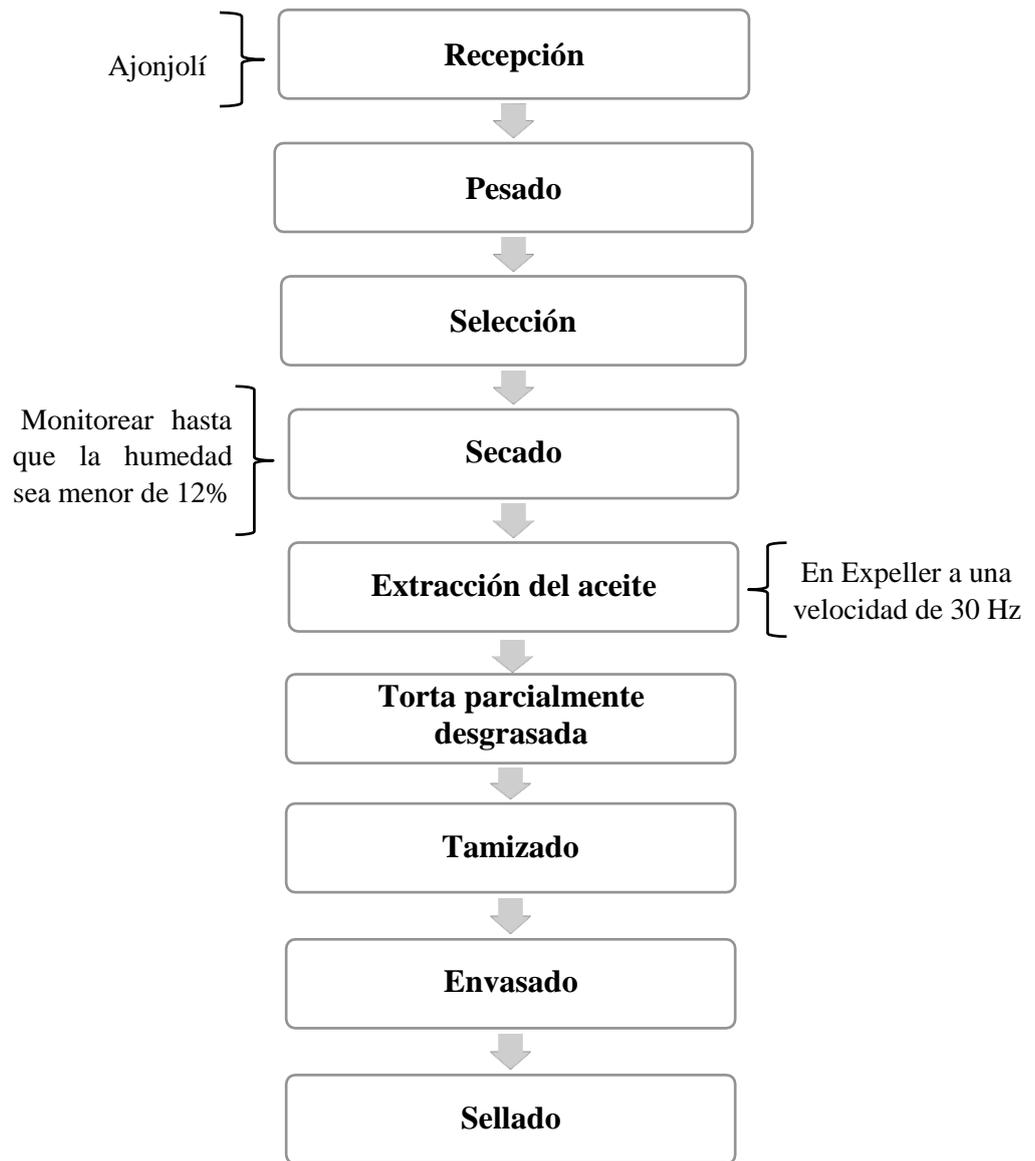


Diagrama 1: Diagrama de Flujo para la Obtención de Harina de Ajonjolí Desgrasada

Fuente: Paniker *et al*, 1985

3.4.2. Obtención de la harina de arveja

Para la elaboración de la harina de arveja se siguió la metodología de Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA, 2009) de la Universidad Nacional Agraria La Molina:

- 3421. Recepción:** La materia prima (arveja tostada) se transportó hacia el laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial.



Ilustración 17: Recepción de la arveja tostada

- 3422. Pesado:** La materia prima fue pesada en balanza de capacidad de 5 kg, previamente limpiada de polvo o algún objeto extraño que tenga.



Ilustración 18: Pesado de la arveja tostada

- 3423. Selección:** Se separaron las semillas dañados de las buenas, luego se limpiaron de polvo y de algún objeto extraño que puedan tener.

3424. Secado: Se realizó en un secador de bandejas Industrial por 2 horas a 60°C, durante este tiempo se hizo un monitoreo de la humedad de la arveja tostada, hasta que tenga una humedad menor de 12% como lo describe (Paniker *et al.* 1985).

3425. Molienda: Se realizó en el módulo de Molienda y tamizado, compuesta por un molino de martillos y una tamizadora de harinas (en mantenimiento), aquí se realizó la pulverización de la arveja tostada para la obtención de la harina de arveja. Molienda y tamizado es un proceso que nos permite separar de la harina las partículas más grandes de las pequeñas con la finalidad de dar una textura adecuada y uniforme al cupcake (Beltrán y Saenz, 2014).



Ilustración 19: Molienda

3426. Tamizado: Este proceso se realizó de manera manual usando el tamiz N° 80 aquí separamos las partículas más grandes de las pequeñas o alguna impureza que pudo quedar en la harina.



**Ilustración 20: Tamizado de la
harina de arveja**

3427. **Envasado y sellado:** La harina luego de ser tamizada fue envasada en bolsas de polietileno de alta densidad y finalmente sellada.



**Ilustración 21: Envasado y sellado
de la harina de arveja**

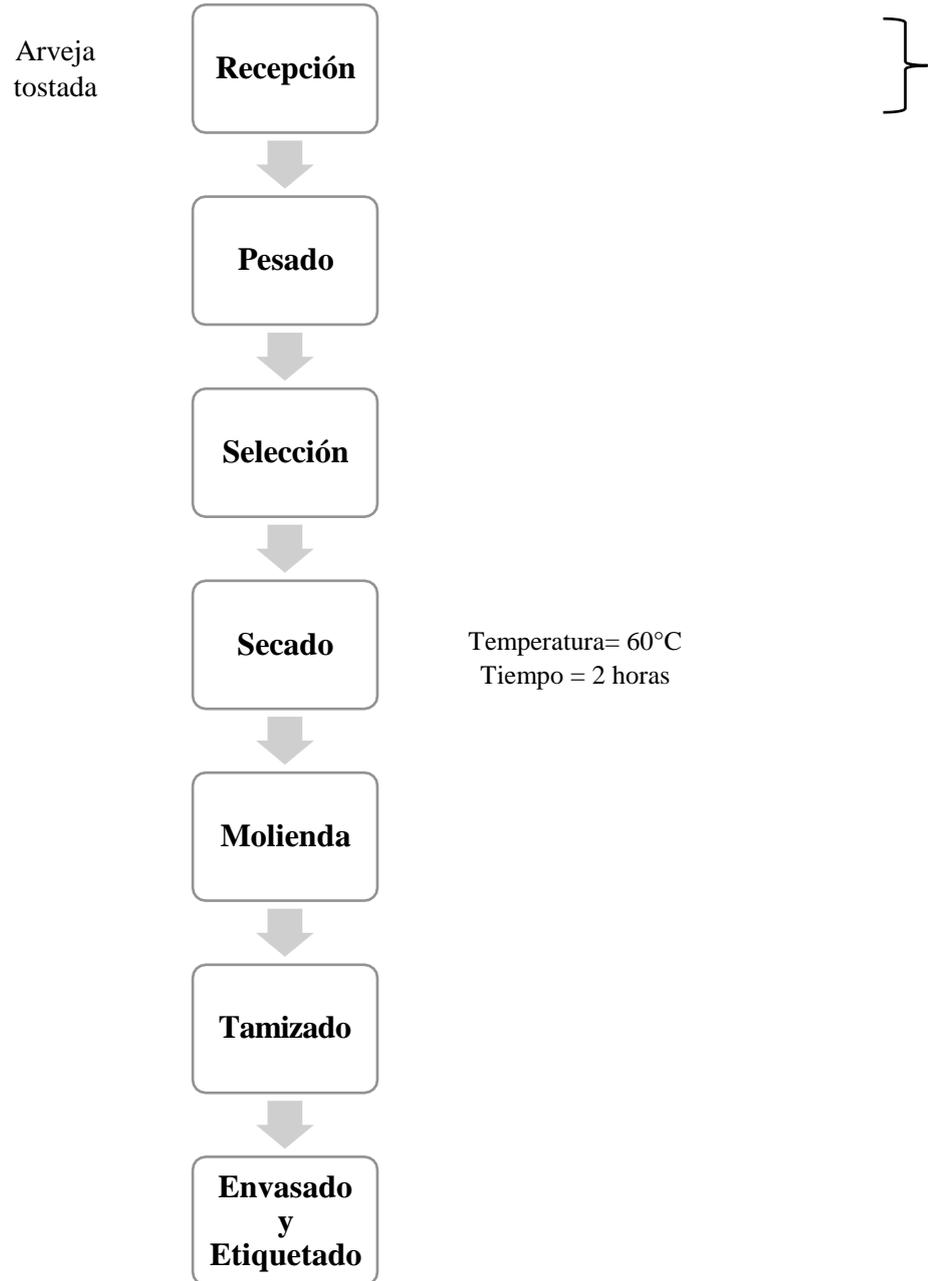


Diagrama 2: Diagrama de Flujo para la Obtención de Harina de Arveja

Fuente: PCEIPA, 1985; INDDA, 2009

3.4.3. Caracterización de las harinas de trigo, harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja

La caracterización de la harina de trigo, harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja se realizó individualmente. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales, y en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa. Los análisis fueron los siguientes:

3431. Humedad

Se determinó por el método de la estufa (AOAC, 1990)

3432. Proteína

La determinación de la proteína total se realizó según el método UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 octubre 2009.

3433. Grasa

Se utilizó el equipo extractor de grasa marca FOSS tipo SOXTEC, usando éter de petróleo como solvente. Metodología de la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC 963.15, 2005), método Soxhlet.

3434. Ceniza

Se realizó por la incineración de la materia orgánica en una mufla; siguiendo la metodología por la NTP 205.038: 1975 (Revisada el 2011): harinas. Determinación de cenizas.

3435. Carbohidratos Totales

Se obtuvo por diferencia, restando el 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G) y Proteínas (P). Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) señalada por (Collazos et al., 1993)
Usando la fórmula:

$$\% \text{Carbohidratos Totales} = 100 - (\text{H} + \text{C} + \text{G} + \text{P}).$$

3436. Fibra Dietaria Total

El contenido total de fibra dietética se midió de acuerdo con el método enzimático-gravimétrico AOAC 991.43 (Prosky et al., 1988).

3437. Carbohidratos Disponibles

Se obtuvo por diferencia, restando el 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G), Proteínas (P) y Fibra Dietaria Total (FDT). Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) según Tablas peruanas de composición de alimentos (Reyes et al., 2009) Usando la fórmula:

$$\% \text{Carbohidratos Disponibles} = 100 - (\text{H} + \text{C} + \text{G} + \text{P} + \text{FDT})$$

3.4.4. Análisis Físicoquímico de las harinas de trigo, harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja

3441. Color

Para determinar el color de la harina de trigo, harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja, se utilizó el colorímetro (marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L*luminosidad (negro 0/ Blanco 100), a*(verde-/ rojo+) y b*(azul-/ amarillo +). La Cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*). (Minolta, 1993)

3442. Actividad de Agua

Se utilizó el equipo de actividad de agua, ROTRONIC.

3443. Acidez

Se determinó según NTP 205.039, 1975.

3.4.5. Cómputo Químico

Para el cómputo químico, se utilizó el patrón de aminoácidos del grupo de adultos (mayores a 18 años), según (WHO/FAO/UNU, 2007)

$$CQ = \frac{\text{mg de a. a en 1g de N de la proteina del alimento}}{\text{mg de a. a en 1g de N de la proteina de referencia}}$$

El computo químico o score químico se expresó como la cantidad en miligramo de aminoácido esencial por gramo de la proteína en estudio en relación con la cantidad del mismo compuesto en la proteína de referencia en gramos, es decir, el patrón aminoácido establecido. El resultado se expresó en porcentaje. El valor más bajo que corresponde al cómputo y el aminoácido que lo produce es nombrado como aminoácido limitante o primer limitante. El valor obtenido para cada aminoácido mayor a 100% expresa una proteína completa.

3.4.6. Producción de Cupcakes

3461. Formulación

La formulación para la elaboración de los cupcakes es aquella que utilizó Bhat *et al.*, (2013) modificada en el % de leche.

Tabla 17: Formulación control utilizada para la elaboración de cupcakes

Ingredientes	Cantidad (%)
Harina	34.2
Azúcar	20.5
Huevos	13.7
Margarina	17.1
Leche	13.7
Polvo Hornear	0.7
Emulsionante	0.2
Antimoho	0.09

Fuente: Bhat *et al.*, 2013

3462. Elaboración de los Cupcakes

Los cupcakes se elaboraron considerando las cantidades para la mezcla de harina de trigo, harina de ajonjolí desgrasada y

harina de arveja según determinado anteriormente, manteniendo el resto de los insumos igual que para la formulación control. En un primer instante, se incorpora la margarina con el azúcar, hasta formar una masa homogénea, luego se añade poco a poco los huevos según la cantidad que se requiera y se sigue batiendo a primera velocidad para evitar que la masa salga dispersa de la batidora. Las mezclas de harinas y polvo de hornear se tamizaron para eliminar aglomeraciones o alguna impureza que haya quedado. Las mezclas tamizadas se agregan poco a poco a la batidora junto con la leche, el emulsionante y el antimoho manteniendo siempre una masa homogénea. La masa se añade a una manga repostera con la finalidad de que sea fácil de agregarla en los pirotines que están puestos en moldes de aluminio.

Luego se colocan los moldes en el horno rotario a temperaturas de 120°C por 20 minutos y luego a 140°C por 10 minutos.

Una vez horneado, los cupcakes son sacados de los moldes y colocados en fuentes secas y frías, y llevadas a una zona fresca, seca y libre de contaminación.

Los cupcakes son envasados en bolsas de polietileno de alta densidad, polipropileno y envases PET. Se procede a almacenar a temperatura de ambiente.

3463. Evaluación de los Cupcakes

Una vez elaborados los cupcakes de las diferentes mezclas, se procedió a su evaluación en función a las variables de respuesta que son detallados más adelante.

3464. Evaluación del Cupcake de mayor aceptabilidad

Con el fin de comprobar si el cupcake con mayor preferencia cumple con las normas estipuladas en las Normas Técnicas Peruanas para este tipo de producto, se procedió a hacer análisis fisicoquímicos y sensoriales correspondientes, los

cuales serán comparados con el cupcake control que tendrá 100% de harina de trigo.

3465. Determinación del tiempo de vida útil

El tiempo de vida útil del producto se determinó con la ayuda de la escala sensorial de calidad de Karlsruhe y a la vez se utilizó el Método de Cinética de Reacción del % de Acidez.

3466. Procedimiento para la elaboración de los cupcakes

A) Recepción de Materia Prima e Insumos

- **Harina de Trigo**

Se empleó harina de Trigo pastelera, marca Nicollini Premium Industrial, que cumple con la NTP 205.027:1986. El porcentaje por usar es según tabla 19.



Ilustración 22: Harina de Trigo

- **Harina Ajonjolí Desgrasada**

Se obtuvo a partir de ajonjolí entero, pasando por expeller, separando aceite de la torta. El porcentaje por usar es según tabla 19.



Ilustración 23: Harina de Ajonjolí Desgrasada

- **Harina de Arveja**

Se obtuvo a partir de arveja seca tostada entera. El porcentaje por usar es según tabla 19.



Ilustración 24: Harina de Arveja

- **Insumos**

- Azúcar Rubia
- Margarina
- Huevos
- Leche Evaporada
- Polvo de hornear
- Emulsionante en pasta
- Antimoho

B) Pesado

Se pesaron las materias primas e insumos según las formulaciones indicadas. Esta operación se realizó con una balanza gramera. Con esta operación se determinó la cantidad de materia prima e insumo que ingresa, rendimiento final de insumos usados frente a la cantidad de cupcakes producido.



Ilustración 25: Balanza Gramera

C) Batido o Cremado

En esta operación, se añadió el azúcar con la margarina y se batió por un lapso de 10 a 15 minutos formando una crema casi blanquecina.



Ilustración 26: Cremado

D) Primer mezclado

Se le agregó huevos poco a poco, luego se batió durante 3 a 5 minutos con la finalidad de que se incorporen correctamente los huevos al cremado. Seguido, se agregó el emulsionante y se siguió batiendo por 5 minutos.



Ilustración 27: Incorporación de Huevos al Cremado

E) Segundo mezclado

En esta operación, se añadió la leche evaporada, y se batió por 5 minutos para que se incorpore completamente a la masa.



Ilustración 28: Incorporación de Leche al Primer mezclado

F) Tercer mezclado

Teniendo una integración completa de los insumos anteriores, se procedió a agregar la mezcla de harinas previamente tamizadas según la formulación correspondiente. Cabe recalcar que en las mezclas de harinas también estaban incorporados el polvo de hornear y el antimoho.



Ilustración 29: Incorporación de mezclas de harinas

G) Moldeado

Se vertió la mezcla en pirotines #7 colocados en moldes de aluminio (4 cm de altura y 7 cm de diámetro), en cada uno se agregó 50 gramos de masa.



Ilustración 30: Moldeado de Cupcakes

H) Horneado

Una vez puestos los cupcakes en bandejas de aluminio, se llevó al horno rotario por convección de la planta piloto agroindustrial, a una temperatura de 120°C por 20 minutos y luego a 140°C por 10 minutos.



Ilustración 31: Horneado de Cupcakes

I) Enfriado

Una vez sacado del horno, se dejó enfriar a temperatura de ambiente por 30 minutos aproximadamente.



Ilustración 32: Enfriado a Temperatura de Ambiente

J) Envasado

Los cupcakes fueron envasados en bolsas de polietileno de alta densidad, polipropileno (selladas herméticamente) y PET, con el fin de realizar más adelante los análisis correspondientes como es el caso de pérdida de peso, textura, etc.



Ilustración 33: Envasado y Sellado

K) Almacenamiento

Se almacenó a temperatura de ambiente ($23^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$), en un espacio fresco, seco y sin exposición a luz solar, dentro de la planta piloto.



Ilustración 34: Almacenamiento en lugares frescos

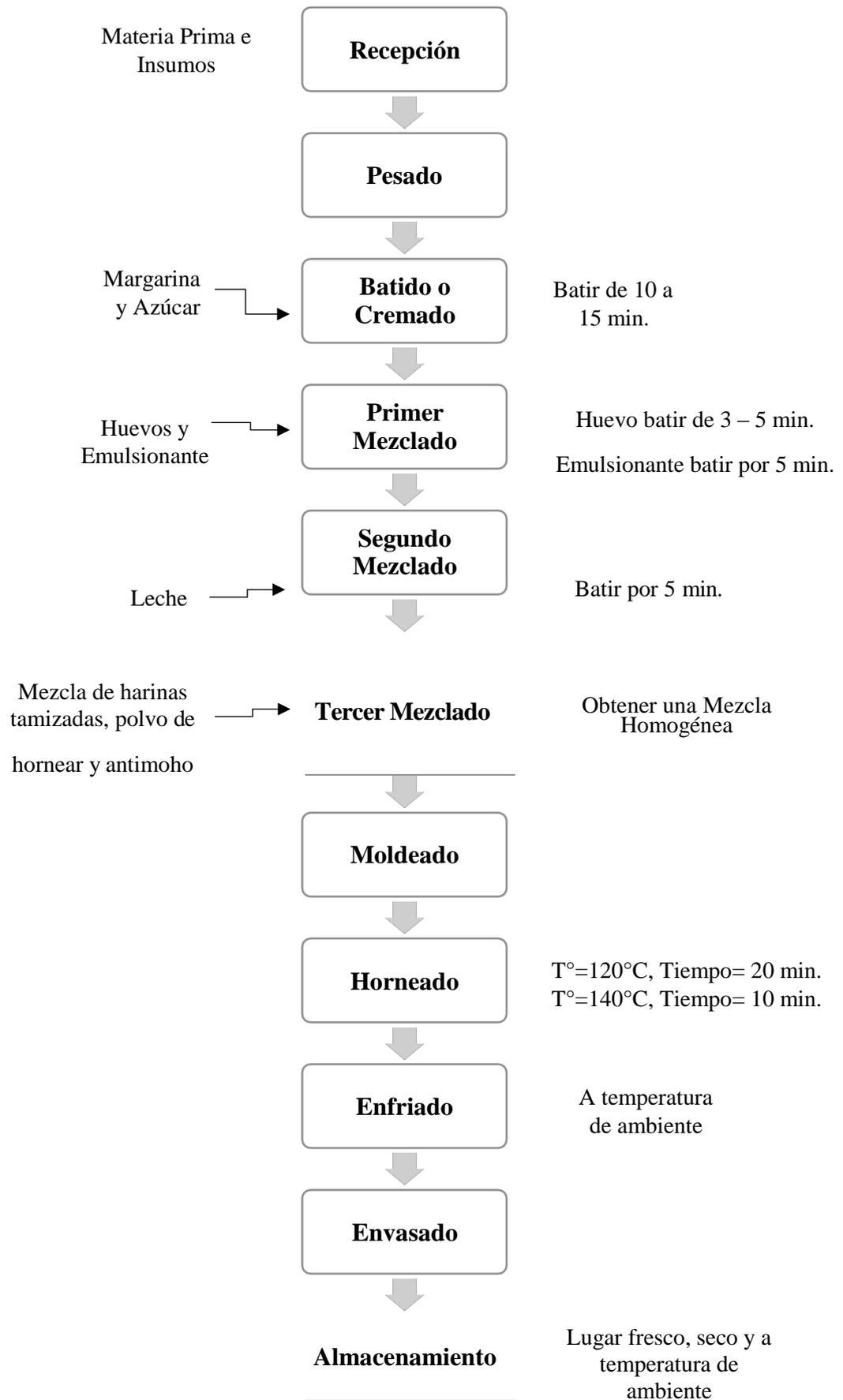


Diagrama 3: Diagrama de Flujo para la elaboración de Cupcakes

3.4.7. Evaluación de los cupcakes

3471. Análisis sensorial o Aceptabilidad

Se evaluó todas las formulaciones de cupcakes incluyendo el Cupcake patrón.

Los cupcakes fueron evaluados por 30 panelistas semientrenados de ambos sexos y diferentes grupos de edad. Se conoció el grado de aceptabilidad de los cupcakes por medio de las características evaluadas de olor, color, sabor y textura.

Por otro lado, las fichas de evaluación sensorial o aceptabilidad fueron realizadas teniendo en cuenta una escala hedónica de 5 puntos, siendo las alternativas de respuesta las siguientes: 1= me disgusta mucho, 2= me disgusta, 3= ni me gusta ni me disgusta, 4= me gusta, 5= me gusta mucho.



Ilustración 35: Formulaciones de Cupcakes listas para la degustación



Ilustración 36: Degustación de Cupcakes por panelistas semientrenados

3472. Análisis estadístico

Se utilizó el programa estadístico STATISTICA v 8.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, UK, USA), con lo que se determinó los efectos de las variables independientes, cálculo de los coeficientes de regresión, el análisis de varianza (ANOVA) y las superficies de respuestas a un nivel de 5% de significancia.

3473. Diseño Experimental

Se utilizó el Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR) o delineamiento Factorial 2^2 , considerando como variables independientes los niveles de Harina de Ajonjolí desgrasada y harina de arveja. Los efectos de estas variables serán evaluados en función de las características fisicoquímicas y propiedades sensoriales a través de la metodología de superficies de respuesta.

3474. Esquema Experimental

Tabla 18: Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2^2 , incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central

Variables Independientes	Niveles				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Harina de ajonjolí desgrasada (%)	0	2	6	10	12
Harina de arveja (%)	2	3	6	9	10

$$\alpha = 1.4142$$

Tabla 19: Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2².

Experimento	VALORES CODIFICADOS		VALORES REALES	
			Harina de ajonjolí desgrasada (%)	Harina de arveja (%)
1	-1	-1	2	3
2	+1	-1	10	3
3	-1	+1	2	9
4	+1	+1	10	9
5	- α	0	0	6
6	α	0	12	6
7	0	- α	6	2
8	0	α	6	10
9	0	0	6	6
10	0	0	6	6
11	0	0	6	6

Tabla 20: Composición de materias primas para cada formulación del DCCR 2².

Formulaciones	% Harina de Trigo	% Harina de ajonjolí desgrasada	% Harina de arveja
1	95	2	3
2	87	10	3
3	89	2	9
4	81	10	9
5	94	0	6
6	82	12	6
7	92	6	2
8	84	6	10
9	88	6	6
10	88	6	6
11	88	6	6

3475. Evaluación de la formulación de Cupcake con mayor aceptabilidad

Siguiendo el diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR) 2^2 , se eligió la formulación del cupcake con mayor aceptabilidad por medio de la evaluación sensorial o aceptabilidad de los panelistas semi-entrenados y el computo químico de aminoácidos de esta formulación. A la formulación con mayor aceptabilidad y la formulación control, se le determinaron los siguientes análisis.

3.4.7.5.1. Caracterización químico-proximal

La caracterización se realizó tanto al cupcake de mayor aceptabilidad como al control.

a) Humedad

Se realizará utilizando el procedimiento descrito en la norma técnica peruana (NTP 206.011:1981, revisada el 2016), para bizcochos, galletas, pastas y fideos.

b) Proteína

La determinación de la proteína total se realizó según el método UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 octubre 2009.

c) Grasa

Se utilizó el equipo extractor de grasa marca FOSS tipo SOXTEC, usando éter de petróleo como solvente. Metodología de la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC, 963.15, 2005), método Soxhlet.

d) Ceniza

Se realizará utilizando el procedimiento descrito en la norma técnica peruana (NTP 205.038:1975, revisada el 2011) para productos de panadería.

e) **Carbohidratos Totales**

Se obtuvo por diferencia, restando el 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G) y Proteínas (P). Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) señalada por (Collazos *et al.*, 1993) Usando la fórmula:

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

f) **Fibra Dietaria Total**

El contenido total de fibra dietética se midió de acuerdo con el método enzimático-gravimétrico AOAC 991.43 (Prosky *et al.*, 1988).

g) **Carbohidratos Disponibles**

Se obtuvo por diferencia, restando el 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G), Proteínas (P) y Fibra Dietaria Total (FDT). Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) según Tablas peruanas de composición de alimentos (2009) Usando la fórmula:

$$\% \text{Carbohidratos Disponibles} = 100 - (H + C + G + P + FDT)$$

3.4.7.5.2. Caracterización Físicoquímica

Se evaluaron en función de los requisitos de la norma técnica peruana.

- **Textura:** Para este análisis se utilizó el Texturómetro de marca BROOKFIELD.
- **Actividad de Agua:** Se utilizó el equipo de actividad de agua, ROTRONIC.
- **Acidez:** Se determinó según NTP 206.013, 1981.
- **pH:** Se utilizó el equipo pHmetro marca THERMO SCIENTIFIC (ORION STAR A2011)

- **Color de la costra y la miga:** Para la determinación de Color de la costra y la miga de los cupcakes se utilizó el colorímetro marca KONICA MINOLTA, siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L* Luminosidad (negro 0/ blanco 100), a* (verde-/rojo+) y b* (azul-/amarillo+). La Cromacidad C* y el ángulo de tonalidad h*, fue según Minolta, 1993.

El color de la miga fue tomado del centro de una sección interna central del cupcake, por triplicado y de color de la costra en la parte superior del cupcake, en el punto medio.

La Cromacidad fue determinada utilizando la siguiente ecuación:

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

El ángulo de tonalidad fue determinado por:

$$ÁNGULO DE TONALIDAD = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

- **Análisis del Volumen Específico**

Se usó una modificación del método 10-05 AACC (2000), propuesta por (Laines, 2006). Se evaluaron todas las formulaciones de los cupcakes en estudio por desplazamiento de semillas de baja densidad (alpiste).

3.4.7.5.3. Evaluación del tipo de envase

Para esta evaluación se utilizaron tres tipos de envases (bolsa de polietileno de alta densidad, bolsa de polipropileno y potes termo formados PET), tanto para el cupcake de mayor aceptabilidad como para el control.



Ilustración 37: Cupcakes en tres tipos de envase a) PET, b) Polipropileno y c) Polietileno de alta densidad.

Los análisis realizados fueron:

- **Pérdida de Peso:** Se usó el método gravimétrico, para ello las muestras se pesaron por 12 días (día 1, 4, 8 y 12), usando la balanza PRECISA GRAVIMETRICS a condiciones ambientales.
- **Textura instrumental:** Se determinó por medio de una adaptación de la técnica de la celda de cizallamiento de Kramer. Para este análisis se utilizó el Texturómetro BROOKFIELD, con la punta cilíndrica de acero inoxidable TA-44 de 4mm de diámetro y peso 10 gr. La medición fue por 12 días (día 1, 4, 8 y 12).

3.4.7.5.4. Evaluación Biológica

En esta evaluación se emplearon 4 ratas macho de la raza Holtzman, recién destetadas de 21 días de vida. Los animales fueron suministrados por Departamento de Nutrición (Laboratorio de Análisis Biológico Bioterio) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Las ratas se colocaron en jaulas metabólicas individuales en una habitación a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y con un

fotoperíodo luz-oscuridad de 12 horas. La dieta y el agua fueron suministradas ad libitum diariamente. Cada experimento duró 10 días, 4 de adaptación de los animales a la dieta y condiciones ambientales y 6 de cuantificación de la ingesta sólida, cambios en el peso y recolección de heces y orina. Tanto las heces como la orina se recolectan diariamente y se almacenan en refrigeración hasta completar la toma de muestras.



Ilustración 38: Acondicionamiento de las ratas en las jaulas metabólicas

Se evaluaron los siguientes análisis:

- **Valor Biológico (VB):** Se sigue el método dado por la FAO-OMS (1989). Valora la cantidad de nitrógeno retenido frente al absorbido.

$$BV = \frac{(gr\ N.\ ingerido) - (gr\ N.\ heces + gr\ N.\ orina)}{(gr\ N.\ ingerido) - (gr\ N.\ heces)} \times 100$$

- **Digestibilidad Aparente (Da):** Se empleó el método AAFCO (1992) descrito para cálculo de digestibilidad.

$$Da = \frac{Nitrogeno\ ingerido - Nitrogeno\ heces}{Nitrogeno\ ingerido} \times 100$$

3.4.7.5.5. Vida útil del cupcake

La determinación de la vida útil se realizó con el cupcake seleccionado como de mayor aceptabilidad, bajo controles sensoriales y tecnológicos durante 12 días. Los cupcakes estuvieron almacenados a temperatura ambiente (26°C) envasados en bolsas de polietileno de alta densidad.

El modelo matemático usado para la determinación de la vida útil es el método desarrollado por Gacula y Singh (1984).

- **Controles Sensoriales:** Se trabajó con la evaluación de color, forma, olor, textura y sabor sensorial, estos atributos fueron evaluados en base a la escala de Karlsruhe con valores que van de 1 (muy malo) a 9 (excelente) a través del juicio emitido por 10 panelistas entrenados durante 12 días.



Ilustración 39: Entrenamiento de Panelistas



Ilustración 40: Panelista entrenado realizando el primer día de evaluación sensorial.

- **Controles Tecnológicos:** Se trabajó con el resultado obtenido del % de acidez durante los 12 días de almacenamiento.



Ilustración 41: Determinación de acidez

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis de las Harinas

4.1.1. Caracterización Químico Proximal

Es muy importante, en productos secos como las harinas, definir las características de su composición, a través de análisis que permita describir sus propiedades químicas y otras características necesarias para la investigación. A continuación, se describirá la composición proximal de las materias primas que se utilizaron para la elaboración de cupcakes.

4.1.1.1. Harina de Trigo

Los resultados de la composición centesimal de la harina de trigo están representados en la tabla 21.

Tabla 21: Composición Químico Proximal de la Harina de Trigo en 100 g de Harina

COMPONENTES	PORCENTAJE (%)
Humedad	12.72±0.20
Grasa	1.67±0.10
Ceniza	0.66±0.02
Proteínas	12.33±0.03
Carbohidratos Totales	72.63
Fibra Dietaria Total	0.67
Carbohidratos Disponibles	71.96

Los resultados obtenidos según tabla 21 muestra que la humedad de la harina de trigo tiene un porcentaje de 12.72±0.20%, valor que es inferior a 15.0% y por consiguiente cumple con lo expuesto por la NTP 205.027:1986.

Con respecto al porcentaje de grasa el cual es de 1.67±0.10%, la USDA, 1999 citado por Finnie *et al.*, (2016) refiere que el contenido de grasa en la harina de trigo oscila entre 1.60 a 2.41%.

Según la NTP 205.027:1986, refiere que el porcentaje de cenizas máximo es de 0.64% y el resultado obtenido es de $0.66\pm 0.02\%$, siendo mayor a lo establecido por la norma.

El porcentaje de proteínas es de $12.33\pm 0.03\%$, según Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (Reyes *et al.*, 2009), nos menciona que el porcentaje de proteínas es de 10.50%, por otro lado, la USDA, 1999 citado por Finnie *et al.*, (2016) refiere que el contenido de proteínas es de 11.54%, siendo nuestro resultado mayor en ambos casos.

Los carbohidratos totales obtenidos por diferencia son de 72.63%, valor mayor reportado por Bilbao, (2007) donde son de 70%, así mismo en las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (Reyes *et al.*, 2009), nos menciona que el porcentaje de carbohidratos totales son de 76.30%.

El contenido de fibra dietaria total es de 0.67%, según la USDA, (2016) reporta que el contenido de fibra dietaria en harina de trigo es de 2.7%. Lo cual indica que el valor obtenido es menor a lo reportado por la USDA.

Los carbohidratos disponibles también obtenidos por diferencia son de 71.96%, según las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (Reyes *et al.*, 2009), refiere que el porcentaje de carbohidratos disponibles son de 73.60%.

4.1.1.2. Harina de Ajonjolí Desgrasada

Los resultados de la composición centesimal de la Harina de Ajonjolí Desgrasada están representados en la tabla 22.

Tabla 22: Composición Químico Proximal de la Harina de Ajonjolí Desgrasada en 100 g de Harina

COMPONENTES	PORCENTAJE (%)
Humedad	5.52±0.14
Grasa	26.94±0.37
Ceniza	6.73±0.06
Proteínas	27.62±1.68
Carbohidratos Totales	33.20
Fibra Dietaria Total	21.98
Carbohidratos Disponibles	11.22

Al referirse a la harina de ajonjolí como desgrasada, es porque a través de un sistema de prensado mecánico, se retira aceite que contiene la semilla (Paniker et al., 1985).

En la tabla 22 muestran que el porcentaje de humedad de la harina de Ajonjolí desgrasada es de 5.52±0.14%, siendo menor a 6.9% reportado por Machado *et al.*, (2016).

Así mismo Machado et al., (2016) reporta que el contenido de grasa es de 26.8%, por otro lado, Da Graça Costa et al., (2011) reporta que la harina de ajonjolí desgrasada es de 11.2%, siendo estos dos, menor a nuestro resultado que es de 26.94±0.37%.

El contenido de cenizas es de 6.73±0.06%, valor mayor según reportado por Ministerio de Agricultura y Forestal de Nicaragua, (1995) donde el ajonjolí descortezado después de la extracción de aceite tiene un contenido de 4% en cenizas. Por otro lado, reportes de Machado et al., (2016) indican que el contenido de cenizas de harina de ajonjolí desgrasada es de 7.898%, valor mayor y cercano a lo obtenido.

La composición de proteínas es de 27.62±1.68%, según reporta Da Graça Costa *et al.*, (2011) que el contenido de proteínas es de 35.0% para harina de ajonjolí desgrasada. Con respecto a

carbohidratos totales Da Graça Costa *et al.*, (2011) reporta el 14.4%, siendo nuestro resultado mayor: 33.20%.

El porcentaje de fibra dietaria total es de 21.98%, siendo mayor a 20.30% reportado por Machado *et al.*, (2016).

4.1.1.3. Harina de Arveja

Los resultados de la composición centesimal de la Harina de Arveja están representados en la tabla 23.

Tabla 23: Composición Químico Proximal de la Harina de Arveja en 100 g de Harina

COMPONENTES	PORCENTAJE (%)
Humedad	8.39±0.33
Grasa	3.25±0.18
Ceniza	2.46±0.28
Proteínas	21.24±1.38
Carbohidratos Totales	64.66
Fibra Dietaria Total	3.59
Carbohidratos Disponibles	61.07

En la tabla 23 muestran que la humedad de la harina de arveja tiene un porcentaje de 8.39±0.33%, menos a lo reportado por Megha y Grant, (1986) que es de 8.4%, y menor a 10.4% mencionado por Collazos *et al.*, (1996).

El contenido porcentual de grasas es de 3.25±0.18%, contenido mayor a lo reportado por Collazos *et al.*, (1996) que es de 1.1%.

Con respecto al porcentaje de ceniza que es de 2.46±0.28%, en las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (Collazos *et al.*, 1996), reporta que es de 2.8%, siendo un valor cercano a nuestro resultado.

Según Megha *et al.*, (1986) reporta que el contenido proximal de proteínas en harina de arveja es de 21.5%, con lo que nuestro resultado de 21.24±1.38% es cercano.

La composición proximal de fibra dietaría total es de 3.59% siendo mayor a 1.1% mencionado por Megha *et al.*, (1986). Las legumbres son fuentes importantes de fibra dietaria Perez *et al.*, (1997). Los polisacáridos no amiláceos de la pared celular de la planta que resisten la digestión de la enzima α amilasa de los mamíferos, son las principales fuentes de fibra dietaria en los humanos (Sosulski *et al.*, 1988).

Los carbohidratos Totales y Disponibles fueron hallados por diferencia siendo 64.66% y 61.07% respectivamente, según Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (Reyes *et al.*, 2009), refiere que el contenido de carbohidratos Totales es de 64.4%, valor semejante a lo hallado.

4.1.2. Análisis Fisicoquímico

4.1.2.1. Análisis de Color de las Materia Primas

Los resultados del análisis de Color de la Harina de Trigo, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja se muestran en la tabla 24.

Tabla 24: Colorimetría de la Harina de Trigo (pastelera), Harina de Ajonjolí y Harina de Arveja

Materia Prima	a*	b*	Luminosidad L*	Cromacidad C*	Ángulo de Tonalidad h
Harina de Trigo	-1.71 ± 0.60	13.66 ± 1.69	99.96 ± 2.55	13.77	82.99
Harina de Ajonjolí Desgrasada	5.48 ± 0.64	25.35 ± 1.11	62.56 ± 2.09	25.94	77.83
Harina de Arveja	-1.26 ± 0.20	25.52 ± 1.04	96.19 ± 1.79	25.56	87.16

En la tabla 24, se observa que, para la harina de trigo, la variable a^* presentó un valor de -1.71 ± 0.60 unidades, mostrando así una ligera tendencia al eje de los tonos verdes, para el caso de la variable b^* presentó un valor de 13.66 ± 1.69 unidades, ubicándose en la zona de los amarillos claros. Luego el parámetro L^* presentó un valor alto de 99.96 ± 2.55 unidades siendo la muestra de luminosidad alta y con tendencia a blanco. La Cromacidad o grado de pigmentación presento un valor de 13.77 unidades y el Angulo de tonalidad fue de 82.99 grados que corresponde al segundo cuadrante (color entre verde y amarillo), con más tendencia al amarillo. El color amarillo es impartido por la presencia de carotenoides en el alimento (principalmente luteína y sus ésteres de ácidos grasos) (Blanco *et al.*, 2011). Al ser la harina de trigo un alimento bajo en carotenos (Hidalgo *et al.*, 2006), es que obtenemos una harina de tono amarillo claro casi blanco típico al de la harina de trigo.

La variabilidad del color de la harina de trigo se ve afectada por variables como el genotipo de trigo, extracción de la harina, condicionamiento del grano antes de la molienda, el tamaño de partícula, el almacenamiento, condiciones climáticas de la cosecha y el lugar de siembra. (Ortolan, 2006, citado por Ayala, 2014).

Con respecto a la harina de ajonjolí, la variable a^* presentó un valor de 5.48 ± 0.64 unidades, mostrando así una ligera tendencia al eje de los tonos rojos, para el caso de la variable b^* presentó un valor de 25.35 ± 1.11 unidades, ubicándose en la zona de los amarillos semiclaros. Luego el parámetro L^* presentó un valor de 62.56 ± 2.09 unidades siendo la muestra de luminosidad media y con tendencia a un tono semiclaro. La Cromacidad o grado de pigmentación presento un valor de 25.94 unidades y el Angulo de tonalidad fue de 77.83 grados que corresponde al primer cuadrante (color entre rojo y amarillo), con tendencia ligeramente más cercana al amarillo. Todas estas características nos muestran una harina de tono amarillo semi claro con tendencia a un color anaranjado semioscuro, siendo color característico del ajonjolí.

Ahora con respecto a la harina de arveja, la variable a^* presentó un valor de -1.26 ± 0.20 unidades, mostrando así una ligera tendencia al eje de los tonos verdes, para el caso de la variable b^* presentó un valor de 25.52 ± 1.04 unidades, ubicándose en la zona de los amarillos semiclaros. Luego el parámetro L^* presentó un valor de 96.19 ± 1.79 unidades siendo la muestra de luminosidad alta y con tendencia a blanco. La Cromacidad o grado de pigmentación presento un valor de 25.56 unidades y el Angulo de tonalidad fue de 87.16 grados que corresponde al primer cuadrante (color entre verde y amarillo), con tendencia al amarillo. Todas estas características nos muestran una harina de tono amarillo claro ligeramente blanco, pero no tanto como la de trigo, siendo el color característico de la harina de arveja.

Los investigadores Arellano y Zavaleta, (2017), reportaron valores en la harina de trigo de -1.72 ± 0.001 , 13.76 ± 0.291 , 100.38 ± 0.861 , 13.87 y 82.89 como a^* , b^* , L^* , C y h respectivamente. A la vez reportaron valores en la harina de arveja de 0.51 ± 0.032 , 31.28 ± 0.132 , 90.30 ± 1.241 , 31.28 y 82.06 como a^* , b^* , L^* , C y h respectivamente

Según Quaglia, (1991), el grado de color no es una medida de la apariencia visual de la harina. El color de la harina está tan estrechamente asociado con el contenido de cenizas, que se emplea para medir la pureza de estas en muchas partes del mundo. El color de la harina o el contenido de cenizas pueden afectar al comportamiento de la misma durante la cocción; generalmente cuanto más blanco sea los colores mejores serán sus propiedades para la panificación.

4.1.2.2. Actividad de Agua

Los resultados del análisis de Aw de la Harina de Trigo, harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja se muestran en la tabla 25.

Tabla 25: Actividad de Agua de la Harina de Trigo (Panadera), harina de Ajonjolí y Harina de Arveja

Materia Prima	Aw
Harina de Trigo	0.584 ± 0.003
Harina de Ajonjolí Desgrasada	0.520 ± 0.002
Harina de Arveja	0.524 ± 0.001

Los valores obtenidos de la actividad de agua muestran el agua libre del contenido de agua total de las muestras, el cual vemos que tanto para la Harina de Trigo (0.584 ± 0.003), la Harina de Ajonjolí desgrasada (0.520 ± 0.002) y la Harina de arveja (0.524 ± 0.001), tienen valores menores de 0.6 de actividad de agua evitando así la proliferación de microorganismos en las muestras. (Cheftel y Cheftel, 1976)

Los investigadores Arellano y Zavaleta, (2017), reportaron en la harina de trigo un 0.58 ± 0.01 de actividad de agua y en la harina de arveja un 0.46 ± 0.02.

4.1.2.3. Acidez

Los resultados del análisis de acidez de la Harina de Trigo, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja se muestran en la tabla 26.

Tabla 26: Acidez de la Harina de Trigo (Panadera), Harina de Ajonjolí y Harina de Arveja

Materia Prima	Acidez
Harina de Trigo	0.0043 ± 0.0007
Harina de Ajonjolí Desgrasada	0.0749 ± 0.0062
Harina de Arveja	0.0100 ± 0.0013

Las acideces obtenidas en las distintas muestras fueron, en la Harina de Trigo (0.0043 ± 0.0007), la Harina de Ajonjolí desgrasada (0.0749 ± 0.0062) y la Harina de arveja (0.0100 ± 0.0013), estos valores fueron menores a 0.15 el cual es el máximo permitido de % de acidez expresada en ácido sulfúrico. (MINSA, 2006)

Su determinación nos da una idea sobre el estado de conservación de esta materia prima, ya que durante el almacenamiento pueden ocurrir cambios debido a una posible descomposición de las grasas bajo la influencia de las lipasas. La acción microbiana puede aumentar la acidez de las harinas e impedir su utilización en panificación. (Medina, 2006)

4.2. Cálculo del Cómputo Químico de las Formulaciones

Tabla 27: Cómputo Químico de las Formulaciones del Planteamiento Experimental

		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	Patrón FAO aminoácidos (mg/g Proteínas) *
FORMULACIONES (%)	Harina de Trigo	95	87	89	81	94	82	92	84	88	88	88	-
	Harina de Ajonjolí Desgrasada	2	10	2	10	0	12	6	6	6	6	6	-
	Harina de Arveja	3	3	9	9	6	6	2	10	6	6	6	-
	Score Químico (%)												
	Isoleucina	124	123	126	125	125	124	123	126	124	124	124	30
	Leucina	103	105	104	106	103	106	104	105	105	105	105	59
	Lisina	63	65	76	76	70	71	62	78	70	70	70	45
	Metionina + Cisteína	160	168	153	161	155	166	165	156	161	161	161	22
	Fenilalanina + Tirosina	194	194	193	194	193	194	194	194	194	194	194	38
	Treonina	136	139	140	143	137	142	137	142	140	140	140	23
	Triptófano	183	196	179	193	177	198	190	186	188	188	188	6
	Valina	111	112	112	113	111	113	111	113	112	112	112	39
	Histidina	131	136	133	138	131	138	133	136	135	135	135	15

Fuente: (WHO/FAO/UNU, 2007) – Patrón referencial de aminoácidos Categoría Adultos

La puntuación de aminoácidos determina la eficacia con la que el nitrógeno dietético absorbido puede satisfacer el requisito indispensable de aminoácidos en el nivel seguro de ingesta de proteínas. Esto se logra mediante una comparación del contenido del aminoácido limitante en la proteína o dieta con su contenido en el patrón requerido (WHO/FAO/UNU, 2007), es por eso que se identificó el aminoácido limitante a la lisina (aminoácido limitante en la harina de trigo), este a su vez debe superar el límite mínimo de 70% recomendada por la FAO/OMS, por lo que se complementó con harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja.

Las semillas oleaginosas, así como los cereales, son deficitarios en aminoácidos como la lisina, pero contienen gran cantidad de otros aminoácidos esenciales, como la valina, fenilalanina, leucina, isoleucina, metionina, histidina y cisteína. Por otro lado, las leguminosas, son deficitarias en metionina, cisteína y triptófano, pero ricas en lisina (3 veces más de lo que contiene los cereales), conviene mezclarlo con las otras dos, para elevar el nivel de aminoácidos en cualquier producto (Reeds, 2000).

En la tabla 27, se detalla el cómputo químico de cada formulación de cupcakes, se puede observar que las formulaciones con contenido de lisina que no son iguales y/o no sobrepasan el límite de 70% son: F1 (63%), F2 (65%) y F7 (62%). Así mismo, no se encuentra deficiencia de los demás aminoácidos esenciales, en todo momento superan el 100%.

4.3. Análisis de los Cupcakes

4.3.1. Evaluación del Aminoácido Lisina en los Cupcakes

Como se mencionó anteriormente, el cómputo químico de la tabla 27, no presenta ninguna deficiencia en la mayoría de los aminoácidos esenciales, pero sí en la lisina, que en tres formulaciones son menores que el 70% recomendada por la FAO/OMS. Por eso, se toma como referencia a este aminoácido para comprobar si las mezclas de harinas tienen significancia en el contenido de lisina de cada formulación de cupcakes.

En la tabla 28 se muestra los valores reales para la variable Lisina, estos mismos fueron obtenidos del cómputo químico de aminoácidos para cada

formulación calculado matemáticamente. Se usó el Diseño Compuesto Central Rotacional 2² (DCCR), considerando importante determinar el Análisis de Varianza (ANOVA), Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados, Grafica de Superficie Respuesta y Contornos y Grafica de linealidad de los valores experimentales con los valores predichos para el contenido de Lisina en cada formulación.

Los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones tienen un porcentaje de lisina que fluctúan de 62% a 78% sin contar la formulación control (56%), siendo la formulación 8 (6% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 10% de Harina de Arveja) la que presenta un mayor porcentaje de lisina (78%) y la de menor porcentaje de lisina fue de la formulación 7 (6% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 2% de Harinade Arveja) con 62%.

Tabla 28: Valores de Lisina de Cada Formulación de Cupcakes

Formulaciones	Harina de Ajonjolí desgrasada	Harina de Arveja	Harina de Ajonjolí desgrasada (%)	Harina de Arveja (%)	Lisina
1	-1	-1	2	3	63
2	+1	-1	10	3	65
3	-1	+1	2	9	76
4	+1	+1	10	9	76
5	- α	0	0	6	70
6	α	0	12	6	71
7	0	- α	6	2	62
8	0	α	6	10	78
9	0	0	6	6	70
10	0	0	6	6	70
11	0	0	6	6	70
Control	-	-	-	-	56

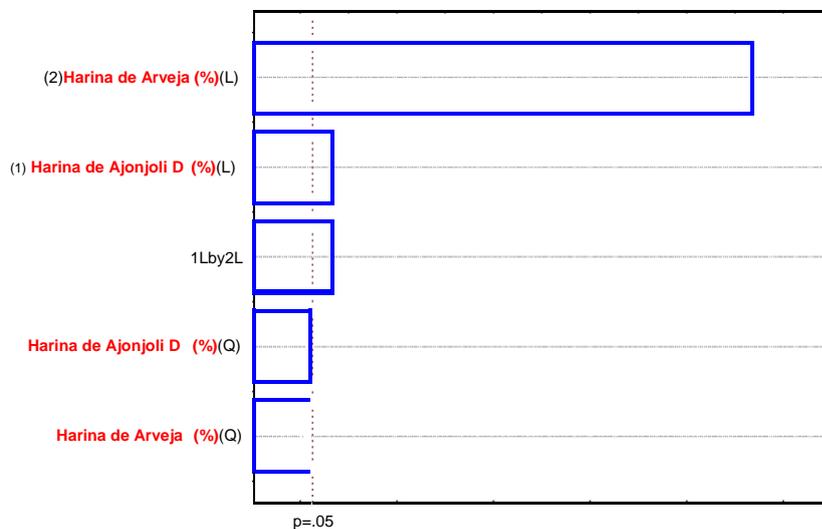
$\alpha= 1.4142$

*Resultados de Lisina Obtenidos matemáticamente a través del Computo Químico
 Como se puede observar en la gráfica 3, el % de harina de arveja tiene un alto efecto significativo que el % de harina de ajonjolí desgrasada ($p<0.05$) así como también la interacción de los dos, sobre el

aminoácido lisina que corresponde al cómputo químico de los cupcakes.

Esto es fundamentado por Reeds, (2000), quien menciona que las semillas oleaginosas, así como los cereales, son deficitarios en aminoácidos como la lisina, pero contienen gran cantidad de otros aminoácidos esenciales, como la valina, fenilalanina, leucina, isoleucina, metionina, histidina y cisteína. Por otro lado, las leguminosas son ricas en lisina (3 veces más de lo que contiene los cereales), conviene mezclarlo con las otras dos, para elevar el nivel de aminoácidos. Los alimentos vegetales más ricos en lisina son, la soya, arvejas, algarroba, judías, lentejas, quinua, amaranto, garbanzos, entre otros.

Según Guevara, (2016) refieren que la lisina es un aminoácido esencial que el organismo no puede sintetizarlo, y por lo tanto debe ser aportado a la dieta. Este aminoácido es de gran importancia para el crecimiento adecuado, útil también para absorber el calcio, y desempeña un papel importante en la formación de colágeno.



Gráfica 3 : Diagrama de Pareto para el Aminoácido Lisina del Cómputo Químico de los Cupcakes

Un modelo matemático de segundo orden fue obtenido para la respuesta de lisina, cuyo coeficiente de regresión fue de 99.94%, esto indica que

este valor está bien ajustado a la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales.

Excluyendo los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 99.88%, 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.

A través de los resultados obtenidos, en la tabla 29, fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, demostrando en números rojos, valores estadísticos significativos al 5% de significancia.

Tabla 29: Coeficientes de Regresión para el Aminoácido Lisina del Cómputo Químico de los Cupcakes

	Coeficientes de Regresión	Error Estándar	t (5)	p – valor*
Media	56.005	0.444	126.198	0.000000
(1) X (%) (L)	0.219	0.069	3.185	0.024393
X (%) (Q)	0.011	0.004	2.652	0.045321
(2) Y (%) (L)	2.343	0.119	19.615	0.000006
Y (%) (Q)	-0.008	0.009	-0.856	0.431087
1L x 2L	-0.042	0.007	-5.657	0.002398

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja, L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

*Valores estadísticamente significativos ($p < 0.05$)

Se obtuvo un modelo codificado que muestra la posible función de la harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja sobre el aminoácido lisina, la cual se representa en la ecuación 1.

$$\text{Lisina} = 56.005 + 0.219X + 0.011X^2 + 2.343Y - 0.008Y^2 - 0.042XY \dots (1)$$

Donde:

X=Harina de Ajonjolí Parcialmente Desgrasada (%)

Y=Harina de Arveja (%)

Reforzamos la validez de este modelo realizando un análisis de varianza (tabla 30). Se verifica que el $F_{\text{calculado}}$ (F) es mayor que el F_{tabulado} (P), indicando que el modelo que describe la respuesta de Lisina en función de las variables independientes es altamente significativo. Habiendo demostrado la bondad de ajuste del modelo con el R^2 y la prueba F, se puede construir superficies de respuesta.

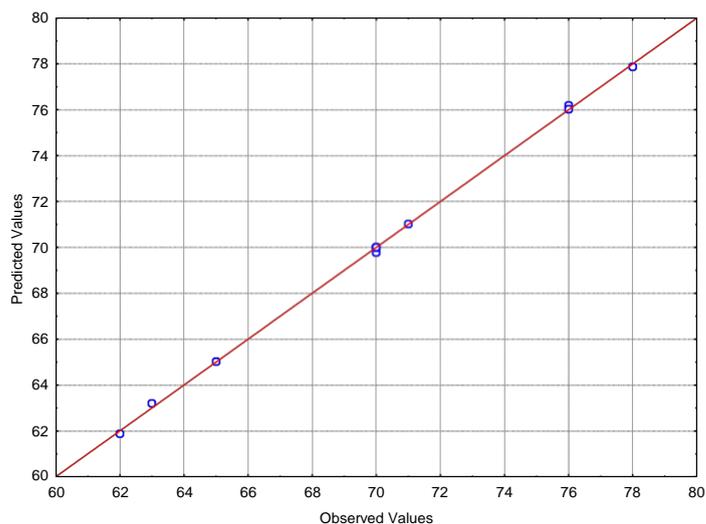
Tabla 30: Análisis de Varianza para el aminoácido Lisina de Cupcakes

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabulado (P)
(1) X (%) (L)	1.4412	1	1.4412	46.124	0.001053
X (%) (Q)	0.2197	1	0.2197	7.033	0.045321
(2) Y (%) (L)	272.0000	1	272.0000	8705.210	0.000000
Y (%) (Q)	0.0229	1	0.0229	0.733	0.431087
1L x 2L	1.0000	1	1.0000	32.004	0.002398
Error	0.1562	5	0.0312		
Total	274.9091	10			

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja, L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

$$R^2 = 99.94\%, R^2 \text{Ajustado} = 99.88\%$$

Para el modelo se obtienen valores de $R^2 = 99.94\%$, y $R^2 \text{Ajustado} = 99.88\%$, ubicándose en los límites permisibles. En la gráfica 4 se muestra la representación de los valores experimentales con los valores predichos de la respuesta Lisina. De esta figura podemos decir que todos los puntos describen una trayectoria recta, infiriendo que los datos para Lisina son normales. Según Gutierrez y De la Vara, (2008), indican que los valores deseables de R^2 deben ser próximos a 100. En general, para fines de predicción se recomienda un coeficiente de determinación ajustado de al menos 70%.



Gráfica 4: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el contenido de Lisina en Cupcakes

Los modelos son significativos, tal como se demuestra en el análisis de varianza, por tanto, es válido la construcción de sus respectivas superficie respuesta y grafica de contornos.

En la gráfica 5a se observa que a medida que aumenta el porcentaje de harina de arveja, el contenido de lisina en cupcakes aumenta, mientras que el porcentaje de harina de ajonjolí desgrasada es menos significativo, por lo que no afecta, en gran manera, si se aumenta o disminuye. Según menciona Oelke *et al.*, (1991), la arveja tiene altos niveles de lisina, aminoácido cuyo contenido es bajo en los granos de cereales. Consecuentemente, puede suplementar los bajos niveles de proteínas presentes en cereales y alimentos procesados producidos en base a granos de cereales. La harina de arveja es valorada no solo como una fuente proteica vegetal sino también, en parte, por sus particulares propiedades funcionales. El uso de proteínas vegetales como ingredientes funcionales en la industria alimenticia está aumentando y se ha puesto especial atención en el uso de arveja porque forma parte de la dieta humana en todo el mundo.

Mientras que los granos de cereal son relativamente bajos en proteínas totales y generalmente bajos en lisina, esos defectos pueden ser superados por la mezcla apropiada con productos de legumbres u

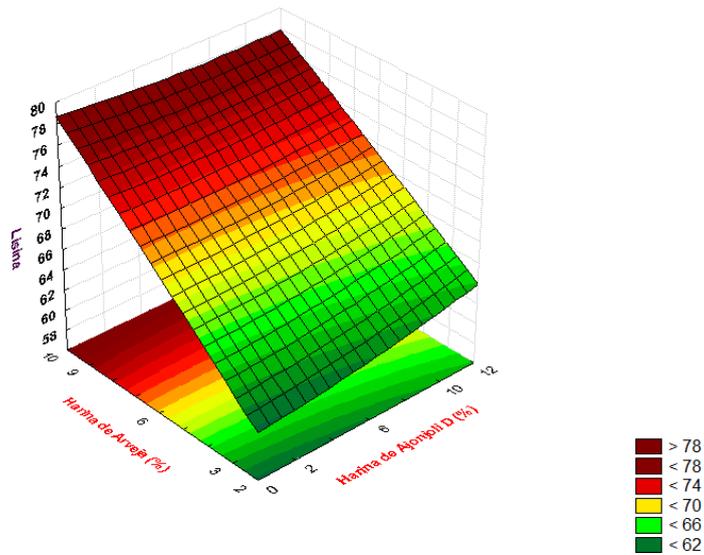
oleaginosas. El resultado más evidente de tal combinación es que la mezcla será más alta en proteínas que el componente de cereal solamente. Más allá de esto, sin embargo, las legumbres y varias semillas de oleaginosas mejorarán la calidad de las proteínas del cereal por la suplementación de las mismas con aminoácidos limitantes como la lisina (a veces triptófano o treonina). (Potter, 1980)

Por otro lado, las legumbres y algunas semillas de oleaginosas son deficientes en metionina mientras que los granos de cereales no lo son, y esto puede ser suplido por los granos de cereales. Tal balance mutuo de aminoácidos es conocido como complementación proteica. (Cheftel *et al.*, 1989)

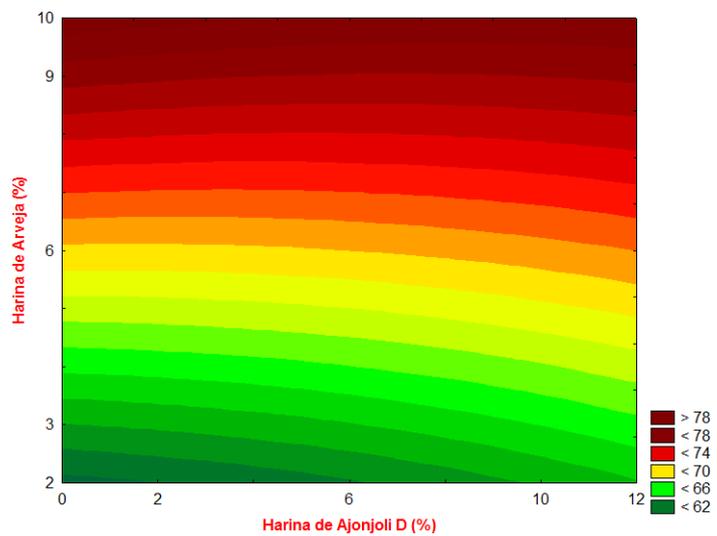
Los mejores valores de Lisina se dan en condiciones de entre 6% de harina de ajonjolí desgrasada y 10% de harina de arveja (Gráfica 5b).

En la tabla 29, se indicaba un modelo matemático que nos permitían definir una formulación que da un aminoácido Lisina alto, pero a través de la superficie respuesta y la gráfica de contornos, en lugar de valores exactos, nos permite definir intervalos altos en lisina para las proporciones de harina de ajonjolí desgrasada (0 a 12%) y harina de arveja (6 a 10%). Debemos tener en cuenta que esta región delimitada presenta valores altos de sustitución de harina de arveja, por lo que influye negativamente en el olor, sabor y textura sensorial, estudios realizado por Raidl y Klein (1983), observaron que en panes elaborados con adición de harina de soja y de harina de arveja, ésta última parecía tener más efectos adversos que la harina de soja en las propiedades físicas y sensoriales de los panes. Repetsky y Klein, (1981) sustituyeron hasta un 10% de harina de arveja en panes, mayores a este valor disminuyó en la aceptación sensorial. Alasino *et al.* (2008), refiere que vez la valoración sensorial del panel asignó los mayores puntajes a los panes con nivel de sustitución de 5% de harina de arveja, mayores porcentajes de harina de arveja producen un efecto negativo sobre el volumen y sobre los atributos sensoriales del pan.

Contando con lo anterior, es conveniente elegir las formulaciones que están dentro de la región delimitada por los valores del % de harina de Ajonjolí Desgrasada de 0 a 12% y % de Harina de Arveja de 5 a 8%, las formulaciones que se encuentra dentro de esta región son: F₅, F₆, F₉, F₁₀ y F₁₁, no obstante, estas formulaciones no tienen valores altos en Lisina, pero cumple con lo recomendado por WHO/FAO/UNU (2007), superando el límite mínimo de 70%.



(a)



(b)

Gráfica 5: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para el aminoácido Lisina en Cupcakes

4.3.2. Análisis Sensorial

4.3.2.1. Sabor Sensorial

En la tabla 31 muestra los resultados de sabor sensorial para cada formulación de cupcakes según el Diseño Compuesto Central Rotacional 2^2 (DCCR), considerando importante determinar el Análisis de Varianza (ANOVA), Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados, Grafica de linealidad de los valores experimentales con los valores predichos y Grafica de Superficie Respuesta y Contornos.

Tabla 31: Sabor Sensorial de los Cupcakes

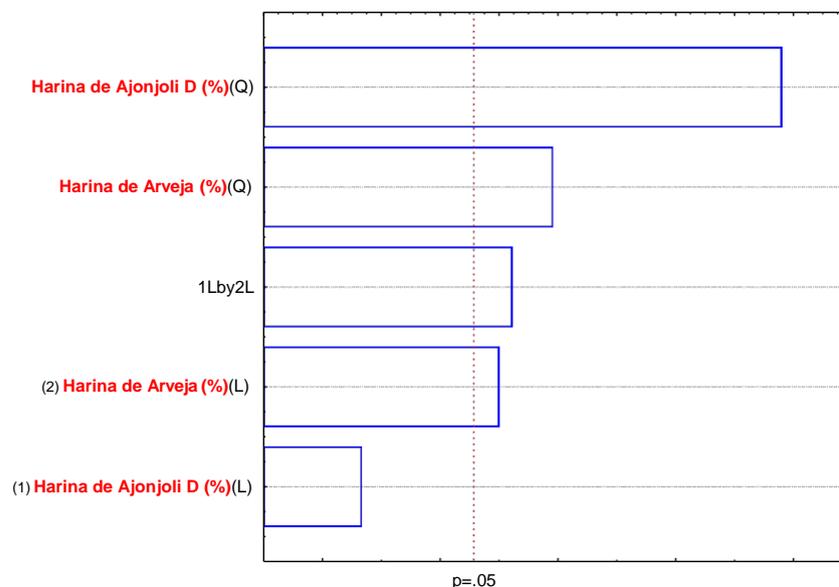
Formulaciones	Harina de Ajonjolí desgrasada	Harina de Arveja	Harina de Ajonjolí desgrasada (%)	Harina de Arveja (%)	Sabor
1	-1	-1	2	3	5.95
2	+1	-1	10	3	5.68
3	-1	+1	2	9	5.87
4	+1	+1	10	9	6.03
5	$-\alpha$	0	0	6	5.98
6	α	0	12	6	6.14
7	0	$-\alpha$	6	2	5.73
8	0	α	6	10	5.94
9	0	0	6	6	5.57
10	0	0	6	6	5.57
11	0	0	6	6	5.63
Control	-	-	-	-	5.50

$\alpha= 1.4142$

Los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones tuvieron puntuaciones de sabor sensorial que varía de 5.57 a 6.14 y con una puntuación de 5.50 con respecto al control, siendo la formulación 6 (12% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 6% de Harina de Arveja) la que presenta mayor aceptación (6.14%) por parte de los 30 panelistas. Las formulaciones 9 y 10 (6% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 6% de Harina de Arveja) tuvieron la menor aceptación (5.57). Cabe recalcar que las formulaciones 9, 10 y 11 son puntos

centrales de nuestro diseño, y observando sus puntuaciones, son mínimas las diferencias.

Como se puede observar en la gráfica 6 el % de Harina de ajonjolí desgrasada tiene un alto efecto significativo que el % de harina de arveja ($p < 0.05$) y la interacción de los dos, sobre el sabor sensorial.



Gráfica 6: Diagrama de Pareto para la variable respuesta sabor de los Cupcakes

Se obtuvo un modelo matemático de segundo orden para la variable respuesta sabor, cuyo coeficiente de regresión fue de 94.35%, esto indica que este valor está bien ajustado a la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales.

Excluyendo los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 88.70%, 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.

A través de los resultados obtenidos, en la tabla 32, fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error

experimental) y p-valor, demostrando en números rojos, valores estadísticos significativos al 5% de significancia.

Tabla 32: Coeficientes de Regresión para la variable respuesta Sabor de los Cupcakes

	Coeficientes de Regresión	Error Estándar	t (5)	p – valor*
Media	6.673	0.168	39.828	0.000000
(1) X (%) (L)	-0.199	0.026	-7.648	0.000608
X (%) (Q)	0.012	0.002	7.801	0.000555
(2) Y (%) (L)	-0.190	0.045	-4.224	0.008299
Y (%) (Q)	0.013	0.003	3.916	0.011225
1L x 2L	0.009	0.003	3.222	0.023425

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja, L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

*Valores estadísticamente significativos (p<0.05)

Se obtuvo un modelo codificado que muestra la posible función de la harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja sobre la respuesta sabor, la cual se representa en la ecuación 2.

$$\text{Sabor} = 6.673 - 0.199X + 0.0124X^2 - 0.190Y + 0.013Y^2 + 0.009XY \dots (2)$$

Donde:

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada (%)

Y=Harina de Arveja (%)

Reforzamos la validez de este modelo realizando un análisis de varianza (tabla 33). Se verifica que el $F_{\text{calculado}}$ (F) es mayor que el F_{tabulado} (P), indicando que el modelo que describe la respuesta de Sabor sensorial en función de las variables independientes es altamente significativo. Habiendo demostrado la bondad de ajuste del modelo con el R^2 y la prueba F, se puede construir superficies de respuesta.

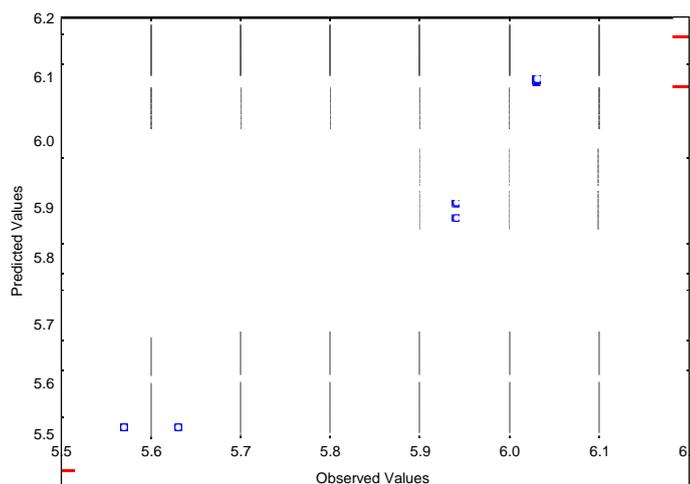
**Tabla 33: Análisis de Varianza para la variable respuesta
sabor de Cupcakes**

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabulado (P)
(1) X (%) (L)	0.002	1	0.0020	0.44640	0.533648
X (%) (Q)	0.271	1	0.2710	60.85363	0.000555
(2) Y (%) (L)	0.040	1	0.0400	8.98909	0.030162
Y (%) (Q)	0.068	1	0.0683	15.33652	0.011225
1L x 2L	0.046	1	0.0462	10.37848	0.023425
Error	0.022	5	0.0045		
Total	0.394	10			

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja, L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

$$R^2 = 94.35\%, R^2_{\text{Ajustado}} = 88.70\%$$

Para el modelo se obtienen valores de $R^2 = 94.35\%$, y $R^2_{\text{Ajustado}} = 88.70\%$, ubicándose en los límites permisibles. En la gráfica 7 se muestra la representación de los valores experimentales con los valores predichos de la respuesta sabor. De esta figura podemos decir que la mayoría de los puntos describen una trayectoria recta, por lo que los datos para sabor son relativamente normales. Según Gutierrez y De la Vara, (2008), los valores deseables de R^2 deben ser próximos a 100. En general, para fines de predicción se recomienda un coeficiente de determinación ajustado de al menos 70%.



Gráfica 7 : Linealidad de los valores experimentales con los predichos para la variable respuesta sabor en Cupcakes

Los modelos son significativos, tal como se demuestra en el análisis de varianza, por tanto, es válida la construcción de sus respectivas superficie respuesta y grafica de contornos.

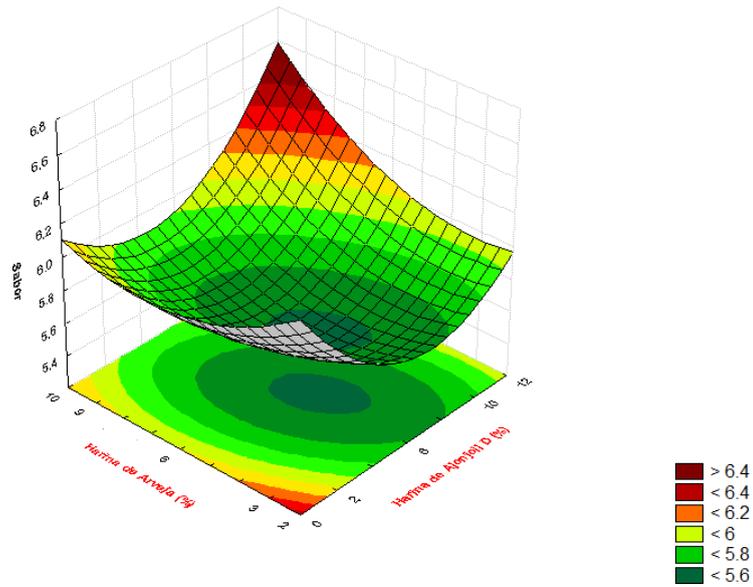
En la gráfica 8a se observa que a medida que aumenta los porcentajes de harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja, se obtuvo una mayor aceptación para la variable sabor sensorial en cupcakes, ambas variables independientes son altamente significativas.

Los mejores valores de aceptación para la variable sabor se dan en condiciones de entre 12% de harina de ajonjolí desgrasada y de 10% de harina de arveja (Gráfica 8b).

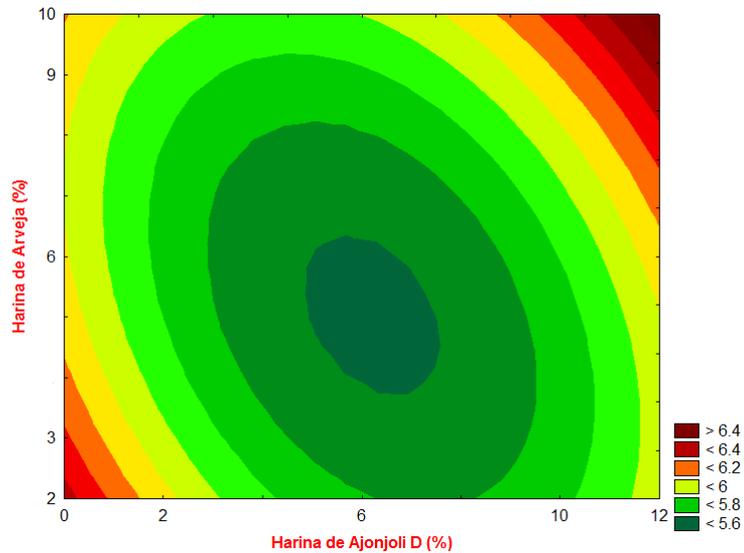
En la tabla 32, se indicaba un modelo matemático que nos permitían definir una formulación con una puntuación de sabor sensorial alto, pero a través de la superficie respuesta y la gráfica de contornos, en lugar de valores exactos, nos permite definir intervalos altos en sabor sensorial para las proporciones de harina de ajonjolí desgrasada (10 a 12%) y harina de arveja (6 a 10%). Dentro de esta región delimitada se encuentran las formulaciones: F₄ y F₆.

Los diferentes sabores que establecen los alimentos panaderos, mayormente está relacionado con la presencia de lipoxigenasa activa, que se encarga de producir la aparición de olores y sabores desagradables. Por lo tanto, esta lipoxigenasa debe inactivarse mediante la acción de un calentamiento moderado. Las condiciones de esta inactivación enzimática han sido ampliamente estudiadas por varios autores (Alasino *et al.*, 2008).

Según López (2015) en los últimos tiempos, la disponibilidad de los nutrientes de este alimento, así como sus propiedades funcionales beneficiosas han despertado interés y ha aumentado la demanda de esta legumbre en preparaciones de alimentos destinadas a la alimentación geriátrica e infantil.



(a)



(b)

Gráfica 8: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para la variable Sabor en Cupcakes

4.3.2.2. Textura Sensorial

En la tabla 34 muestra los resultados de textura sensorial para cada formulación de cupcakes según el Diseño Compuesto Central Rotacional 2^2 (DCCR), considerando importante determinar el Análisis de Varianza (ANOVA), Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados, Grafica de linealidad de los valores experimentales

con los valores predichos y Grafica de Superficie Respuesta y Contornos.

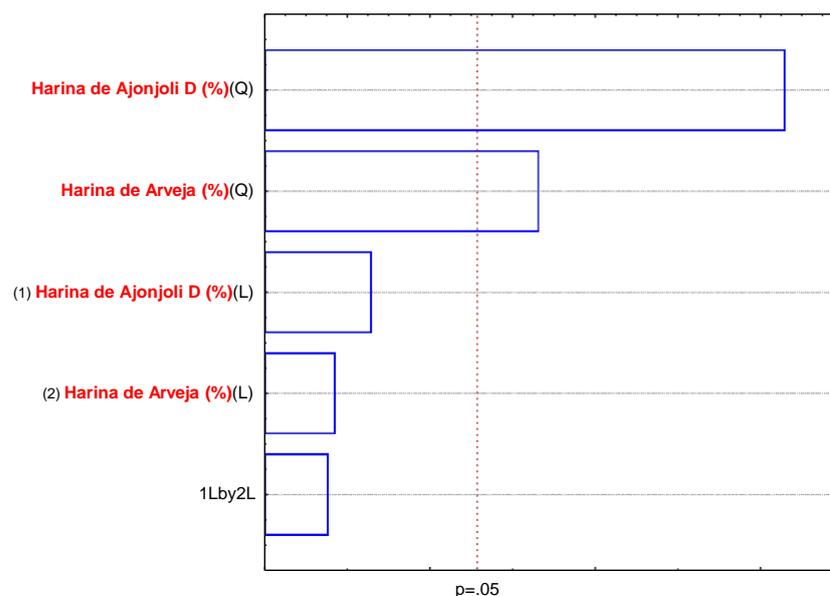
Tabla 34: Textura Sensorial de Cupcakes

Formulaciones	Harina de Ajonjolí desgrasada	Harina de Arveja	Harina de Ajonjolí desgrasada (%)	Harina de Arveja (%)	Textura Sensorial
1	-1	-1	2	3	5.92
2	+1	-1	10	3	5.85
3	-1	+1	2	9	5.94
4	+1	+1	10	9	5.68
5	- α	0	0	6	6.07
6	α	0	12	6	5.98
7	0	- α	6	2	5.53
8	0	α	6	10	5.86
9	0	0	6	6	5.30
10	0	0	6	6	5.48
11	0	0	6	6	5.30
Control	-	-	-	-	5.20

$\alpha= 1.4142$

Los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones tuvieron puntuaciones de textura sensorial que varía de 5.30 a 6.07 y con una puntuación de 5.20 con respecto al control, siendo la formulación 5 (0% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 6% de Harina de Arveja) la que presenta mayor aceptación (6.07%) por parte de los 30 panelistas. Las formulaciones 9 y 11 (6% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 6% de Harina de Arveja) tuvieron la menor aceptación (5.57). Cabe recalcar que las formulaciones 9, 10 y 11 son puntos centrales de nuestro diseño, y observando sus puntuaciones, no difieren en mucho sus puntajes.

Como se puede observar en la gráfica 9 el % de harina de ajonjolí desgrasada tiene un alto efecto significativo; el % de harina de arveja ($p<0.05$) también es significativo sobre la textura sensorial.



Gráfica 9: Diagrama de Pareto para la variable respuesta textura sensorial de los Cupcakes

Se obtuvo un modelo matemático de segundo orden para la variable textura sensorial, cuyo coeficiente de regresión fue de 89.99%, esto indica que este valor está bien ajustado a la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales.

Excluyendo los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 79.98%, 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.

A través de los resultados obtenidos, en la tabla 35, fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, demostrando en números rojos, valores estadísticos significativos al 5% de significancia.

**Tabla 35: Coeficientes de Regresión para la variable respuesta
Textura de los Cupcakes**

	Coeficientes de Regresión	Error Estándar	t (5)	p – valor*
Media	6.647	0.310	21.419	0.000004
(1) X (%) (L)	-0.212	0.048	-4.410	0.006957
X (%) (Q)	0.019	0.003	6.294	0.001489
(2) Y (%) (L)	-0.216	0.084	-2.588	0.048979
Y (%) (Q)	0.021	0.006	3.318	0.021043
1L x 2L	-0.004	0.005	-0.769	0.476897

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja,
L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

*Valores estadísticamente significativos (p<0.05)

Se obtuvo un modelo codificado que muestra la posible función de la harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja sobre la respuesta textura sensorial, la cual se representa en la ecuación 3.

$$\text{Textura} = 6.647 - 0.212X + 0.019X^2 - 0.216Y + 0.021Y^2 - 0.004XY \dots (3)$$

Donde:

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada (%)

Y=Harina de Arveja (%)

Reforzamos la validez de este modelo realizando un análisis de varianza (tabla 36). Se verifica que el $F_{\text{calculado}}$ (F) es mayor que el F_{tabulado} (P), indicando que el modelo que describe la respuesta de Textura Sensorial en función de las variables independientes es altamente significativo. Habiendo demostrado la bondad de ajuste del modelo con el R^2 y la prueba F, se puede construir superficies de respuesta.

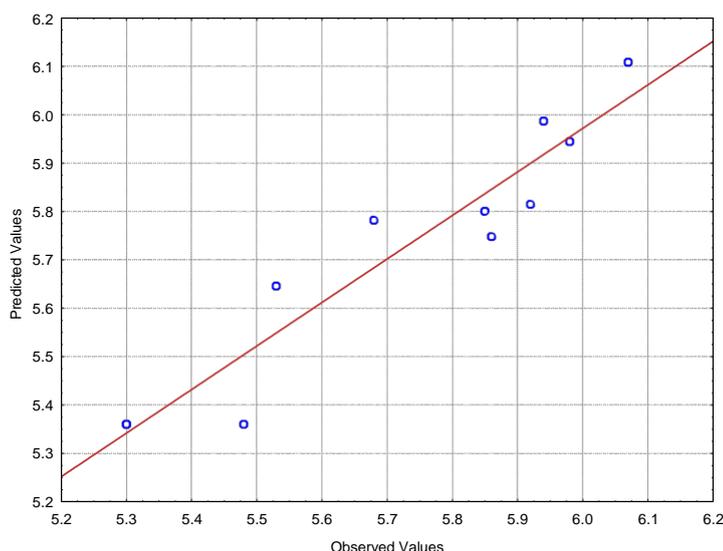
Tabla 36: Análisis de Varianza para la variable respuesta Textura Sensorial de Cupcakes

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabulado (P)
(1) X (%) (L)	0.0254	1	0.0254	1.66469	0.253415
X (%) (Q)	0.6054	1	0.6054	39.61748	0.001489
(2) Y (%) (L)	0.0111	1	0.0111	0.72841	0.432374
Y (%) (Q)	0.1683	1	0.1683	11.01228	0.021043
1L x 2L	0.0090	1	0.0090	0.59060	0.476897
Error	0.0764	5	0.0153		
Total	0.7631	10			

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja, L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

$$R^2 = 89.99\%, R^2_{\text{Ajustado}} = 79.98\%$$

Para el modelo se obtienen valores de $R^2 = 89.99\%$, y $R^2_{\text{Ajustado}} = 79.98\%$, ubicándose en los límites permisibles. En la Gráfica 10 se muestra la representación de los valores experimentales con los valores predichos de la respuesta textura. De esta figura podemos decir que la mayoría de los puntos describen una trayectoria recta, por lo que los datos para textura sensorial son relativamente normales.



Gráfica 10: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para la variable respuesta textura en Cupcakes

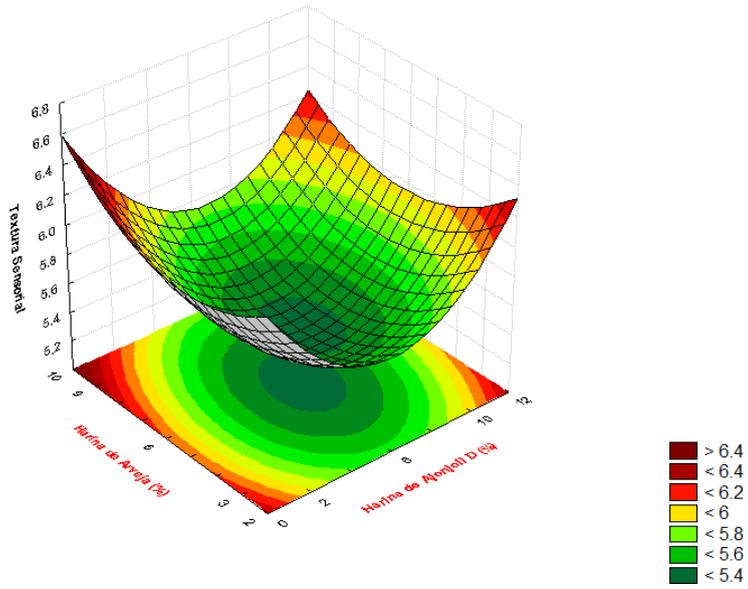
Los modelos son significativos, tal como se demuestra en el análisis de varianza, por tanto, es válida la construcción de sus respectivas superficies de respuesta y gráficas de contornos.

En la gráfica 11a se observa que la disminución del porcentaje de harina de ajonjolí desgrasada, el puntaje de aceptación con respecto a la textura sensorial en cupcakes aumenta.

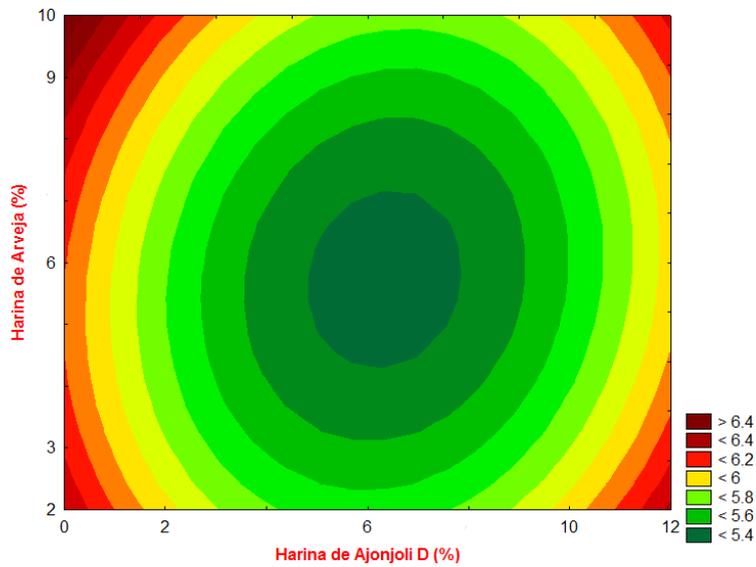
El porcentaje de harina de arveja es menos significativo, pero a medida que aumenta, la aceptación para la textura sensorial también aumenta.

Los mejores puntajes para la textura sensorial se dan en condiciones de entre 0% de harina de ajonjolí desgrasada y 10% de harina de arveja (Gráfica 11b)

En la tabla 35, se indicaba un modelo matemático que nos permitiera definir una formulación con una puntuación de textura sensorial alta, pero a través de la superficie de respuesta y la gráfica de contornos, en lugar de valores exactos, nos permite definir puntajes altos en textura sensorial para las proporciones de harina de ajonjolí desgrasada (0 a 2% y 11 a 12%) y harina de arveja (6 a 10%). Dentro de esta región delimitada se encuentran las formulaciones: F₃, F₅ y F₆.



(a)



(b)

Gráfica 11: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para la variable textura sensorial en Cupcakes

4.3.2.3. Olor Sensorial

En la tabla 37 muestra los resultados de olor sensorial para cada formulación de cupcakes según el Diseño Compuesto Central Rotacional 2² (DCCR), considerando importante determinar el Análisis de Varianza (ANOVA), Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados, Grafica de linealidad de los valores experimentales con los valores predichos y Grafica de Superficie Respuesta y Contornos.

Tabla 37: Olor Sensorial de Cupcakes

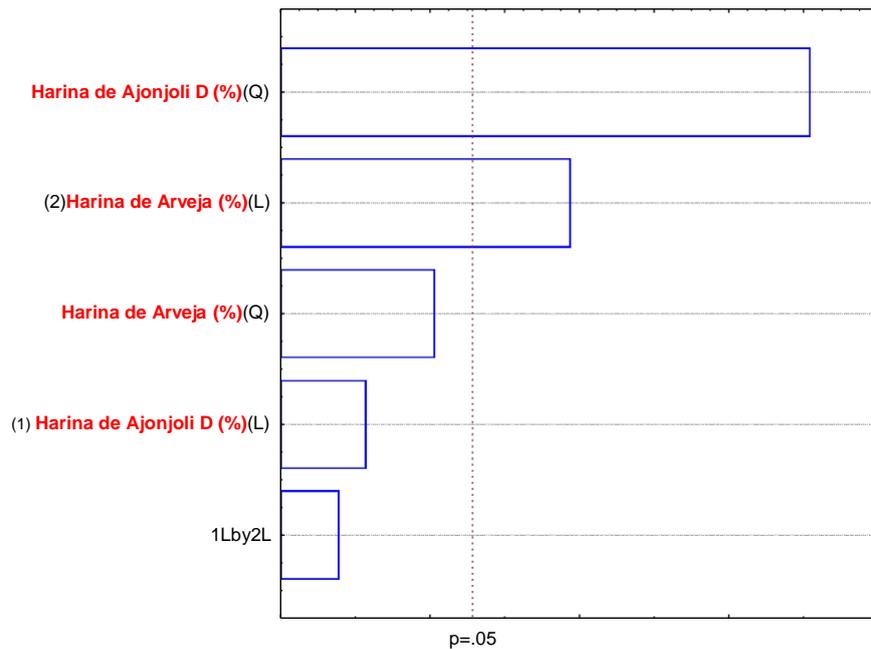
Formulaciones	Harina de Ajonjolí desgrasada	Harina de Arveja	Harina de Ajonjolí desgrasada (%)	Harina de Arveja (%)	Olor Sensorial
1	-1	-1	2	3	5.33
2	+1	-1	10	3	5.41
3	-1	+1	2	9	4.97
4	+1	+1	10	9	4.86
5	- α	0	0	6	5.39
6	α	0	12	6	5.68
7	0	- α	6	2	5.16
8	0	α	6	10	4.87
9	0	0	6	6	4.79
10	0	0	6	6	4.73
11	0	0	6	6	4.73
Control	-	-	-	-	5.50

$\alpha= 1.4142$

Los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones tuvieron puntuaciones de olor sensorial que varía de 4.73 a 5.68 y con una puntuación de 5.50 con respecto al control, siendo la formulación 6 (12% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 6% de Harina de Arveja) la que presenta mayor aceptación (5.68%) por parte de los 30 panelistas. Las formulaciones 10 y 11 (6% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 6% de Harina de Arveja) tuvieron la menor aceptación (4.73). Cabe recalcar que las formulaciones 9, 10 y 11 son puntos

centrales de nuestro diseño, y observando sus puntuaciones, no difieren en mucho.

Como se puede observar en la gráfica 12 el % de harina de ajonjolí desgrasada tiene un alto efecto significativo ($p < 0.05$) a diferencia que el porcentaje de harina de arveja, que es menos significativo en cuanto al puntaje de olor sensorial de cupcakes.



Gráfica 12: Diagrama de Pareto para la variable respuesta olor sensorial de los Cupcakes

Se obtuvo un modelo matemático de segundo orden para la variable respuesta olor sensorial, cuyo coeficiente de regresión fue de 93.08%, esto indica que este valor está bien ajustado a la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales.

Excluyendo los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo R^2 para el modelo ajustado es de 86.16%, 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.

A través de los resultados obtenidos, en la tabla 38, fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos en estudio y

la interacción de las variables independientes, el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, demostrando en números rojos, valores estadísticos significativos al 5% de significancia.

Tabla 38: Coeficientes de Regresión para la variable respuesta Olor de los Cupcakes

	Coeficientes de Regresión	Error Estándar	t (5)	p – valor*
Media	6.082	0.305	19.931	0.000006
(1) X (%) (L)	-0.210	0.047	-4.450	0.006702
X (%) (Q)	0.021	0.003	7.091	0.000864
(2) Y (%) (L)	-0.188	0.082	-2.288	0.070784
Y (%) (Q)	0.013	0.006	2.064	0.093996
1L x 2L	-0.004	0.005	-0.782	0.469792

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja, L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

*Valores estadísticamente significativos (p<0.05)

Se obtuvo un modelo codificado que muestra la posible función de la harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja sobre la respuesta olor sensorial, la cual se representa en la ecuación 4.

$$\text{Olor} = 6.082 - 0.210X + 0.021X^2 - 0.188Y + 0.013Y^2 - 0.004XY \dots (4)$$

Donde:

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada (%)

Y=Harina de Arveja (%)

Reforzamos la validez de este modelo realizando un análisis de varianza (tabla 39). Se verifica que el $F_{\text{calculado}}$ (F) es mayor que el F_{tabulado} (P), indicando que el modelo que describe la respuesta de Olor Sensorial en función de las variables independientes es altamente significativo. Habiendo demostrado la bondad de ajuste del modelo con el R^2 y la prueba F, se puede construir superficies de respuesta.

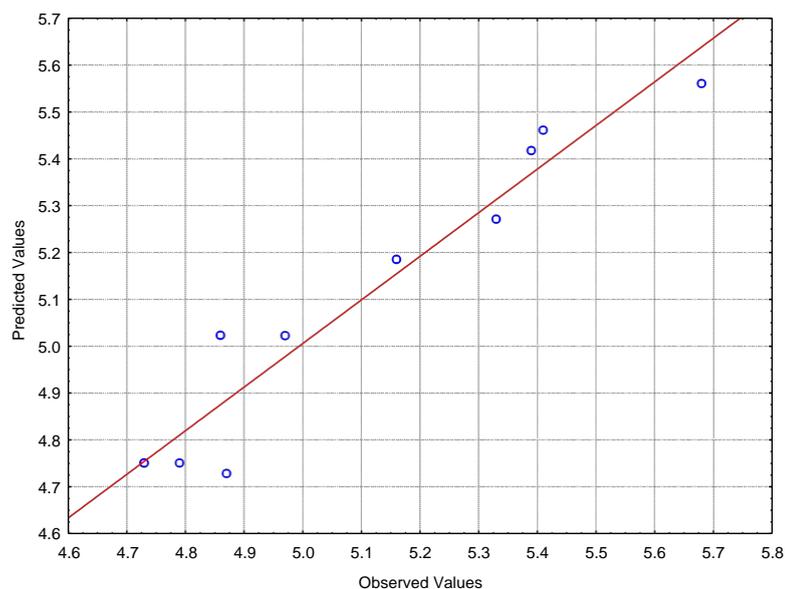
Tabla 39: Análisis de Varianza para la variable respuesta Olor Sensorial de Cupcakes

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabulado (P)
(1) X (%) (L)	0.0193	1	0.0193	1.30640	0.304805
X (%) (Q)	0.7427	1	0.7427	50.28265	0.000864
(2) Y (%) (L)	0.2225	1	0.2225	15.06526	0.011625
Y (%) (Q)	0.0629	1	0.0629	4.25865	0.093996
1L x 2L	0.0090	1	0.0090	0.61099	0.469792
Error	0.0739	5	0.0148		
Total	0.7631	10			

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja, L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

$$R^2 = 93.08\%, R^2_{\text{Ajustado}} = 86.16\%$$

Para el modelo se obtienen valores de $R^2 = 93.08\%$, y $R^2_{\text{Ajustado}} = 86.16\%$, ubicándose en los límites permisibles. En la gráfica 13 se muestra la representación de los valores experimentales con los valores predichos de la respuesta Olor. De esta figura podemos decir que, en su gran mayoría, los puntos describen una trayectoria recta, por lo que los datos para olor sensorial son relativamente normales.



Gráfica 13: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para la variable respuesta Olor en Cupcakes

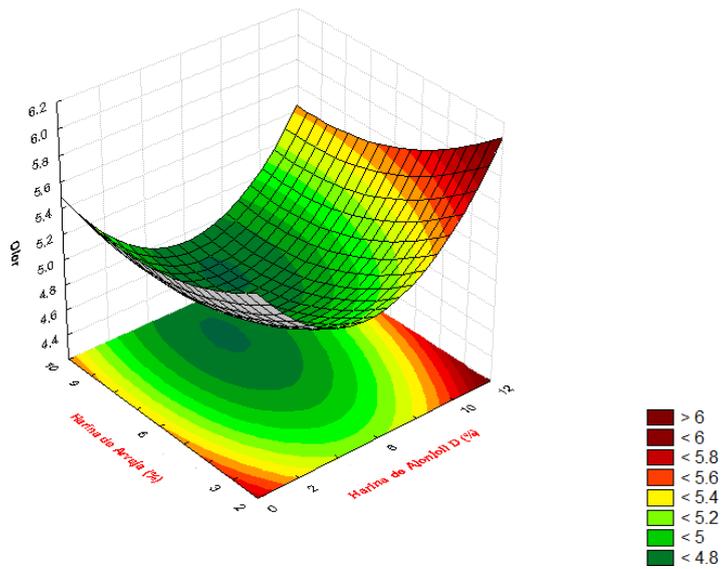
Las variables independientes son significativas, tal como se demuestra en el análisis de varianza, por tanto, es válido la construcción de sus respectivas superficie respuesta y grafica de contornos.

En la gráfica 14a se observa que, al aumentar el porcentaje de harina de ajonjolí desgrasada, el puntaje de aceptación con respecto al olor sensorial en cupcakes aumenta.

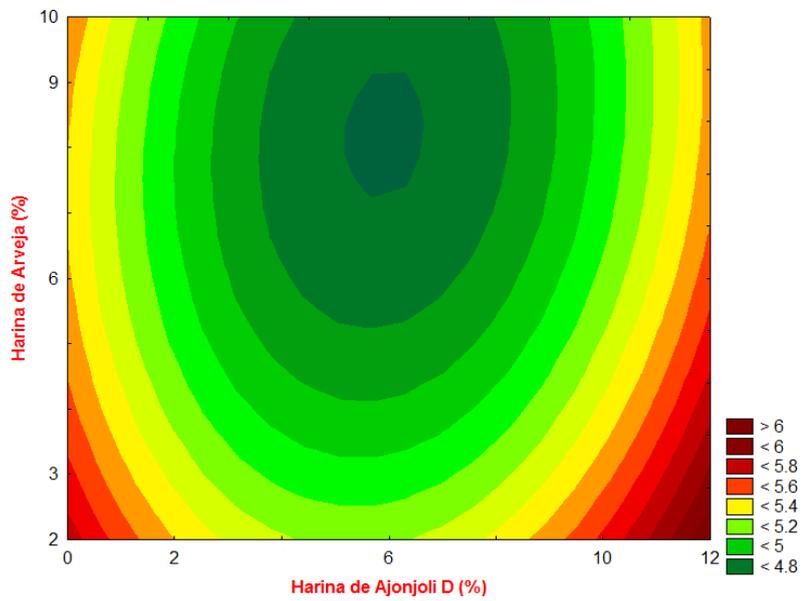
El porcentaje de harina de arveja es menos significativo, a medida que disminuye, el puntaje de aceptación para el olor sensorial aumenta.

Los mejores puntajes de aceptación para el olor sensorial se dan en condiciones de entre 12% de harina de ajonjolí desgrasada y 0% de harina de arveja (Gráfica 14b)

En la tabla 38, se indicaba un modelo matemático que nos permitían definir una formulación con una puntuación de olor sensorial alto, pero a través de la superficie respuesta y la gráfica de contornos, en lugar de valores exactos, nos permite definir puntajes altos en olor sensorial para las proporciones de harina de ajonjolí desgrasada que va de 10% a 12% y harina de arveja de 2% a 6%. Dentro de esta región delimitada se encuentran las formulaciones: F₂ y F₆.



(a)



(b)

Gráfica 14: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para la variable Olor sensorial en Cupcakes

4.3.2.4. Color Sensorial

En la tabla 40 muestra los resultados de color sensorial para cada formulación de cupcakes según el Diseño Compuesto Central Rotacional 2^2 (DCCR), considerando importante determinar el Análisis de Varianza (ANOVA), Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados, Grafica de linealidad de los valores experimentales con los valores predichos y Grafica de Superficie Respuesta y Contornos.

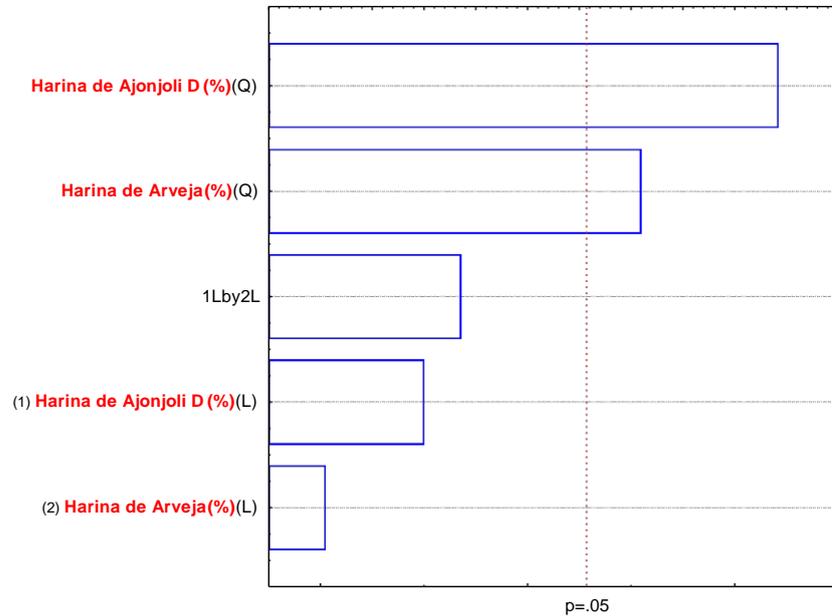
Tabla 40: Color Sensorial de Cupcakes

Formulaciones	Harina de Ajonjolí desgrasada	Harina de Arveja	Harina de Ajonjolí desgrasada (%)	Harina de Arveja (%)	Color Sensorial
1	-1	-1	2	3	5.69
2	+1	-1	10	3	5.49
3	-1	+1	2	9	5.60
4	+1	+1	10	9	5.66
5	$-\alpha$	0	0	6	5.57
6	α	0	12	6	5.85
7	0	$-\alpha$	6	2	5.63
8	0	α	6	10	5.56
9	0	0	6	6	5.28
10	0	0	6	6	5.34
11	0	0	6	6	5.37
Control	-	-	-	-	5.70

$\alpha= 1.4142$

Los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones tuvieron puntuaciones de color sensorial que varía de 5.28 a 5.85 y con una puntuación de 5.70 con respecto al control, siendo la formulación 6 (12% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 6% de Harina de Arveja) la que presenta mayor aceptación (5.85%) por parte de los 30 panelistas. La formulación 9 (6% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 6% de Harina de Arveja) tuvo la menor aceptación (5.28). Cabe recalcar que las formulaciones 9, 10 y 11 son puntos centrales de nuestro diseño, y observando sus puntuaciones, no difieren en mucho.

Se puede observar en la gráfica 15 que el % de harina de ajonjolí desgrasada tiene un alto efecto significativo ($p < 0.05$) sobre color sensorial de cupcakes siguiéndole el % de harina de arveja, que es menos significativa.



Gráfica 15: Diagrama de Pareto para la variable respuesta color sensorial de los Cupcakes

Se obtuvo un modelo matemático de segundo orden para la variable respuesta olor sensorial, cuyo coeficiente de regresión fue de 83.83%, esto indica que este valor está bien ajustado a la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales.

A través de los resultados obtenidos, en la tabla 40, fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, demostrando en números rojos, valores estadísticos significativos al 5% de significancia.

**Tabla 41: Coeficientes de Regresión para la variable
respuesta Color Sensorial de los Cupcakes**

	Coeficientes de Regresión	Error Estándar	t (5)	p – valor*
Media	6.391	0.241	26.556	0.000001
(1) X (%) (L)	-0.145	0.037	-3.896	0.011451
X (%) (Q)	0.010	0.002	4.423	0.006874
(2) Y (%) (L)	-0.216	0.065	-3.333	0.020713
Y (%) (Q)	0.015	0.005	3.096	0.026977
1L x 2L	0.005	0.004	1.356	0.233071

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja,
L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

*Valores estadísticamente significativos (p<0.05)

De la tabla 41, se obtuvo un modelo codificado que muestra la posible función de la harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja sobre la respuesta color sensorial, la cual se representa en la ecuación 5.

$$\text{Color} = 6.391 - 0.145X + 0.010X^2 - 0.2160Y + 0.015Y^2 + 0.005XY \dots (5)$$

Donde:

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada (%)

Y=Harina de Arveja (%)

Reforzamos la validez de este modelo realizando un análisis de varianza (tabla 42). Se verifica que el $F_{\text{calculado}}$ (F) es mayor que el F_{tabulado} (P), indicando que el modelo que describe la respuesta de Color Sensorial en función de las variables independientes es altamente significativo. Habiendo demostrado la bondad de ajuste del modelo con el R^2 y la prueba F, se puede construir superficies de respuesta.

Tabla 42: Análisis de Varianza para la variable respuesta Color de Cupcakes

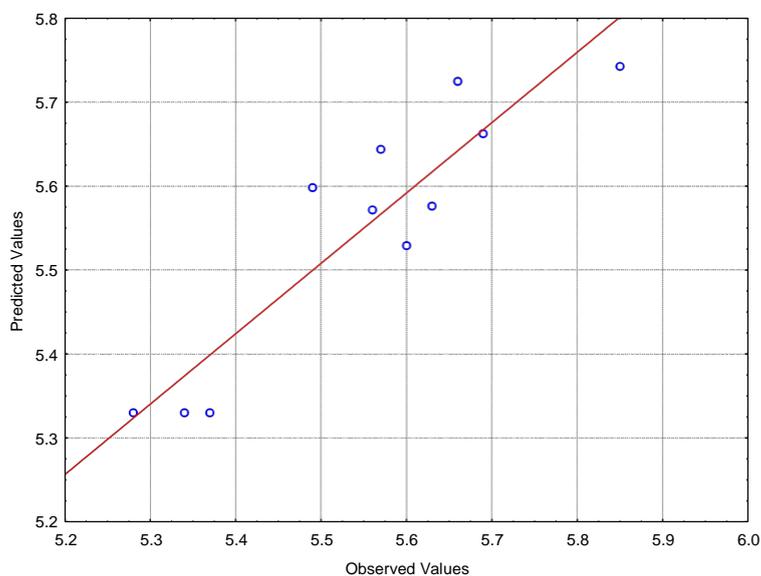
Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabulado (P)
(1) X (%) (L)	0.0092	1	0.0092	1.00378	0.362388
X (%) (Q)	0.1798	1	0.1797	19.56070	0.006874
(2) Y (%) (L)	0.0000	1	0.0000	0.00256	0.961601
Y (%) (Q)	0.0881	1	0.0880	9.58481	0.026977
1L x 2L	0.0169	1	0.0169	1.83920	0.233071
Error	0.0459	5	0.0092		
Total	0.284091	10			

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja,

L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

$$R^2 = 83.83\%$$

Para el modelo se obtienen valores de $R^2 = 83.83\%$. En la gráfica 16 se muestra la representación de los valores experimentales con los valores predichos de la respuesta Color. De esta figura podemos decir que, hay algunos puntos que describen una trayectoria recta, por lo que los datos para olor sensorial son relativamente normales.



Gráfica 16: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para la variable respuesta Color en Cupcakes

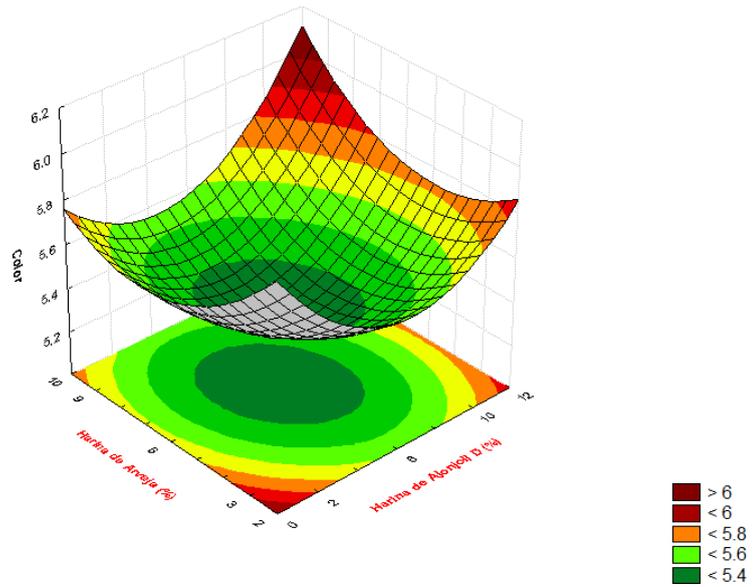
Las variables independientes son significativas, tal como se demuestra en el análisis de varianza, por lo que sí es válido la construcción de sus respectivas superficie respuesta y grafica de contornos.

En la gráfica 17a se observa que, al aumentar el porcentaje de harina de ajonjolí desgrasada, el puntaje de aceptación con respecto al olor sensorial en cupcakes aumenta.

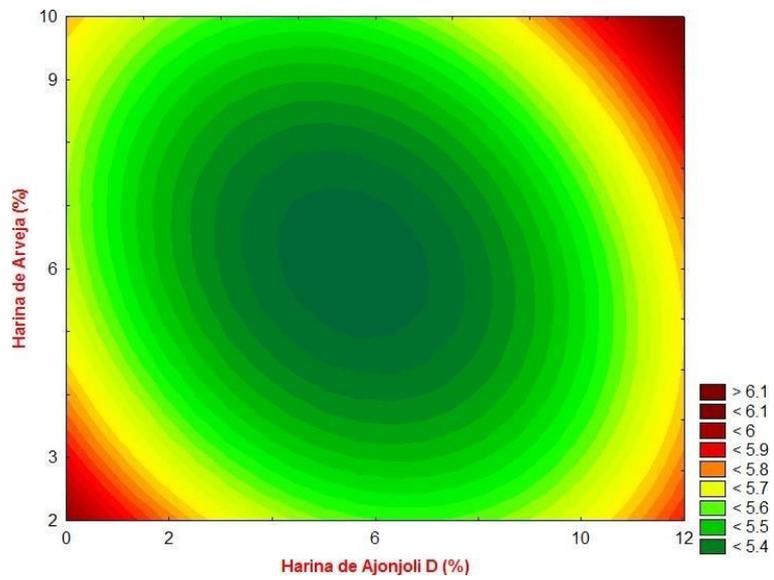
El porcentaje de harina de arveja es menos significativo, pero a medida que aumenta, el puntaje de aceptación para el color sensorial aumenta.

Los mejores puntajes de aceptación para el color sensorial se dan en condiciones de entre 12% de harina de ajonjolí desgrasada y 10% de harina de arveja (Gráfica 17b).

En la tabla 41, se indicaba un modelo matemático que nos permitían definir una formulación con una puntuación de color sensorial alto, desarrollando las gráficas de la superficie respuesta y contornos, en lugar de valores exactos, nos permite definir puntajes altos en color sensorial para las proporciones de harina de ajonjolí desgrasada que va de 10% a 12% y harina de arveja de 6% a 10%. Dentro de esta región delimitada se encuentran las formulaciones: F_4 y F_6 , donde la formulación F_6 (12% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 6% de Harina de Arveja) es la que obtuvo el mayor puntaje para el color sensorial.



(a)



(b)

Gráfica 17: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para la variable Color sensorial en Cupcakes

4.3.3. Volumen Específico

En la tabla 43 muestra los resultados de volumen específico (cm³/g) para cada formulación de cupcakes según el Diseño Compuesto Central Rotacional 2² (DCCR), considerando importante determinar el Análisis de Varianza (ANOVA), Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados, Grafica de linealidad de los valores experimentales con los valores predichos y Grafica de Superficie Respuesta y Contornos.

Tabla 43: Volumen específico de los Cupcakes

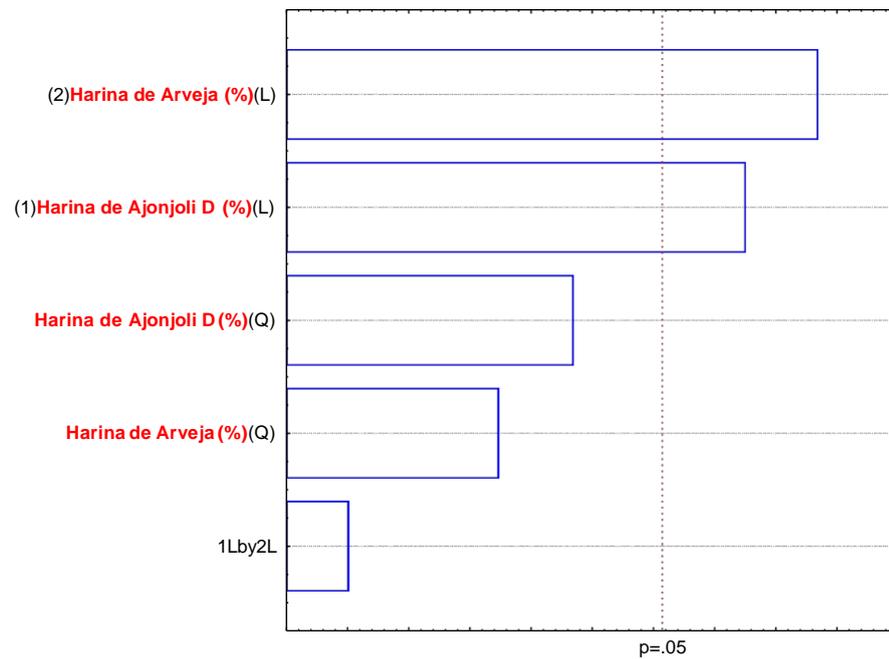
Formulaciones	Harina de Ajonjolí desgrasada	Harina de Arveja	Harina de Ajonjolí desgrasada (%)	Harina de Arveja (%)	Volumen Específico (cm ³ /g)
1	-1	-1	2	3	2.0232
2	+1	-1	10	3	1.8196
3	-1	+1	2	9	1.9065
4	+1	+1	10	9	1.7038
5	- α	0	0	6	2.0187
6	α	0	12	6	1.9156
7	0	- α	6	2	1.9631
8	0	α	6	10	1.6687
9	0	0	6	6	1.8679
10	0	0	6	6	1.8952
11	0	0	6	6	1.8318
Control	-	-	-	-	2.0259

$\alpha= 1.4142$

Según los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones presentaron un volumen específico entre 1.6687 cm³/g (F8) y 2.0232 cm³/g (F1), teniendo la formulación control un valor de 2.0259 cm³/g. Asimismo las formulaciones de cupcakes 9, 10 y 11 (6% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 6% de Harina de Arveja) son de puntos centrales que presentan valores similares lo que nos indica la buena repetividad del proceso.

Se puede observar en la gráfica 18 que el % harina de arveja tiene un alto efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el volumen específico de cupcakes

siguiéndole el % Harina de ajonjolí desgrasada, que es menos significativa.



Gráfica 18: Diagrama de Pareto para la variable respuesta volumen específico de los Cupcakes

Se obtuvo un modelo matemático de segundo orden para la variable respuesta volumen específico, cuyo coeficiente de regresión fue de 86.58%, esto indica que este valor está bien ajustado a la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales.

A través de los resultados obtenidos, en la tabla 44, fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos en estudio y la interacción de las variables independientes, el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental) y p-valor, demostrando en números rojos, valores estadísticos significativos al 5% de significancia.

**Tabla 44: Coeficientes de Regresión para la variable respuesta
Volumen Específico de los Cupcakes**

	Coeficientes de Regresión	Error Estándar	t (5)	p – valor*
Media	2.089	0.148	14.070	0.000033
(1) X (%) (L)	-0.048	0.023	-2.077	0.092386
X (%) (Q)	0.003	0.001	1.847	0.124081
(2) Y (%) (L)	0.017	0.040	0.433	0.683201
Y (%) (Q)	-0.004	0.003	-1.235	0.271758
1L x 2L	0.00002	0.002	0.008	0.994222

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja,

L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

*Valores estadísticamente significativos (p<0.05)

De la tabla 44, se obtuvo un modelo codificado que muestra la posible función de la harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja sobre la respuesta volumen específico, la cual se representa en la ecuación 6.

$$\text{Volumen Específico} = 2.089 - 0.048X + 0.003X^2 + 0.017Y - 0.004Y^2 + 0.00002XY \dots (6)$$

Donde:

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada (%)

Y=Harina de Arveja (%)

Reforzamos la validez de este modelo realizando un análisis de varianza (tabla 51). Se verifica que el $F_{\text{calculado}}$ (F) es mayor que el F_{tabulado} (P), indicando que el modelo que describe la respuesta de Volumen Específico en función de las variables independientes es significativo. Habiendo demostrado la bondad de ajuste del modelo con el R^2 y la prueba F, se puede construir superficies de respuesta.

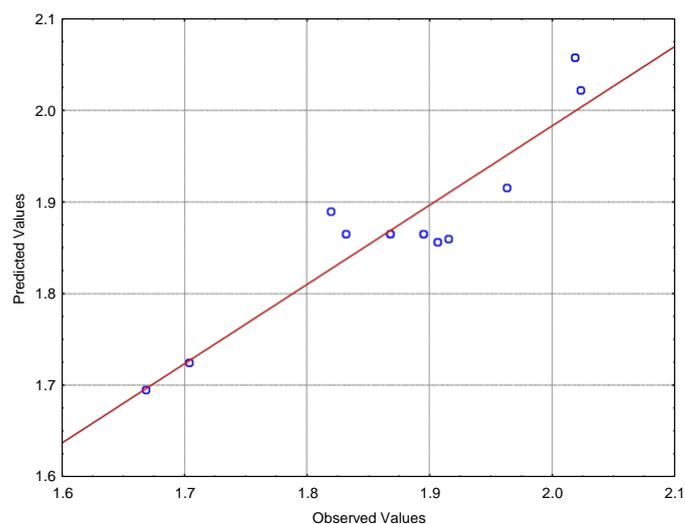
Tabla 45: Análisis de Varianza para la variable Volumen Específico de Cupcakes

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabulado (P)
(1) X (%) (L)	0.0370	1	0.0370	10.5876	0.022599
X (%) (Q)	0.0119	1	0.0119	3.4101	0.124081
(2) Y (%) (L)	0.0517	1	0.0517	14.7880	0.012056
Y (%) (Q)	0.0053	1	0.0053	1.5248	0.271758
1L x 2L	0.0000	1	0.0000	0.0001	0.994222
Error	0.0175	5	0.0035		
Total	0.130267	10			

X=Harina de Ajonjolí Desgrasada, Y=Harina de Arveja, L=Término lineal, Q=Término Cuadrático.

$$R^2 = 86.58\%$$

Para el modelo se obtienen valores de $R^2 = 86.58\%$, ubicándose en los límites permisibles. En la Gráfica 19 se muestra la representación de los valores experimentales con los valores predichos de la respuesta Volumen Específico. De esta figura podemos decir que algunos de los puntos describen una trayectoria recta, infiriendo que los datos para Volumen Específico son normales. Según Gutierrez & De la Vara, (2008), indican que los valores deseables de R^2 deben ser próximos a 100. En general, para fines de predicción se recomienda un coeficiente de regresión de al menos 70%.



Gráfica 19: Linealidad de los valores experimentales con los predichos para el Volumen Específico en Cupcakes

Se demostró en el análisis de varianza, que las variables independientes son significativas, por lo que sí es válido la construcción de sus respectivas superficie respuesta y grafica de contornos.

En la gráfica 20a se observa que, al disminuir el porcentaje de harina de ajonjolí desgrasada y el porcentaje de harina de arveja, el volumen específico en cupcakes aumenta.

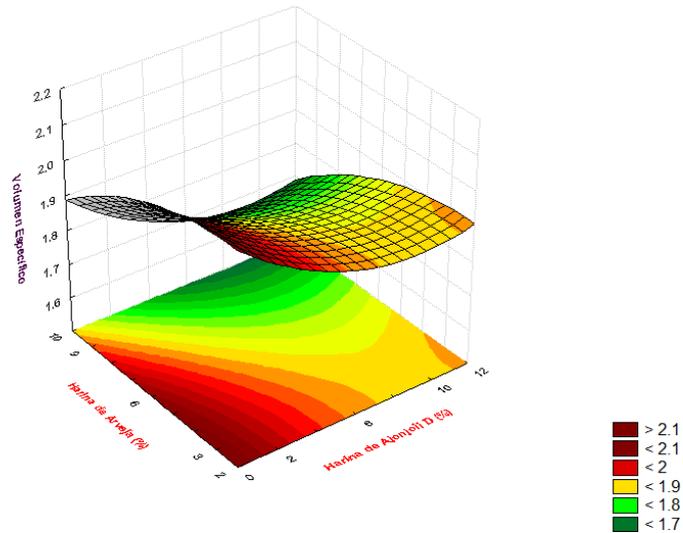
El mejor volumen específico se da en condiciones entre 0% de harina de ajonjolí desgrasada y 2% de harina de arveja (Gráfica 20b).

En la tabla 44, se indicaba un modelo matemático que nos permitían definir una formulación con volumen específico alto, desarrollando las gráficas de la superficie respuesta y contornos, en lugar de valores exactos, nos permite definir volúmenes específicos altos, para las proporciones de harina de ajonjolí desgrasada que va de 0% a 2% y harina de arveja de 2% a 4%. Con estos porcentajes, se obtiene un volumen específico (cm^3/g) cercano al control, pero el porcentaje de Lisina no es tan alto, por lo que se debe optar por un rango apropiado en donde se mantenga un equilibrio de volumen específico (buena apariencia para el consumidor) y cantidad proteica (alto valor nutricional). Para que el cupcake tenga estas características se debe elegir de 0% a 12% de Harina de Ajonjolí Desgrasada y 3% a 7% de Harina de Arveja. Las formulaciones de cupcakes que se encuentran dentro de estos rangos son F₁, F₂, F₅, F₆ y F₁₀.

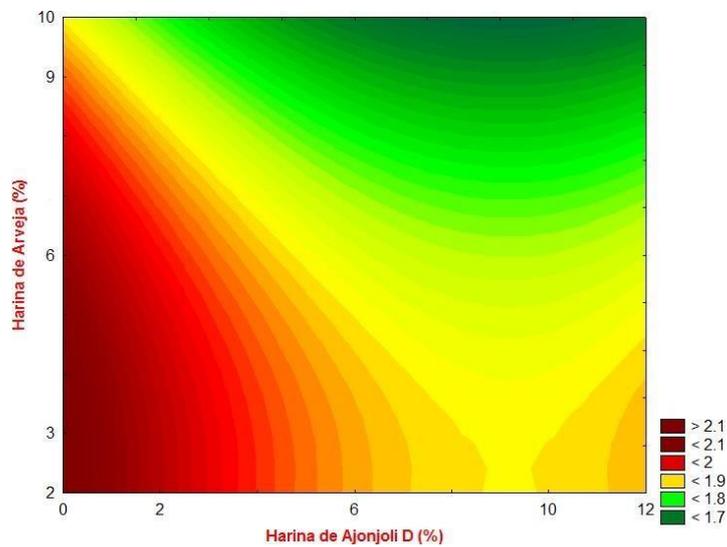
Con el uso de 2% de harina de ajonjolí desgrasada y 9% de Harina de Arveja, el volumen del producto no es afectado significativamente. Un estudio realizado por Mathewson & Pomeranz (1978), reportaron que una sustitución del 5 al 8% de harina de trigo por harinas oleaginosas no altera significativamente el volumen del pan ni modifica el vigor del gluten.

El aumento de volumen específico en productos de panificación como el cupcake, pan y otros está directamente relacionada con la cantidad de los gases producidos y la capacidad de retención de agua de estos gases por la masa hasta el final de la cocción. Durante las etapas del cremado y mezclado se genera la estructura del gluten, la cual retiene el gas producido durante la posterior fermentación para alcanzar el volumen deseado

(Clarke *et al.*, 2003). Según refiere Esteller & Lannes (2005) Cupcakes con bajo volumen específico presentan un producto poco atractivo para los consumidores. Esto se podría deber a la cantidad de proteínas (harinas, huevo, leche, etc.) presentes en la masa haciendo de esta una masapesada, es decir, con una mayor densidad y formando un producto con un volumen específico pequeño. Por otra parte, esta característica se compensa por la alta incorporación de aire durante el batido.



(a)



(b)

Gráfica 20: Superficie de Respuesta (a), Gráfica de Contornos (b) en función de los Porcentajes de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja para la variable Volumen Específico en Cupcakes

4.4. Elección de la formulación de mayor aceptabilidad

Tras la evaluación de las características tecnológicas y sensoriales, para elegir la mejor formulación, se consideró conveniente las variables de mayor relevancia de acuerdo con su valor nutricional (% Lisina), aceptabilidad sensorial (Sabor, Textura sensorial, Olor y Color) de parte de panelistas semi-entrenados y característica tecnológica (Volumen específico en cm^3/g).

En la tabla 46, se detalla los resultados de Superficie Respuesta y Gráficas de Contornos evaluados por el Diseño Compuesto Central Rotacional 2^2 (DCCR) de las variables de mayor relevancia para elección de nuestra mejor formulación. En la primera columna, se observa los atributos de mayor relevancia, en la segunda y tercera columna se detalla el porcentaje de sustitución de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja, con el fin de obtener los mayores resultados según cada variable dependiente.

En la última columna, se presenta las formulaciones que se hallan dentro de los rangos recomendados de sustitución de Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja.

Tabla 46: Resumen de los resultados de Superficie Respuesta Evaluados por el DCCR de los Atributos de mayor relevancia para la elección de la mejor formulación

Atributos de mayor relevancia	Harina de Ajonjolí Desgrasada	Harina de Arveja	Formulaciones				
	(% de sustitución)	(% de sustitución)					
Lisina	0 a 12%	5 a 8%	F ₅	F ₆	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
Sabor Sensorial	10 a 12%	6 a 10%	F ₄	F ₆			
Textura Sensorial	0 a 2% y 11 a 12%	6 a 10%	F ₃	F ₅	F ₆		
Olor Sensorial	10 a 12%	2 a 6%	F ₂	F ₆			
Color Sensorial	10 a 12%	6 a 10%	F ₄	F ₆			
Volumen Específico	0 a 12%	3 a 7%	F ₁	F ₂	F ₅	F ₆	F ₁₀

Según la tabla 47, las formulaciones destacadas dentro de los atributos evaluados fueron: F₅ y F₆. Se utilizó la metodología de Wittig de Penna *et al.*, (2003) con algunas modificaciones, la cual consiste en la evaluación mediante atributos ponderados, asignando pesos a cada uno, según tabla 53:

Tabla 47: Asignación de pesos para cada atributo Ponderado

ATRIBUTOS	W
Lisina	0.15
Sabor Sensorial	0.25
Textura Sensorial	0.25
Olor Sensorial	0.10
Color Sensorial	0.15
Volumen Específico	0.10
Suma	1.00

Fuente: Wittig de Penna *et al.*, 2003

Con los pesos (W) asignados, se multiplicó con sus respectivos promedios (\bar{x}) que fueron obtenidos durante los análisis realizados a cada atributo, para obtener la ponderación total por atributo (T_L, T_S, T_T, T_O, T_C y T_{VE}).

Por último, estos subtotales se sumaron para obtener el puntaje final (T), la cual se muestra en la tabla 47 desarrollando toda la metodología, obtendremos la mejor formulación de cupcake.

Tabla 48: Elección de la mejor formulación de cupcake según atributos ponderados

F	Lisina			Sabor Sensorial			Textura Sensorial			Olor Sensorial			Color Sensorial			Volumen Específico			T
	W	\bar{x}	T _L	W	\bar{x}	T _S	W	\bar{x}	T _T	W	\bar{x}	T _O	W	\bar{x}	T _C	W	\bar{x}	T _{VE}	
F ₅	0.15	70	10.50	0.25	5.98	1.50	0.25	6.07	1.52	0.10	5.39	0.54	0.15	5.57	0.84	0.10	2.02	0.20	15.10
F ₆	0.15	71	10.65	0.25	6.14	1.54	0.25	5.98	1.50	0.10	5.68	0.57	0.15	5.85	0.88	0.10	1.92	0.19	15.33

W=Peso; \bar{x} Promedio; T_L, T_S, T_T, T_O, T_C y T_{VE}=Total de ponderación para Lisina, Sabor, Textura, Olor, Color y Volumen específico respectivamente; T=Puntaje final.

Demostrado en la tabla 48 la formulación elegida que goza con mayor puntaje final es la F₆, compuesta por 12% Harina de Ajonjolí Desgrasada, 6% Harina de Arveja y 82% Harina de Trigo.

Da Graça Costa *et al.*, (2011) mezclaron harina de ajonjolí semidesgrasada (SDSC) de 0 a 20% con harina de maíz, para la elaboración de extruidos. En el análisis sensorial mostraron que el 20% de los productos con SDSC-Maíz eran aceptables y equilibrados nutricionalmente. El uso SDSC hasta en un 20% es una alternativa para mejorar el valor nutricional manteniendo buenas características sensoriales.

Repetsky y Klein, (1981) sustituyeron hasta un 10% de harina de arveja en panes, con la que obtuvieron una mayor aceptación sensorial, mayor al 10%, la aceptación sensorial disminuía significativamente. Alasino *et al.*, (2008) realizaron sustituciones del 5%, 10% y 15% de Harina de arveja por harina de trigo en panes, los panes que presentan mayores aptitudes sensoriales corresponden a aquellos de un 5% de harina de arveja con inactivación de lipoxigenasa a 1.0 y 1.5 minutos. No obstante, Alasino, (2009), considera una mejora en el valor nutricional y la disminución del deterioro tecnológico, adoptando niveles de sustitución de harina de arveja hasta un 10%.

La sustitución de la harina de trigo por harina de arveja puede ser una buena alternativa debido a sus propiedades nutricionales o beneficios económicos. La sustitución tiene un efecto positivo sobre las características sensoriales de los pasteles que de los bizcochos. Es posible lograr bizcochos muy similares en volumen y textura específicos a los de bizcocho control de harina de trigo con la sustitución del 50% de harina de trigo por harina de arveja o fracción de concentrado de almidón; en pasteles la máxima sustitución de harina de arveja fue del 25%. A diferencia de la fracción de almidón de la harina de trigo, la adición de la fracción de proteínas por parte de la harina de arveja tuvo un efecto negativo en la calidad sensorial del bizcocho, mas no en los pasteles, debido a la poca presencia de la función estructural del almidón. (Gómez *et al.*, 2011).

4.5. Análisis de los cupcakes de Mayor aceptabilidad y Control

4.5.1. Caracterización Químico-Proximal del Cupcake

En la tabla 49 se observa la caracterización químico proximal tanto del cupcake control como el cupcake de mayor aceptabilidad.

Tabla 49: Composición porcentual (%) del Cupcake control y el de mayor aceptabilidad

Componentes (%)	Cupcake Control	Cupcake de mayor aceptabilidad
Humedad	22.36 ± 0.30	21.77 ± 0.14
Cenizas	0.38 ± 0.05	1.03 ± 0.10
Grasa	20.96 ± 0.67	22.67 ± 0.58
Proteína	8.18 ± 0.43	9.36 ± 0.03
Carbohidratos totales	48.13	44.98
Fibra dietaria total	2.56 ± 0.02	4.58 ± 0.15
Carbohidratos disponibles	45.57	40.40

Para todos los productos de panificación y bollería, según la norma técnica peruana NTP 206.011,1981 (Revisada el 2011) y la norma técnica Sanitaria para la Fabricación y Expendio de Productos de Panificación Galletería y Pastelería por RM N° 1020-2010/MINSA, la humedad es un parámetro sumamente importante, siendo el valor máximo permisible para este tipo de producto tener un 40% de humedad, entonces según la tabla 49, podemos observar que tanto el cupcake de mayor aceptabilidad como el control cumplieron con este requisito importante con un 22.36 ± 0.30% y 21.77 ± 0.14% respectivamente.

El porcentaje de cenizas observados en el cupcake de mayor aceptabilidad fue mayor que para el cupcake control con un 1.03 ± 0.1% y 0.38 ± 0.05% respectivamente (ver tabla 49), esto debido a que el primero está hecho a base no solo de harina de trigo sino de harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja, las cuales tienen valores superiores en contenido de cenizas (6.73 ± 0.06% y 2.46 ± 0.28%

respectivamente), dando lugar al elevado contenido de cenizas al producto final. El contenido máximo de ceniza permisible para este tipo de productos según Norma Técnica Sanitaria para la Fabricación y Expendio de Productos de Panificación Galletería y Pastelería por RM N° 1020-2010/MINSA, (2010) es de 3%, cumpliendo en ambos casos tanto nuestro cupcake control como el de mayor aceptabilidad, estando debajo de este valor.

El porcentaje de grasa del cupcake de mayor aceptabilidad fue mayor al contenido del cupcake control $22.67 \pm 0.58\%$ y $20.96 \pm 0.67\%$ respectivamente, esto sobre todo a que en la sustitución de la harina de trigo utilizamos harina de ajonjolí desgrasada con $26.969 \pm 1.680\%$ y esto proporcionó un incremento en la cantidad de grasa al cupcake.

El contenido de proteína para el cupcake de mayor aceptabilidad fue mayor al del control $9.36 \pm 0.03\%$ y 8.18 ± 0.43 , esto debido a que la harina de ajonjolí desgrasada y la harina de arveja contienen valores elevados de proteínas ($27.62 \pm 1.68\%$ y $21.24 \pm 1.38\%$ respectivamente), dando lugar a que el cupcake eleve considerablemente su porcentaje de proteína.

La cantidad total de carbohidratos incluye componentes que no son estrictamente hablando carbohidratos, tales como la fibra dietaria (FAO, 1996). Es por ello que al calcular la cantidad de carbohidratos totales no consideramos a la fibra dietaria en la resta ya que esta es considerada dentro de cantidad total. Ahora según la tabla 52 vemos que el cupcake control tiene una mayor cantidad de carbohidratos totales con un 48.13%, que el cupcake de mayor aceptabilidad con un 44.97%.

En el contenido de fibra dietaria se observó que el cupcake de mayor aceptabilidad fue mayor que en el cupcake control, esto debido a la alta cantidad de fibra dietaria que tiene la harina de ajonjolí desgrasada (21.979 %), utilizada en la mezcla.

El contenido de fibra en un alimento es esencial en la dieta del ser humano y presenta muchas cualidades funcionales, entre ellas la

habilidad de captar agua y en algunas reduce el contenido de glucosa en la sangre, su función principal es que tiene la capacidad de hincharse al absorber agua y, por lo tanto, de aumentar el volumen de la materia fecal; esto provoca un incremento en los movimientos peristálticos del intestino y facilita el tránsito, la distensión intestinal y, consecuentemente, la defecación; es decir, su acción primaria se lleva a cabo precisamente en el colon del ser humano (Badui, 2006).

Debido a que la fibra dietaria no contribuye a elevar los niveles de azúcar en la sangre ni aporta energía, se puede restar de los carbohidratos totales. El resultado de este cálculo simple proporciona la cantidad de carbohidratos disponibles, que también se llaman carbohidratos glucémicos, carbohidratos utilizables o carbohidratos netos. La FAO considera que el contenido de carbohidratos disponibles, que representa la cantidad de hidratos de carbono proporcionados para el metabolismo, es un concepto más útil en comparación con los carbohidratos totales (Raymond, 2016).

Finalmente vemos que la cantidad de carbohidratos disponibles es mayor en el cupcake control con un 45.568 %, que en el cupcake de mayor aceptabilidad con un 40.396%.

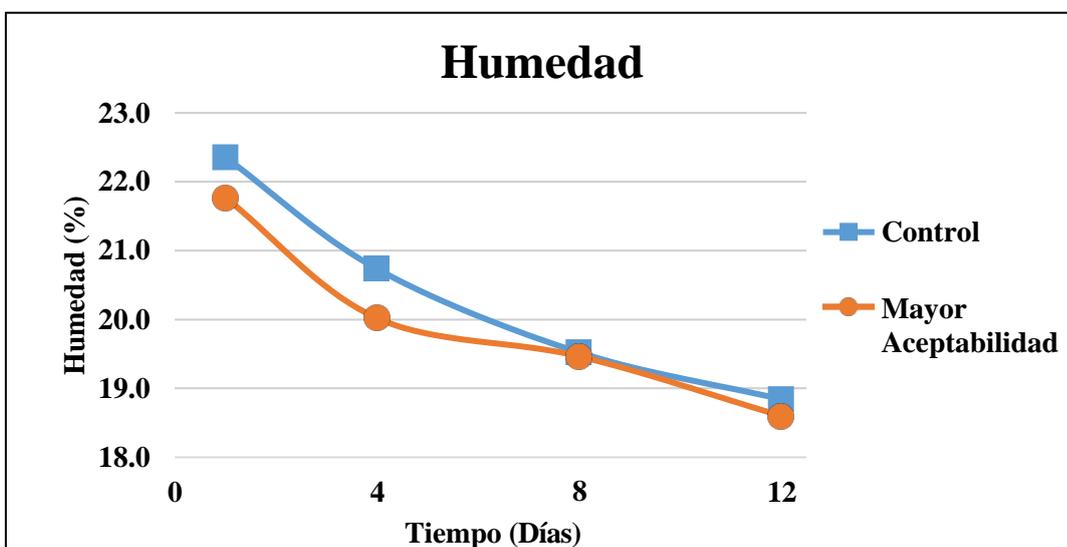
4.5.2. Caracterización Físicoquímica y Tecnológica del cupcake

4.5.2.1. Humedad

En la tabla 50 y en la gráfica 21, se muestran los resultados de los análisis de humedad tanto para el cupcake control como para el cupcake con mayor aceptabilidad, evaluados durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 50: Porcentaje de humedad del cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).

Tiempo (Días)	% HUMEDAD	
	Control	Mayor Aceptabilidad
1	22.3565 ± 0.3025	21.7703 ± 0.1386
4	20.7359 ± 0.3570	20.0195 ± 0.3143
8	19.5236 ± 0.1145	19.4651 ± 0.0333
12	18.8436 ± 0.1603	18.6000 ± 0.1020



Gráfica 21: Variación del Porcentaje de humedad del cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

En la tabla 50 se puede observar que al inicio del almacenamiento los cupcakes presentaron una humedad de, 22.3565 ± 0.3025 % y 21.7703 ± 0.1386 % para el cupcake control y el cupcake con mayor aceptabilidad respectivamente. Estos valores están dentro de los valores establecidos por la NTP.206.002:1981, revisada el 2011. Paulatinamente este valor fue disminuyendo a medida que avanzaban los días de almacenamiento hasta llegar al mínimo de 18.8436 ± 0.1603 % y 18.6000 ± 0.1020 % para el cupcake control y el cupcake con mejor formulación respectivamente a los 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

En la gráfica 21 podemos notar que el cupcake control tuvo mayor humedad que el cupcake de mayor aceptabilidad, sin embargo, según la tabla 50 vemos que la diferencia entre uno y otro no fue significativa durante los 12 días de almacenamiento.

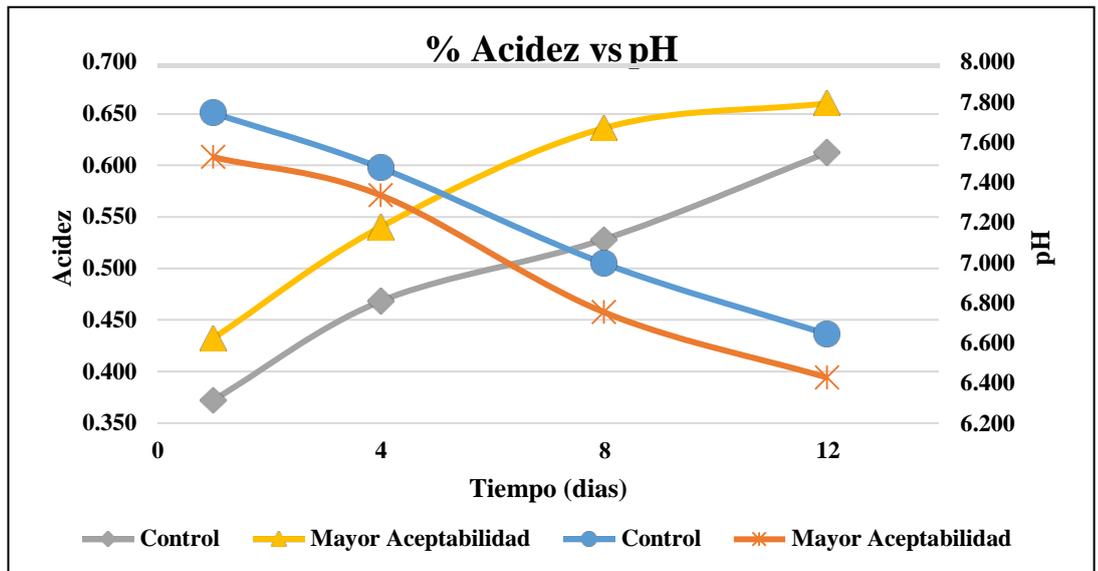
La pérdida de humedad presentada en los pasteles ocurre cuando se exponen en el ambiente, pero también dentro de la propia miga la humedad puede reabsorberse entre los ingredientes. El almidón en particular experimenta estos cambios y contribuye a dar las características de endurecimiento de la miga (Dendy *et al.*, 2003).

4.5.2.2. Acidez y pH

En la tabla 51 y en la gráfica 22, se muestran los resultados de la variación en almacenamiento de acidez titulable y el pH tanto para el cupcake control como para el cupcake con mayor aceptabilidad evaluados durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente. El porcentaje de acidez esta expresado en Meq-ácido láctico.

Tabla 51: Variación del % Acidez y pH de los cupcakes control y mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

Tiempo (Días)	% ACIDEZ		pH	
	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad
1	0.372 ± 0.0208	0.432 ± 0.0360	7.747 ± 0.1626	7.527 ± 0.3156
4	0.468 ± 0.0360	0.540 ± 0.0360	7.473 ± 0.2101	7.337 ± 0.0493
8	0.528 ± 0.0550	0.636 ± 0.0749	6.997 ± 0.1447	6.753 ± 0.3027
12	0.612 ± 0.0720	0.660 ± 0.0550	6.643 ± 0.2916	6.427 ± 0.1464



Gráfica 22: Variación del % de acidez y pH del cupcake control y el cupcake con mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Como se observa en la tabla 51 y en la gráfica 22, al inicio del almacenamiento el cupcake control presentó una acidez de 0.372 ± 0.0208 , y el cupcake de mayor aceptabilidad presentó una acidez de 0.432 ± 0.0360 . Se observa que el cupcake de mayor aceptabilidad contiene mayor porcentaje de acidez con respecto al control, a medida que avanzaban los días de almacenamiento el porcentaje de acidez iba en aumento, dando como resultado una acidez de $0.612 \pm 0.0720\%$ y $0.660 \pm 0.0550\%$ para el control y el de mejor formulación respectivamente. Estos datos obtenidos cumplen con la NTP 206.013, 1981 (revisada el 2011), la cual nos dice que debe tener como máximo 0.70% (expresada en ácido láctico) de acidez.

El pH de ambos cupcakes como se observa en la tabla 54 y la gráfica 28, disminuyen con el pasar de los días; ya que para el día 1 el cupcake control presentó un valor de $7.747 \pm 0.1626\%$, y para el día 12 tuvo un valor de pH de $6.643 \pm 0.2916\%$. Y para el cupcake de mayor aceptabilidad presentó un valor de $7.527 \pm 0.3156\%$ en el día 1 y disminuyó a $6.427 \pm 0.1464\%$ para el día 12.

Según Hugo, (2014), el contenido de proteínas de la harina, la cantidad de azúcar, los emulgentes y las grasas reducen el envejecimiento del producto pastelero, pero el manejar un pH adecuado durante toda la elaboración de estos productos garantiza el mantenimiento en el tiempo de los cupcake, frenando sobre todo el crecimiento de mohos, el pH optimó que garantiza una buena manufactura de los productos pastelero no debe superar el 5,35, pues con este pH se garantiza un producto terminado que mantendrá sus características en el tiempo. Pauling, (1994) recomienda el pH entre 4.0 a 5.8 para estos productos. Esto indica que tanto como el cupcake control como el de mayor aceptabilidad, obtuvieron un pH superior a estos valores, indicando que sus posibilidades de mantener sus características en el tiempo son menores.

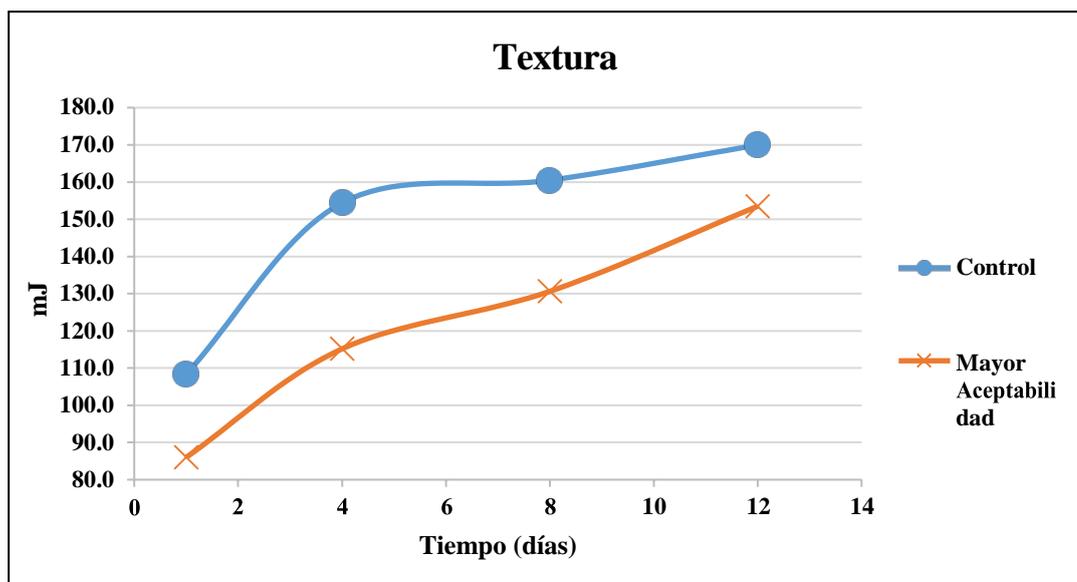
La variación de la acidez de los cupcakes se presenta inversamente proporcional a la del pH.

4.5.2.3. Textura

En la tabla 52 y la gráfica 23, se muestran los valores y las curvas obtenidas con el texturómetro para el análisis del perfil de textura de los cupcakes, formulación control y óptima, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).

Tabla 52: Variación de la textura de los cupcakes control y de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

Tiempo (Días)	TEXTURA (mJ)	
	Control	Mayor Aceptabilidad
1	108.315 ± 10.3025	85.990 ± 1.0182
4	154.380 ± 7.0286	115.160 ± 6.5620
8	160.455 ± 3.9669	130.610 ± 2.8709
12	169.940 ± 1.6829	153.490 ± 5.4730



Gráfica 23: Variación de la textura del cupcake control y del cupcake con mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Como se observa en la tabla 52, al comparar los valores de textura obtenidos en los cupcakes, se observó que el trabajo necesario para fracturar los cupcakes control y cupcake de mayor aceptabilidad fueron inicialmente de 108.315 ± 10.3025 mJ y 85.990 ± 1.0182 mJ respectivamente, notándose así que el cupcake control fue más duro que el cupcake de mayor aceptabilidad.

Según Claude, (2004), 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 modificaciones en el alisado de la superficie del bizcocho, de los crocantes y de la densidad. También (Magaña *et al.*, 2011 citado por Beltrán *et al.*, 2014) menciona que la firmeza en el pan está definida como el grado de fuerza requerida para penetrar la miga y/o corteza y que el incremento de la firmeza del pan durante su almacenamiento está relacionado con la pérdida de humedad y la retrogradación del almidón.

Como se observa en la gráfica 23, existe un aumento en la dureza del cupcake a medida que pasan los días de almacenamiento, esto está asociado principalmente con el endurecimiento de la miga. Según

Cauvain y Young, (2002) durante el almacenamiento, la miga generalmente se vuelve más dura, seca y desmenuzable y la corteza se ablanda y se vuelve correosa. El proceso global de envejecimiento está compuesto de dos subproductos separados: el efecto del endurecimiento provocado por la transferencia de la humedad de la miga hacia la corteza y el endurecimiento intrínseco del material de las paredes de los alveolos, que está asociado con la recristalización del almidón durante el almacenamiento.

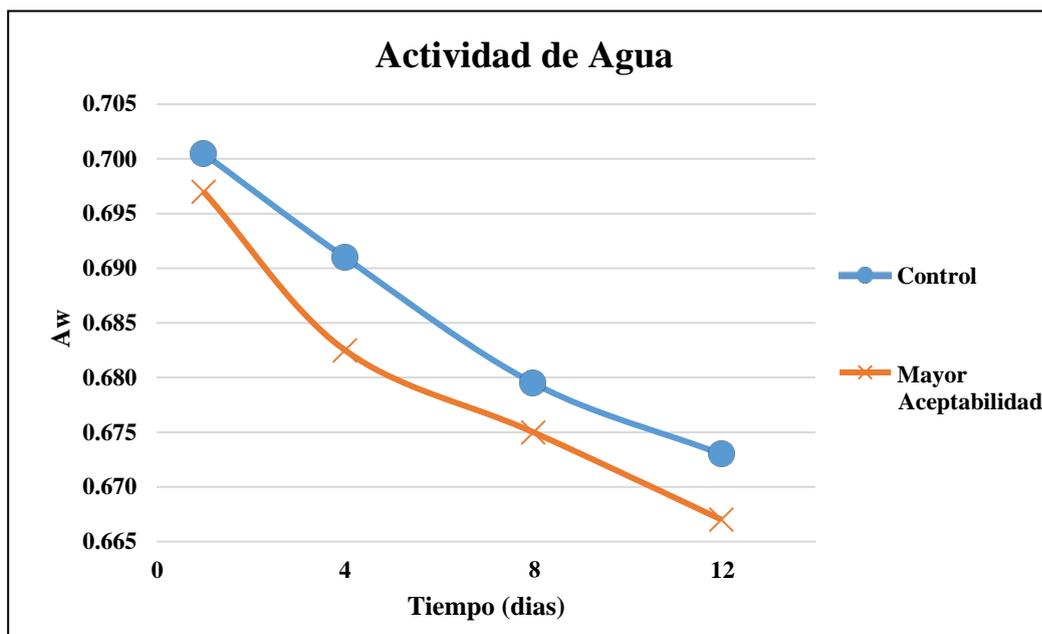
En el último día de almacenamiento, la textura del cupcake control fue de 169.940 ± 1.6829 mJ y del cupcake de mayor aceptabilidad fue de 153.490 ± 5.4730 mJ. Entonces podemos notar que, el cupcake control presento mayor dureza en comparación con el cupcake de mayor aceptabilidad, puesto que se empleaba mayor fuerza para romperlas.

4.5.2.4. Actividad de Agua

En la tabla 53 y la gráfica 24, se muestran los resultados del análisis de actividad de agua de los cupcakes, Control y de mayor aceptabilidad, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).

Tabla 53: Variación de la actividad de agua de los cupcakes control y de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

Tiempo (Días)	ACTIVIDAD DE AGUA	
	Control	Mayor Aceptabilidad
1	0.701 ± 0.006	0.697 ± 0.002
4	0.691 ± 0.006	0.683 ± 0.001
8	0.680 ± 0.012	0.675 ± 0.004
12	0.673 ± 0.007	0.667 ± 0.003



Gráfica 24: Variación de la actividad de agua del cupcake control y del cupcake con mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

En la tabla 53 observamos que, al inicio del almacenamiento, los cupcakes control y de mayor aceptabilidad presentaron una actividad de agua de 0.701 ± 0.006 y 0.697 ± 0.002 respectivamente. Luego al transcurrir los 12 días de almacenamiento, la actividad de agua fue disminuyendo, hasta valores de 0.673 ± 0.007 y 0.667 ± 0.003 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente. Coello, (2010), en su investigación observó una disminución de la aw (0.935 a 0.906) durante el tiempo de almacenamiento en el estudio de un queque tipo magdalena. Según Gray *et al.*, (2003), la disminución de aw en el producto durante el tiempo de almacenamiento se debe a la migración de agua de la miga hacia la corteza del producto, debido a las diferencias 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 aw 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.

En nuestra investigación observamos que, tanto el cupcake control como el de mayor aceptabilidad tuvieron valores de actividad de agua ligeramente mayores a 0.6, indicando que las muestras pueden estar propensas a la proliferación de microorganismos. (Cheftel y Cheftel, 1976)

4.5.2.5. Colorimetría de la corteza y miga

4.5.2.5.1. Colorimetría de la corteza

En la tabla 54, se muestran los valores obtenidos de la colorimetría de la corteza para el cupcake control y de mayor aceptabilidad evaluados durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 54: Colorimetría de la corteza del cupcake con control durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

		Colorimetría de la Corteza									
Tiempo		a*		b*		L		c		h	
(días)		Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad
1		14.502	16.232	46.133	40.083	63.837	56.182	48.3589	43.2451	72.5499	67.9546
		± 0.073	± 0.276	± 0.073	± 0.047	± 0.424	± 0.469				
4		13.533	15.528	44.098	39.028	60.422	52.092	46.1282	42.0040	72.9393	68.3037
		± 0.193	± 0.271	± 0.087	± 0.752	± 0.125	± 1.435				
8		12.470	14.270	42.267	38.863	58.452	51.138	44.0678	41.4004	73.5623	69.8376
		± 0.250	± 0.712	± 0.146	± 0.160	± 0.879	± 1.025				
12		11.050	12.302	39.885	36.303	56.933	49.335	41.3874	38.3310	74.5148	71.2807
		± 0.457	± 0.601	± 0.587	± 0.321	± 0.448	± 0.455				

En la tabla 54 podemos observar al transcurrir los días, los parámetros a^* , b^* , L^* y C^* van disminuyendo, mientras que h^* va aumentando, tanto en el cupcake control como en el de mayor aceptabilidad. Con respecto a los valores presentados por a^* , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 14.502 ± 0.073 y 16.232 ± 0.276 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, los cuales muestran una tendencia al color rojo, y en el último día de almacenamiento, se obtuvieron valores de 11.050 ± 0.457 y 12.302 ± 0.601 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, los cuales indican que la tonalidad roja, al transcurrir los días de almacenamiento va disminuyendo. Con respecto a los valores presentados por b^* , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 46.133 ± 0.073 y 40.083 ± 0.047 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, los cuales muestran una tendencia al amarillo, y en el último día de almacenamiento, se obtuvieron valores de 39.885 ± 0.587 y 36.303 ± 0.321 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, lo cual indica que la tonalidad amarilla, al transcurrir los días de almacenamiento va disminuyendo. Luego con respecto a los valores presentados por L , el primer día de almacenamiento se obtuvieron valores de 63.837 ± 0.424 y 56.182 ± 0.469 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, y en el último día de almacenamiento, se obtuvieron valores de 56.933 ± 0.448 y 49.335 ± 0.455 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, lo cual nos muestra que el cupcake al transcurrir los días de almacenamiento va perdiendo luminosidad. Luego para C (cromacidad) se presentaron valores de 48.3589 y 43.2451 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente en el primer día, y en el último día los valores fueron de 41.3874 y 38.3310 , notándose una disminución al transcurrir los días

de almacenamiento. Finalmente, para h (ángulo de tonalidad) se presentaron valores de 72.5499 y 67.9546 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, en el primer día de almacenamiento, y en el último día 74.5148 y 71.2807 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, lo cual nos indica que estos valores están dentro del primer cuadrante (rojo-amarillo), con tendencia más al amarillo.

4.5.2.5.2. Colorimetría de la miga

En la tabla 55, se muestran los valores obtenidos de la colorimetría de la miga para el cupcake control y de mayor aceptabilidad evaluados durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 55: Colorimetría de la miga del cupcake con control durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

		Colorimetría de la Miga									
Tiempo	(días)	a*		b*		L		c		h	
		Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad
1		-2.395	-1.040	27.158	27.970	78.123	74.210	27.2637	27.9893	84.9603	87.8706
		± 0.054	± 0.038	± 0.596	± 0.028	± 0.547	± 0.259				
4		-2.402	-1.245	26.458	26.805	75.937	72.125	26.5671	26.8339	84.8134	87.3408
		± 0.064	± 0.045	± 0.017	± 0.276	± 1.075	± 0.856				
8		-2.937	-1.505	25.568	25.998	73.060	70.193	25.7364	26.0419	83.4480	86.6870
		± 0.325	± 0.266	± 0.101	± 0.092	± 0.457	± 0.952				
12		-3.465	-1.820	24.753	23.933	71.133	67.842	24.9947	24.0024	82.0315	85.6514
		± 0.078	± 0.014	± 1.230	± 0.071	± 0.891	± 0.653				

En la tabla 55 podemos observar al transcurrir los días, los parámetros a^* , b^* , L^* y C^* van disminuyendo, mientras que h^* va aumentando, tanto en el cupcake control como en el de mayor aceptabilidad. Con respecto a los valores presentados por a^* , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de -2.395 ± 0.054 y -1.040 ± 0.038 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, los cuales muestran una tendencia al color verde, y en el último día de almacenamiento, se obtuvieron valores de -3.465 ± 0.078 y -1.820 ± 0.014 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, los cuales indican que la tonalidad verde, al transcurrir los días de almacenamiento va disminuyendo. Con respecto a los valores presentados por b^* , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 27.158 ± 0.596 y 27.970 ± 0.028 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, los cuales muestran una tendencia al amarillo, y en el último día de almacenamiento, se obtuvieron valores de 24.753 ± 1.230 y 23.933 ± 0.071 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, lo cual indica que la tonalidad amarilla, al transcurrir los días de almacenamiento va disminuyendo. Luego con respecto a los valores presentados por L , el primer día de almacenamiento se obtuvieron valores de 78.123 ± 0.547 y 74.210 ± 0.259 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, y en el último día de almacenamiento, se obtuvieron valores de 71.133 ± 0.891 y 67.842 ± 0.653 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, lo cual nos muestra que el cupcake al transcurrir los días de almacenamiento va perdiendo luminosidad. Luego para C (cromacidad) se presentaron valores de 27.2637 y 27.9893 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente en el primer día, y en el último día los valores fueron de 24.9947 y 24.0024 , notándose una disminución al transcurrir los días

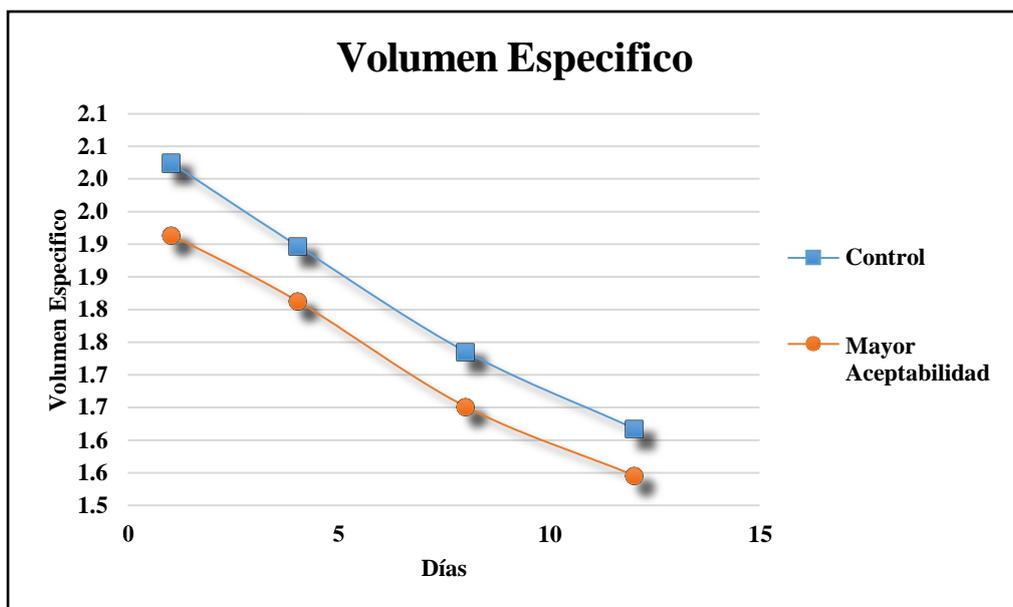
de almacenamiento. Finalmente, para h (ángulo de tonalidad) se presentaron valores de 84.9603 y 87.8706 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, en el primer día de almacenamiento, y en el último día 82.0315 y 85.6514 en el cupcake control y de mayor aceptabilidad respectivamente, lo cual nos indica que estos valores están dentro del primer cuadrante (rojo-amarillo), con tendencia más al amarillo.

4.5.2.6. Volumen Especifico

En la tabla 56 y la gráfica 25, se muestran los resultados del volumen específico de los cupcakes Control y de mayor aceptabilidad, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).

Tabla 56: Volumen específico de los cupcakes control y de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tiempo (Días)	VOLUMEN ESPECIFICO (cm³/gr)	
	Control	Mayor Aceptabilidad
1	2.0259 ± 0.0863	1.9156 ± 0.1226
4	1.8990 ± 0.0351	1.8142 ± 0.0569
8	1.7363 ± 0.0916	1.6522 ± 0.0814
12	1.6187 ± 0.0266	1.5168 ± 0.0620



Gráfica 25: Variación del volumen específico del cupcake control y de mayor aceptabilidad, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

El volumen específico es una de las características más importantes en un producto de panificación. Este parámetro relaciona la percepción de un producto ligero, pero no denso, ya que existe una relación entre la densidad y el volumen de la miga (Hathorn *et al.*, 2008).

En la gráfica 25 podemos observar al transcurrir los días, tanto en el cupcake control como en el de mayor aceptabilidad disminuye. Esto debido a que el cupcake va perdiendo su frescura y peso por la evaporación del agua, durante los días de almacenamiento.

También vemos que el cupcake control siempre mostro un volumen específico mayor que el cupcake de mayor aceptabilidad. Según un estudio realizado por Mathewson y Pomeranz (1978) reportaron que, una sustitución del 5 al 8% de harina de trigo por harinas oleaginosas no altera significativamente el volumen del pan ni modifica el vigor del gluten. En nuestra formulación de cupcake tuvimos una sustitución de 12% de harina de ajonjolí desgrasada, dando lugar a que si afecte en el volumen específico del cupcake, por ello fue menor al del control. (Wang *et al.* 2002), estudiaron la sustitución de

harina de trigo por harina de diferentes fuentes de fibra: algarrobina, inulina y arveja, el volumen específico de los panes con inulina y fibra de arveja disminuyó, en comparación con el pan sin sustitución. Según (Arias, 2015), el volumen específico se encuentra relacionado directamente con la fuerza de masa, dicha fuerza se debilitó debido a la adición de fibra y azúcar, provenientes de la harina de banano, que compitieron por agua con el gluten debilitando así la red de gluten.

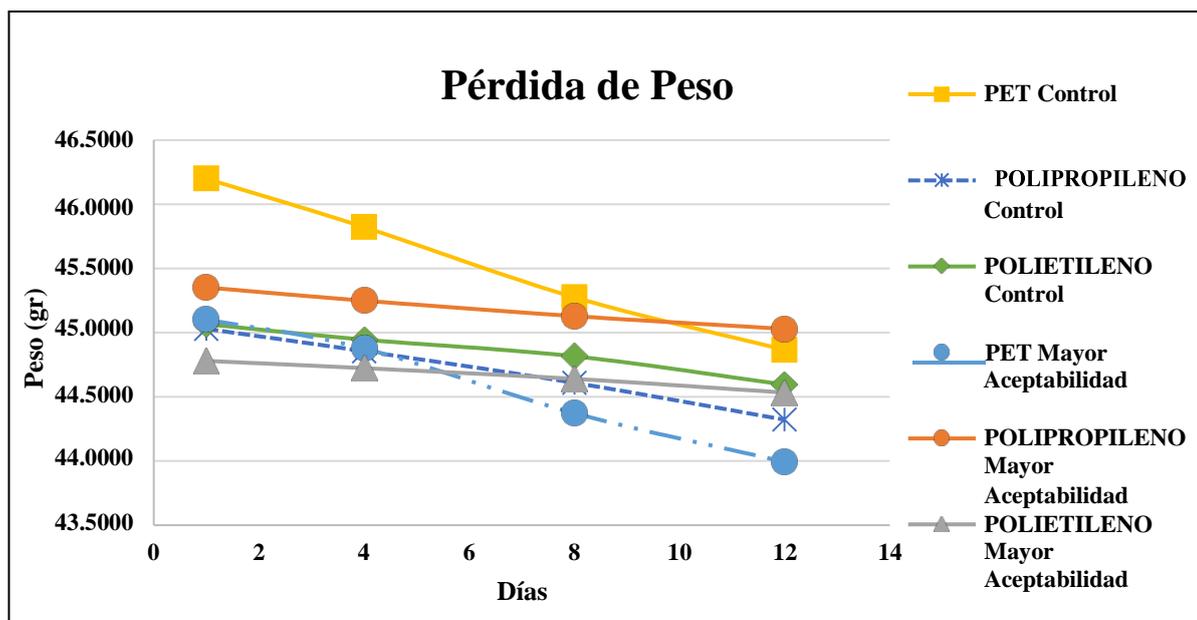
4.6. Evaluación del tipo de envase

4.6.1. Evaluación de pérdida de peso

En la tabla 57 y gráfica 26, se muestran los resultados del análisis de pérdida de peso del cupcake control, que fueron envasados en bolsa de Polietileno de alta densidad, bolsa de polipropileno y potes termo formados PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 57: Variación de peso cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno de alta densidad, polipropileno y PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

Tiempo (Días)	Variación de Pesos (gr)					
	Polietileno		Polipropileno		PET	
	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad
1	45.0067±0.2001	44.7800±0.4045	45.0300±0.3214	45.3533±0.3007	46.2000±0.1778	45.1033±0.0603
4	44.9467±0.1137	44.7233±0.3745	44.8567±0.2801	45.2500±0.2606	45.8233±0.1021	44.8767±0.0513
8	44.8167±0.1250	44.6400±0.3759	44.6100±0.1253	45.1300±0.2784	45.2767±0.0503	44.3733±0.2468
12	44.5967±0.2706	44.5333±0.3855	44.3233±0.1973	45.0300±0.2946	44.8667±0.0945	43.9933±0.3153

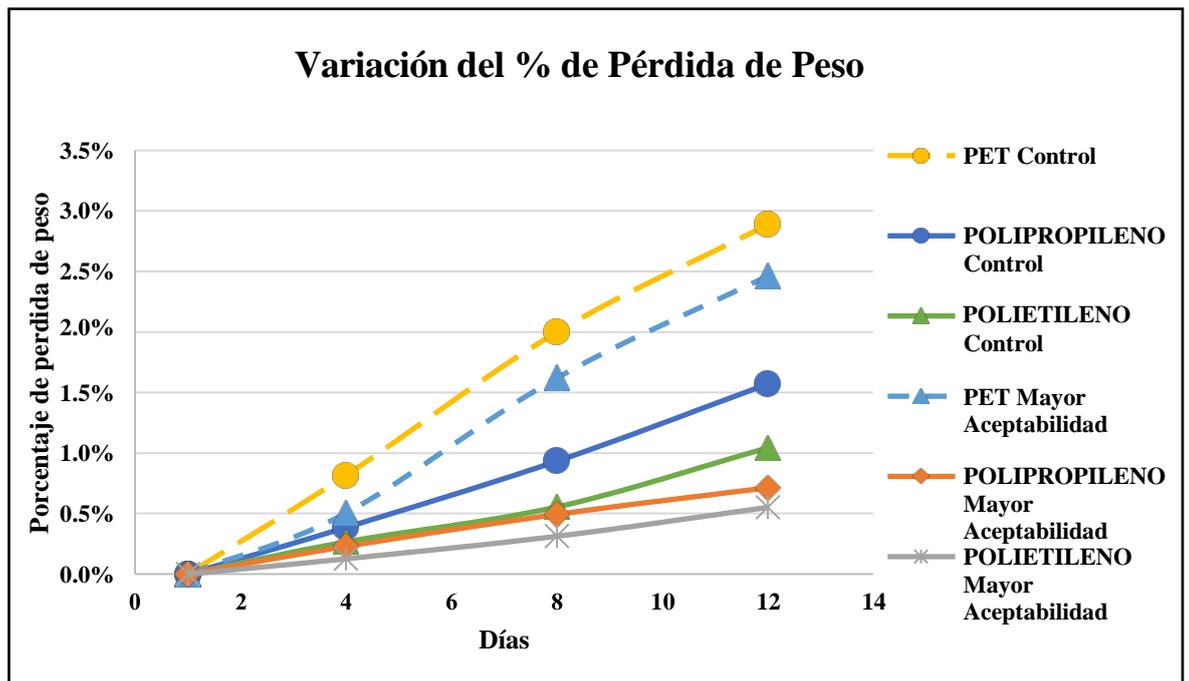


Gráfica 26: Variación de pesos del cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno de alta densidad, polipropileno y PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

En la Gráfica 26 podemos observar que, en el transcurso de los días de almacenamiento, los cupcakes van disminuyendo su peso. Esto puede ser debido a la pérdida de humedad. Según, (Primo-Martín *et al.*, 2006) los cambios en el peso de los productos de panificación durante el almacenamiento son consecuencia de la redistribución del agua dentro del producto, así como las pérdidas de agua por la evaporación al ambiente, esto ocurre a diferentes velocidades dependiendo de las condiciones de almacenamiento del producto.

Tabla 58: Variación de peso cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno de alta densidad, polipropileno y PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

Tiempo (Días)	Variación del % de Pérdida de Peso					
	Polietileno		Polipropileno		PET	
	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.266	0.127	0.385	0.228	0.815	0.503
8	0.555	0.313	0.933	0.492	1.999	1.619
12	1.043	0.551	1.569	0.713	2.886	2.461



Gráfica 27: Variación de pesos del cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno de alta densidad, polipropileno y PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

En la Gráfica 27 podemos notar que, los cupcakes envasados en potes PET tanto en el control como en el de mayor aceptabilidad, fueron los que obtuvieron mayor pérdida de peso (2.886% para CO y 2.461% para MA), puesto que su peso decrece mucho más rápido en comparación con los demás. Caso contrario a los cupcakes envasados en las bolsas de polietileno de alta densidad, en el cual su pérdida de peso fue menor (1.043% para CO y 0.551% para MA).

Análisis estadístico

Tabla 59: Análisis de Varianza para Pesos

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabulado (P)
A: Envases	1.91836	2	0.95918	4.10	0.0754
B: Días	2.73768	3	0.912561	3.90	0.0734
Error	1.40326	6	0.233876		
Total (corregido)	6.0593	11			

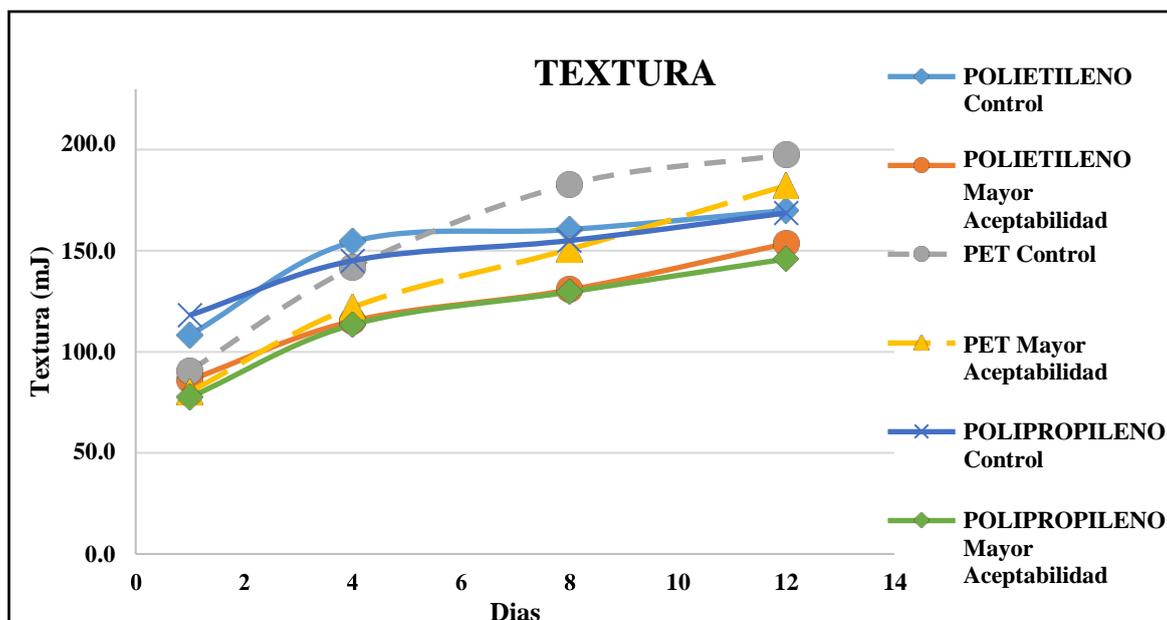
En la tabla 59 se observa el análisis de varianza para la variable peso; donde se estableció que ninguno de los factores tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Pesos con un 95.0% de nivel de confianza.

4.6.2. Evaluación de la textura instrumental

En la tabla 60 y gráfica 28, se muestran los resultados del análisis de textura del cupcake control y de mayor aceptabilidad, que fueron envasados en bolsa de Polietileno de alta densidad, bolsa de polipropileno y potes termo formados PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 60: Textura del cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno de alta densidad, polipropileno y PET, durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

Tiempo (Días)	TEXTURA (mJ)					
	Polietileno		Polipropileno		PET	
	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad	Control	Mayor Aceptabilidad
1	108.315±10.303	85.990±1.018	118.060±4.045	77.500±2.235	90.615±1.082	80.175±3.217
4	154.380±7.029	115.160±6.562	145.015±8.054	121.400±6.095	141.635±4.462	121.955±4.773
8	160.455±3.967	130.610±2.871	168.435±7.375	145.610±4.200	182.690±6.449	150.610±2.871
12	168.940±1.683	153.490±5.473	195.090±5.176	173.425±8.761	197.405±8.832	182.085±7.304



Gráfica 28: Análisis de textura del cupcake control y de mayor aceptabilidad, envasados en polietileno, polipropileno y PET, durante los 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

En la gráfica 28 podemos observar que, a medida que pasan los días, los cupcakes presentaron una mayor dureza. Según Potter, (1999), la textura de los alimentos, así como su forma y color, no permanecen constantes, debido fundamentalmente a los cambios en su contenido de agua y al envejecimiento. Durante el envejecimiento del pan y otros productos de bollería estos pierden agua y por lo tanto calidad. El aumento de la dureza del cupcake se debe a la retrogradación del almidón, a medida que el almidón se degrada se hace más cristalino y la pasta de almidón se hace por tanto más dura (Desrosier, 1994).

En la gráfica 28 también podemos observar que, los cupcakes envasado en polipropileno mantuvieron una textura más suave, en comparación con los demás. Según Duncan, (1989), las ventajas del polipropileno están en su fortaleza, resistencia al desgarro, resistencia al pinchazo y no es afectado por la baja temperatura o alta temperatura en el almacenamiento como son con las demás películas de células.

Análisis estadístico

Tabla 61: Análisis de Varianza para Textura

Factor	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabulado (P)
A: Envases	317.605	2	158.803	2.41	0.1705
B: Días	12600.6	3	4200.2	63.76	0.0001
Error	395.242	6	65.8737		
Total (corregido)	13313.4	11			

En la tabla 61 se observa el análisis de varianza para la variable textura; donde se estableció que, si existen diferencias significativas entre los días y no existe diferencias significativas entre los envases, de los cupcakes envasados en polietileno, polipropileno y PET, al 5% de significancia.

Podemos concluir entonces que, los cupcakes pueden ser envasados en cualquier empaque y no habrá diferencia significativa en ninguno de ellos tanto para peso y textura instrumental, sin embargo, para el caso del factor día solo se encontró diferencia significativa con respecto a la textura instrumental.

4.7. Evaluación Biológica

En la tabla 62 se muestran los resultados de la evaluación biológica del cupcake de mayor aceptabilidad.

Tabla 62: Resultados de la evaluación biológica del cupcake con mayor aceptabilidad

Cupcake de Mayor Aceptabilidad	
Digestibilidad aparente (%)	89.165±0.482
Valor biológico (%)	62.310±0.339

En la tabla 62, se puede ver los resultados de las pruebas biológicas realizadas al cupcake de mayor aceptabilidad. Con respecto a la digestibilidad aparente presentó un 89.17±0.482%. Estudios comparativos usando el método de balance en ratas, clasificaron los valores de la digestibilidad verdadera de la proteína en tres rangos: alta de 93 a 100 % para los alimentos de origen animal y la proteína aislada de soya. Digestibilidad intermedia con valores de 86 a 92 % para el arroz pulido, trigo entero, harina de avena y harina de soya; mientras que valores bajos (70 % - 85 %) fueron reportados para diferentes tipos de leguminosas incluyendo frijoles, maíz y lentejas (FAO/OMS, 1991). Esto nos muestra que, de acuerdo a su clasificación, nuestro cupcake de mayor aceptabilidad se encuentra con una digestibilidad intermedia. Por otro lado, vemos que valor biológico presentó un 62.31 ± 0.339%. Según Zea Zea, (2011), el valor biológico hace referencia a la proporción de aminoácidos esenciales de los alimentos y su facilidad de asimilación por nuestro organismo. Expresa la fracción de nitrógeno absorbido y retenido por el organismo y representa la capacidad máxima de utilización de una proteína.

4.8. Controles para determinación de Vida Útil del Cupcake

Se realizó al cupcake de mayor aceptabilidad (F6), bajo controles sensoriales y tecnológicos a razón del tiempo, durante 12 días. Los cupcakes estuvieron almacenados a temperatura ambiente (26°C) envasados en bolsas de polietileno de alta densidad.

4.8.1. Controles sensoriales

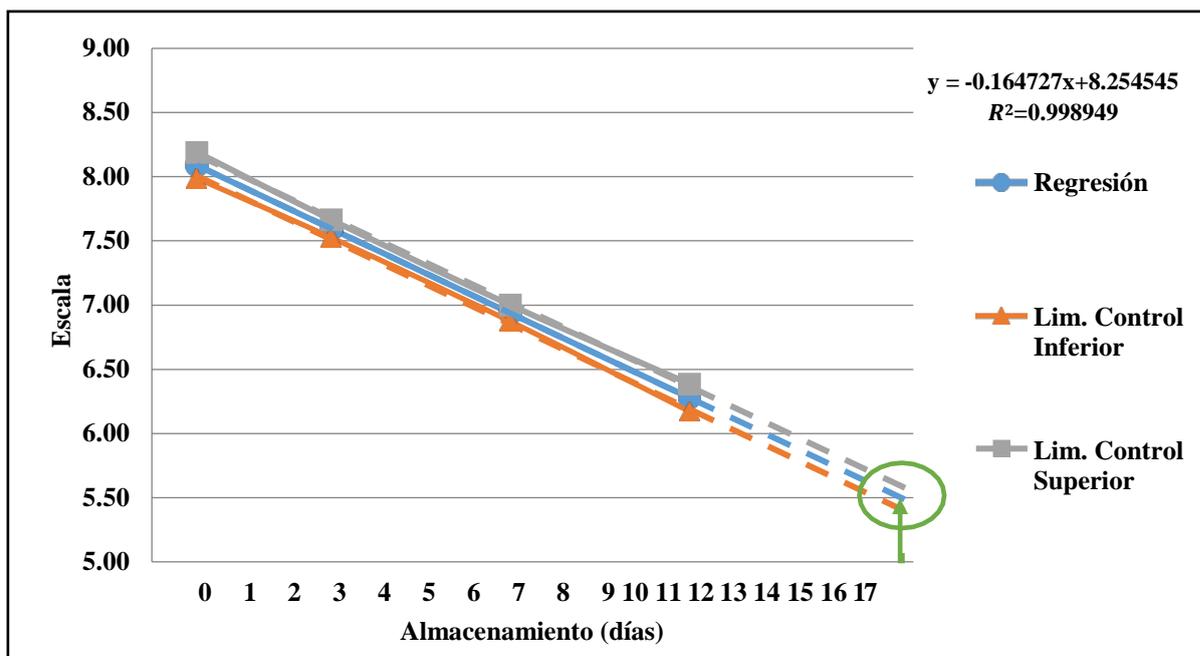
Para la determinación de la vida útil se trabajó con la evaluación de color, forma, olor, textura y sabor sensorial, estos atributos fueron evaluados en base a la escala de Karlsruhe con valores que van de 1 (muy malo) a 9 (excelente) a través del juicio emitido por 10 panelistas entrenados durante 12 días.

El modelo matemático usado para la determinación de la vida útil es el método desarrollado por Gacula y Singh, (1984), el cual se detalla en el Anexo 8 tanto para color, forma, olor, textura y sabor sensorial.

4.8.1.1. Color Sensorial

En la gráfica 29 se observa cómo es que el puntaje de color sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, vemos que en el día 1 el promedio alcanzado fue de 8.10, valor que está por arriba del nivel de aceptación 8 (Muy bueno) considerado en el grupo de calidad grado 1 al que pertenecen las características típicas del cupcake (tabla 28). En el día 12, el puntaje obtenido desciende a 6.3, valor que se encuentra entre 7 (bueno) y 6 (satisfactorio).

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil correspondiente al cupcake elegido como mejor formulación (F6) bajo la evaluación del color sensorial es de 17 días. Tiempo en que este atributo alcanza el límite de aceptabilidad planteado como 5.5, valor que se encuentra entre 5 (regular) y 6 (satisfactorio), correspondiente a la calidad de grado 2 (deterioro tolerante). Este valor límite ha sido propuesto en la escala de Karlsruhe para definir la calidad comercial, considerando que los productos no son consumidos inmediatamente de haber sido comprados. (Wittig *et al.*, 2003).



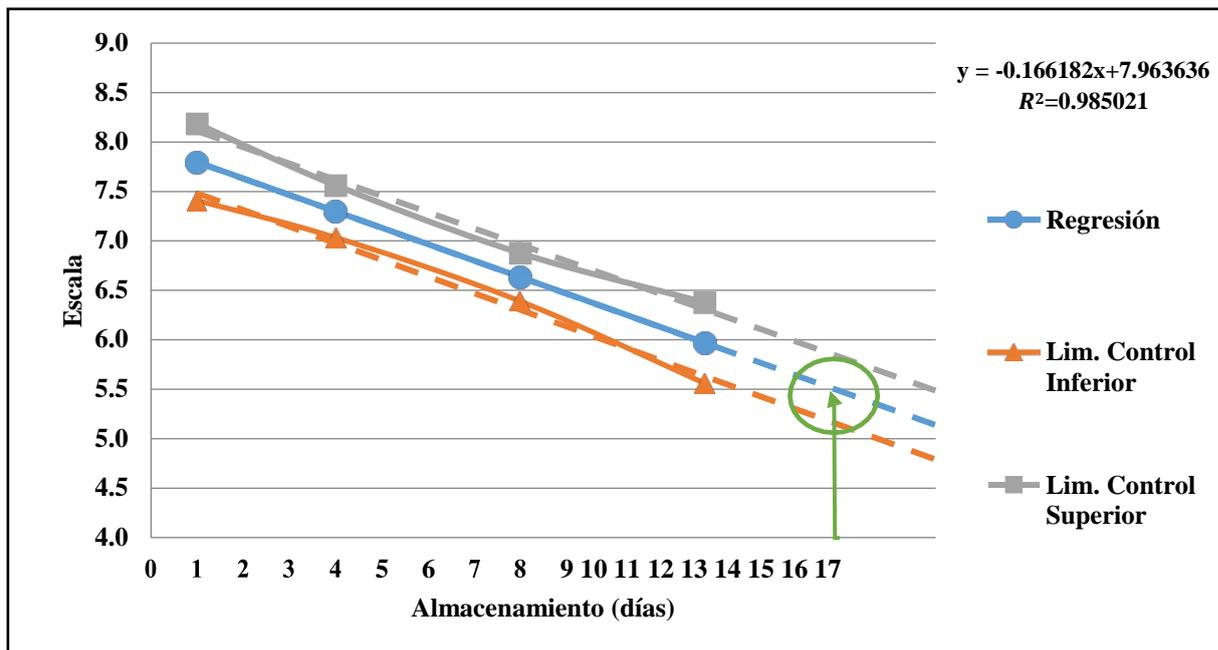
Gráfica 29: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el atributo de color sensorial.

4.8.1.2. Forma Sensorial

En la gráfica 30 se observa cómo el puntaje de forma sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, vemos que en el día 1 el promedio alcanzado fue de 7.7, valor que está por arriba del nivel de aceptación 7 (Bueno) considerado en el grupo de calidad grado 1 al que pertenecen las características típicas del cupcake (tabla A-7). En el día 12, el puntaje obtenido desciende a 5.9, valor que se encuentra muy cercano al 6 (satisfactorio).

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil correspondiente al cupcake elegido como mejor formulación (F6) bajo la evaluación de forma sensorial es de 15 días. Tiempo en que este atributo alcanza el límite de aceptabilidad planteado como 5.5, valor que se encuentra entre 5 (regular) y 6 (satisfactorio), correspondiente a la calidad de grado 2 (deterioro tolerante). Este valor límite ha sido propuesto en la escala de Karlsruhe para definir la calidad comercial, considerando que los

productos no son consumidos inmediatamente de haber sido comprados (Wittig *et al.*, 2003).



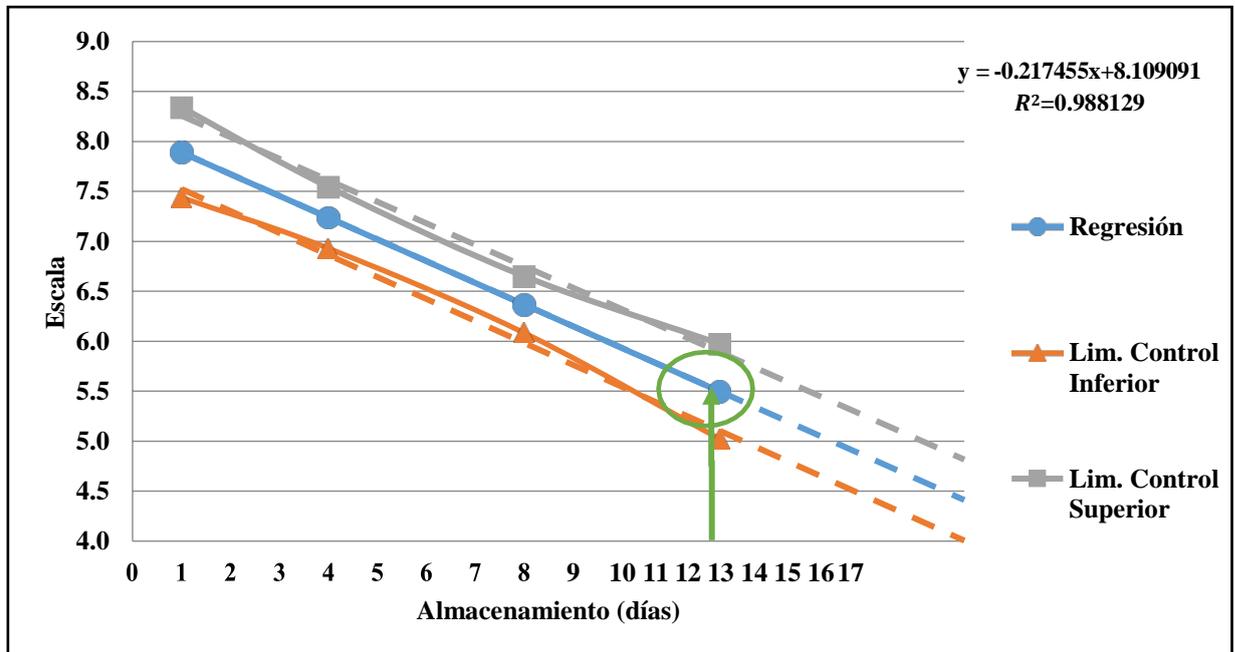
Gráfica 30: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el atributo de forma sensorial.

4.8.1.3. Olor Sensorial

En la gráfica 31 se observa cómo es que el puntaje de olor sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, vemos que en el día 1 el promedio alcanzado fue de 7.8, valor que está por arriba del nivel de aceptación 7 (Bueno) considerado en el grupo de calidad grado 1 al que pertenecen las características típicas del cupcake (tabla A-7). En el día 12, el puntaje obtenido desciende a 5.5, valor que se encuentra en el límite de aceptabilidad, considerado en el grado 2 como deterioro tolerante.

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil correspondiente al cupcake elegido como mejor formulación (F6) bajo la evaluación de olor sensorial es de 12 días. Tiempo en que este atributo alcanza el límite de aceptabilidad planteado como 5.5, valor que se encuentra entre 5 (regular) y 6 (satisfactorio), correspondiente a la calidad de grado 2 (deterioro

tolerante). Este valor límite ha sido propuesto en la escala de Karlsruhe para definir la calidad comercial, considerando que los productos no son consumidos inmediatamente de haber sido comprados (Wittig *et al.*, 2003).



Gráfica 31: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el atributo de olor sensorial.

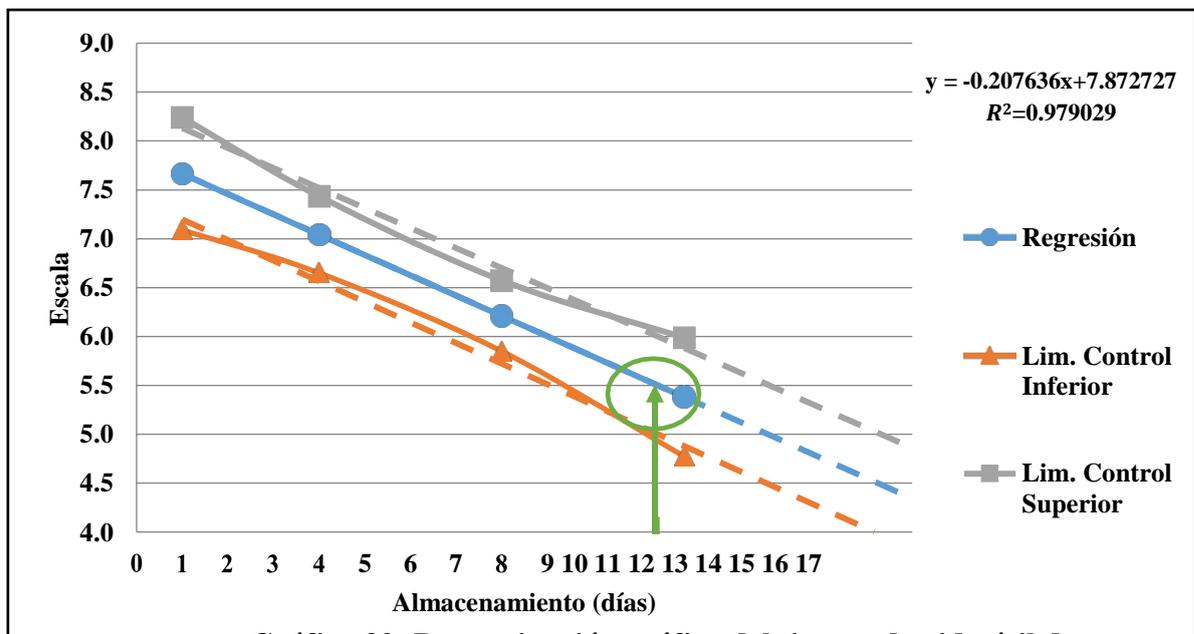
4.8.1.4. Textura Sensorial

En la gráfica 32 se observa cómo es que el puntaje de textura sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, vemos que en el día 1 el promedio alcanzado fue de 7.7, valor que está por arriba del nivel de aceptación 7 (Bueno) considerado en el grupo de calidad grado 1 al que pertenecen las características típicas del cupcake (tabla A-7). En el día 12, el puntaje obtenido desciende a 5.5, valor que se encuentra en el límite de aceptabilidad, considerado en el grado 2 como deterioro tolerante.

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil correspondiente al cupcake elegido como mejor formulación (F6) bajo la evaluación de textura sensorial es de 11 días. Tiempo en que este atributo alcanza el límite de aceptabilidad planteado como 5.5, valor que se encuentra entre 5 (regular) y 6

(satisfactorio), correspondiente a la calidad de grado 2 (deterioro tolerante). Este valor límite ha sido propuesto en la escala de Karlsruhe para definir la calidad comercial, considerando que los productos no son consumidos inmediatamente de haber sido comprados (Wittig *et al.*, 2003).

Durante una investigación realizada en el 2016 para determinación de vida útil de cupcakes (81% harina de trigo, 15% harina de camote, 4% harina de arveja), se determinó que, en base al criterio de textura sensorial, el tiempo de vida útil fue de 16 días (Arellano y Rojas, 2017), siendo mayor el número de días al de la presente investigación.



Gráfica 32: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el atributo de textura sensorial.

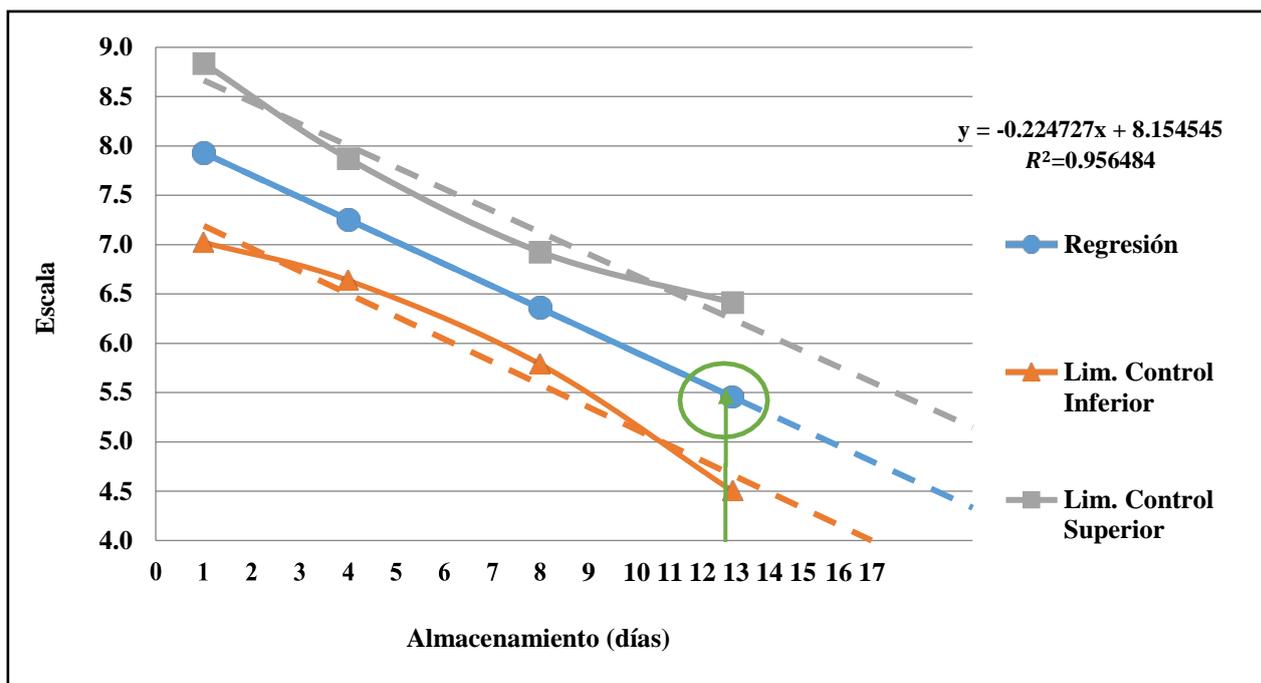
4.8.1.5. Sabor Sensorial

En la gráfica 33 se observa cómo es que el puntaje de sabor sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, vemos que en el día 1 el promedio alcanzado fue de 7.7, valor que está por arriba del nivel de aceptación 7 (Bueno) considerado en el grupo de calidad grado 1 al que pertenecen las características típicas del cupcake (tabla A-7). En

el día 12, el puntaje obtenido desciende a 5.3, valor que se encuentra debajo del límite de aceptabilidad, pero aun es considerado en el grado 2 como deterioro tolerante.

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil correspondiente al cupcake elegido como mejor formulación (F6) bajo la evaluación de sabor sensorial es de 12 días. Tiempo en que este atributo alcanza el límite de aceptabilidad planteado como 5.5, valor que se encuentra entre 5 (regular) y 6 (satisfactorio), correspondiente a la calidad de grado 2 (deterioro tolerante). Este valor límite ha sido propuesto en la escala de Karlsruhe para definir la calidad comercial, considerando que los productos no son consumidos inmediatamente de haber sido comprados (Wittig *et al.*, 2003).

Durante una investigación realizada en el 2016 para determinación de vida útil de cupcakes (81% harina de trigo, 15% harina de camote, 4% harina de arveja), se determinó que, en base al criterio de sabor sensorial, el tiempo de vida útil fue de 17 días (Arellano y Rojas, 2017), siendo mayor el número de días al de la presente investigación.



Gráfica 33: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el atributo de sabor sensorial.

4.8.2. Controles tecnológicos

4.8.2.1. Acidez

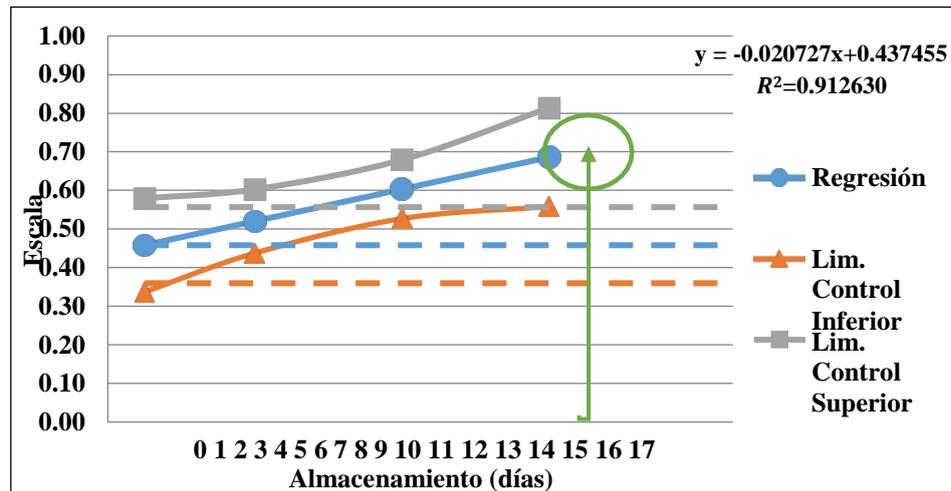
Para la determinación de la vida útil se realizó modelos matemáticos para predecir el incremento del % de acidez al transcurrir los días de almacenamiento. A continuación, se muestra los valores del % de acidez del cupcake de mejor formulación obtenidos durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 63: Variación del % de acidez del cupcake mejor formulación durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tiempo (días)	% Acidez*
1	0.432 ± 0.036
4	0.540 ± 0.036
8	0.636 ± 0.075
12	0.660 ± 0.055

*Media de 3 repeticiones + SD.

Los cálculos matemáticos para la determinación de la vida útil del cupcake de mayor aceptabilidad se presentan en el Anexo 7.6. En la gráfica 34, se muestra la tendencia del % de acidez al transcurrir los días de almacenamiento de igual manera se realiza una proyección para determinar el tiempo de vida útil del cupcake de mejor formulación.



Gráfica 34: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake de mayor aceptabilidad (F6) bajo el análisis del % de acidez.

En la Tabla 63 podemos observar que en el primer día de evaluación se tuvo un % de acidez de $0.432 \pm 0.036\%$ y en la última evaluación realizada se llegó a tener un % de acidez de $0.660 \pm 0.055\%$. En la Gráfica 40 vemos que el % de acidez del cupcake de mayor aceptabilidad se incrementó conforme los días de almacenamiento fueron transcurriendo.

Según Norma Técnica Sanitaria para la Fabricación y Expendio de Productos de Panificación Galletería y Pastelería por RM N° 1020-2010/MINSA, (2010), el contenido máximo de % de acidez permisible para este tipo de productos es de 0.7%. En nuestra evaluación realizada para el cupcake de mayor aceptabilidad durante 12 días, el % de acidez no sobrepasó este límite, sin embargo, de igual manera se tuvo que realizar una proyección en el tiempo para determinar la vida útil del producto, resultando que el cupcake de

mayor aceptabilidad con respecto al % de acidez, tiene una duración de 13 días almacenado a temperatura ambiente con empaque de bolsas de polietileno de alta densidad.

4.8.3. Determinación de tiempo de vida útil

En la tabla 64 se muestra el resumen de los días de evaluación correspondientes al estudio de vida útil.

Observamos que en los resultados de controles sensoriales se vio que, para el color sensorial, en el día 12 obtuvo un valor de 6.3 (entre satisfactorio y bueno), alcanzando el valor límite (5.5) a los 17 días. Luego vemos que en el resultado de forma sensorial en el día 12 se obtuvo un valor de 5.9 muy cercano a una calidad satisfactoria, en que alcanza un deterioro tolerable (grado 2), llegando al valor límite (5.5) a los 15 días. En el caso de olor sensorial, en el día 12 se obtuvo un valor de 5.5, encontrándose en una calidad de grado 2 (entre regular y satisfactorio) pero con deterioro tolerable, llegando al valor límite (5.5) a los 12 días. Para la textura sensorial al llegar al día 12 obtuvo un valor de 5.5 encontrándose en una calidad de grado 2 (entre regular y satisfactorio) pero con deterioro tolerable, llegando al valor límite (5.5) a los 11 días. Y para el sabor sensorial al llegar al día 12 obtuvo un valor de 5.3, encontrándose aun en calidad de grado 2 (entre regular y satisfactorio) y con deterioro tolerable, sin embargo, este valor estuvo debajo del límite permisible (5.5) y al hacer la proyección se obtuvo como 11.8 (aproximadamente 12) días de vida útil.

Por otro lado, vemos que en el resultado de control tecnológico se obtuvo que el % de acidez que se manifestó hasta el día 12 fue de 0.660%, alcanzando su límite permisible de 0.7% según Norma Técnica Sanitaria para la Fabricación y Expendio de Productos de Panificación Galletería y Pastelería por RM N° 1020-2010/MINSA ,(2010), en el día 13.

Finalmente, con los resultados obtenidos de la evaluación sensorial, contrastando con la tecnológica, se considera que la vida útil es de 11 días, tiempo en que el producto mantiene buena calidad sensorial y tecnológica.

Tabla 64: Análisis realizados durante el estudio de vida útil

EVALUACIÓN	DÍA 1	DÍA 4	DÍA 8	DÍA 12	LÍMITE	VIDA ÚTIL (DÍAS)
Color Sensorial*	8.1 ± 0.6	7.6 ± 0.8	6.9 ± 0.9	6.3 ± 0.7	5.5	17
Forma Sensorial*	7.7 ± 0.9	7.4 ± 0.8	6.7 ± 0.8	5.9 ± 0.9	5.5	15
Olor Sensorial*	7.8 ± 0.9	7.4 ± 0.7	6.3 ± 1.0	5.5 ± 0.5	5.5	12
Textura Sensorial*	7.7 ± 0.8	7.1 ± 0.9	6.0 ± 1.1	5.5 ± 0.8	5.5	11
Sabor Sensorial*	7.7 ± 0.5	7.5 ± 0.9	6.5 ± 0.9	5.3 ± 0.7	5.5	12
Acidez **	0.432 ± 0.036	0.54 ± 0.036	0.636 ± 0.075	0.660 ± 0.055	0.7	13

* Media de 10 repeticiones (panelistas) + SD.

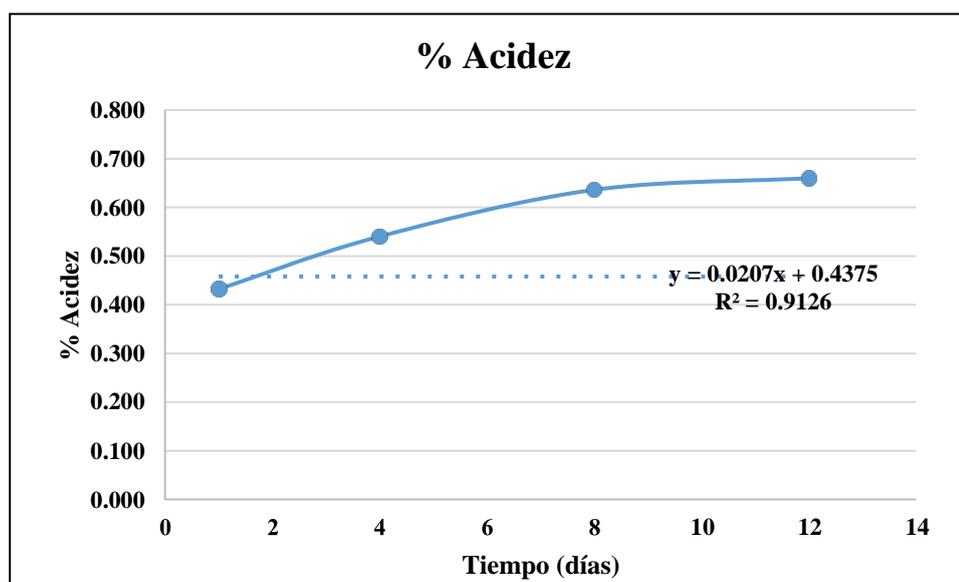
** Media de 3 repeticiones + SD.

4.9. Vida Útil por Método de Cinética de Reacción del % Acidez

Para determinar el orden de la cinética de reacción se procedió a realizar los respectivos ajustes de regresión con los datos del % Acidez obtenidos durante la evaluación del cupcake de mayor aceptabilidad. Se probó diferentes ajustes (Ver Anexo 7.7), siendo el ajuste para una reacción de orden cero el que más se ajustó.

Tabla 65: Variación del % Acidez del cupcake de mayor aceptabilidad a través de los días para reacción de orden cero

Tiempo (días)	% Acidez*
1	0.432 ± 0.036
4	0.540 ± 0.036
8	0.636 ± 0.075
12	0.660 ± 0.055



Gráfica 35: %Acidez en función al tiempo para reacción de orden cero

En la gráfica 35 se puede apreciar el ajuste lineal de los datos resultantes al haber aplicado logaritmo natural a los porcentajes de acidez del cupcake de mayor aceptabilidad versus el tiempo, expresado en días de análisis. Como se puede apreciar el coeficiente de determinación obtenido fue mayor al resto de ajustes, lo que quiere decir que la variación del porcentaje de acidez (atributo)

es una reacción de orden cero; por ende, se utilizará la ecuación de regresión para el cálculo del tiempo de vida útil.

Asimismo, asumimos que el límite máximo de porcentaje de acidez es según lo expresa la NTP 206.013, 1981).

$$\% \text{ Acidez máximo} = 0.7$$

Entonces de la ecuación de regresión de la Figura 34, se observa lo siguiente:

$$y = 0.0207x + 0.4375$$

Despejando "x" de esta ecuación se tiene:

$$x = \frac{y - 0.4375}{0.0207}$$

Reemplazando en "y" el valor máximo del %Acidez permitido, se tiene:

$$x = 12.68$$

Entonces el tiempo de vida útil según el porcentaje de acidez para el cupcake de mayor aceptabilidad a 26°C es de 12 días.

V. CONCLUSIONES

- ❖ La harina de trigo está compuesta por $12.72 \pm 0.20\%$ de humedad, $1.67 \pm 0.10\%$ de grasa, $0.66 \pm 0.02\%$ de ceniza, $12.33 \pm 0.03\%$ de Proteínas, 72.63% de carbohidratos totales, 0.67% de fibra dietaria total y 71.96% de carbohidratos disponible. La harina de ajonjolí desgrasada está compuesta por $5.52 \pm 0.14\%$ de humedad, $26.94 \pm 0.37\%$ de grasa, $6.73 \pm 0.06\%$ de ceniza, $27.62 \pm 1.68\%$ de Proteínas, 33.20% de carbohidratos totales, 21.98% de fibra dietaria total y 11.22% de carbohidratos disponible. La harina de arveja está compuesta por $8.39 \pm 0.32\%$ de humedad, $3.25 \pm 0.18\%$ de grasa, $2.46 \pm 0.28\%$ de ceniza, $21.24 \pm 1.38\%$ de Proteínas, 64.66% de carbohidratos totales, 3.59% de fibra dietaria total y 61.07% de carbohidratos disponible.
- ❖ El computo químico de aminoácidos de las formulaciones con contenido de lisina que no igualaron y/o no sobrepasaron el límite mínimo de 70% recomendado por la FAO/OMS fueron F1 (63%), F2 (65%) y F7 (62%), los demás fueron superiores.
- ❖ Los parámetros organolépticos de sabor, textura, olor y color tuvieron alta diferencia significativa para cada formulación de cupcakes. Porcentajes de sustitución de harina de ajonjolí desgrasada mayores a 10% mejoran sus atributos sensoriales, no obstante, porcentaje mayores a 6% de harina de arveja tienen un efecto negativo sobre estos atributos.
- ❖ El volumen específico es afectado de manera significativa, puesto que disminuye al aumentar la concentración de harina de ajonjolí desgrasada y harina de arveja por harina de trigo.
- ❖ La mejor formulación de cupcake (F6) tiene un alto contenido de proteínas, cenizas, grasas y fibra dietaria total con significancia de 5% comparada con la formulación control. La F6 está compuesta por $21.77 \pm 0.14\%$ de humedad, $22.67 \pm 0.58\%$ de grasa, $1.03 \pm 0.1\%$ de ceniza, $9.36 \pm 0.03\%$ de Proteínas, 44.98% de carbohidratos totales, $4.58 \pm 0.150\%$ de fibra dietaria total y 40.40% de

carbohidratos disponible. Además, tuvo menor porcentaje de humedad, Aw y pH, mayor porcentaje de acidez, firmeza instrumental y menor luminosidad.

- ❖ Los índices biológicos del cupcake de mayor aceptabilidad fueron de $89.165 \pm 0.482\%$ de DA y $62.310 \pm 0.339\%$ de VB. Los valores de DA y VB está en un nivel intermedio establecido por la FAO/OMS.
- ❖ La estimación de vida útil para el cupcake de mayor aceptabilidad (F6) fue de un periodo de 12 días.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda realizar sustituciones de harina de arveja y harina de ajonjolí desgrasada en la elaboración de diferentes productos de panificación, con la finalidad de complementar el aminoácido limitante (Lisina) en la harina de trigo, contribuir a la obtención de un mayor contenido de proteínas e incremento en fibra.
- ❖ Se recomienda realizar más investigaciones sobre harinas sucedáneas, provenientes de hortalizas, o de otra fuente diferente a cereales o legumbres.
- ❖ Complementar el estudio, realizando un análisis de aminoácidos al cupcake de mayor aceptabilidad, mediante un Aminograma.
- ❖ Realizar más investigaciones dirigidas a reducir el porcentaje de carbohidratos y grasa en productos de panificación.
- ❖ Investigar métodos que permitan establecer un mayor periodo de vida útil bajo criterios microbiólogos.
- ❖ Realizar un estudio económico financiero que demuestre la factibilidad de la producción comercial de este producto.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ❖ Aguirre, E., & Rodriguez, G. (1997). Industria de cereales y panificación. Universidad Nacional del Santa, Departamento Academico de Agroindustria, Chimbote.
- ❖ Alasino, M. C. (2008). Panificación con harina de arvejas (*Pisum sativum*) previamente sometidas a inactivación enzimática. Archivos Americanos de Nutrición.
- ❖ Alasino, M. C. (2009). Harina de Arveja en la elaboración de pan. Estudio del efecto de emulsionantes como mejoradores de volumen y vida útil. Tesis, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- ❖ Alasino, M. C. (2009). Harina de arveja en la elaboración de pan. Estudio del efecto de emulsionantes como mejoradores de volumen y vida útil. Tesis, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- ❖ Alasino, M. C., Andrich, O. D., Sabbag, N. G., Costa, S. C., De la Torre, M. A., & Sánchez, H. D. (2008). Panificación con Harina de Arvejas (*Pisum sativum*) previamente sometidas a inactivación enzimática.
- ❖ Ali-Kahn, S. T. (1993). Seed hull content in field pea. *J. Plant Sci.*
- ❖ Altschul, A. (1974). *New protein foods*. USA: Board.
- ❖ Anzaldúa, A. (1994). *La Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Acribia.
- ❖ AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis (Vol. 15)*. USA.
- ❖ AOAC. (2005). Soxhlet Extraction Method 963.15. USA. Recuperado el 2016
- ❖ AOAC 991.43. (s.f.). *Enzymatic-Gravimetric Method: Total, Soluble, and Insoluble Enzymatic-Gravimetric Method*.
- ❖ Appleton, A., & Vanbergen, O. (2013). *Lo esencial en Metabolismo y nutrición (Cuarta ed.)*. (D. Horton Szar, & M. H. Dominiczak, Edits.) Barcelona, España: Elsevier España S.L.

- ❖ Arellano Acuña, E. A., & Rojas Zavaleta, I. A. (2017). Efecto de Sustitución parcial de harina de trigo por Harina de Arveja y Harina de Camote en las características Tecnológicas y Sensoriales de Cupcakes. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería. E.A.P Ingeniería Agroindustrial, Nuevo Chimbote.
- ❖ Arias Insuasti, T. F. (2015). Evaluación del efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de banano cavendish grado de madurez 3 sobre las características de masa y pan. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Politecnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Quito.
- ❖ Arrabal, M., & Ciappini, M. (2000). Prueba de aceptabilidad en miel. INVENIO.
- ❖ Arteaga, P., & Silva, A. L. (2015). SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) POR HARINA DE TARWI (*Lupinus mutabilis* sweet) Y HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE CUPCAKES. Nuevo Chimbote.
- ❖ Asociación Española de Normalización y Certificación . (Octubre de 2009). UNE-EN ISO 5983-2:2009. Determinación del Contenido en Nitrogeno y Cálculo del Contenido en Proteína Bruta. AENOR. Recuperado el 2016
- ❖ Ayala Cruz, P. D., & Bocanegra Mendoza, D. H. (2014). Evaluación Físicoquímica y Nutricional de un Pan de molde enriquecido con Arracacha y Ajonjolí para niños de edad escolar. Tesis para optar el Título Profesional, Universidad Nacional del Santa, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Nuevo Chimbote.
- ❖ Badui Dergal, S. (1999). Química de los alimentos. Mexico: Pearson Educación.
- ❖ Badui, S. (2006). Química de los Alimentos. (Cuarta ed.). Mexico: Alhambra Mexicana.
- ❖ Bagley, E. B. (1992). Constitutive models for doughs. (J. L. Kokini, C. Ho, & M. Karwe, Edits.) Food Extrusion Science and, 203-211.

- ❖ Baños Espinola, B. (2007). Caracterización reológica de masas de harina de trigo adicionadas con fibra soluble. Tesis, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo.
- ❖ Belitz, H. D., & Grosch, W. (1988). Química de los alimentos. Zaragoza, España: Acribia.
- ❖ Beltran, X. L., & Saenz, G. M. (2014). OPTIMIZACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinua wild*) Y HARINA DE ZAPALLO (*Cucurbita maxima Dutch*) EN LA ELABORACIÓN DE CUPCAKES. Tesis, Nuevo Chimbote.
- ❖ Bhat, M. A., & Bhat, A. (2013). Study on Physico-Chemical Characteristics of Pumpkin Blended Cake. *J Food Process Technol*.
- ❖ Bilbao, C. (2007). *Revista Panera: Forma e Informa*. 5.
- ❖ Blanco, A., Colasuonno, P., Gadaleta, A., Mangini, G., Schiavulli, A., & Simeone, R. (2011). Quantitative trait loci for yellow pigment concentration and individual carotenoid compounds in durum wheat. *Journal of Cereal Science*, 255-264.
- ❖ Block, R. J., & Mitchell, H. H. (1947). The Correlation of the Amino Acid Composition of Proteins with their Nutritive Value.
- ❖ Brandt, K., Luck, L., Bergamo, P., Whitley, A., & Velimirov, A. (2005). Transformación del Trigo en Pan. Control de la Calidad y Seguridad en las Cadenas de Producción Orgánica. Institute of Organic Agriculture FiBL, Switzarland.
- ❖ Bressani, R., & Elias, L. G. (1980). Nutritional value of legume crops for humans and animals. (R. Summeñield, & A. Bunting, Edits.) *Advances in legume science*, 667.
- ❖ Calaveras. (2004). *Tratado de Panificación y Bollería*. Madrid: MundiPrensa.
- ❖ Calderón Pinel, C. A. (2005). Desarrollo de un pan molde alto en fibra usando harina de trigo y avena integral. Carrera de Agroindustria Zamorano, Honduras.
- ❖ Carece Saravia, A. (2014). La Cantidad y la Calidad. *Panadería y Pastelería Peruana*, 24-25.

- ❖ Casaverde, J. (2003). Producción y Control de Calidad de Galletas fortificadas y enriquecidas. Informe de tesis para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa., Escuela Academica Profesional del Ingenieria Agroindustrial, Chimbote.
- ❖ Castro Contreras, G. A. (2005). Evaluación de harinas de arveja (*Pisum sativum* L.) de tres cultivares, como sustituto parcial de harina de pescado, en la formulación de alimento para salmónidos. Universidad Austral de Chile., Valdivia.
- ❖ Cauvain, S., & Young, L. (2002). Fabricación del Pan. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A.
- ❖ Cheftel, J. C., & Cheftel, H. (1976). Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos (Vol. I). Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- ❖ Cheftel, J. C., Cuq, J. L., & Lorient, D. (1989). Proteínas Alimentarias. Zaragoza: Acribia.
- ❖ Clark, S., Costello, M., Drake, M., & Bodyfelt, F. (2009). The sensory evaluation of dairy products (Segunda ed.). New York: Springer.
- ❖ Claude Roudot, A. (2004). Reología y análisis de textura de los alimentos. Zaragoza., España: Editorial Acribia S.A.
- ❖ Codex Alimentarius 152. (1985). Norma del Codex para la harina de Trigo. Recuperado el 22 de Julio de 2016, de FAO: www.fao.org/input/download/standards/50/CXS_152s.pdf
- ❖ Coello Gómez, B. (2010). Influencia de la Sustitución de Ingredientes en las Características Reológicas, Calóricas y Sensoriales en un Cake Tipo Magdalena. Tesis para Licenciatura, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil.
- ❖ Collazos Ch., C., Alvistur J. , E., Vásquez G., J., Quiroz M., A., Herrera A., N., Robles G., N., . . . Hegsted, M. D. (1996). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Setima Edición. Lima, Perú.

- ❖ Collazos, C., Philip, W., Viñas, E., Alvistur, J., Urquieta, A., & Vásquez, J. (1993). Composición de Alimentos de mayor consumo en el Perú. Instituto Nacional de Nutrición, Ministerio de Salud, Lima.
- ❖ Colordo, D. (13 de Octubre de 2012). ¿Que es la harina de trigo? Obtenido de Cultura10: <http://www.cultura10.com/que-es-la-harina-de-trigo/>
- ❖ Como Hacer Para. (2014). Propiedades curatovas del ajonjolì. Obtenido de Como Hacer Para?: http://comohacerpara.com/propiedades-curativas-del-ajonjoli_4186a.html
- ❖ Cortes Galindo, C. D. (29 de Septiembre de 2011). Cultivo de arveja. Obtenido de Blogspot: <http://cultivodearveja.blogspot.pe/2011/09/taxonomia-y-morfologia.html>
- ❖ Cubero, J., & Moreno, M. (1983). Leguminosas de grano. Madrid, España: Mundiprensa.
- ❖ da Graça Costa do Nascimento, E. M., Piler Carvalho, C. W., Yoshie Takeiti, C., De Grandi Castro Freitas, D., & Ramírez Ascheri, J. L. (2011). Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn expanded extrudates. ScienceDirect, 4.
- ❖ De la Cruz Quispe, W. H. (2009). Complementación proteica de Harina de Trigo por Harina de Quinua y Suero en pan de molde y tiempo de vida util. Tesis para optar grado de Magister Scientiae, Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Postgrado Especialidad de Tecnología de Alimentos, Lima.
- ❖ De la Llave, A. (2004). Efecto de la adición de fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales. Universidad de las Américas. Puebla: Scientia Agropecuaria.
- ❖ De la Vega Ruiz, G. (2009). Proteinas de la Harina de Trigo: Clasificacion y Propiedades Funcionales. Universidad Tecnologica de la Mixteca.
- ❖ Delgado. (2 de Diciembre de 2008). Complementos de proteínas, ¿realmente los necesitamos? Obtenido de Vitónica: <https://www.vitonica.com/complementos/complementos-de-proteinas-realmente-los-necesitamos>
- ❖ Dendy, D., & Dobraszcyk, B. (2011). Cereales y Productos Derivados. Acribia.

- ❖ Dendy, D., Dobras, K., & Bogdan, J. (2003). Cereales y Productos derivados: Química y Tecnología. Zaragoza: Acribia.
- ❖ Desrosier, N. (1994). Elementos de la tecnología de alimentos. Mexico.: CECSA.
- ❖ Dupont, F. M., & Altenbach, S. B. (2003). Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. Obtenido de Cereal Science: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19948/Documento_completo.pdf?seq
- ❖ Ebdahl, N. (25 de Febrero de 2013). Nyhed Sesam-mel. Obtenido de Pcolivdk: <http://pcoliv.dk/nyhed-sesammel/>
- ❖ El Comercio. (13 de Febrero de 2017). Mincetur: 634 productores se sumarán a conquista de mercados. Obtenido de El Comercio: <http://elcomercio.pe/economia/peru/mincetur-634-productores-sumaran-conquista-mercados-234739>
- ❖ El Tiempo. (23 de Enero de 1996). Ajonjolí: Cultivo de Futuro para la Costa. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-373664>
- ❖ Escobar, M. (2011). Sucedanios del Trigo. Lima: PPanera.
- ❖ Espinoza, A. (2003). Evaluación sensorial de los alimentos (Primera ed.). Tacna, Perú.
- ❖ FAO. (1996). Carbohidratos y Componentes Alimentarios Relacionados: Identificadores de Infoods, Significados y Usos. FAO, Departamento de Agricultura. Academic Press.
- ❖ FAO/OMS. (1991). Necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B12. Informe de una consulta mixta de expertos FAO/OMS, FAO Alimentación y Nutrición, Roma.
- ❖ FAO/OMS/UNU. (1985). Necesidades de energía y de proteínas. Serie de Informes Técnicos, Universidad de las Naciones Unidas, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/ Organización Mundial de la Salud, Ginebra. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/003/AA040E/AA040E00.HTM>

- ❖ Fennema. (1993). *Química de los alimentos* (Segunda ed.). Zaragoza, España: Acribia.
- ❖ FINISH COMPOSITION DATABASE FINELI . (2009). National Public Health Institute of Finland.
- ❖ Forero , A. (19 de Marzo de 2013). Trigo. Obtenido de Los Grobo: <http://www.losgrobo.com.ar/novedades/89-trigo.pdf>
- ❖ Funksjonell Mat. (05 de Diciembre de 2017). Harina de Sésamo. Recuperado el 01 de Agosto de 2016, de Funksjonell Mat: <http://sukrin.com/es/sobre-sesame-flour/sobre-sesame-flour/>
- ❖ Gacula, M., & Singh, J. (1984). *Statistical methods in food and consumer research*. Orlando, Florida: Editorial Academic Press.
- ❖ Gallegos Rodriguez, A. (2010). *Propuesta de creación de una panadería artesanal en el sur de la ciudad de Quito*. Tesis para obtención del Título, Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Turismo y Preservación Ambiental, Hotelería y Gastronomía, Quito.
- ❖ Garcia Stepien, E. (2012). *Cereales y Oleaginosas*. Instituto Superior de Enseñanza, Estudios y Extension Agropecuaria, Buenos Aires.
- ❖ Garcia, D. (2011). *Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd)*. Especialización en ciencia y tecnología de alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Bogota.
- ❖ Garrido, T. (1979). *Determinación del contenido de proteína y azúcares en arvejas (Pisum sativum L.) al estado verde y seco*. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias., Valdivia.
- ❖ Garza, A. (1997). *El Trigo*.
- ❖ Godoy Gaitán, R. M. (2010). *Análisis químico, evaluación sensorial y valor proteico de una galleta de Harina de trigo (Triticum aestivum) y Harina de arveja dulce (Pisum sativum)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- ❖ Gómez, G. H. (2008). *Evaluación de efectos de genes mayores sobre rasgos de rendimiento en arveja (Pisum sativum) a partir del cruzamiento de las variedades*

Santa Isabel x WSU31. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía.

- ❖ Gómez Pállores, M., León, A., & Rosell, C. (2007). Granos, Harinas y productos de panificación en Iberoamerica. Córdoba: Ediciones Baez.
- ❖ Gómez, E. R. (1989). Elaboración, Análisis y Principales Usos de las Harinas de trigo. Seminario Opción III-A, Universidad Autónoma de Nuevo León,, Nuevo León.
- ❖ Gomez, I. (19 de Junio de 2011). El Ajonjolí, un aliado contra el colesterol. Diario El Comercio.
- ❖ Gómez, L. V., & Nader Macias, M. F. (2012). Productos elaborados con semillas de chía y sésamo: composición química, aceptabilidad, satisfacción y conocimiento sobre sus propiedades nutricionales. Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino, Facultad de Ciencias de la Salud. San Miguel de Tucumán: Nutrición.
- ❖ Gómez, M., Doyagüe, M. J., & de la Hera, E. (2011). Addition of pin-milled pea flour and air-classified fractions in layer and sponge cakes. Universidad de Valladolid, Palencia.
- ❖ GRANECO. (2015). Harina de arveja. Obtenido de Graneco: http://graneco.com.uy/harina_arveja.html
- ❖ Guevara Paredes, S. P. (2016). ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE CUPCAKE FUNCIONAL A BASE DE HARINA DE ARVEJA (*Pisum sativum*) Y HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*), PARA FORTALECER LA DIETA DIARIA. Tesis, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba.
- ❖ Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos (Segunda Edición ed.). Ciudad de México, México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- ❖ Guzman Comesaña, F. M., & Lopez Quesquen, G. R. (2015). Efecto de la sustitución parcial de harina de Trigo por harina de Kiwicha y Grano entero de Chia en la elaboración de Cupcakes. Tesis para obtener el Título Profesional de

Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Nuevo Chimbote.

- ❖ Haro, A. (1983). La calidad nutritiva de las leguminosas-grano y su control genético. En *Leguminosas de grano* (págs. 211-247). Madrid: Mundi-prensa.
- ❖ Hathorn, C., Biswas, M., Gichuhi, P., & Bovell-Benjamina, A. (2008). Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweetpotato flour and high-gluten dough enhancers. *LWT Journal of Food Science and Technology*, 803-815.
- ❖ Hegde, D. M. (2012). *Sesame*. India.
- ❖ Heiss, J. (1978). *Principio del envasado de alimentos*. Acribia.
- ❖ Hidalgo, A., Brandolini, A., Pompei, C., & Piscozzi, R. (2006). Carotenoids and tocopherols of einkorn. *Journal of Cereal Science*, 182-193.
- ❖ Hugo Ruilova, M. P. (2014). Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) Por almidón de achira (*Canna edulis*) en las características calóricas, físico- químicas y organolépticas del cupcake. Tesis de Grado previo a la Obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Estatal Amazonica, Ingeniería Agroindustrial, Puyo - Pastaza.
- ❖ INDDA. (2009). *Elaboración de Harina de Arveja*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Instituto de Desarrollo Agroindustrial, Lima.
- ❖ INDECOPI - NTP 205.039. (1975). Norma Técnica Peruana: HARINAS, Determinación de la acidez titulable.
- ❖ INDECOPI - NTP 206.013. (1981). Norma Técnica Peruana: Bizcochos, Galletas, Pastas y Fideos. Determinación de Acidez.
- ❖ Infoalimentación.com. (2010). Propiedades nutricionales del pan y otros productos de bollería. Recuperado el 9 de Agosto de 2016, de http://www.infoalimentacion.com/panaderia/propiedades_nutricionales_pan_y_productos_bolleria.htm
- ❖ Instituto de Nutrición de Centro America y Panamá. (2007). *Tabla de Composición de Alimentos* (Segunda ed.). Guatemala.

- ❖ Iqbal, A., Khalil, I., Atteq, N., & Sayyar Khan, M. (2005). Nutritional quality of important food legumes. . Food Chem.
- ❖ ISO 8402:1994. (1994). Gestión de la calidad y Aseguramiento de la Calidad. Vocabulario. (ISO 8402:1994).
- ❖ Jara, C. (2006). Estudio de las propiedades reológicas de la masa para pastas a base de harina de quinoa. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- ❖ Jara, C. (2006). Estudio de las propiedades reológicas de la masa para pastas a base de harina de quinua. Santiago, Chile.
- ❖ Jones, D. B. (1941). Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of proteins. Washington DC, United States.
- ❖ Juárez, Z., Bárcenas-Pozos, M., & Hernández, L. (2014). Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos.
- ❖ Kent, N. L. (1983). Technology of Cereals: An introduction for students of food science and agriculture. Oxford: Ltd.
- ❖ Klein, B. P., King, D., & Grossman, S. (1987). Co-oxidation reactions of lipoxigenase in plant systems Free Radical Biol. And Med.
- ❖ Kokini, J., Chi-Tang, H., & Karwe, M. (1992). Food Extrusion. State University of New Jersey. New Jersey: Science and Technology.
- ❖ Krugrer , J. E., & Reed, G. (1998). Enzymes and colour in wheat: Chemistry and. USA: A.M. Assoc.
- ❖ Laines, E. (2006). Estudio de la estabilidad del pan parcialmente horneado conservado en refrigeración. Tesis de Licenciatura, Universidad de las Americas, Puebla, México.
- ❖ Larmond, E. (1997). Métodos de Laboratorio para la evaluación sensorial de alimentos. Ottawa, Canadá: Ottawa.
- ❖ Le Cordon Bleu. (2015). Muffins y Cupcakes. Recuperado el 9 de Agosto de 2016, de <http://www.ilcb.edu.pe/index.php/en/component/k2/item/172-muffins-y-cupcakes.html>

- ❖ Linares, L., Ureña, M., & Ruales, J. (2015). Efecto del curado sobre las propiedades térmicas del almidón de camote (*Ipomoea batatas* L.). *Agroindustrial Science*, 5.
- ❖ Loarca Huertas, E. P., & Esquit Donis, A. L. (2005). ELABORACIÓN DE MEZCLAS DE MALANGA-AJONJOLÍ PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS LISTOS PARA SERVIR. tesis, Mazatenango.
- ❖ Machado, C. M., Benelli, P., & Tessaro, I. (2016). Sesame cake incorporation on cassava starch foams for packaging use. *ScienceDirect*, 3.
- ❖ Mackey, A., Flores, Y., & Sosa, G. (1984). Evaluación sensorial de los alimentos. Caracas: Fundación CIEPE.
- ❖ Magallanes, J. (2010). Cereales de Grano - Cultivo de Trigo. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, Facultad de Agronomía, Ica.
- ❖ Magaña, B., Ramirez, W., & Platt, G. (2009). Caracterización viscoelástica de masas de variedades de trigos suaves.
- ❖ MAGRAMA. (2015). Frutos Secos: Sésamo. Recuperado el 01 de Agosto de 2016, de http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/sesamo_tcm7-315323.pdf
- ❖ Matckovich, C. (2009). Elaboración de Panetón. Informe de Prácticas para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Agroindustrial., Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería. E. A. P. de Ingenierfa Agroindustrial, Chimbote.
- ❖ Mc Lean, L. A., Sosulski, F. W., & Young, C. G. (1974). Efecto del nitrógeno y la humedad en la producción y las proteínas de las arvejas comunes. (J. Can, Ed.) *Plant Scj*.
- ❖ Medina, C., Escobar, M., & Lobo, M. (1989). Evaluación primaria y caracterización de germoplasma de arveja (*Pisum sativum* L.). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- ❖ Medina, G. B. (2006). Harinas. Universidad de Antioquia, Facultad de Química Farmaceutica. Ingeniería de alimentos, Antioquia.

- ❖ Megha, A. V., & Grant, D. R. (1986). Effect of Heat on the Functional Properties of Pea Flour and Pea Protein Concentrate. *ScienceDirect*, 176.
- ❖ Mendez, B. E. (1979). *Ajonjolí*. Guatemala: ICTA.
- ❖ Mijan, R., & Salomon, N. (2007). *Trigos Argentinos de Calidad*. Bahía Blanca.
- ❖ MINAGRI. (2017). Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2016 . Campaña Agrícola Agosto 2016 - Julio 2017. Ministerio de Agricultura y Riego, DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICA AGRARIA. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de Intenciones de Siembra y Siembras realizadas de Trigo por Región según Campaña agosto 2017 - julio 2018
- ❖ Minolta. (1993). *Precise color communication. Manual de colorímetros*.
- ❖ MINSA. (2006). *Norma Sanitaria para la Fabricación de Alimentos a Base de Granos y Otros, destinados a Programas Sociales de Alimentación*. Lima: MINSA.
- ❖ Mitchell, H. (1924). *A method of determining the biological value of protein*. University of Illinois, Department of Animal Husbandry, Illinois.
- ❖ Montoya, L., Giraldo, G., & Lucas, A. (2012). *Caracterización Física de Harina de Trigo y Pan mediante Determinación de la Viscosidad y la Cristalinidad de la Pasta Vitae (Vol. IXX)*.
- ❖ Moreiras, O., Carbajal, Á., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). *Tablas de Composición de Alimentos. Piramide*.
- ❖ Muehlbauer, F. J. (1993). *Food and Grain Legumes*. (J. Janick, & J. E. Simon, Edits.) Obtenido de www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-256.html .
- ❖ (2011). *Norma Técnica Peruana 206.011:1981 (Revisada el 2011): Bizcochos, Galletas, Pastas y Fideos. Determinación de Humedad*. Lima: INDECOPI.
- ❖ (2010). *Norma Técnica Sanitaria para la Fabricación y Expendio de Productos de Panificación Galletería y Pastelería por RM N° 1020-2010/MINSA* . Lima: MINSA.
- ❖ NTP 205.038:1975 . (2011). *Harinas. Determinación de Cenizas*.

- ❖ NTP 206.011:1981. (2016). BIZCOCHOS, GALLETAS, PASTAS Y FIDEOS. Determinación de humedad.
- ❖ nutraFib. (2010). El Trigo. El oro nutricional en una alimentación balanceada, 14.
- ❖ Oelke, E. A., Oplinger, E. S., Hanson, C. V., Davis, D. W., Putman, D. H., Fuller, E. L., & Rosen, C. J. (1991). Dry Field Pea en Alternative Field Crops.
- ❖ Paniker, R., & Rivero, M. (1985). Preparación de Harina de ajonjolí desgrasada. San Felipe: CIEPE.
- ❖ Pauling, L. (1994). La importancia del pH. Estados Unidos.
- ❖ PCEIPA. (1985). Programa de Capacitación para Empresarios de la Industria de Procesamiento de Alimentos.
- ❖ Pennacchiotti, I. (1989). Componentes naturales de las legumbres responsables de la flatulencia. En Alimentos (págs. 68-70).
- ❖ Peña, R., Amaya, A., & Del Toro, E. (1991). Efecto del almacenamiento y del lavado del grano en las características de calidad de muestras de trigo (variedad Seri M82). En G. Fuentes Dávila, & P. Hettel G (Edits.), Reporte Especial de Trigo (Setima ed., págs. 24-32). México D.F.
- ❖ Perez Hidalgo, M. A., Guerrero Hernandez, E., & Garcia Villanova, B. (1997). Dietary Fiber in Three Raw Legumes and Processing Effect on Chick Peas by an Enzymatic-Gravimetric Method Journal of Food.
- ❖ Peruinka Industrias. (2014). Harina de Arveja. Recuperado el 8 de Agosto de 2016, de <http://www.peruinka.com.pe/producto.php?pro=Harina-de-Arvejas&id=39&catid=8>
- ❖ Potter Norman, N., & Hotchkiss. (1999). Ciencia de los Alimentos. España: Acribia.
- ❖ Potter, N. (1980). Cereal Grains, Legumes and Oilseed. Food Science, 505-513.
- ❖ Prieto, G., Michetti, G., & Vitelli, D. (2009). Resultado de la red de cultivares de arvejas canadienses. Gacetilla del Depto Técnico de Agricultores Federados Argentinos SCL, Buenos Aires.

- ❖ Primo-Martín, C., van de Pijpekamp, A., van Vliet, T., de Jongh, H., Plijter, J., & Hamer, R. (2006). The rol of the gluten network in crispness of read crust. *Journal of Cereal Science*, 342-352.
- ❖ Quaglia, G. (1991). Los mejorantes. In: *Ciencia y tecnología de la panificación*. Zaragoza, España: Acribia S.A .
- ❖ Racz, V. J. (1997). *Composición Nutricional de la Arveja forrajera (Segunda ed.)*. (D. Hickling, Ed.) Instituto Canadiense Internacional de Granos.
- ❖ Raidl, M. A., & Klein, B. P. (1983). Effects of Soy Field Pea Flour Substitution on Physical and Sensory Characteristics of Chemically Leavened Quick Breads.
- ❖ Raidl, M. A., & Klein, B. P. (1983). Effects of soy or field pea flour substitution on physical and sensory characteristics of chemicaly leavened quick breads. *Cereal Chemical*.
- ❖ Ramirez Navas, J. S. (2012). *Analisis Sensorial: Pruebas Orientadas al Consumidor*. Cali: Universidad del Valle.
- ❖ Ramirez, Q. (2007). *Los Cerales*. Universidad de Antioquia, Departamento de Farmacia, Antioquia.
- ❖ Raymond, E. (2016). *Métodos aplicados análisis Ley 20606 Etiquetado Nutricional*. Instituto de Salud Pública de Chile, Subdepartamento de Alimentos y Nutrición. Santiago de Chile: Ministerio de Salud de Chile.
- ❖ Reeds, P. J. (2000). Dispensable and indispensable amino acids for humans. *The American Society for Nutritional Sciences*, 86-87.
- ❖ Reichert, R., & Mackenzie, S. (1982). Composition of peas (*Pisum sativum*) varying widely in protein content. *Journal of Agricultura! and Food Chemistry*, 312-317.
- ❖ Repetsky, J. A., & Klein, B. P. (1981). Partial replacement of wheat flour with yellow field pea flour in white pan bread. *J Food Sci*.
- ❖ Reyes García, M., Gómez-Sánchez Prieto, I., Espinoza Barrientos, C., Bravo Rebatta, F., & Ganoza Morón, L. (2009). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. 8.

- ❖ Reyes Morales, H. (1996). Métodos afectivos - pruebas con consumidores. Guatemala: RIEPSA.
- ❖ Reynoso, Z., & Lastarria, S. (1994). Uso de ducedaneos del trigo en la panificación. Universidad Nacional Agraria La Molina, Laboratorio de Panificación, Lima.
- ❖ Robles Sanchez , R. (1980). Producción de oleaginosas y textiles. Mexico: Limusa.
- ❖ Rodriguez Navarro, A., Mateos Oropeza, U., & Salas Garcia , O. M. (2012). Fenología del Cultivo con diferentes niveles de fertilización en cultivo de Ajonjolí. Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, Ingeniería en Biotecnología - Cultivos Basicos, Mexico.
- ❖ Romeo, M., Escobar, B., Masson, L., & Mella, M. (1983). Composición química de harina de leguminosas cruda y precocida. En Alimentos (págs. 3-9).
- ❖ Ronquillo, R. (2012). Estudio del Efecto de la Adición de la Enzima Alfa Amilasa en un Pan Tipo Muffin, Elaborado con Diferentes tipos de Harina de Trigo. Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, Facultad de Ciencia e Ingeniería En Alimentos Carrera de Ingeniería en Alimentos., Ambato.
- ❖ Salud Book. (18 de Mayo de 2016). Semilla de Ajonjolí o Sésamo, Te Encantara sus Beneficios y Usos. Obtenido de Salud Book Web site: <https://www.saludbook.info/semilla-de-ajonjoli-o-sesamo-te-encantara-sus-beneficios-y-usos/>
- ❖ Sanchez Pineda de las Infantas, M. T. (2003). Proceso de la Elaboración de Alimentos y Bebidas (Primera ed.). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- ❖ Sandstedt, R. (1961). The function of starch in baking of bread. Baker's Digest.
- ❖ Silva, M. (1990). Evaluación de dietas elaboradas en base a harinas de pescado, con o sin harina de crustáceos, en trucha arcoiris (*Salmo Gairdnori R.*). Tesis Lic. Agr, Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales., Concepcion.
- ❖ Sosulki, F. W., & Wu, K. K. (1988). High - Fiber Breads Containing Field Pea Hulls, Wheat, Corn and Wil Oat Brans. Cereal Chem.

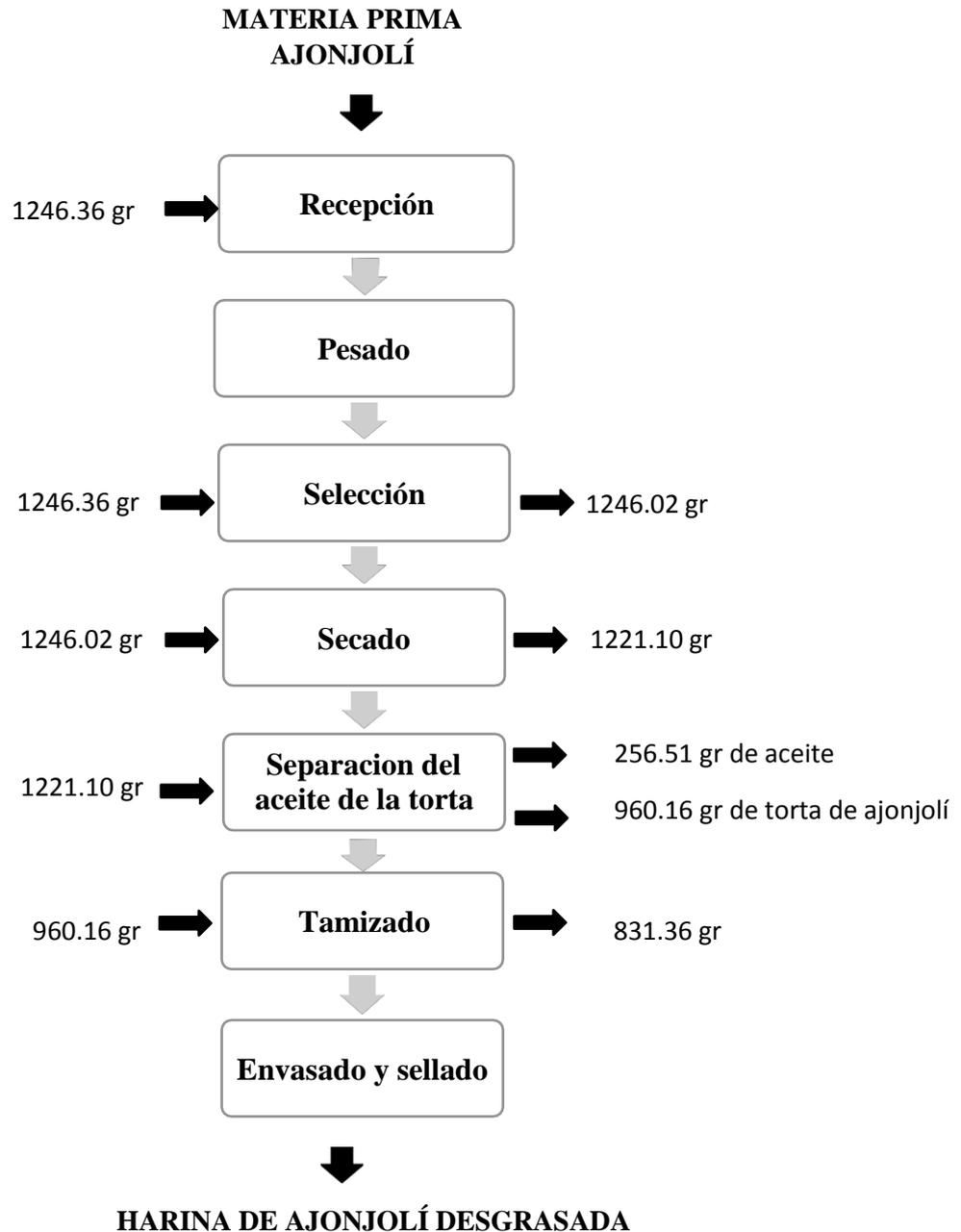
- ❖ Stanley Cauvain, L. (2002). *Fabricación de Pan*. Zaragoza: Acribia Editorial.
- ❖ Terranova. (1995). *Enciclopedia Agropecuaria Terranova : Producción Agrícola 2* (Primera ed., Vol. III). Terranova Editores.
- ❖ Torres Gonzales, M. P., Jiménez Munguía, M. T., & Bárcenas Pozos, M. E. (2014). *Harinas de Frutas y/o Leguminosas y su Combinación con Harina de Trigo*. Universidad de las Américas Puebla, Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Puebla.
- ❖ UNAM. (13 de Febrero de 2013). *Estructura y Morfología de los Cereales*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2017, de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=18
- ❖ Universidad Nacional de Luján. (2010). *Tabla de Composición de Alimentos*. Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires.
- ❖ USDA. (2006). *Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos*. Obtenido de <http://www.fs.fed.us/recreation/>
- ❖ VidaNaturalia. (2016). *Semillas de Sésamo, Propiedades y Beneficios*. Obtenido de Vida Naturalia: <http://www.vidanaturalia.com/semillas-de-sesamo-propiedades-y-beneficios/>
- ❖ Villar Vera, L. (2000). *Cultivo del Sesamo*. Compilación , Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Educación Agraria, Agricultura II. Recuperado el 04 de Diciembre de 2017, de <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/Cultivo+de+S%C3%A9samo.pdf>
- ❖ von Thomlané flora Deutsch, O. W., & und der Schweiz, Ö. (1885). *Geauga4h*. Obtenido de Phaseolus an the Fabaceae: <http://www.geauga4h.org/clubs/plantmasters/PHASEOLUS1.pdf>
- ❖ Wang, J., Rosell, C., & Benedito de Barber, C. (2002). Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 221-226.

- ❖ Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., & Elias, L. (1989). Basic sensory methods for food evaluation. Ottawa, Canada: International Development Research Centre.
- ❖ Weiss, E. A. (1983). Oilseed Crops. London.
- ❖ WHO/FAO/UNU. (2007). Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. Technical Report , FAO.
- ❖ WHO/FAO/UNU. (2007). Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. Singapur.
- ❖ WIKIPEDIA. (17 de Julio de 2016). Pisum sativum. Obtenido de Wikipedia Enciclopedia Libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Pisum_sativum
- ❖ Wittig, E., Avendaño, P., Soto, D., & Bungler, A. (2003). Caracterización química y sensorial de biscochuelos enriquecidos con fibra dietética y micronutrientes para el anciano. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 74-83.
- ❖ Yanez, L. (2013). Importancia de la Fibra en los Alimentos. Universidad Autonoma de Metropolitana, Mexico.
- ❖ Zavaleta, F., & Castillo, F. (2008). Obtención del aceite virgen de la semilla de ajonjolí (*Sesamum indicum*). Tesis , Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil.
- ❖ Zea Zea, C. (2011). Determinación Biológica de la Calidad Proteica en Harinade Quinoa Extruida de la Variedad Negra Collana. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias , E.P de Ingeniería Agroindustrial, Puno.
- ❖ Zolezzi Tizón, M. (2014). El boom de los cupcakes: Una tendencia del Mercado. Panadería y Pastelería Peruana, 24-25.

ANEXOS

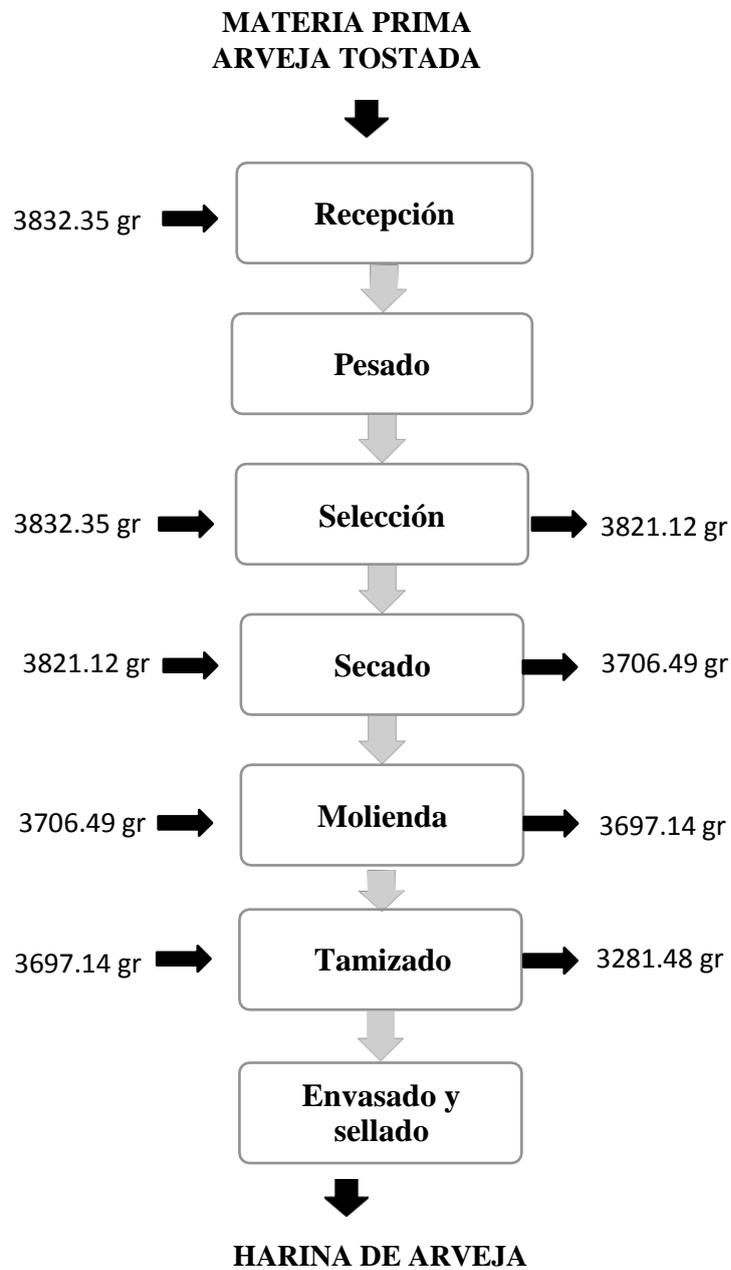
ANEXO I. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

ANEXO 1.1. Balance de Materia para la Obtención de la Harina de Ajonjolí desgrasada.



$$\text{Rendimiento } (\%) = \frac{831.3}{960.6} \times 100\% = 66.70 \%$$

ANEXO 1.2. Balance de Materia para la Obtención de harina de arveja



$$\text{Rendimiento } (\%) = \frac{3281.48}{3832.35} \times 100\% = 85.89\%$$

ANEXO II. CARACTERIZACIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS, HARINA DE AJONJOLÍ DESGRASADA Y CUPCAKES.

ANEXO 2.1. Determinación de la Humedad en las Harinas, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Cupcake de mayor aceptabilidad.

Procedimiento

- Pesar la placa Petri vacía y anote el peso.
- Pesar de 3 a 4 g. de la muestra en la balanza analítica. Registrar hasta milésima.
- Colocar la muestra en la estufa.
- Programar la estufa a una temperatura de 110°C hasta alcanzar un peso constante.
- Sacar la muestra de la estufa y luego enfriar en una campana de desecación durante 10 minutos.
- Pesar las muestras secas hasta alcanzar peso constante, regresándolas 10 minutos a la estufa y enfriando nuevamente.
- Calcular el contenido de humedad como el peso perdido de la muestra durante el secado según la fórmula:

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

Donde:

M₁: Peso de la placa más muestra húmeda (g).

M₂: Peso de la placa más muestra seca (g).

M: Peso de la Muestra (g).



**Ilustración A-1: Muestra de Harina de Trigo, Harina de Arveja y
Harina de Ajonjolí Desgrasada**

ANEXO 2.2. Determinación de Cenizas en las Harinas, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Cupcake de mayor aceptabilidad.

Procedimiento

- En un crisol seco y tarado pesar aproximadamente 3 g. de muestra.
- Pre incinerar la muestra en una cocina eléctrica.
- Incinerar la muestra en la mufla precalentada a 550°C por 4 a 6 h. hasta cenizas blancas o blanco grisáceo.
- Retirar el crisol de la mufla y colocar en la campana de desecación y dejar enfriar.
- Pesarse el crisol con cenizas en la misma balanza que utilizó inicialmente. Anote el peso.

$$\%Ceniza = \frac{A_2 - A_1}{M} \times 100$$

Donde:

P₁: Peso del crisol vacío (g).

P₂: Peso del crisol más ceniza (g).

M: Peso de la Muestra (g).

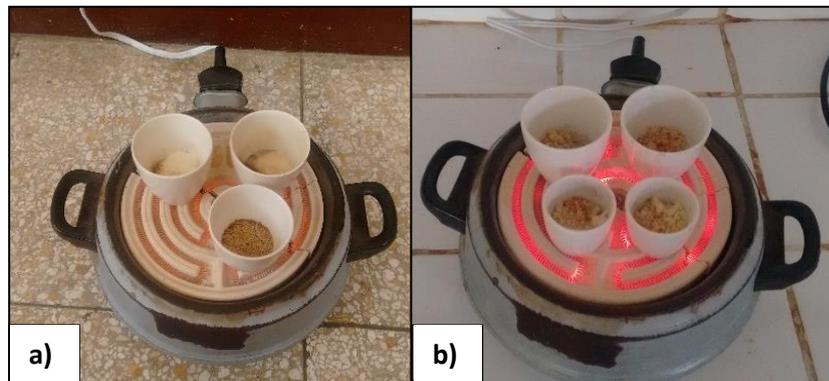


Ilustración A-2: a) Pre-incineración de muestra de Harina de Trigo, Harina de Arveja y Harina de Ajonjolí Desgrasada. b) Pre-incineración de muestras de cupcake control y de mayor aceptabilidad.



Ilustración A-3: Mufla programada a 500°C



Ilustración A-4. Muestras Incineradas de las Harinas y Harina de Ajonjolí Desgrasada

ANEXO 2.3. Determinación de Grasas en las Harinas, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Cupcake de mayor aceptabilidad.

Materiales y Equipos

- Papel Filtro
- Pipeta.
- Probeta.
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL.
- Sistema extractor Soxhlet – Marca Foss
- Balanza Analítica.
- Material usual de laboratorio.

Reactivos

- Éter de petróleo
- Alcohol

Procedimiento

- Secar la muestra en una estufa, con el propósito de eliminar el contenido de agua presente en esta.
- Pesar en un capacho de papel filtro, 3 g de muestra finamente dividida, colocándola luego en el cartucho o dedal.
- Colocar el cartucho dentro del extractor Soxhlet.
- Pesar los vasos.
- Añadir 45 ml del solvente (éter de petróleo) a los vasos y colocar en el equipo.
- Programar el equipo los parámetros de tiempo y temperatura, teniendo en consideración el tipo de solvente a utilizar.
- Hacer circular el agua por el refrigerante y calentar hasta que se obtenga una frecuencia de unas 2 gotas por segundo.
- Efectuar la extracción durante 90 min (el equipo detendrá el análisis de acuerdo con lo programado)
- Colocar los vasos en una estufa por unos 20 min a 100 °C para eliminar el solvente que pueda quedar.
- Enfriar los vasos en una campana y proceder a pesar y realizar los cálculos.

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

Donde:

V₁: Peso del vaso vacío (g).

V₂: Peso del vaso con grasa (g).

M: Peso de la Muestra (g).



Ilustración A-5. Equipo de determinación de grasa: Soxhlet

ANEXO 2.4. Determinación de Proteínas en las Harinas, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Cupcake de mayor aceptabilidad.

Materiales

- Pipetas
- Matraz de Erlenmeyer
- Papel aluminio

Reactivos

- Ácido Sulfúrico QP
- Ácido bórico QP
- Verde de bromocresol QP
- Rojo de metilo QP
- Etanol QP
- Ácido clorhídrico 0.1 N
- Hidróxido de sodio 40%
- Catalizadores

Equipos

- Equipo Kjeldahl
- Estufa
- Balanza analítica

Fundamento

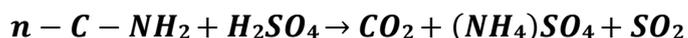
El método Kjeldahl mide el contenido en nitrógeno de una muestra. El contenido en proteína se puede calcular seguidamente, presuponiendo una proporción entre la proteína y el nitrógeno para el alimento específico que está siendo analizado, tal y como explicaremos más adelante.

Este método puede ser dividido, básicamente en 3 etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración. El procedimiento por seguir es diferente en función de si en la etapa de destilación el nitrógeno liberado es recogido sobre una disolución de ácido bórico o sobre un exceso conocido de ácido clorhídrico o sulfúrico patrón. Ello condicionará la forma de realizar la siguiente etapa de valoración, así como los reactivos empleados. En este artículo

docente se explica el primer procedimiento, cuando el nitrógeno se atrapa sobre ácido bórico.

A. Etapa de Digestión

Un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y ebullición convierte el nitrógeno orgánico en ion amonio, según la ecuación.



Procedimiento: Se introducen de 1 g de muestra un tubo de mineralización y se ponen 2 pastillas de catalizador que suele estar constituido por una mezcla de sales de cobre, óxido de titanio o/y óxido de selenio. De forma habitual se utiliza como catalizador una mezcla de K_2SO_4 : $CuSO_4$: Se (10:1:0,1 en peso). Después se adicionan 12 ml de H_2SO_4 concentrado Posteriormente se digiere a $400^\circ C$ durante una hora. Se sabe que la digestión ha terminado porque la disolución adquiere un color verde esmeralda característico. En esta etapa, el nitrógeno proteico es transformado en sulfato de amonio por acción del ácido sulfúrico en caliente. En la actualidad, para llevar a cabo este proceso se utilizan digestores automáticos que son capaces de digerir un número determinado de muestras al mismo tiempo.

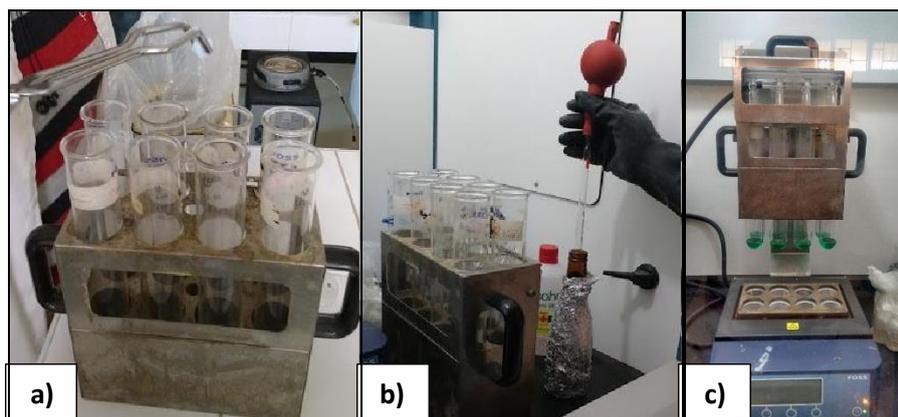
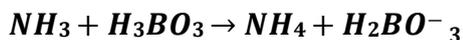
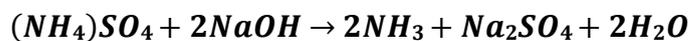


Ilustración A-6: a) Adición del catalizador a las muestras contenidas en los tubos. b) Adición del ácido sulfúrico concentrado en cada tubo. c) Fin de la digestión.

B. Etapa de Destilación

Se alcaliniza la muestra digerida y el nitrógeno se desprende en forma de amoníaco. El amoníaco destilado se recoge sobre un exceso desconocido de ácido bórico.



Procedimiento: Después de enfriar se coloca el tubo de mineralización en el destilador automático al cual está programada para adicionar NaOH al 40 % y agua destilada además de inyectar vapor. Para alcalinizar fuertemente el medio y así desplazar el amoníaco de las sales amónicas. El amoníaco liberado es arrastrado por el vapor de agua inyectado en el contenido del tubo durante la destilación.

El destilado obtenido es agregado automáticamente a un matraz que contiene el líquido receptor elaborado por ácido bórico, rojo de metilo y verde de bromocresol.

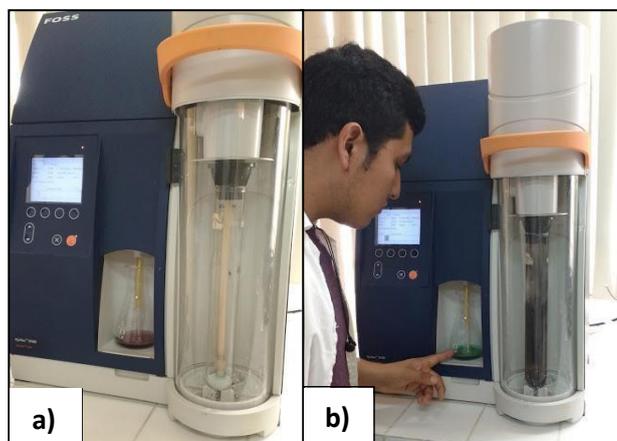


Ilustración A-7: a) Colocación del matraz y tubo de mineralización en el destilador. b) Fin de la destilación

C. Etapa de Valoración o Titulación

La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de una volumetría ácido-base del ion borato formato, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de

rojo de metilo y azul de metileno. Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoníaco destilados.

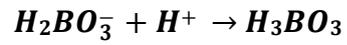


Ilustración A-8: Titulación de muestra destilada

D. Cálculos

De la valoración se puede calcular el número de equivalentes de nitrógeno recogidos, y con este dato se obtiene el porcentaje de nitrógeno en la muestra. Para calcular el porcentaje de proteína basta con multiplicar por un factor de conversión el % de nitrógeno calculado. Este factor de conversión está tabulado para cada grupo de alimentos. En la tabla A-1 se recogen los factores para algunos alimentos.

Tabla A-1: Factores de Conversión de Nitrógeno en Proteínas

Alimentos	Factor de conversión (k)
Harina de trigo refinada y derivados	5.70
Trigo completo	5.83
Avena, cebada, centeno	5.83
Arroz pilado	5.95
Almendras	5.18
Nueces del Brasil	5.46
Maní (con y sin película)	5.46
Frijol soya y derivados	5.71
Coco, castañas y otras oleaginosas	5.30
Leche y derivados	6.38
Gelatina	5.55
Otros	6.25

Fuente: Jones, 1941

$$\% \text{ de Proteínas} = \left(\frac{(ml_{HCl} - ml_{blanco}) \times N \times 14.0070}{gr_{muestra}} \times 100 \right) \times K$$

Donde:

ml_{HCl}: Gasto de titulación en la muestra

ml_{blanco}: Gasto de titulación del blanco

N: normalidad

gr_{muestra}: peso de la muestra

K: Factor de conversión de acuerdo con la muestra analizada.

ANEXO 2.5: Determinación de Fibra Dietaria Total en las Harinas, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Cupcake de mayor aceptabilidad.

Materiales

- Crisol con placa porosa, porosidad N° 2 o equivalente de 40 – 60 μm .
- Tamiz de 0,3 - 0,5 mm.
- Vasos de precipitados altos de 400 a 600 mL.
- Material usual de laboratorio.

Reactivos

- Etanol al 96%.
- Acetona.
- Tampón fosfato 0,08 M, pH 6,0.
- α -amilasa termoestable. Mantener refrigerada.
- Proteasa. Mantener refrigerada.
- Amiloglucosidasa. Mantener refrigerada.
- Hidróxido de sodio 0,275 N.
- Ácido clorhídrico 0,325 N
- Celite C - 211, lavado con ácido.
- Éter de petróleo.

Equipos

- Balanza analítica, con sensibilidad de 0,1 mg.
- Baños termorregulados: (a) ebullición y (b) ajustable a 60 °C con agitación directa en el interior de cada matraz de digestión para dar un movimiento constante al matraz de digestión durante la hidrólisis enzimática.
- Bomba de vacío.
- Desecador con silicagel o similar.
- Estufa de vacío a 70 °C o alternativamente estufa de aire de acuerdo con lo indicado en la referencia.
- Mufla a 525°C.

Fundamento

Muestras en duplicado de alimentos secos y desgrasados son gelatinizados con α -amilasa térmicamente estable y luego digeridas enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra dietética soluble es precipitada por la adición de etanol, el residuo total se filtra, se lava, se seca y se pesa. En el residuo en duplicado se determina proteína, y en el otro, cenizas.

Fibra dietética total = Peso del residuo - Peso (proteína + cenizas).

A. Preparación de la muestra y extracción

- Homogeneizar, secar y moler la muestra en un homogenizador.
- Extraer el contenido de grasa de cada muestra en el Soxhlet.
- Anotar la pérdida de peso por la remoción de la grasa y considerarlo en el cálculo final.



Ilustración A-9: Extracción de grasa de las muestras

B. Determinación

- Pesar en duplicado alrededor de 1 g de muestra.
- Agregar 50 mL de tampón fosfato pH 6,0 a cada frasco con muestra.
- Controlar el pH y ajustar a $\text{pH } 6 \pm 0,2$ si fuese necesario.
- Adicionar 0,1 mL de la solución de α -amilasa. Cubrir el matraz con papel aluminio, colocarlo en un baño de agua y hervir durante 15 minutos. Agitar a intervalos de 5 minutos. El contenido debe llegar a $95 - 100^\circ\text{C}$.
- Enfriar la solución a temperatura ambiente.
- Ajustar pH a $7,5 \pm 0,2$ con aproximadamente 10 mL NaOH 0,275N.

- Adicionar 5 mg de proteasa. Cubrir el matraz con papel aluminio e incubar 30 minutos a 60 °C con agitación continua.
- Enfriar y añadir 10 mL de HCl 0,325 N.
- Medir el pH y agregar gotas de ácido sí fuese necesario. El pH final debe ser 4,0 - 4,6.
- Añadir 0,3 mL amiloglicosidasa, cubrir con papel aluminio e incubar 30 minutos a 60°C con agitación continua.
- Adicionar 280 mL de etanol al 96 % precalentado a 60 °C.
- Dejar precipitar a temperatura ambiente por 60 minutos.
- Pesar el crisol que contiene celite, humedecerlo y redistribuir el celite en el crisol usando etanol al 96 % y aplicar succión.
- Mantener la succión y transferir cuantitativamente el precipitado al crisol.
- Lavar el residuo sucesivamente con tres porciones de 20 mL de etanol al 96 %, dos porciones de 10 mL de etanol al 96 % y dos porciones de 10 mL de acetona. Se puede formar goma con algunas muestras, atrapando el líquido. Sí así fuera, rompa la película de la superficie con espátula para mejorar el filtrado. El tiempo de filtración y lavado variará de 0,1 a 6 horas, con un promedio de 1 1/2 hora por muestra. Se pueden evitar tiempos largos de filtración, mediante una succión intermitente y cuidadosa.
- Secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en estufa de vacío a 70 °C o en estufa de aire a 105 °C.
- Enfriar en desecador y pesar. Restar el peso del crisol y del celite para determinar el peso del residuo. Registrar **m₁**.
- Calcinar el residuo de la segunda muestra del duplicado durante 5 horas a 525 °C.
- Enfriar en desecador y pesar.
- Restar el peso del crisol y del celite para determinar cenizas.

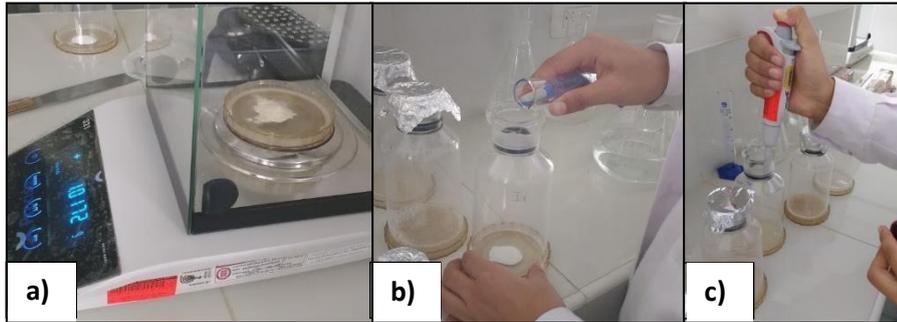


Ilustración A-10: a) Pesado de las muestras. b) Adición de tampón fosfato. c) Adición de α -amilasa



Ilustración A-11: Colocación de frascos con muestras en baño maría 95 – 100°C

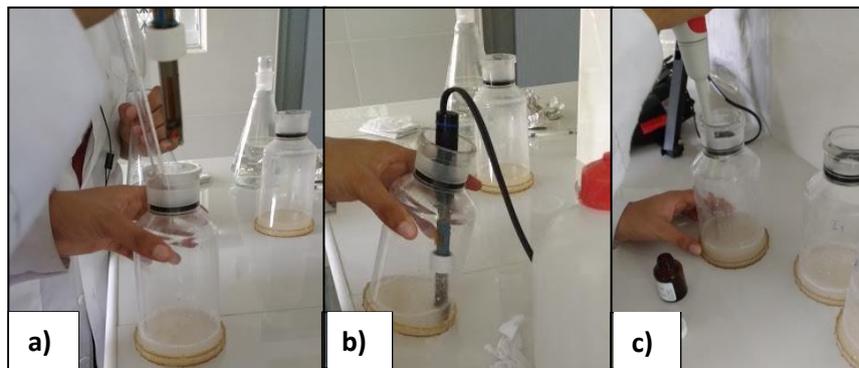


Ilustración A-12: a) Adición de NaOH 0,275N. b) Verificación del pH a $7,5 \pm 0,2$. c) Adición de proteasa.

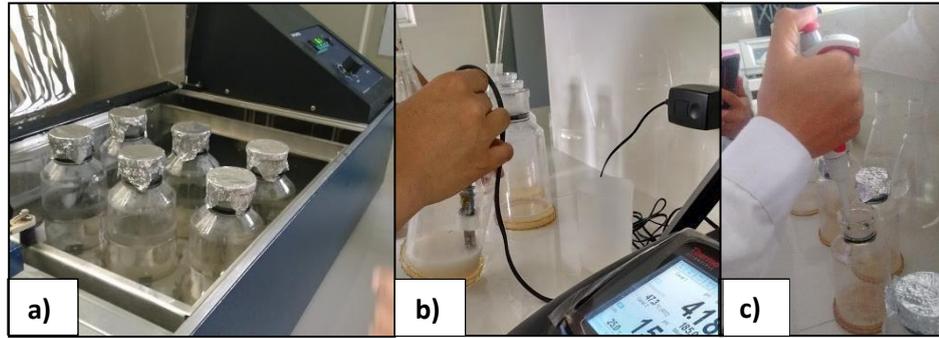


Ilustración A-13: a) Incubación a 60°C por 60 min a agitación continua. b) Adición de HCl 0,325 N y verificación del pH a 4,0 - 4,6. c) Adición de amiloglucosidasa.

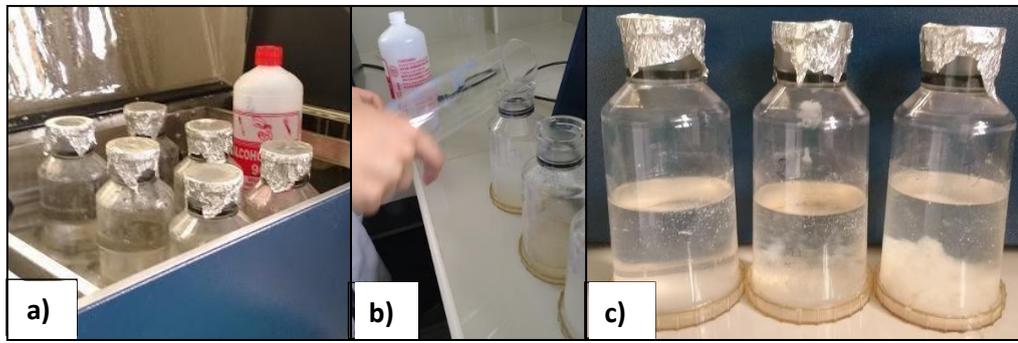


Ilustración A-14: a) Incubación a 60°C por 60 min a agitación continua. b) Adición del etanol de 96 % precalentado a 60°C. c) Precipitación a temperatura ambiente.

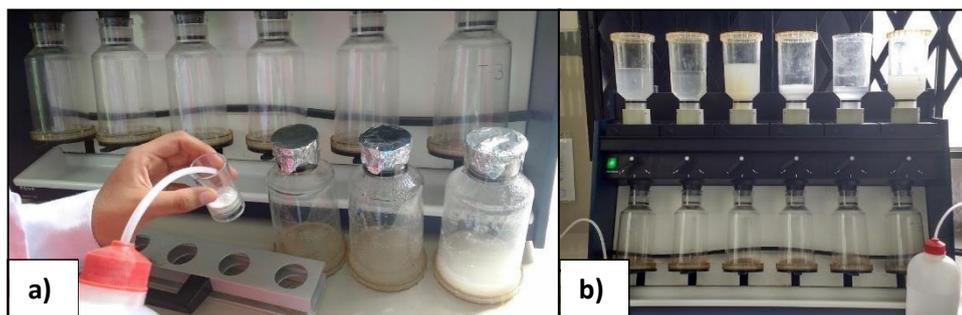


Ilustración A-15: a) Redistribución del celite en el crisol usando etanol al 96%. b) Precipitación final.

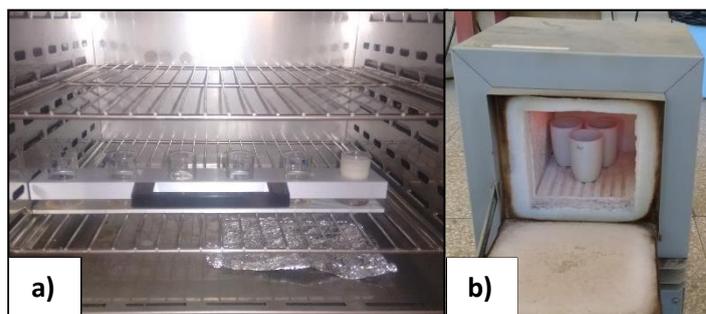


Ilustración A-16: a) Secado de Crisol con residuo. b) Calcinación del residuo por 5h a 525°C.

C. Cálculo de Fibra Dietaria Total

$$\% FDT = \left(\frac{m_1 - C}{m} \right) \times 100$$

Donde:

m: masa de la muestra = promedio de la masa de 2 muestras (mg)

m₁: masa de residuo = promedio de las masas de las muestras determinadas en duplicado (mg).

C: masa (mg) de cenizas, respectivamente en los residuos de las muestras.

ANEXO III. ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE LAS HARINAS, HARINA DE AJONJOLÍ DESGRASADA Y CUPCAKE DE MAYOR ACEPTABILIDAD.

ANEXO 3.1: Medición de Colorimetría en las Harinas, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Cupcake de mayor aceptabilidad.

Procedimiento

- Calibrar el colorímetro con el blanco.
- Determinar la luminosidad descrita por *L. El color negro representa una luminosidad de 0 mientras que el blanco representa una luminosidad de 100. los parámetros de a* y b* se utilizan para evaluar la Cromacidad y el ángulo de tonalidad. Para el cálculo se utiliza las siguientes ecuaciones.

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

$$ÁNGULO DE TONALIDAD (L) = \arctan \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

- Seleccionar el espacio de color en el cual se va a realizar la lectura.
- Tomar una muestra y colocarlo en Colorímetro.
- Realizar 3 lecturas de la muestra.
- Limpiar el objetivo del colorímetro después de realizada cada una de las lecturas.
- Anotar los valores de los parámetros L*, a*, b*.
- En caso de los cupcakes, se tomó lectura a la miga y corteza.



Ilustración A-17: Colorimetría del cupcake

ANEXO 3.2: Medición de Actividad de Agua en las Harinas, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Cupcake de mayor aceptabilidad.

Procedimiento

- Agregar aproximadamente 2-3 g de las muestras (molidas) sobre la cubeta del equipo.
- Colocar la cubeta dentro del equipo analizador de actividad de agua.
- Esperar unos minutos hasta que se han alcanzado las condiciones de estabilidad térmica requerida. El tiempo necesario para que esto ocurra es muy variable, dependiendo del alimento a medir, el tiempo puede oscilar entre pocos minutos hasta más de 1 hora.
- Luego anotar los resultados arrojados por el equipo.

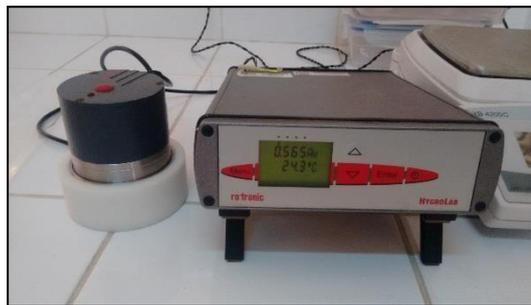


Ilustración A-18: Medición de Actividad e agua de las muestras

ANEXO 3.3: Acidez en las Harinas, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Cupcake de mayor aceptabilidad.

Procedimiento

- Se pesa 5 gr de cupcake óptimo en un vaso de precipitado al cual se le añade 25 ml de agua destilada y se agita.
- Se coloca en baño maría de 40°C a 50°C por un espacio de 20 min.
- Se filtro con ayuda de papel filtro a otro matraz.
- Se adiciona 2 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador.
- Se adiciona gota a gota la solución de NaOH al 0.1 N, al mismo tiempo que se agita lentamente el matraz con la muestra, hasta que la solución muestra se torne color rosa.
- Se toma la lectura en la bureta (el gasto) y se calcula la cantidad de NaOH gastado para neutralizar la acidez de la muestra.

$$\% \text{ Acidez} = \left(\frac{ml_{NaOH} \times N \times Meq.}{gr_{muestra}} \right) \times F \times 100$$

Donde:

ml_{NaOH}: Gasto de titulación de NaOH al 0.1 N.

N: Normalidad de NaOH.

Meq: Mili-equivalente del ácido predominante (ácido láctico)

gr_{muestra}: peso de la muestra.

F: Factor de dilución.



Ilustración A-19: Medición de Acidez titulable

ANEXO 3.4: Volumen Específico en Cupcakes.

Procedimiento

- Se pesa los cupcakes de las diferentes formulaciones después de una hora de haber salido del horno.
- Se coloca el cupcake en un recipiente geométrico (táper cilíndrico) conteniendo semillas de alpiste.
- Se procede a desplazar por parte de los cupcakes, todas las semillas.
- Con un vaso de precipitado o probeta, medimos la cantidad de volumen que ocupó cada uno de los cupcakes.
- Este procedimiento se realiza por triplicado.

$$\text{Volumen Específico} = \frac{\text{Volumen del cupcake (ml)}}{\text{Masa (gr)}}$$

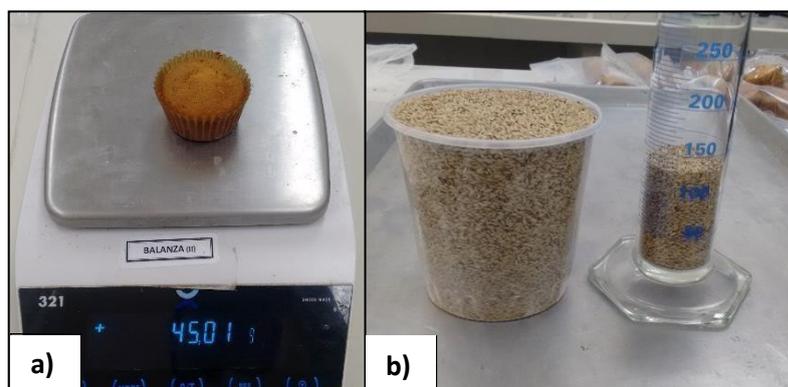


Ilustración A-20: a) Pesado del cupcake b) Medición de Volumen del cupcake.

ANEXO IV: CÓMPUTO QUÍMICO

Método para hallar el Aminograma Teórico de las Formulaciones

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

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

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

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

AD = Aminoácido de la Harina de Ajonjolí Desgrasada presente en la mezcla (X).

$\%MAD$ = Porcentaje de participación de la Harina de Ajonjolí Desgrasada en la mezcla (X).

A = Aminoácido de la Arveja presente en la mezcla (X).

$\%MA$ = Porcentaje de participación de la arveja en la mezcla (X).

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

Tabla A- 2: Perfil de Aminoácidos de las Harina de Trigo, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja

Aminoácidos Esenciales	Composición de Aminoácidos (mg/g proteína)			Patrón FAO aminoácidos (mg/g proteína) *
	Trigo	Ajonjolí	Arveja	
Isoleucina	37	36	42	30
Leucina	60	67	68	59
Lisina	25	31	83	45
Metionina + Cisteína	36	46	20	22
Fenilalanina + Tirosina	74	75	73	38
Treonina	31	35	40	23
Triptófano	11	16	9	6
Valina	43	46	47	39
Histidina	19	24	23	15

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

Categoría Adultos

Tabla A- 3: Score Químico de las Harina de Trigo, Harina de Ajonjolí Desgrasada y Harina de Arveja

Aminoácidos Esenciales	Composición Química		
	Trigo	Ajonjolí	Arveja
Isoleucina	123	120	140
Leucina	102	114	115
Lisina	56	69	184
Metionina + Cisteína	164	209	91
Fenilalanina + Tirosina	195	197	192
Treonina	135	152	174
Triptófano	183	267	150
Valina	110	118	121
Histidina	127	160	153

ANEXO V. ANÁLISIS SENSORIAL Y ACEPTABILIDAD DE CUPCAKES

Nombre: _____ **Edad:** _____

Fecha: ____/____/____

INSTRUCCIONES: Ud. Está recibiendo 12 muestras de **CUPCAKES**. Por favor, indique cuanto le gustó o disgustó cada atributo de cada cupcake; escriba el código y el puntaje de evaluación correspondiente en el cuadro de la parte inferior.

Tabla A- 4: Puntaje de Evaluación a Cupcakes

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

Tabla A- 5: Puntaje Para Cada Atributos de Cupcakes

CÓDIGO DE MUESTRA	PUNTAJE PARA CADA ATRIBUTO			
	OLOR	COLOR	TEXTURA	SABOR

OBSERVACIONES:

**ANEXO VI: EVALUACIÓN SENSORIAL – VIDA ÚTIL DE CUPCAKE DE
MAYOR ACEPTABILIDAD**

Nombre: _____ **Edad:** _____

Fecha: ____ / ____ / ____

INSTRUCCIONES: Ud. Está recibiendo la muestra óptima de **CUPCAKES** para evaluar su vida útil. Por favor, indique su calificación de cada atributo del cupcake, según la escala de Karlsruhe adjunta; escriba el puntaje de evaluación correspondiente en el cuadro de la parte inferior.

Tabla A- 6: Puntaje de Evaluación según Escala de Karlsruhe

MUESTRA OPTIMA	PUNTAJE PARA CADA ATRIBUTO				
	COLOR	FORMA	OLOR	TEXTURA	SABOR

OBSERVACIONES: _____

Tabla A- 7: Escala de Karlsruhe para Cupcake

Características	Calidad grado 1: Características Típicas			Calidad Grado 2: Deterioro Tolerante			Calidad Grado 3: Deterioro Indeseable		
	Excelente 9	Muy Buena 8	Buena 7	Satisfactoria 6	Regular 5	Suficiente 4	Defectuosa 3	Mala 2	Muy mala 1
Color	Homogéneo, extremadamente natural, muy típico y agradable.	Típico, agradable, muy natural, algunas zonas del cupcake son algo tostado o pálido.	Típico, natural, algo oscuro y pálido. Cupcake con coloración no uniforme. Es agradable	Pálido, alterado y quemado ligeramente, algo artificial, tostado.	Color alterado, amarillento, costra del cupcake descolorida, miga muy clara.	Muy tostado, color muy alterado, algunas manchas de otro tono. Desagradable.	Atípico, con algunas zonas muy amarillentas, color desuniforme, desagradable	Atípico, muy quemado, color desuniforme, muy desagradable.	Muy atípico, color totalmente alterado, inaceptable.
Forma	Bien formado y atractivo, perfecto, costra uniforme con bordes definidos, regular y liso. Cupcake con miga de tamaño homogéneo.	Costra regular con bordes un poco modificado, agradable. Miga con poros homogéneo, atractivo.	Costra con bordes levemente modificados, no agrietados. Aun agradable. Miga con poros levemente irregular.	Conservado, costra ligeramente modificada con bordes irregulares y agrietados suavemente. Miga con poros algo irregular.	Algo alterado, un poco hundido, bordes de la costra asimétrica, irregulares. Miga desuniforme con poros un poco grandes.	Costra muy hundida y agrietada, bordes irregulares. Algunos huecos grandes en la miga. No es desagradable.	Costra muy agrietada con bordes muy irregulares. Muchos poros de diferentes tamaños en la miga, desagradable	Costra muy alterada, rota, destrozada, Se desmigaja fácilmente.	Completamente alterado. Muy desagradable.
Olor	Muy agradable, muy aromático, muy específico, equilibrado.	Agradable, típico, aromático, específico, equilibrado, natural.	Algo suave, algo intenso, específico, algo aromático, equilibrado.	Levemente perjudicado, normal, algo artificial, levemente desequilibrado.	Algo perjudicado, desequilibrado, aroma artificial.	Daño algo aceptable, aroma insípido, algo rancio y añejo.	Dañado. Aroma muy artificial, muy insípido. Algo rancio y añejo.	Muy desagradable, alterado. Algo repulsivo, rancio y añejo.	Extremadamente desagradable, deteriorado.

Sabor	Muy agradable, equilibrado, muy típico, muy natural, armónico.	Agradable, equilibrado, muy bueno, muy típico, natural.	Algo intenso, agradable, bueno típico, algo natural.	Levemente perjudicado, algo artificial, agridulce. Sabor algo anormal.	Aceptable, artificial, aromatizado, cupcake graso, algo amargo. Dulzor bajo o sobre lo normal. Algo típico.	Algo aceptable, muy aromatizado, cupcake con sabor horneado, insípido o amargo. Muy dulce, rancio, poco añejado, levemente desequilibrado.	Alterado, cupcake rancio, crudo, añejo, dañado. No típico.	Desagradable, muy alterado, muy rancio, muy amargo. Aun no repulsivo.	Completamente deteriorado. Repulsivo.
Textura	Muy típico, extremadamente buena, cupcake muy fresco, tierno, esponjoso, grasicidad equilibrada, muy suave.	Típico, muy bueno. Cupcakes esponjosos, firme, fresco y suave. Grasicidad buena. Leves residuos.	Típico, bueno, cupcakes esponjosos, algo grasoso, suave, deja residuos en cantidades regulares.	Levemente alterado, cupcake algo seco, grasoso al tacto. Poco suave, deja muchos residuos	Cupcake algo ligoso, muy blando, grasoso al tacto, algo apelmazado. Residuos desagradables.	Algo reblandecido, algo alterado, grasoso, ligoso, seco en algunas partes, algo pegajoso.	Claramente modificado, alterado, pegajoso, muy blando, algunas partes dura y reseco, apelmazado, muy grasoso al tacto.	Desagradablemente alterado, Intensamente duro, se apelmaza con facilidad, extremadamente grasoso.	Excepcionalmente deteriorado, intensamente grasoso al tacto.

ANEXO VII: VIDA ÚTIL

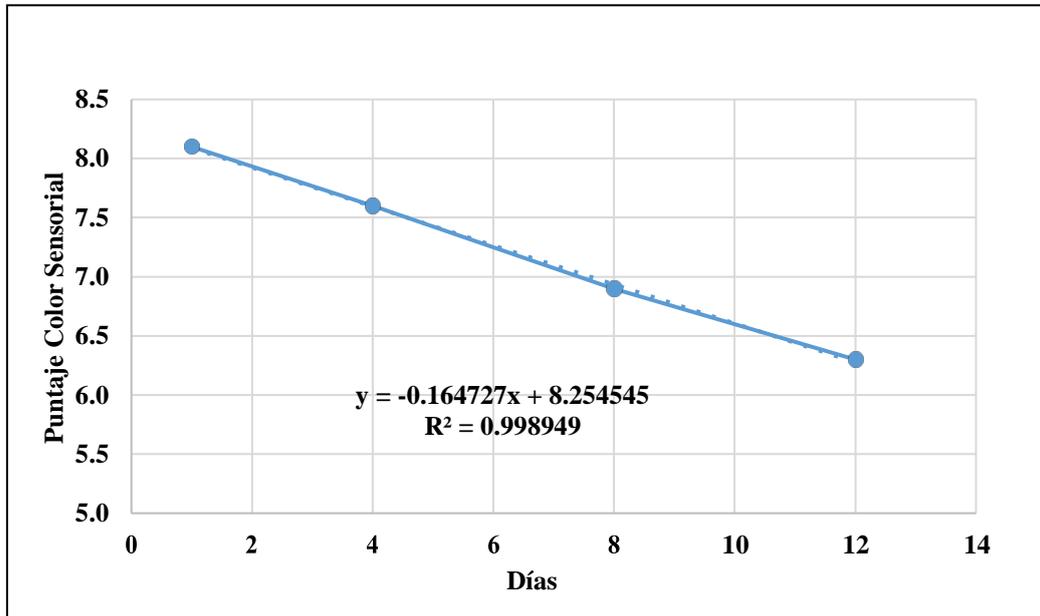
ANEXO 7.1. Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza del color sensorial del cupcake de mayor aceptabilidad almacenado durante 12 días a temperatura ambiente.

Tabla A-8: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil.

	Tiempo en días (X)	Puntaje Color Sensorial (Y)	X²	Y²	X.Y	X-XProm	Y-YProm	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)
	1	8.100	1.0	65.61	8.1	-5.3	0.875000	27.6	0.76562500	-4.593750
	4	7.600	16.0	57.76	30.4	-2.3	0.375000	5.1	0.14062500	-0.843750
	8	6.900	64.0	47.61	55.2	1.8	-0.325000	3.1	0.10562500	-0.568750
	12	6.300	144.0	39.69	75.6	5.8	-0.925000	33.1	0.85562500	-5.318750
Suma	25	28.900	225.000	210.670	169.300	0.000	0.000	68.750	1.868	-11.325
Prom. \bar{x}	6.25	7.225	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			Sxx	Syy	Sxy
n:	4									

Una vez que se llenan los datos en la tabla A-8 se realiza la gráfica **Puntaje vs Tiempo** para obtener los valores de regresión lineal: b_0 , b_1 y r^2 .

$$y = b_1x + b_0$$



Gráfica A-1: Tendencia del color sensorial del cupcake de mayor aceptabilidad durante los 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal:

$$y = -0.164727x + 8.254545$$

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

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

Tiempo en días (X)	Puntaje Color Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X+b_0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$	ERROR EXPERIMENTAL $(Y-Y^{\wedge})(YY^{\wedge})^2$
1	8.100	8.089818	0.0102	0.0001037	0.0000011
4	7.600	7.595636	0.0044	0.0000190	0.0000001
8	6.900	6.936727	-0.0367	0.0013489	-0.0000495
12	6.300	6.277818	0.0222	0.0004920	0.0000109
Sse				0.0019636	

$$MSe^2 = \frac{Sse}{n - 2}$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{(2)} 0.0019636} = 0.0313340$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible para el sabor sensorial es: 6

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

$$\bar{x} = \frac{5.50 - 8.254545}{-0.164727} = 16.72 \approx 17 \text{ dias}$$

Donde:

Y= Límite de aceptabilidad

\bar{x} Vida útil

b₀= Intercepto

b₁= Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los **intervalos de confianza** para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$, con la finalidad de obtener un (1- α) 100% nivel de confianza de intervalos lineales Graybill y Bowden sugieren lo siguiente:

$$b_0 + b_1x \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|x - \bar{x}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la tabla A-10

Tabla A-10: Valores de $d\alpha$

n-2	α	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.10
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05
30	2.35	2.03
40	2.32	2.01
50	2.30	1.99

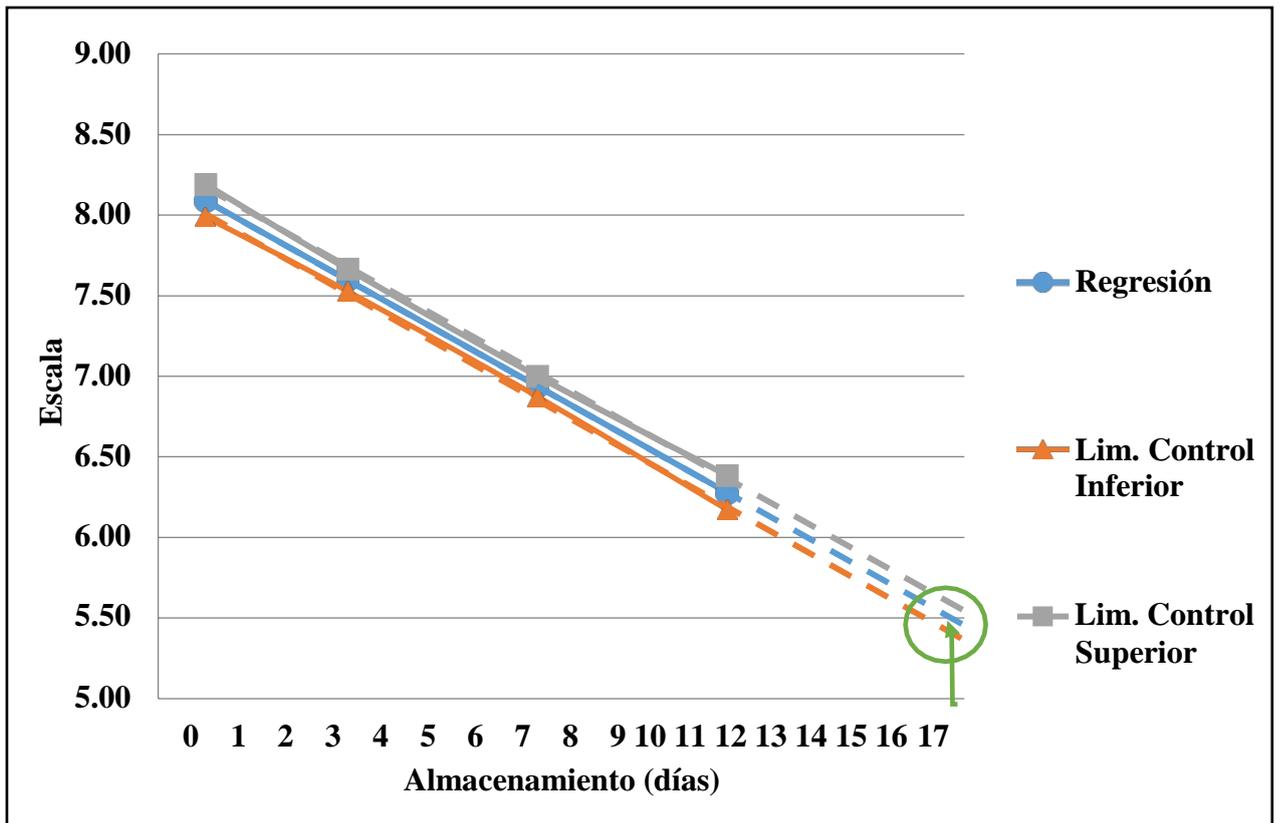
Fuente: Bowden y Graybill, 1966.

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla A-11: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	Puntaje Color Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	LCI	LCS
1	8.1	8.089818	7.989	8.191
4	7.6	7.595636	7.527	7.664
8	6.9	6.936727	6.873	7.000
12	6.3	6.277818	6.171	6.384

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



Gráfica A-2: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente para el atributo color sensorial.

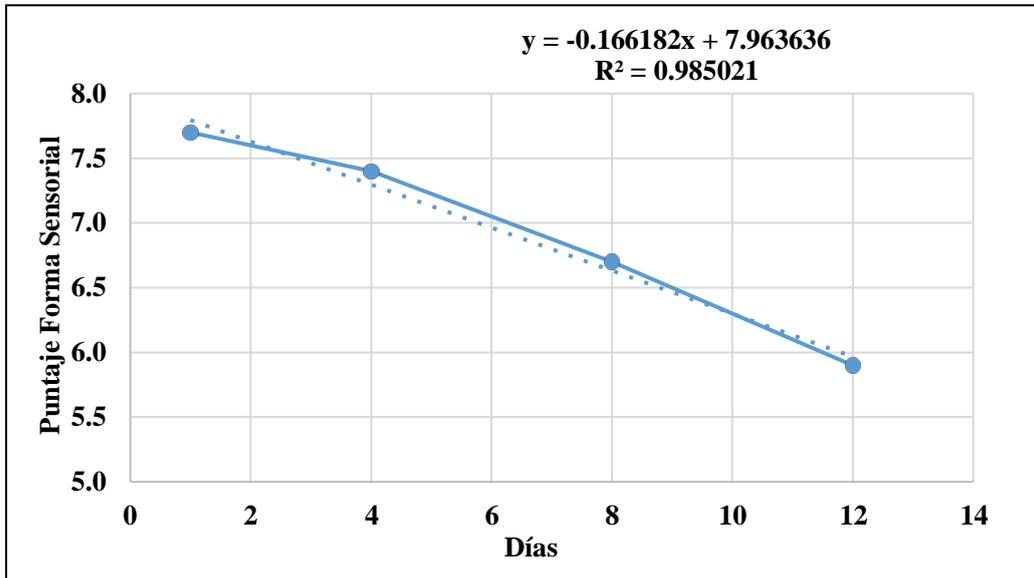
ANEXO 7.2. Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza de la Forma Sensorial del cupcake de mayor aceptabilidad almacenado durante 12 días a temperatura ambiente.

Tabla A-12: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil.

Tiempo en días (X)	Puntaje Forma Sensorial (Y)	X²	Y²	X.Y	X-XProm	Y-YProm	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)	
1	7.700	1.0	59.29	7.7	-5.3	0.775000	27.6	0.60062500	-4.068750	
4	7.400	16.0	54.76	29.6	-2.3	0.475000	5.1	0.22562500	-1.068750	
8	6.700	64.0	44.89	53.6	1.8	-0.225000	3.1	0.05062500	-0.393750	
12	5.900	144.0	34.81	70.8	5.8	-1.025000	33.1	1.05062500	-5.893750	
Suma	25	27.700	225.000	193.750	161.700	0.000	0.000	68.750	1.928	-11.425
Prom. \bar{x}	6.25	6.925	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY		Sxx	Syy	Sxy	
n:	4									

Una vez que se llenan los datos en la tabla A-12 se realiza la gráfica **Puntaje vs Tiempo** para obtener los valores de regresión lineal: b_0 , b_1 y r^2 .

$$y = b_1x + b_0$$



Gráfica A-3: Tendencia de la forma sensorial del cupcake de mayor aceptabilidad durante los 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal:

$$y = -0.166182x + 7.963636$$

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla A-13: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje Forma Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X+b_0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$	ERROR EXPERIMENTAL
					$(Y-Y^{\wedge})(YY^{\wedge})^2$
1	7.700	7.797455	-0.0975	0.0094974	-0.0009256
4	7.400	7.298909	0.1011	0.0102194	0.0010331
8	6.700	6.634182	0.0658	0.0043320	0.0002851
12	5.900	5.969455	-0.0695	0.0048239	-0.0003350
Sse				0.0288727	

$$MSe^2 = \frac{1}{n-2} SSe = S_e^2(n-2)$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 0.0288727} = 0.1201514$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible para la forma sensorial es: 5.5

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

$$\bar{X} = \frac{5.5 - 7.963636}{-0.166182} = 14.8249 \approx 15 \text{ dias}$$

Donde:

Y= Límite de aceptabilidad

\bar{X} Vida útil

b₀= Intercepto

b₁= Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los **intervalos de confianza** para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$, con la finalidad de obtener un (1- α) 100% nivel de confianza de intervalos lineales Graybill y Bowden sugieren lo siguiente:

$$b_0 + b_1x \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la tabla A-14

Tabla A-14: Valores de $d\alpha$

n-2	t	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.10
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05
30	2.35	2.03
40	2.32	2.01
50	2.30	1.99

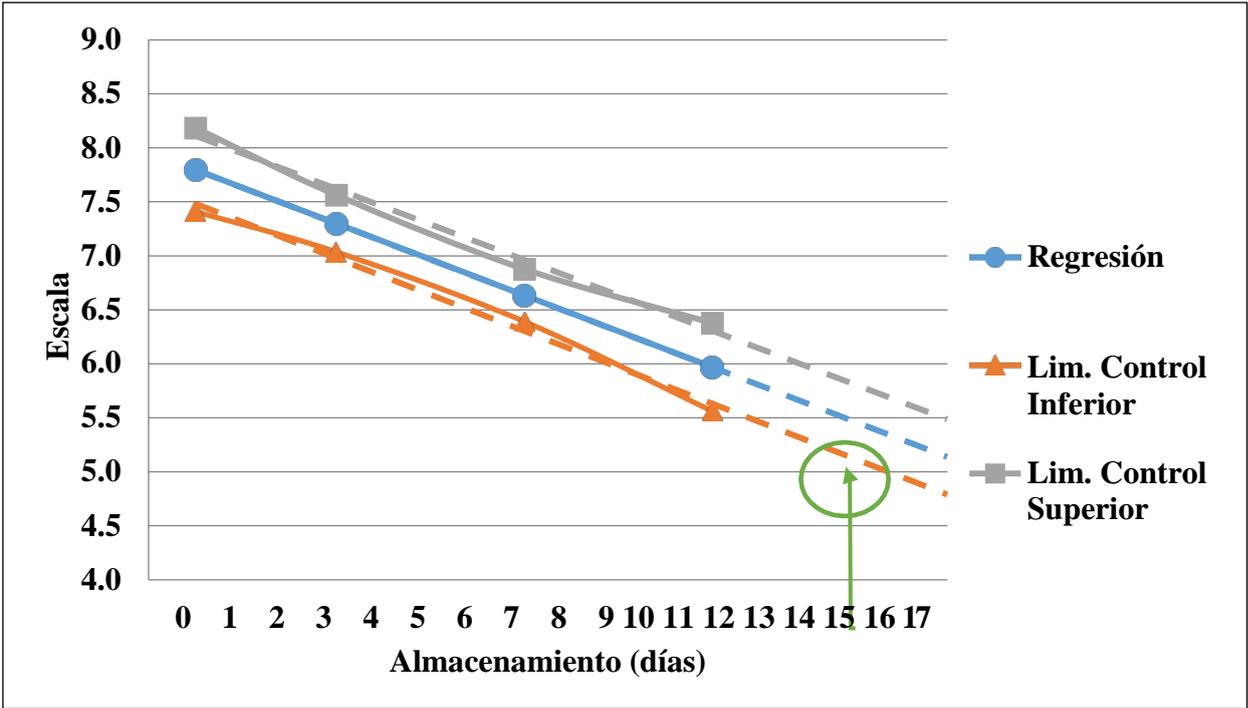
Fuente: Bowden y Graybill, 1966.

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla A-15: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	Puntaje Forma Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	LCI	LCS
4	7.4	7.298909	7.035	7.563
8	6.7	6.634182	6.391	6.878
12	5.9	5.969455	5.561	6.378

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



Gráfica A-4: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente para el atributo forma sensorial.

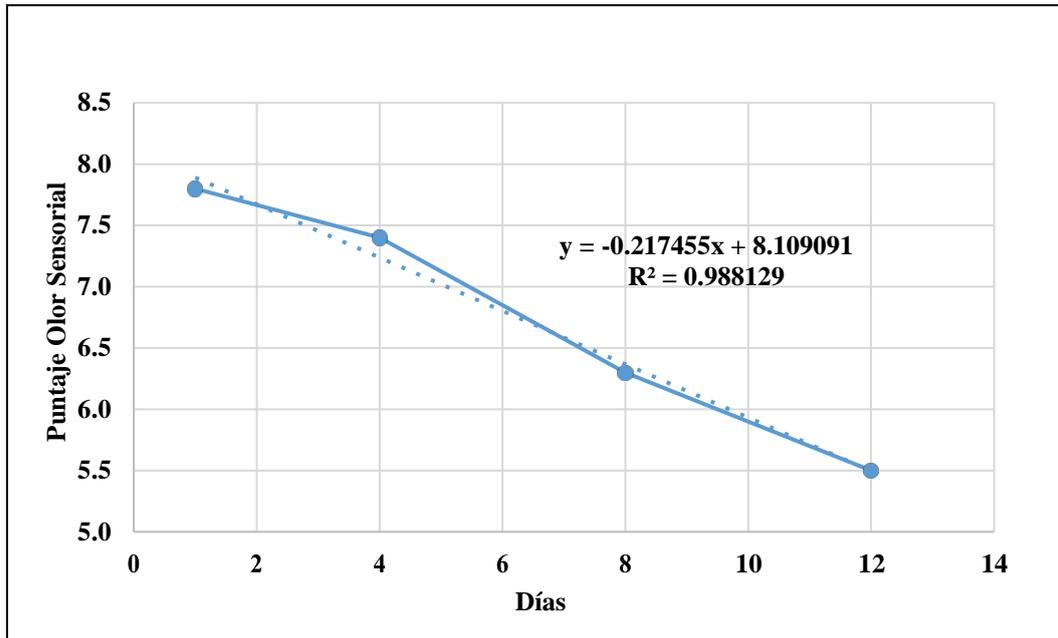
ANEXO 7.3. Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza del Olor Sensorial del cupcake de mayor aceptabilidad almacenado durante 12 días a temperatura ambiente.

Tabla A-16: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil.

	Tiempo en días (X)	Puntaje Olor Sensorial (Y)	X²	Y²	X.Y	X-XProm	Y-YProm	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)
	1	7.800	1.0	60.84	7.8	-5.3	1.050000	27.6	1.10250000	-5.512500
	4	7.400	16.0	54.76	29.6	-2.3	0.650000	5.1	0.42250000	-1.462500
	8	6.300	64.0	39.69	50.4	1.8	-0.450000	3.1	0.20250000	-0.787500
	12	5.500	144.0	30.25	66.0	5.8	-1.250000	33.1	1.56250000	-7.187500
Suma	25	27.000	225.000	185.540	153.800	0.000	0.000	68.750	3.290	-14.950
Prom. (x)	6.25	6.750	Σ X²	Σ Y²	Σ XY			Sxx	Syy	Sxy
n:	4									

Una vez que se llenan los datos en la A-16 se realiza la gráfica **Puntaje vs Tiempo** para obtener los valores de regresión lineal: b_0 , b_1 y r^2 .

$$y = b_1x + b_0$$



Gráfica A-5: Tendencia del olor sensorial del cupcake de mayor aceptabilidad durante los 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

$$y = -0.217455x + 8.109091$$

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla A-17: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje Olor Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X+b_0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$	ERROR
					EXPERIMENTAL $(Y-Y^{\wedge})(YY^{\wedge})^2$
1	7.800	7.891636	-0.0916	0.0083972	-0.0007695
4	7.400	7.239273	0.1607	0.0258333	0.0041521
8	6.300	6.369455	-0.0695	0.0048239	-0.0003350
12	5.500	5.499636	0.0004	0.0000001	0.0000000
Sse				0.0390545	

$$MSe^2 = \frac{1}{n-2} SSe = Se^2(n-2)$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 0.0390545} = 0.1397400$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible para el olor sensorial es: 5.5

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

$$\bar{X} = \frac{5.5 - 8.109091}{-0.217455} = 11.998 \approx 12 \text{ dias}$$

Donde:

Y= Límite de aceptabilidad

\bar{X} = Vida útil

b₀= Intercepto

b₁= Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los **intervalos de confianza** para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$, con la finalidad de obtener un (1- α) 100% nivel de confianza de intervalos lineales Graybill y Bowden sugieren lo siguiente:

$$b_0 + b_1x \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la tabla A-18

Tabla A-18: Valores de $d\alpha$

n-2	t	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.10
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05
30	2.35	2.03
40	2.32	2.01
50	2.30	1.99

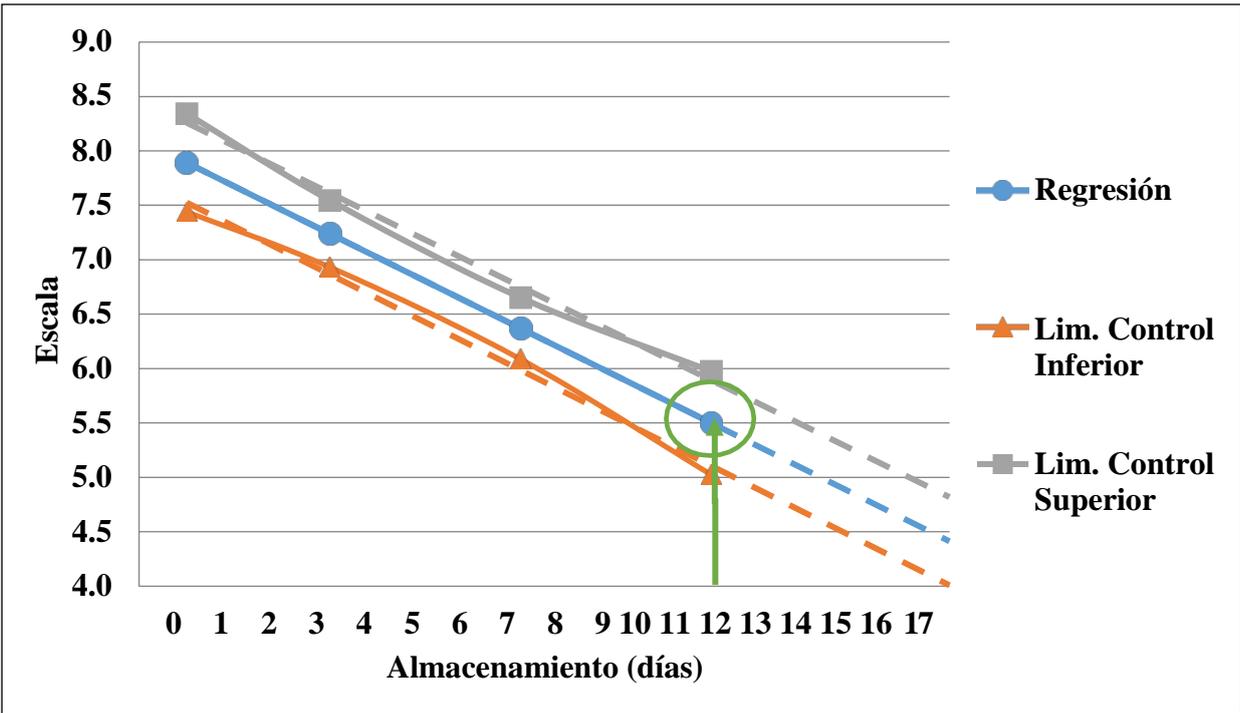
Fuente: Bowden y Graybill, 1966.

Determinación de los intervalos de confianza:

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

Tiempo en días (X)	Puntaje Olor Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	LCI	LCS
1	7.8	7.891636	7.441	8.343
4	7.4	7.239273	6.932	7.546
8	6.3	6.369455	6.086	6.652
12	5.5	5.499636	5.025	5.975

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



Gráfica A-6: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente para el atributo olor sensorial.

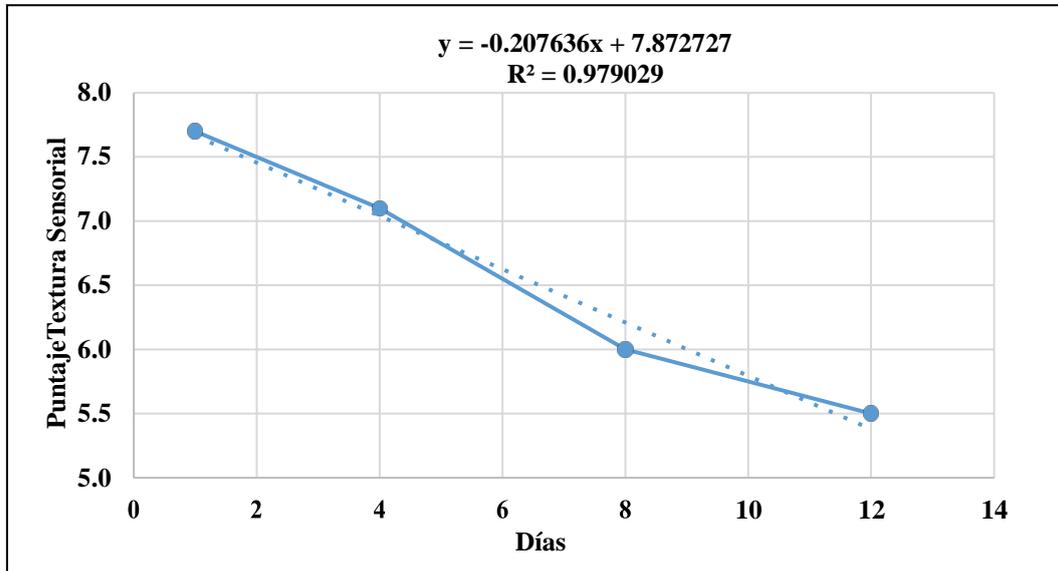
ANEXO 7.4. Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza de la Textura Sensorial del cupcake de mayor aceptabilidad almacenado durante 12 días a temperatura ambiente.

Tabla A-20: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil.

Tiempo en días (X)	Puntaje Textura Sensorial (Y)	X²	Y²	X.Y	X-XProm	Y-YProm	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)	
1	7.700	1.0	59.29	7.7	-5.3	1.125000	27.6	1.26562500	-5.906250	
4	7.100	16.0	50.41	28.4	-2.3	0.525000	5.1	0.27562500	-1.181250	
8	6.000	64.0	36.00	48.0	1.8	-0.575000	3.1	0.33062500	-1.006250	
12	5.500	144.0	30.25	66.0	5.8	-1.075000	33.1	1.15562500	-6.181250	
Suma	25	26.300	225.000	175.950	150.100	0.000	0.000	68.750	3.028	-14.275
Prom. \bar{x}	6.25	6.575	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY		Sxx	Syy	Sxy	
n:	4									

Una vez que se llenan los datos en la tabla A-20 se realiza la gráfica **Puntaje vs Tiempo** para obtener los valores de regresión lineal: **b_0 , b_1 y r^2** .

$$y = b_1x + b_0$$



Gráfica A-7: Tendencia de la Textura sensorial del cupcake de mayor aceptabilidad durante los 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal:

$$y = -0.207636x + 7.872727$$

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla A-21: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje Textura Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X+b_0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$	ERROR
					EXPERIMENTAL $(Y-Y^{\wedge})(YY^{\wedge})^2$
1	7.700	7.665091	0.0349	0.0012186	0.0000425
4	7.100	7.042182	0.0578	0.0033429	0.0001933
8	6.000	6.211636	-0.2116	0.0447900	-0.0094792
12	5.500	5.381091	0.1189	0.0141394	0.0016813
Sse				0.0634909	

$$MSe^2 = \frac{1}{n-2} SSe = Se^2(n-2)$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 0.0634909} = 0.1781725$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible para la textura sensorial es: 5.5

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

$$\bar{X} = \frac{5.5 - 7.872727}{-0.207636} = 11.427 \approx 11 \text{ dias}$$

Donde:

Y= Límite de aceptabilidad

\bar{X} Vida útil

b₀= Intercepto

b₁= Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los **intervalos de confianza** para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$, con la finalidad de obtener un (1- α) 100% nivel de confianza de intervalos lineales Graybill y Bowden sugieren lo siguiente:

$$b_0 + b_1x \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la tabla A-22

Tabla A-22: Valores de $d\alpha$

n-2	α	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.10
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05
30	2.35	2.03
40	2.32	2.01
50	2.30	1.99

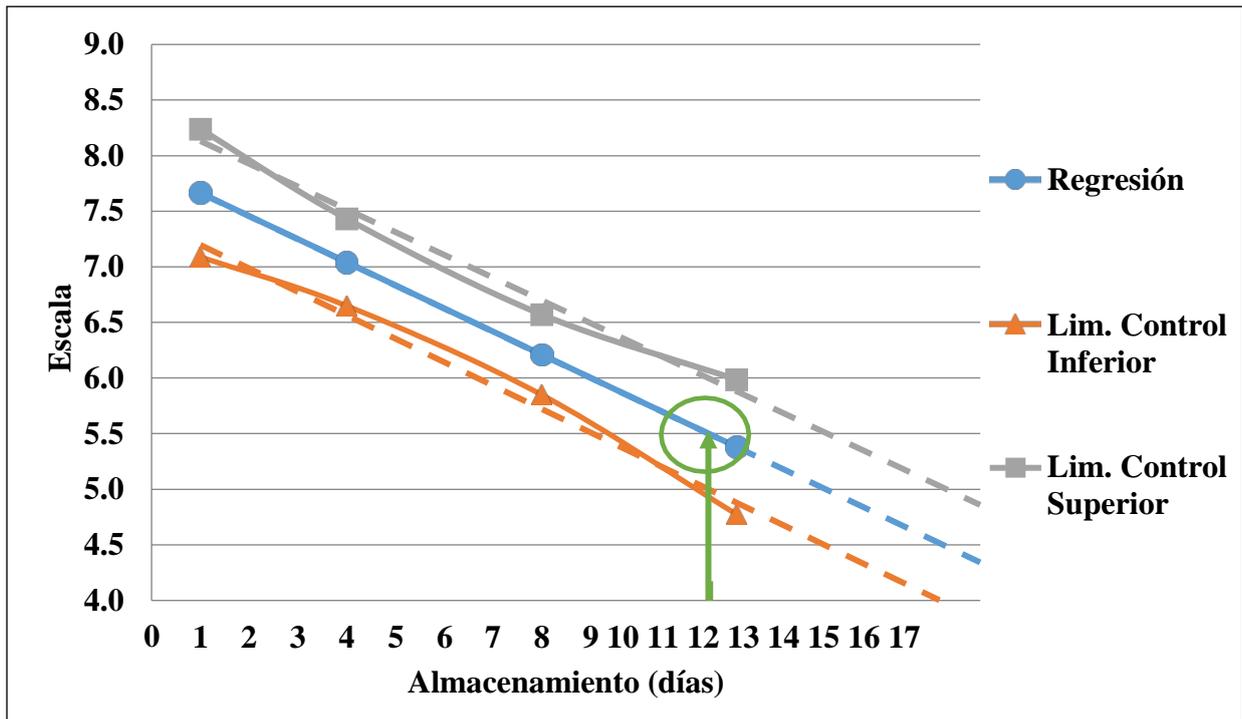
Fuente: Bowden y Graybill, 1966.

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla A-23: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	Puntaje Textura Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	LCI	LCS
1	7.7	7.665091	7.090	8.240
4	7.1	7.042182	6.651	7.434
8	6.0	6.211636	5.851	6.572
12	5.5	5.381091	4.775	5.987

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



Gráfica A-8: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente para el atributo textura sensorial.

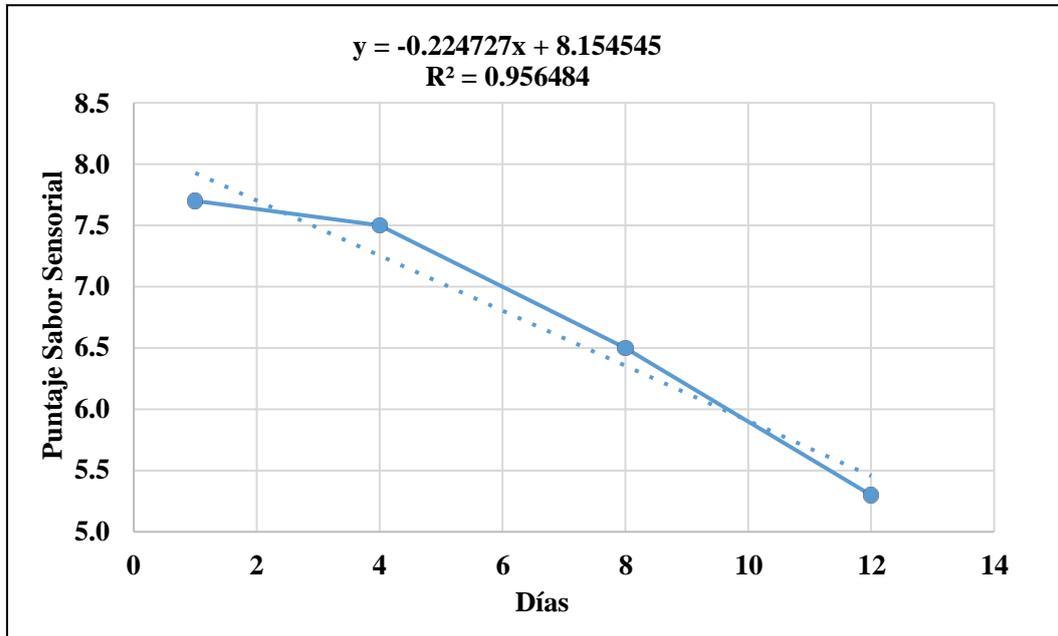
ANEXO 7.5 Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza del Sabor Sensorial del cupcake de mayor aceptabilidad almacenado durante 12 días a temperatura ambiente.

Tabla A-24: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil.

Tiempo	Puntaje									
en días	Sabor	X²	Y²	X.Y	X-XProm	Y-YProm	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)	
(X)	Sensorial (Y)									
1	7.700	1.0	59.29	7.7	-5.3	0.950000	27.6	0.90250000	-4.987500	
4	7.500	16.0	56.25	30.0	-2.3	0.750000	5.1	0.56250000	-1.687500	
8	6.500	64.0	42.25	52.0	1.8	-0.250000	3.1	0.06250000	-0.437500	
12	5.300	144.0	28.09	63.6	5.8	-1.450000	33.1	2.10250000	-8.337500	
Suma	25	27.000	225.000	185.880	153.300	0.000	0.000	68.750	3.630	-15.450
Prom. \bar{x}	6.25	6.750	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY		S_{xx}	S_{yy}	S_{xy}	
n:	4									

Una vez que se llenan los datos en la tabla A-24 se realiza la gráfica **Puntaje vs Tiempo** para obtener los valores de regresión lineal: **b_0 , b_1 y r^2** .

$$y = b_1x + b_0$$



Gráfica A-9: Tendencia del sabor sensorial del cupcake de mayor aceptabilidad durante los 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal:

$$y = -0.224727x + 8.154545$$

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla A-25: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje Sabor Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X+b_0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$	ERROR EXPERIMENTAL
					$(Y-Y^{\wedge})(YY^{\wedge})^2$
1	7.700	7.929818	-0.2298	0.0528164	-0.0121382
4	7.500	7.255636	0.2444	0.0597136	0.0145918
8	6.500	6.356727	0.1433	0.0205271	0.0029410
12	5.300	5.457818	-0.1578	0.0249066	-0.0039307
Sse				0.1579636	

$$MSe^2 = \frac{1}{n-2} SSe = Se^2(n-2)$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 0.1579636} = 0.2810370$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible para el sabor sensorial es: 5

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

$$\bar{X} = \frac{5.5 - 8.15454}{-0.224727} = 11.8123 \approx 12 \text{ dias}$$

Donde:

Y= Límite de aceptabilidad

\bar{X} = Vida útil

b₀= Intercepto

b₁= Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los **intervalos de confianza** para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$, con la finalidad de obtener un (1- α) 100% nivel de confianza de intervalos lineales Graybill y Bowden sugieren lo siguiente:

$$b_0 + b_1x \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la tabla A-26

Tabla A-26: Valores de $d\alpha$

n-2	α	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.10
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05
30	2.35	2.03
40	2.32	2.01
50	2.30	1.99

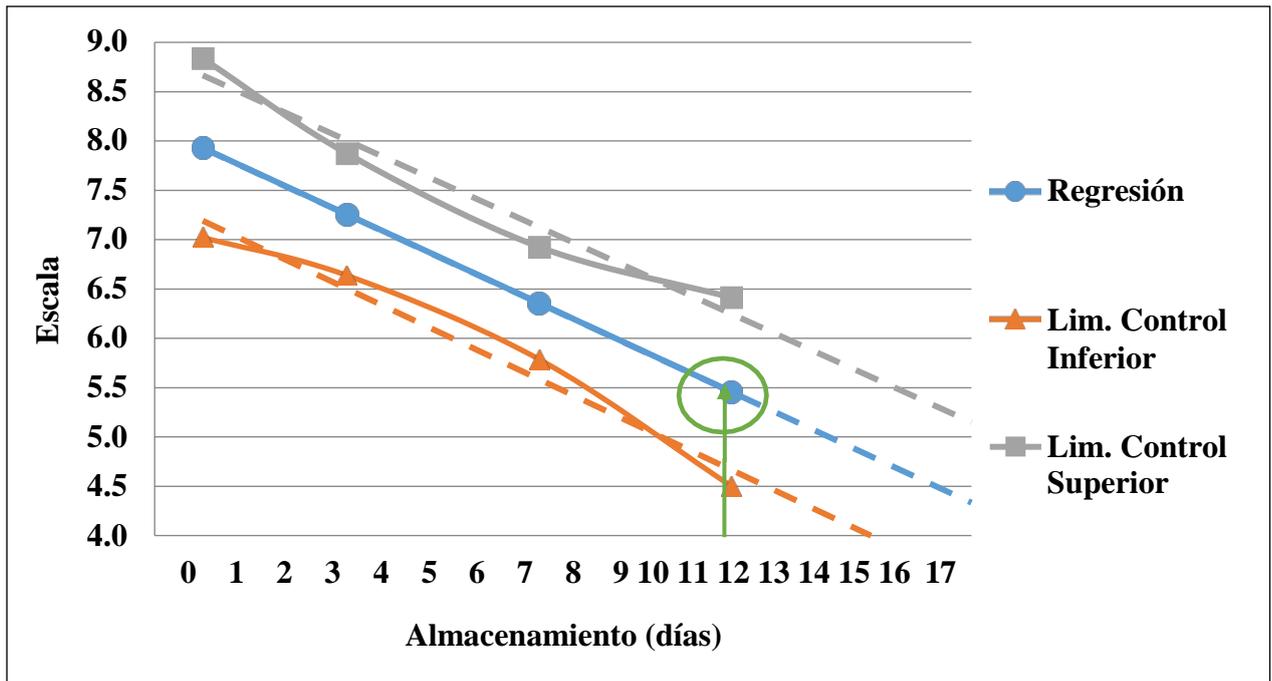
Fuente: Bowden y Graybill, 1966.

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla A-27: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	Puntaje Sabor Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	LCI	LCS
1	7.7	7.929818	7.023	8.837
4	7.5	7.255636	6.638	7.873
8	6.5	6.356727	5.788	6.926
12	5.3	5.457818	4.503	6.413

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



Gráfica A-10: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente para el atributo sabor sensorial.

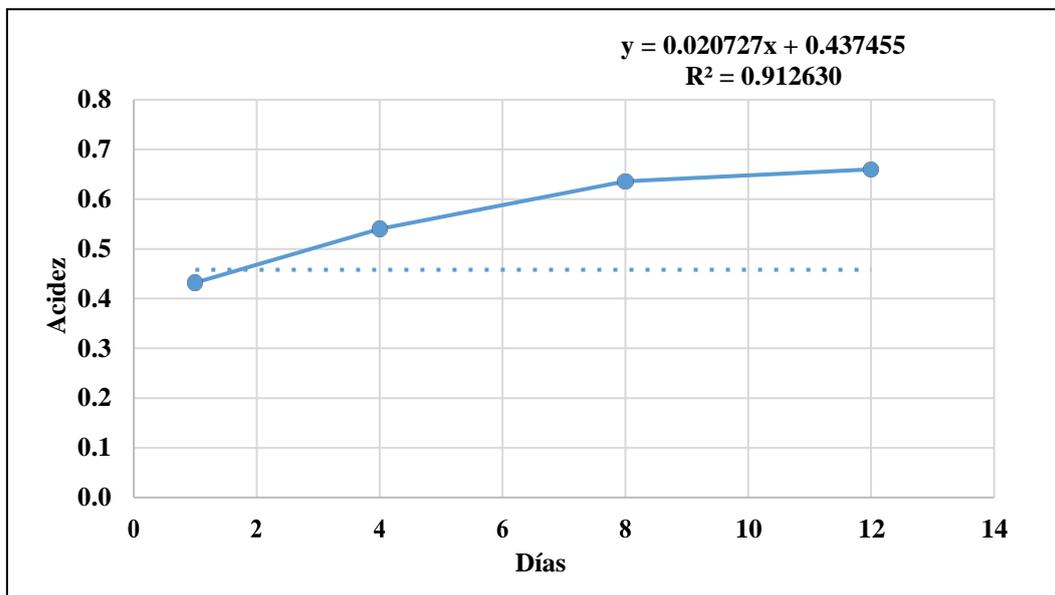
ANEXO 7.6 Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza del % de acidez del cupcake de mayor aceptabilidad almacenado durante 12 días a temperatura ambiente.

Tabla A-28: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil.

	Tiempo en días (X)	Puntaje % Acidez (Y)	X²	Y²	X.Y	X-XProm	Y-YProm	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)
	1	0.432	1.0	0.19	0.4	-5.3	-0.135000	27.6	0.01822500	0.708750
	4	0.540	16.0	0.29	2.2	-2.3	-0.027000	5.1	0.00072900	0.060750
	8	0.636	64.0	0.40	5.1	1.8	0.069000	3.1	0.00476100	0.120750
	12	0.660	144.0	0.44	7.9	5.8	0.093000	33.1	0.00864900	0.534750
Suma	25	2.268	225.000	1.318	15.600	0.000	0.000	68.750	0.032	1.425
Prom. \bar{x}	6.25	0.567	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			Sxx	Syy	Sxy
n:	4									

Una vez que se llenan los datos en la tabla A-28 se realiza la gráfica **Puntaje vs Tiempo** para obtener los valores de regresión lineal: b_0 , b_1 y r^2 .

$$y = b_1x + b_0$$



Gráfica A-11: Tendencia del % de acidez del cupcake de mayor aceptabilidad durante los 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal:

$$y = 0.020727x + 0.437455$$

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla A-29: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje % Acidez (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X+b_0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$	ERROR
					EXPERIMENTAL $(Y-Y^{\wedge})(YY^{\wedge})^2$
1	0.432	0.458182	-0.0262	0.0006855	-0.0000179
4	0.540	0.520364	0.0196	0.0003856	0.0000076
8	0.636	0.603273	0.0327	0.0010711	0.0000351
12	0.660	0.686182	-0.0262	0.0006855	-0.0000179
Sse				0.0028276	

$$MSe^2 = \frac{1}{n-2} SSe = Se^2(n-2)$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 0.0028276} = 0.0376008$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible para el % de Acidez es: 0.7

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

$$\bar{X} = \frac{0.7 - 0.437455}{0.020727} = 12.667 \approx 13 \text{ dias}$$

Donde:

Y= Límite de aceptabilidad

\bar{X} = Vida útil

b₀= Intercepto

b₁= Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los **intervalos de confianza** para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$, con la finalidad de obtener un (1- α) 100% nivel de confianza de intervalos lineales Graybill y Bowden sugieren lo siguiente:

$$b_0 + b_1x \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la tabla A-30

Tabla A-30: Valores de $d\alpha$

n-2	α	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.10
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05
30	2.35	2.03
40	2.32	2.01
50	2.30	1.99

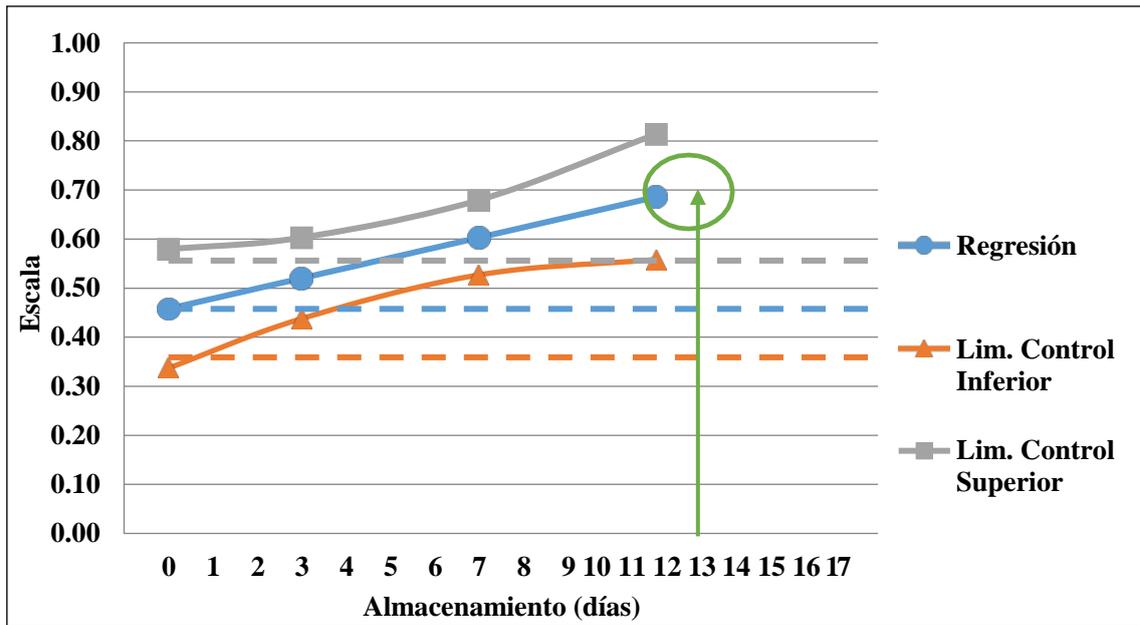
Fuente: Bowden y Graybill, 1966.

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla A-31: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

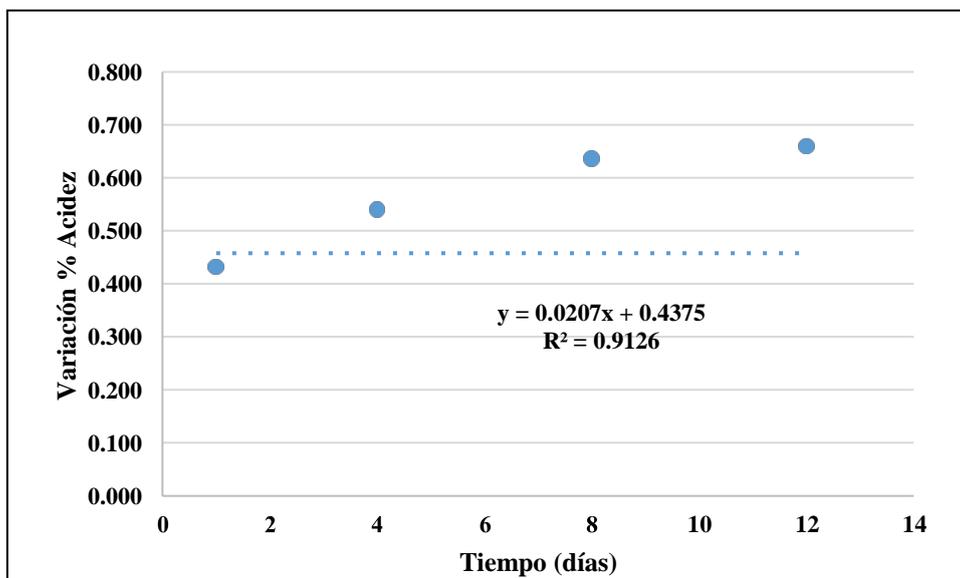
Tiempo en días (X)	Puntaje % de Acidez (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	LCI	LCS
1	0.432	0.458182	0.337	0.580
4	0.54	0.520364	0.438	0.603
8	0.636	0.603273	0.527	0.679
12	0.66	0.686182	0.558	0.814

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

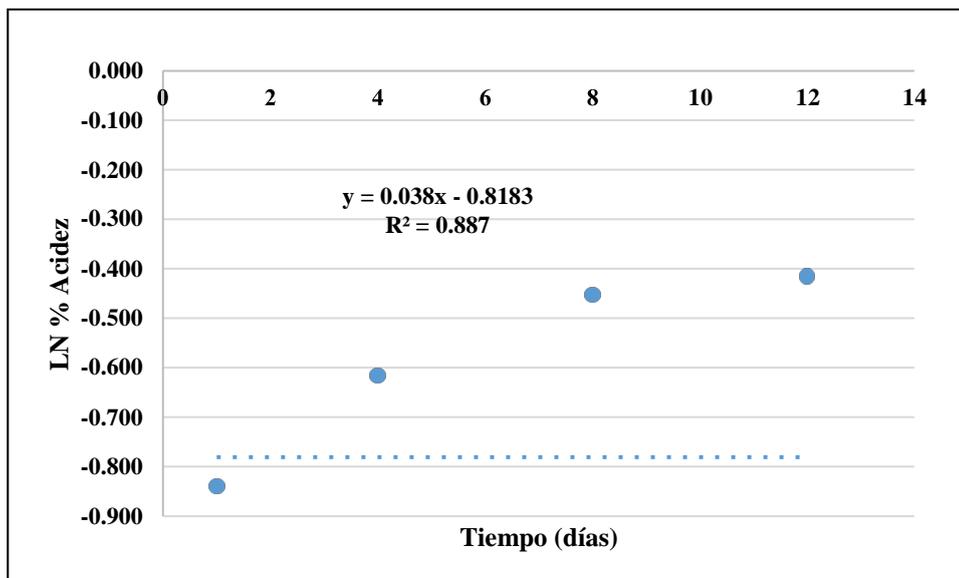


Gráfica A-12: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake de mayor aceptabilidad durante 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente para el % de acidez.

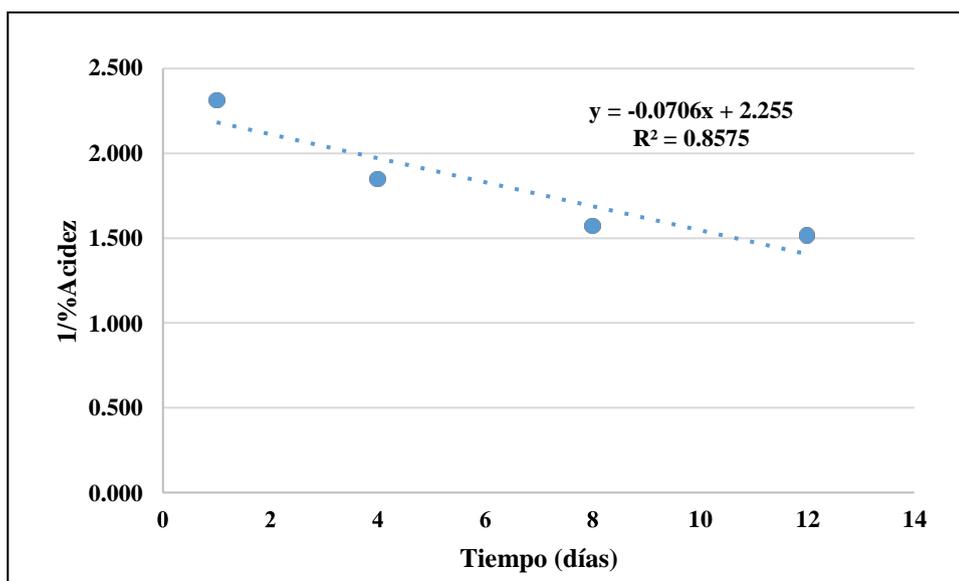
ANEXO 7.7: Método de cinética de reacción para la predicción de vida útil según el % de acidez.



Gráfica A-13: %Acidez en función al tiempo para reacción de orden cero



Gráfica A-14: %Acidez en función al tiempo para reacción de primer orden



Gráfica A-15: %Acidez en función al tiempo para reacción de segundo orden.

Tabla A-31: Cálculo del Cuadrado Medio del Error para la cinética de reacción del % de Acidez

Tiempo (días)	Acidez %	Y*	Y-Y*	(Y-Y*)²
1	0.432	0.458182	-0.0262	0.0006855
4	0.540	0.520364	0.0196	0.0003856
8	0.636	0.603273	0.0327	0.0010711
12	0.660	0.686182	-0.0262	0.0006855
			Sse	0.0028276

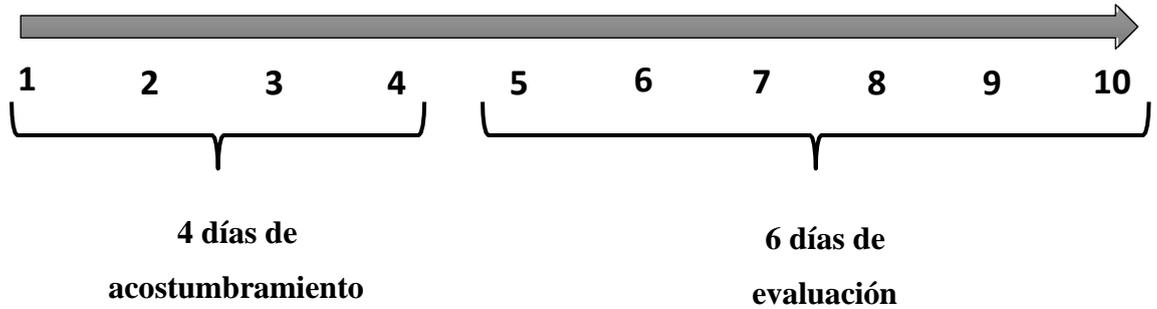
Tabla A-32: Límites de Confianza para la cinética de reacción del % de Acidez

Tiempo (días)	Acidez %	Y*	LCI	LCS
1	0.432	0.458182	0.337	0.580
4	0.54	0.520364	0.438	0.603
8	0.636	0.603273	0.527	0.679
12	0.66	0.686182	0.558	0.814

ANEXO VIII. ANÁLISIS BIOLÓGICO

ANEXO 8.1. Valor Biológico

***Duración:** 10 días



- 0.01 gr de colorante rojo carmín (Día 5).
- Req: 10 g/día de alimento, 10% proteína, 380 Kcal (Días 6-10)

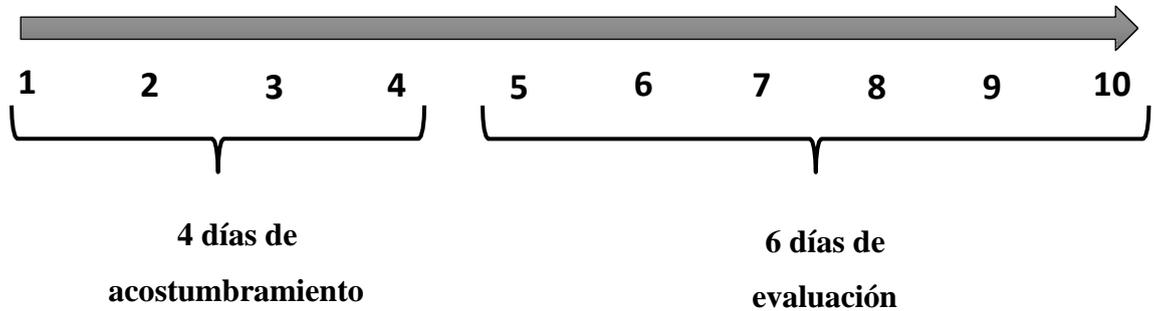
***Anotaciones diarias desde el día 5:**

- Desperdicios del alimento
- Peso de heces diariamente: las coloreadas el día 6 y los demás días todas las heces. Guardarlas en refrigeración.
- Colectar la orina en frascos diariamente (agregar 0.5 ml de tolueno/frasco).

$$BV = \frac{(gr N. ingerido) - (gr N. heces + gr N. orina)}{(gr N. ingerido) - (gr N. heces)} \times 100$$

ANEXO 8.2. DIGESTIBILIDAD APARENTE

***Duración:** 10 días



- 0.01 gr de colorante rojo carmín (Día 5).
- Req: 10 g/día de alimento, 10% proteína, 380 Kcal (Días 6-10)

***Anotaciones diarias desde el día 5:**

- Desperdicios del alimento
- Peso de heces diariamente: las coloreadas el día 6 y los demás días todas las heces. Guardarlas en refrigeración.

$$Da = \frac{\text{Nitrogeno ingerido} - \text{Nitrogeno heces}}{\text{Nitrogeno ingerido}} \times 100$$



Ilustración A-21: Ratas raza Holtzman de 21 días de nacida.



Ilustración A-22: Instalación de las ratas en las jaulas biológicas para el acostumbramiento.



Ilustración A-23: Suministro del alimento combinado con colorante rojo carmín.

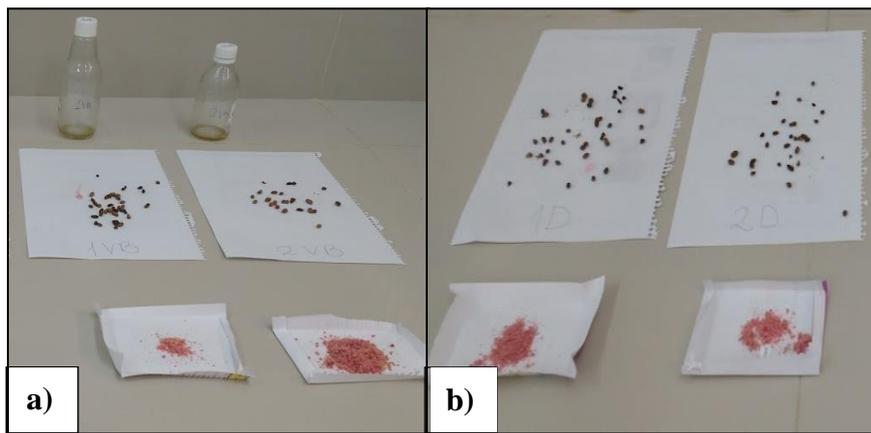


Ilustración A-24: a) Recolección de heces, orina y residuos de alimento para valor biológico. b) Recolección de heces y residuos de alimento para digestibilidad aparente

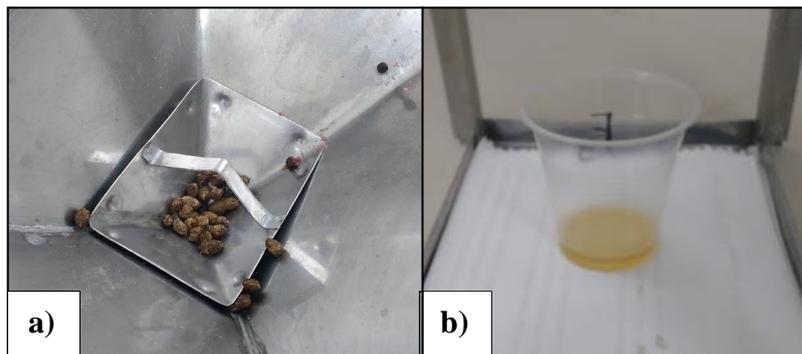


Ilustración A-25: a) Recolección de Heces. b) Recolección de Orina

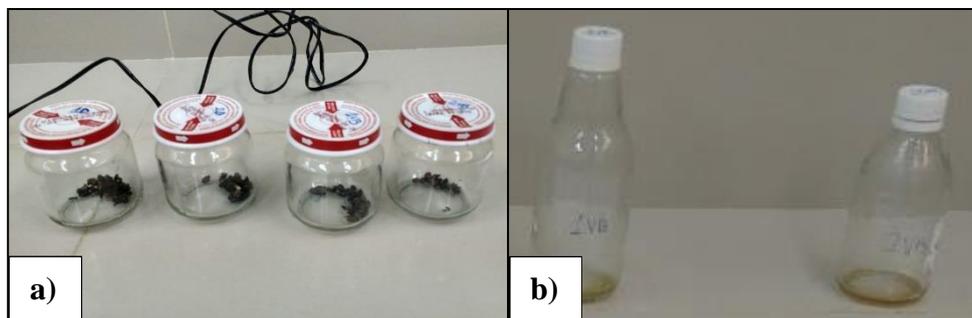


Ilustración A-26: a) Almacenamiento de Heces. b) Almacenamiento de Orina