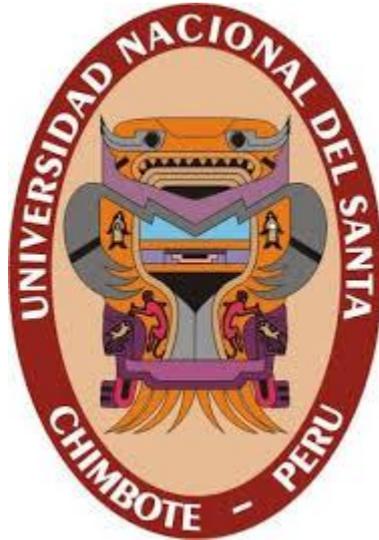


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL”**

“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) POR HARINA DE ARVEJAS (*Pisum sativum*) Y HARINA DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) EN LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y SENSORIALES DE CUPCAKE”

AUTORES :

Bach. **ARELLANO ACUÑA** Ericka Anais

Bach. **ROJAS ZAVALA** Irvin Alexander

ASESOR :

Dra. PAUCAR MENACHO Luz María

Nuevo Chimbote – Perú 2017

Dedicatoria

A Dios por haberme permitido nacer y traer tantas bendiciones a mi vida, por poner en mi corazón una luz de esperanza cuando empezaba a desistir y por darme las fortalezas necesarias en cada paso de mi vida.

A mis padres Jesús Arellano Mayo y Flor Acuña Suxe, mis principales motivos en la vida, por brindarme su amor incondicional e inculcarme valores que aprendí bajo su ejemplo y que hacen de mi la persona que soy. Por su apoyo económico y moral en todo el trayecto de mi carrera universitaria.

A mis hermanos Jesús y Camila Arellano Acuña, por alegrarme con sus ocurrencias, por apoyarme en este camino que alguna vez emprendí y porque sigan el mismo sendero para convertirse en grandes profesionales.

Arellano Acuña Ericka Anais

Dedicatoria

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida y por haberme bendecido en este largo trayecto de mi formación profesional. Por guiarme por el buen camino, darme las fuerzas para seguir adelante y enseñarme siempre a encarar las adversidades sin perder nunca la fe ni desfallecer en el intento.

A mis padres Agapito Zavaleta Valderrama y Andrea De La Cruz Ocaña, quienes han sido la guía y el camino para poder cumplir mis metas y llegar a ser un profesional. Gracias a su amor y sacrificio en todos estos años he logrado llegar hasta este punto de mi vida y sentirme muy orgulloso de lo que ustedes han hecho y forjado en mí.

A mis Hermanos Andrés, Jeison y Angie que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida. Por estar siempre presentes brindándome todo su apoyo y confianza de manera incondicional. Gracias por lo que representan para mí y por contar en todo momento con ustedes.

A mis familiares en general, profesores y amigos por acompañarme durante todo este arduo camino que me ha tocado recorrer, por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional y por brindarme toda la confianza, amistad y apoyo en todo momento.

Rojas Zavaleta Irvin Alexander

AGRADECIMIENTO

Nuestro especial agradecimiento y reconocimiento a las personas que fueron parte del desarrollo de esta meta, nuestro trabajo de investigación, que fue culminado con esfuerzo y dedicación.

Gracias a los profesores por los conocimientos y orientaciones brindadas, a lo largo de nuestra carrera universitaria, por incentivar en nosotros el carácter de investigación, por nuestra formación académica y humana. En especial agradecemos a nuestra asesora, Dra. Luz Paucar Menacho por su apoyo y orientación desinteresada en el desarrollo de nuestra tesis. Sus conocimientos, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para nuestra formación como investigadores.

Gracias al Ing. Lenin Palacios Ambrocio, Ing. Pedro David Ayala Cruz y a los profesores Carlos Azañero Díaz y Oscar Chauca por el tiempo tomado para poder apoyarnos de una u otra manera en este proyecto de investigación. Muchas gracias por la información brindada y apoyo desinteresado para culminar con éxito el desarrollo de esta tesis.

Un reconocimiento especial a la Srta. Ruth Sánchez Quiroz por los consejos brindados y por la gran amistad que se ha formado durante todo este tiempo, permitiéndonos compartir grandes momentos amenos y conocer la gran calidad de persona que es.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Trigo	4
2.1.1. Generalidades del trigo.....	4
2.1.2. Taxonomía y morfología.....	4
2.1.2.1. Taxonomía.....	4
2.1.2.2. Morfología.....	5
2.1.3. Composición química del trigo.....	6
2.1.4. Propiedades y beneficios del trigo.....	7
2.1.5. Harina de Trigo	9
2.1.5.1. Definición	9
2.1.5.2. Características de la Harina.....	9
2.1.5.3. Tipos de Harina	10
2.1.5.4. Composición química de la Harina.....	12
2.2. Arveja.....	12
2.2.1. Generalidades de la arveja	12
2.2.2. Taxonomía y morfología.....	13
2.2.2.1. Taxonomía.....	13
2.2.2.2. Morfología.....	13
2.2.3. Composición química de la arveja	14
2.2.4. Propiedades y beneficios de la arveja	15
2.2.5. Harina de la arveja.....	16
2.2.5.1. Definición	16
2.2.5.2. Composición química de la Harina.....	16
2.3. Camote	17
2.3.1. Generalidades del camote.....	17
2.3.2. Taxonomía y morfología.....	18
2.3.2.1. Taxonomía.....	18
2.3.2.2. Morfología.....	19
2.3.3. Composición química del camote.....	20
2.3.4. Propiedades y beneficios del camote.....	21

2.3.5.	Harina del camote	23
2.3.5.1.	Definición	23
2.3.5.2.	Composición química de la harina.....	23
2.4.	Generalidades del cupcake	24
2.4.1.	Definición de cupcake	24
2.4.2.	Características de calidad de los cupcakes.....	25
2.4.3.	Insumos	27
2.4.3.1.	Margarina	27
2.4.3.2.	Azúcar	28
2.4.3.3.	Huevos	29
2.4.3.4.	Leche.....	30
2.4.3.5.	Polvo de hornear.....	31
2.4.3.6.	Antimoho.....	31
2.4.4.	Embalaje	32
2.4.4.1.	Polietileno (PE)	32
2.4.4.2.	Polipropileno (PP)	32
2.5.	Control de calidad	33
2.5.1.	Definición	33
2.5.2.	Principales defectos en los productos de panificación.....	33
2.6.	Evaluación sensorial.....	34
2.6.2.	Evaluación del olor y el sabor	35
2.6.3.	Evaluación de la textura	36
2.7.	Análisis microbiológicos	36
2.7.1.	Métodos de análisis microbiológicos.....	37
2.7.1.1.	Siembra de superficie en placa.....	38
2.7.1.2.	Siembra por vertido en placa	38
2.8.	Vida útil.....	38
2.8.1.	Factores que intervienen en la pérdida de calidad de un producto alimenticio.....	39
2.8.2.	Determinación de la vida útil de los alimentos	39
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.1.	Lugar de ejecución	41
3.2.	Materia prima e Insumos	41
3.2.1.	Materia prima.....	41
3.2.1.1.	Harina de trigo	41
3.2.1.2.	Harina de camote	42

3.2.1.3.	Harina de arveja	43
3.2.2.	Insumos	44
3.3.	Equipos, reactivos y materiales	44
3.3.1.	En la elaboración de harina de arvejas y camote	44
3.3.1.1.	Equipos	44
3.3.1.2.	Utensilios y Empaque	45
3.3.2.	En la elaboración de cupcakes	45
3.3.2.1.	Equipos	45
3.3.2.2.	Utensilios	46
3.3.2.3.	Materiales de empaque	46
3.3.3.	Para la evaluación de características reológicas de harina de trigo	46
3.3.3.1.	Equipos	46
3.3.3.2.	Materiales y reactivos	47
3.3.4.	Para la evaluación tecnológica de los cupcakes	48
3.3.4.1.	Equipos	48
3.3.4.2.	Reactivos	48
3.3.4.3.	Materiales de laboratorio	49
3.3.4.4.	Otros materiales	49
3.3.5.	Para la evaluación microbiológica del cupcake de mejor formulación y el cupcake control	50
3.3.5.1.	Equipos	50
3.3.5.2.	Reactivos	51
3.3.5.3.	Materiales de laboratorio	51
3.3.5.4.	Otros materiales	52
3.4.	Metodología	52
3.4.1.	Procedimiento de elaboración de harina de camote y arvejas	52
3.4.1.1.	Harina de arveja	52
3.4.1.2.	Harina de camote	57
3.4.2.	Evaluación de las harinas	62
3.4.2.1.	Análisis reológicos	62
3.4.2.2.	Análisis proximal	63
3.4.2.3.	Granulometría	65
3.4.2.4.	Colorimetría	65
3.4.2.5.	Actividad de agua (a_w) y ph	66
3.4.3.	Diseño experimental	66
3.4.3.1.	Definición de variables independientes	66

3.4.3.2.	Definición de variables dependientes.....	66
3.4.3.3.	Esquema experimental.....	67
3.4.3.4.	Modelo estadístico	68
3.4.4.	Formulación de cupcakes	69
3.4.5.	Procedimiento de elaboración de cupcakes.....	71
3.4.5.1.	Recepción	71
3.4.5.2.	Pesado.....	72
3.4.5.3.	Cremado.....	72
3.4.5.4.	Mezclado 1	73
3.4.5.5.	Mezclado 2	73
3.4.5.6.	Mezclado 3	73
3.4.5.7.	Moldeado.....	74
3.4.5.8.	Horneado.....	74
3.4.5.9.	Enfriado.....	74
3.4.5.10.	Empacado.....	75
3.4.5.11.	Almacenado.....	75
3.4.6.	Evaluación de los cupcakes.....	77
3.4.6.1.	Características Tecnologías.....	77
3.4.6.2.	Evaluación sensorial.....	78
3.4.7.	Evaluación del cupcake mejor formulación y control.....	79
3.4.7.1.	Análisis proximal.....	79
3.4.7.2.	Vida Útil	81
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	93
4.1.	Análisis reológicos de la harina de trigo.....	93
4.1.1.	Amilografía	93
4.1.2.	Farinografía	95
4.1.3.	Extensografía	98
4.2.	Análisis fisicoquímicos de la harina de camote, arveja y trigo.....	99
4.3.	Cálculo de cómputo químico de las formulaciones	110
4.4.	Análisis de cupcakes.....	112
4.4.1.	Análisis de Lisina.....	112
4.4.2.	Características tecnológicas del cupcake.....	118
4.4.2.1.	Textura instrumental	118
4.4.2.2.	Volumen específico.....	125
4.4.2.3.	Colorimetría en corteza y miga.....	131
4.4.2.4.	Actividad de agua (a_w).....	156

4.4.3.	Evaluación Sensorial	162
4.4.3.1.	Color	162
4.4.3.2.	Olor	168
4.4.3.3.	Sabor	171
4.4.3.4.	Textura	177
4.4.4.	Elección de la mejor formulación	183
4.4.5.	Análisis del cupcake mejor formulación	188
4.4.5.1.	Análisis proximal	188
4.4.5.2.	Análisis tecnológicos	192
4.4.5.3.	Vida Útil	204
4.4.6.	Determinación de tiempo de vida útil	212
V.	CONCLUSIONES	215
VI.	RECOMENDACIONES	216
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	217
VIII.	ANEXOS	234

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía del trigo	5
Tabla 2: Valor nutricional del trigo en 100 g del alimento	6
Tabla 3: Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo	12
Tabla 4: Taxonomía de la arveja	13
Tabla 5: Valor nutricional de la arveja en 100 g del alimento	15
Tabla 6: Composición en 100 g de harina de arveja	17
Tabla 7: Clasificación taxonómica del camote	18
Tabla 8: Composición química de las variedades de camote (100 g de producto)	20
Tabla 9: Composición química de la harina de camote (100 g de producto)	24
Tabla 10: Composición proximal de cupcake (por 100 g)	26
Tabla 11: Composición de micronutrientes del cupcake (mg/100g)	26
Tabla 12: Composición proximal de cupcake elaborado a base de harina de trigo, harina de quinua y harina de zapallo (100 g de producto)	27
Tabla 13: Composición proximal de cupcake elaborado a base de harina de trigo, harina de kiwicha y grano entero de chía (100 g de producto)	27
Tabla 14: Composición química de la margarina (100 g de producto)	28
Tabla 15: Composición química del azúcar (100 g de producto)	29
Tabla 16: Composición química del huevo (100 g de producto)	30
Tabla 17: Composición química de la leche (100 g de producto)	30
Tabla 18: Características Físicas del Camote Blanco	42
Tabla 19: Equipos para la elaboración de harina de arvejas y camote	44
Tabla 20: Equipos para la elaboración de cupcakes	45
Tabla 21: Equipos para la evaluación reológica de la harina de trigo	47
Tabla 22: Equipos para la evaluación tecnológica de los cupcakes	48
Tabla 23: Equipos para la evaluación microbiológica de los cupcakes	50
Tabla 24: Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2², incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.	68
Tabla 25: Valores Codificados y Valores Reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2².	68
Tabla 26: Formulación base utilizada para la elaboración de cupcakes	69
Tabla 27: Cantidad de ingredientes para 28 cupcake (50 g) pertenecientes a la formulación control	69
Tabla 28: Porcentaje de ingredientes según formulación	70
Tabla 29: Valores de $d\alpha$	83
Tabla 30: Composición del medio OGA	90

Tabla 31: Resumen de parámetros del análisis amilográfico para la harina de trigo	94
Tabla 32: Resumen de parámetros del análisis Farinográfico para la harina de trigo	96
Tabla 33: Resumen de parámetros del análisis Extensográfico para la harina de trigo. ...	98
Tabla 34: Análisis fisicoquímicos de las harinas	99
Tabla 35: Cómputo Químico de los ensayos del planeamiento experimental	111
Tabla 36: Lisina de los cupcakes	112
Tabla 37: Coeficientes de regresión para para el aminoácido Lisina correspondiente al Cómputo químico de los cupcakes	113
Tabla 38: Análisis de varianza (ANOVA) para la lisina del cómputo químico de los cupcakes	115
Tabla 39: Textura instrumental de los cupcakes	118
Tabla 40: Coeficientes de regresión para la textura instrumental de los cupcakes	119
Tabla 41: Análisis de varianza (ANOVA) para la textura (mJ) de los cupcakes	120
Tabla 42: Volumen específico de los cupcakes	125
Tabla 43: Coeficientes de regresión para el volumen específico (cm³/g) de los cupcakes.	126
Tabla 44: Análisis de varianza (ANOVA) para el volumen específico (cm³/g) de los cupcakes	127
Tabla 45: Color de la corteza de los cupcakes	131
Tabla 46: Coeficientes de regresión para la respuesta Luminosidad de la corteza	132
Tabla 47: Coeficientes de regresión para la respuesta Cromacidad de la corteza de los cupcakes.	135
Tabla 48: Análisis de varianza (ANOVA) para la cromacidad de la corteza de los cupcakes	137
Tabla 49: Coeficientes de regresión para el ángulo de tonalidad de la corteza	139
Tabla 50 : Análisis de varianza (ANOVA) para el ángulo de tonalidad de la corteza de los cupcakes	141
Tabla 51: Color de la miga de los cupcakes	143
Tabla 52: Coeficientes de regresión para la luminosidad de la miga de los cupcakes	144
Tabla 53: Análisis de varianza (ANOVA) para la luminosidad de la miga de los cupcakes	146
Tabla 54: Coeficientes de regresión para la respuesta cromacidad de la miga	149
Tabla 55: Coeficientes de regresión para el ángulo de tonalidad de la miga	152
Tabla 56: Análisis de varianza (ANOVA) para el ángulo de tonalidad de la miga de los cupcakes	153
Tabla 57: Actividad de agua (a_w) de los cupcakes	156
Tabla 58: Coeficientes de regresión para la actividad de agua (a_w) de los cupcakes	157

Tabla 59: Análisis de varianza (ANOVA) para la actividad de agua (a_w) de los cupcakes	158
Tabla 60: Color sensorial de los cupcakes	162
Tabla 61: Coeficientes de regresión para el color sensorial de los cupcakes	163
Tabla 62: Análisis de varianza (ANOVA) para el color sensorial de los cupcakes	164
Tabla 63: Olor sensorial de los cupcakes	168
Tabla 64: Coeficientes de regresión para el olor sensorial de los cupcakes	169
Tabla 65: Sabor sensorial de los cupcakes	171
Tabla 66: Coeficientes de regresión para el sabor sensorial de los cupcakes	172
Tabla 67: Análisis de varianza (ANOVA) para el sabor sensorial de los cupcakes	173
Tabla 68: Textura sensorial de los cupcakes	177
Tabla 69: Coeficientes de regresión para la textura sensorial de los cupcakes	178
Tabla 70: Análisis de varianza (ANOVA) para la textura sensorial de los cupcakes	180
Tabla 71: Resumen de los resultados de superficie de respuesta evaluado por el diseño (DCCR) de los atributos de mayor relevancia para elección de la mejor formulación.	184
Tabla 72: Atributos ponderados	185
Tabla 73: Elección de la mejor formulación de acuerdo a los atributos ponderados.	186
Tabla 74: Caracterización químico proximal del cupcake control y cupcake de mejor formulación.	188
Tabla 75: Variación del volumen específico (cm^3/g) de los cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	192
Tabla 76: Variación del textura instrumental (mJ) de los cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	194
Tabla 77: Colorimetría de la corteza del cupcake (mejor formulación) durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	196
Tabla 78: Colorimetría de la miga del cupcake (mejor formulación) durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	198
Tabla 79: Variación de la actividad de agua del cupcake control y cupcake mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	201
Tabla 80: Variación de peso (g) de los cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	203
Tabla 81: Variación del % de acidez del cupcake mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	209
Tabla 82: Análisis microbiológico del cupcake elegido como mejor formulación (F_0) durante 14 días de almacenamiento.	212
Tabla 83: Análisis realizados durante el estudio de vida útil	214

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Harina de trigo	42
Ilustración 2: Camote Blanco	43
Ilustración 3: Arveja Amarilla	43
Ilustración 4: Diagrama de flujo para la elaboración de harina de arveja	56
Ilustración 5: Diagrama de flujo para la elaboración de harina de camote	61
Ilustración 6: Análisis amilográfico	62
Ilustración 7: Análisis farinográfico	62
Ilustración 8: Análisis extensográfico	63
Ilustración 9: Determinación de humedad de harina de trigo, camote y arveja	63
Ilustración 10: Determinación de cenizas de harina de trigo, camote y arveja	64
Ilustración 11: Determinación de cenizas de harina de trigo, camote y arveja	65
Ilustración 12: A_w y pH de harina de trigo, camote y arveja	66
Ilustración 13: Esquema experimental	67
Ilustración 14: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cupcakes	76
Ilustración 15: Textura instrumental del cupcake	77
Ilustración 16: Volumen Específico del cupcake	77
Ilustración 17: Color corteza y miga del cupcake	78
Ilustración 18: A_w del cupcake	78
Ilustración 19: Análisis sensorial 1^{era} sesión	79
Ilustración 20: Análisis sensorial 2^{da} sesión	79
Ilustración 21: Determinación de humedad de cupcake control y mejor formulación	80
Ilustración 22: Determinación de cenizas para cupcake control y mejor formulación	80
Ilustración 23: Vida útil	84
Ilustración 24: Análisis sensorial para evaluación de vida útil	85
Ilustración 25: Test de valoración de calidad con escala karlsruhe para cupcake	86
Ilustración 26: Gráfica de vida útil bajo control sensorial	87
Ilustración 27: Análisis de % de acidez del cupcake control y mejor formulación	87
Ilustración 28: Límites máximos permisibles del % de Acidez	88
Ilustración 29: Gráfica de vida útil bajo control del % de Acidez	89
Ilustración 30: Preparación del medio OGA	90
Ilustración 31: Límites microbiológicos para productos de panificación y pastelería	92
Ilustración 32: Gráfica de vida útil bajo control microbiológico	92
Ilustración 33: Amilograma de la harina de trigo	93
Ilustración 34: Farinograma de la harina de trigo	96
Ilustración 35: Extensograma de la harina de trigo	98

Ilustración 36: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la Lisina.	114
Ilustración 37: Superficie de respuesta para el aminoácido Lisina de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%).	116
Ilustración 38: Gráfico de contorno para aminoácido Lisina de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%).	116
Ilustración 39: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la textura (mJ)	120
Ilustración 40: Superficies de respuesta para la textura (mJ) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).	122
Ilustración 41: Gráfico de contorno para la textura (mJ) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).	122
Ilustración 42: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el volumen específico (cm³/g)	127
Ilustración 43: Superficies de respuesta para el Volumen específico (cm³/g) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%). ..	129
Ilustración 44: Gráfico de contorno para el Volumen específico (cm³/g) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).	129
Ilustración 45: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la variable respuesta luminosidad de la corteza.	133
Ilustración 46: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la variable respuesta Cromacidad de la corteza de los cupcakes.	136
Ilustración 47: Superficies de respuesta para la cromacidad de la corteza de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%). ..	138
Ilustración 48: Gráfico de contorno para la cromacidad de la corteza de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).	138
Ilustración 49: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el ángulo de tonalidad de la corteza de los cupcakes.	140
Ilustración 50: Superficies de respuesta para el ángulo de tonalidad de la corteza de los cupcakes en función de: Contenido de H. de arveja (%) y Contenido H. de camote (%). 142	
Ilustración 51: Gráfico de contorno para el ángulo de tonalidad de la corteza de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).	142
Ilustración 52: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la variable respuesta luminosidad de la miga.	145
Ilustración 53: Superficies de respuesta para la luminosidad de la miga de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).	147
Ilustración 54: Gráfico de contorno para la luminosidad de la miga de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).	148

Ilustración 55: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la variable respuesta cromacidad de la miga.	150
Ilustración 56: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el ángulo de tonalidad de la miga.	152
Ilustración 57: Superficies de respuesta para el ángulo de tonalidad de la miga de los cupcakes en función de: Contenido de H. de arveja (%) y Contenido H. de camote (%). 154	
Ilustración 58: Gráfico de contorno para el ángulo de tonalidad de la miga de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%). . 155	
Ilustración 59: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la actividad de agua. 158	
Ilustración 60: Superficies de respuesta para la actividad de agua (a_w) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%). 160	
Ilustración 61: Gráfico de contorno para la actividad de agua (a_w) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%). 160	
Ilustración 62: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el color sensorial. 164	
Ilustración 63: Superficie de respuesta para el color sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%). 166	
Ilustración 64: Gráfico de contorno para el color sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%). 166	
Ilustración 65: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el olor sensorial. 170	
Ilustración 66: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el sabor sensorial. 173	
Ilustración 67: Superficie de respuesta para el sabor sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%). 175	
Ilustración 68: Gráfico de contorno para el sabor sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%). 175	
Ilustración 69: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la textura sensorial. .. 179	
Ilustración 70: Superficie de respuesta para la textura sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%). 181	
Ilustración 71: Gráfico de contorno para la textura sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%). 181	
Ilustración 72: Variación del volumen específico (cm^3/g) de los cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente. 192	
Ilustración 73: Variación de la textura instrumental (mJ) del cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente. 194	
Ilustración 74: Variación de la luminosidad, cromacidad y ángulo de tonalidad de la corteza del cupcake (mejor formulación) almacenado durante 14 días a temperatura ambiente. 197	

Ilustración 75: Variación de la luminosidad, cromacidad y ángulo de tonalidad de la miga del cupcake (mejor formulación) almacenado durante 14 días a temperatura ambiente.	199
Ilustración 76: Variación de la actividad de agua del cupcake control y cupcake mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	201
Ilustración 77: Variación del peso (g) de los cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.	203
Ilustración 78: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake elegido como mejor formulación (F₆) bajo el atributo de sabor sensorial.	206
Ilustración 79: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake elegido como mejor formulación (F₆) bajo el atributo de textura sensorial.....	208
Ilustración 80: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake elegido como mejor formulación (F₆) bajo el análisis del % de acidez.....	210

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de arveja y harina de camote en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes, desarrollando un alimento rico en proteínas y de gran aceptabilidad que cumpla con los estándares de calidad y las especificaciones técnicas nacionales. Se elaboraron 11 formulaciones, con diferentes niveles de sustitución y manteniendo constante el resto de insumos, constituidas utilizando un Diseño Compuesto Central Rotacional 2^2 (DCCR) y el programa STATISTICA versión 10.0; las cuales fueron evaluadas en función de las características tecnológicas (Textura instrumental, Colorimetría, Volumen específico y A_w) y sensoriales (Color, Olor, Sabor y textura) con un nivel de significancia de 5%.

En la determinación de las características tecnológicas se recomienda, para la obtención de características similares al cupcake control (100% harina de trigo), una región delimitada para Textura de 7-15 % y 4-6%, Volumen específico 7-15 % y 3- 6 %, Colorimetría 6-15 % y 2-7 % y Actividad de agua 13-15 % y 3-5% de harina de camote y arveja respectivamente. Asimismo, en el caso de las características sensoriales, solo los atributos de Color, Sabor y Textura presentaron diferencia estadísticamente significativa. Recomendándose, para la obtención de mayores valores de aceptación, una región delimitada para el Color de 7.5-15% y 0-4%, Sabor 13-15% y 1-4% y textura 7.5-14% y 3-5% de sustitución de harina de camote y arveja.

La F_6 (15% H. Camote, 4% H. Arveja y 81% H. Trigo) seleccionada como la mejor formulación presenta un cómputo químico de Lisina del 73.9% y mayor al 100% para los demás aminoácidos esenciales, siendo sus indicadores organolépticos: Color (8.08), Olor (7.59), Sabor (8.45) y Textura (7.99) para una escala hedónica de 9 puntos. Además, presenta un mayor contenido de proteínas (11.41%), un incremento evidente en fibra (2.86%) y una reducción en el contenido de grasa (12.72%) respecto la formulación control (proteínas=11.30 %, fibra=0.33 y grasa=12.87%). El tiempo de vida útil estimado para el producto es de 11 días.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of the partial substitution of wheat flour by pea flour and sweet potato flour in technological and sensory characteristics of cupcakes, in order to develop a high-protein food and high-acceptability that meets quality national standards and technical specifications. Were prepared 11 formulations with different levels of substitution and keeping constant the rest of inputs, formed using a Central Composite Rotational Design 2^2 (DCCR) and the STATISTICA program, version 10.0; which they were evaluated according to the technological characteristics (instrumental texture, colorimetry, specific volume and A_w) and sensory characteristics (color, smell, taste and texture) with a significance level of 5%.

In determining the technological characteristics is recommended for obtaining the similar characteristics to Control cupcake (100% wheat flour), a defined region for the texture 7-15% and 4-6%, specific volume 7-15% and 3-6% , colorimetry 6-15% and 2-7%, and water activity 3-5% and 13-15% of sweet potato flour and peas respectively. Also, in the case of sensory characteristics, only the attributes of color, flavor and texture presented statistically significant difference. Recommending, for obtain higher values of acceptance, a defined region for the Color 7.5-15% and 0-4%, Flavor 13-15% and 1-4%, and texture 7.5-14% and 3-5% substituting of sweet potato flour and pea flour.

F₆ (15% Sweet potato flour, 4% pea flour and 81% wheat flour) selected as the best formulation, it presents a chemical score of lysine of 73.9% and 100% higher than for other essential amino acids, its organoleptic indicators: Color (8.08), odor (7.59), flavor (8.45) and texture (7.99) for a 9-point hedonic scale. It presents a higher protein content (11.41%), an evident increase in fiber (2.86%) and a reduction in fat (12.72%) over the control formulation (protein = 11.30%, fiber = 0.33 and fat = 12.87%). The estimated useful life for the product is 11 days.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú produce 218 529 toneladas de trigo por año (INEI, 2016) de los cuales se está destinando 81 toneladas (TRADE MAP, 2016) para la exportación y lo que resta para el consumo local ya sea como producto primario o procesado. El trigo es usado en diferentes procesos, entre ellos la elaboración de pan, galletas, pasteles, fideos, queques (Sarmiento, 2014).

El trigo es uno de los granos que ocupa una parte importante en la dieta alimenticia para los peruanos y demás personas en el mundo, debido a ello es que se diversifica los productos de panificación como los famosos cupcakes, también conocidos como muffins, magdalenas o quequitos elaborados a base de este cereal (Zolezzi, 2014).

Los cupcakes se elaboran a partir de una masa de harina de trigo, azúcar y margarina entre otros ingredientes, cocida al horno (Alarcón y Ramírez, 2013). Actualmente, los cupcakes se encuentran entre los productos de panificación de mayor popularidad a nivel mundial (Zolezzi, 2014), principalmente en Estados Unidos es muy utilizado como postre para fiestas infantiles y cumpleaños (Alarcón y Ramírez, 2013). Los cupcakes como los demás productos de panificación están elaborados a base de harina de trigo, el cual le hace a este producto un postre rico en minerales como calcio, fosforo y hierro, sin embargo esta harina no tiene un alto valor proteico (Mijan y Salomón, 2007).

El cupcake y demás productos de panificación elaborados a base de harina de trigo son ampliamente difundidos, sin embargo no son completos desde el punto de vista nutricional porque no contienen, en cantidad suficiente, todos los aminoácidos esenciales para la síntesis proteica (Alasino, 2009).

El problema de desnutrición en nuestro país es evidente, hasta la fecha existen diversos programas de gobierno (Qali Warma, Vaso de leche y el Programa de Alimentación Escolar) que buscan desarrollar y promover alimentos que ayuden a combatir los problemas de desnutrición. Debido a esto se busca desarrollar un producto de panificación con alto valor nutricional aprovechando además recursos

propios de nuestra localidad como el camote y la arveja, desarrollando así un cupcake con sustitución parcial de harina trigo por harina de camote y arveja.

Al incluir harina de arveja en la elaboración de cupcakes no solo estamos contribuyendo en mejorar el score químico de un producto convencional (cupcake con 100% de harina de trigo) sino que también logramos incorporar un mayor contenido de nutrientes, se logra complementar sus aminoácidos y se convierte en una proteína más completa y además se obtiene un alimento más rico en fibras (Lappé, 1991).

El camote no es aprovechado industrialmente debido a que los agricultores lo han destinado básicamente para el consumo local y como forraje para la alimentación animal. Actualmente se está apostando por su comercialización como alimento procesado (Bastidas y De la Cruz, 2010). En vista de lo anteriormente planteado, se han hecho intentos de remplazar la harina de trigo con harina de camote en la elaboración de productos horneados, siendo el máximo porcentaje de sustitución recomendado de 25% (CIP, 2016).

De acuerdo a esto podemos incentivar a la población a consumir estos alimentos incorporándolos como harina de arveja y camote en los cupcakes que son consumidos principalmente en los niños y jóvenes. Logrando así que su consumo sea más atractivo a través de un producto rico en nutrientes y agradable al paladar. Además la harina de arveja y camote en la elaboración de cupcakes hasta cierto porcentaje, sin disminuir su calidad nutricional y sensorial, estará aportando al desarrollo socio-económico de los agricultores, que incrementarían las hectáreas de cultivo de camote y arveja, sobre todo que esta evidenciado en la data de la INEI, que son cultivos principales en nuestra región Ancash y ya ascienden a las 249 y 1080 toneladas para la alverja y camote respectivamente (INEI, 2016).

De acuerdo a todo lo explicado anteriormente y a la problemática del país surgió la idea de elaborar un nuevo producto de panificación que pueda contribuir a disminuir los niveles de desnutrición en nuestro país y a mejorar la calidad de vida de la población. Es así que el presente proyecto de investigación se titula, “Efecto de la Sustitución Parcial de Harina de Trigo (*Triticum Aestivum*) por Harina de

Arvejas (*Pisum Sativum*) y Harina de Camote (*Ipomoea Batatas*) en las Características Tecnológicas y Sensoriales de Cupcake”, el cual tiene como objetivo principal Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de arvejas (*Pisum sativum*) y harina de camote (*Ipomoea batatas*) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcake” mediante la metodología de superficies de respuestas aplicando un Diseño Compuesto Central Rotacional 2².

Para el desarrollo de este estudio se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- ❖ Determinar la composición proximal de la harina de trigo, camote y arveja.
- ❖ Determinar el cómputo químico de aminoácidos para todas las formulaciones a evaluar.
- ❖ Determinar las características de color, pH, aw y granulometría de la harina de trigo, camote y arveja.
- ❖ Determinar las características tecnológicas de textura, volumen específico, colorimetría y aw en los cupcakes obtenidos en base a las formulaciones del diseño compuesto central rotacional 2².
- ❖ Determinar las características sensoriales de color, olor, sabor y textura en los cupcakes obtenidos en base a las formulaciones del diseño compuesto central rotacional 2².
- ❖ Determinar la composición proximal y la vida útil del cupcake seleccionado como mejor formulación.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Trigo

2.1.1. Generalidades del trigo

Los cereales constituyen el eje de la agricultura y la fuente de diversos alimentos, considerándose al trigo como el más abundante y productivo (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). Lo más destacado de los cereales es que sus frutos maduros son no perecederos y pueden ser almacenados para consumirse gradualmente o mantenidos como semilla (Juárez *et al.*, 2014).

Los principales productores de trigo reportados en el 2014, son Asia y Europa con un 43.3% y 34.2% de la producción total de trigo a nivel mundial respectivamente (FAOSTAT, 2016). Los principales países exportadores de este alimento son Canadá y Rusia, alcanzando según registros cantidades de 23 552 923 y 21 234 225 toneladas respectivamente en el año 2015 (TRADE MAP, 2016).

En Perú se registró en el año 2015 una producción de 218 529 toneladas (INEI, 2016) de las cuales alcanzó a exportar 81 toneladas en el mismo año (TRADE MAP, 2016). El trigo también es cultivado en Ancash y su producción en el año 2015 fue de 15 874 toneladas (INEI, 2016).

2.1.2. Taxonomía y morfología

2.1.2.1. Taxonomía

El trigo pertenece a la familia de las gramíneas (*Poaceae*), siendo las variedades más cultivadas *Triticum durum* y *T. compactum*. (Infoagro, 2016 y Wikipedia, 2016). A continuación la clasificación taxonómica del trigo:

Tabla 1: Taxonomía del trigo

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Triticeae
Género	Triticum L.

Fuente: Infoagro, 2016.

2.1.2.2. Morfología

Las partes de la planta de trigo constan de raíz, tallo, hojas, inflorescencia, flor y fruto (Infoagro, 2016 y Wikipedia, 2016) y se describen a continuación:

a) Raíz:

El trigo posee una raíz fasciculada o raíz en cabellera, es decir, con numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad (Infoagro, 2016).

b) Tallo:

El tallo del trigo, de tipo herbáceo, es una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando entre 0,5 a 2 metros de altura, es poco ramificado (Wikipedia, 2016).

c) Hojas:

Las hojas del trigo tienen una forma linear-lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas (Infoagro, 2016).

d) Inflorescencia:

La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas de 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría de las cuales abortan, rodeadas por glumas, glumillas o glumelas, lodículos o glomélulas (Infoagro, 2016).

e) Flor:

Consta de un pistilo y tres estambres. Está protegida por dos brácteas verdes o glumillas, de la cual la exterior se prolonga en una arista en los trigos barbados (Infoagro, 2016).

f) Granos:

Los granos son carióspsides que presentan forma ovalada con sus extremos redondeados. El germen sobresale en uno de ellos y en el otro hay un mechón de pelos finos. El resto del grano, denominado endospermo, es un depósito de alimentos para el embrión, que representa el 82% del peso del grano. A lo largo de la cara ventral del grano hay una depresión (surco): una invaginación de la aleurona y todas las cubiertas. El grano de trigo contiene una parte de la proteína que se llama gluten. El gluten facilita la elaboración de levaduras de alta calidad, que son necesarias en la panificación.

2.1.3. Composición química del trigo

En cuanto al aporte nutricional, el trigo es un alimento que destaca por su contenido en carbohidratos, fibra, proteínas y micronutrientes como calcio, fósforo y vitamina C (Reyes *et al.*, 2009). A continuación se describe su composición por 100 g de alimento:

Tabla 2: Valor nutricional del trigo en 100 g del alimento

NUTRIENTES	CANTIDAD
Energía (kcal)	303
Agua (g)	11.6
Proteínas (g)	10.3
Grasa total (g)	1.9
Carbohidratos totales (g)	74.7
Fibra cruda (g)	3
Fibra dietaria (g)	12.2
Cenizas (g)	1.5
Calcio (mg)	36
Fósforo (mg)	314
Zinc (mg)	2.98
Hierro (mg)	3.87
β caroteno equivalentes totales (μg)	169
Tiamina (mg)	0.42
Riboflavina (mg)	0.17
Niacina (mg)	3.89
Vitamina C (mg)	4.8

Fuente: Reyes *et al*, 2009.

En cuanto al contenido de proteínas en el trigo se pueden distinguir dos grupos desde el punto de vista de la funcionalidad. Proteínas pertenecientes al gluten con un desempeño muy importante en la elaboración del pan y proteínas no pertenecientes al gluten, con un desempeño secundario en la elaboración del pan. Las proteínas del gluten representan entre un 80–85 % del total de las proteínas del trigo, se encuentran en el endospermo del grano de trigo maduro donde forman una matriz continua alrededor de los gránulos de almidón. Por otra parte, las proteínas no pertenecientes al gluten representan entre un 15–20 % del total de las proteína del trigo, principalmente se encuentran en las capas externas del grano de trigo y en bajas concentraciones en el endospermo (De la Vega, 2009).

2.1.4. Propiedades y beneficios del trigo

El trigo, es un alimento que destaca por su contenido en carbohidratos, fibra, magnesio, vitamina B, vitamina B₉, cinc, fósforo, selenio, calorías, vitamina E, vitamina B₆, sodio, hierro, vitamina B₂, vitamina B₃, potasio y calcio. Estos elementos representan un gran aporte nutricional, generando diversos beneficios a la salud (Salud y buenos alimentos, 2016), los principales se describen a continuación:

- a) **Carbohidratos:** Aporte energético. Se estima que el 55-60% de la energía diaria que necesitamos debe provenir de carbohidratos, bien por la ingesta de alimentos ricos en almidón, bien por las reservas de glucógeno presentes en nuestro organismo. Además, la principal energía que necesita el cerebro para funcionar es la glucosa, que encontramos en alimentos ricos en carbohidratos. Gracias al carácter hidrofílico de los carbohidratos, este alimento constituye también una fuente de obtención rápida de energía, al ser fácilmente atacado por las enzimas hidrolíticas (Salud y buenos alimentos, 2016).

- b) **Fibra:** Ayuda a que se den en el organismo las condiciones favorables para la eliminación de determinadas sustancias nocivas como colesterol o ciertas sales biliares, y colabora en la disminución de glucosa y ácidos grasos en la sangre. Por este motivo, los alimentos ricos en fibra son indispensables en una dieta excesivamente rica en carbohidratos, proteínas o grasas. Colabora además en la eliminación de agentes cancerígenos (Salud y buenos alimentos, 2016).

- c) **Calcio:** Contribuye al fortalecimiento de huesos, dientes y encías, y favorece la adecuada coagulación de la sangre, previniendo enfermedades cardiovasculares, ya que el calcio ayuda a disminuir los niveles de colesterol en sangre. Ayuda también en la regularidad de la frecuencia cardíaca y en la transmisión de impulsos nerviosos, contribuyendo a reducir la tensión arterial en personas con hipertensión. El calcio además, mantiene la

permeabilidad de las membranas celulares, e interviene en el proceso de la actividad neuromuscular, entre otras funciones (Salud y buenos alimentos, 2016).

2.1.5. Harina de Trigo

2.1.5.1. Definición

Se entiende por harina de trigo, al producto que fue triturado finamente, obtenido del trigo madurado, en perfecto estado y limpio industrialmente, y si se realiza la molienda con otro cereal deberá llevar el nombre de ese cereal en vez del de trigo. Las características de una harina deben ser: color blanco con ligero tinte amarillento, ausencia de mohos y olores desagradables, suave al tacto, sin acidez. El color depende de la variedad del trigo, y de la molturación (Calaveras, 2004).

Según el Codex Alimentarius harina de trigo se define como el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., 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, 2007).

2.1.5.2. Características de la Harina

Las principales características de la harina de trigo (Aguirre *et al.*, 1997) son:

- **Color:** El color depende del tipo de trigo que se haya molido y de la separación que representa la harina en cuestión. El trigo blando produce harinas más blancas, las harinas de pan tienen un color de blanco a blanco cremoso.

- **Separación:** La separación no se basa en el peso del trigo sino en el peso de la harina total después de haber removido todo el salvado. Así, si una corriente representa el 75% de la harina total, se conocería como harina de 75% de separación. Las harinas patentes representan una separación de menos porcentaje, es decir, son harinas más refinadas que las de mayor separación o claras.
- **Fuerza:** Es el poder de la harina para hacer panes de buena calidad.
- **Tolerancia:** Consiste en poder prolongar por un periodo razonable de tiempo la fermentación después de llegar a su tiempo ideal sin que el pan sufra deterioro notable.
- **Absorción:** Es la propiedad de absorber la mayor cantidad de agua dando un producto de buena calidad. En general, las harinas hechas de trigos buenos con mucha proteína son los que tienen mayor absorción. Una buena harina para pan se conoce por tener fuerza, tolerancia y absorción.
- **Blanqueo:** Como a los panaderos les gustan las harinas muy blancas, los molineros las pueden hacer blanquear por procedimientos químicos.
- **Enriquecimiento:** Los molineros “enriquecen” las harinas con vitaminas y minerales. El pan hecho con harinas enriquecidas tiene mucho más valor nutritivo.

2.1.5.3. Tipos de Harina

Existen diferentes tipos de harina y se distinguen de acuerdo a su calidad y uso para la industria de panificación (Nutrición Vegetal, 2016):

- a) **Harina Universal:** Es la harina más común de todas, proviene de la parte finamente molida del endospermo del grano. Se produce de una combinación de trigo duro y blando, y se aplica para una variedad de productos cocidos como panes, pasteles, galletas etc.

- b) **Harina panificadora:** Se muele para uso comercial. Siendo similar a la harina universal, tiene un contenido más alto de gluten.

- c) **Harina pastelera:** Es de textura fina y molida de trigo blando y tiene un contenido bajo de proteínas. Se utiliza para producir todos tipos de alimentos cocidos como pasteles, galletas, etc. La harina pastelera tiene un porcentaje más alto de almidón y menos proteínas que la harina panificadora.

- d) **Sémola:** Es el endospermo molido en una manera gruesa.

En nuestro país los diferentes tipos de harinas que se utilizan se clasifican de la siguiente manera: harina especial (para pan), harina extra (de menos calidad, pero que se puede mezclar con la especial); y las harinas industriales, que son las que se usan para pastas, galletas y panetones. Las harinas se clasifican con ceros, como la harina denominada de tres ceros (000) o panadera y la harina de cuatro ceros (0000) o pastelera; que simplemente significa la calidad de la harina, mientras más ceros tenga; más refinada es. La harina de cuatro ceros (0000) o pastelera, 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. (Reque, 2007).

2.1.5.4. Composición química de la Harina

La harina de trigo está compuesta por diferentes elementos, los cuales son:

Tabla 3: Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo

Componente	Porcentaje (%)
Almidón	60 – 72
Humedad	14 - 16
Proteínas	8 – 14
Azucares	1 – 2
Grasas	1.2 – 1.4
Minerales	0.4 – 0.6

Fuente: Sánchez, 2003

2.2. Arveja

2.2.1. Generalidades de la arveja

La arveja (*Pisum sativum*) es una planta herbácea de la familia de las leguminosas (Fabacea) cuyas referencias datan de 10 000 años a.c. donde restos fosilizados en yacimientos arqueológicos del Cercano Oriente fueron evidenciados. El origen y progenitores de *Pisum sativum* no son bien conocidos, sin embargo, la región mediterránea, Etiopía, Asia occidental y central se han indicado como centros de origen (Agriculture, Forestry y Fisheries, 2011). Esta leguminosa es conocida como guisante, chícharo, arveja o arbeyu según la zona (Vaca, 2011).

Los principales productores de arveja son Asia y Europa con un 85.9% y 6% de la producción total de arveja a nivel mundial respectivamente, reportados en el 2014 (FAOSTAT, 2016). Los principales países exportadores de esta leguminosa son Francia y Guatemala, alcanzando según registros cantidades de 63 085 y 33 816 toneladas respectivamente en el año 2015 (TRADE MAP, 2016).

En Perú se registró en el año 2015 una producción de 136 390 toneladas métricas (INEI, 2016) de las cuales alcanzó a exportar 5 248 toneladas métricas en el mismo año (TRADE MAP, 2016). La arveja también es cultivada en Ancash y su producción ha ido en aumento en los últimos años llegando a registrar en el año 2015 una producción de 2 625 toneladas métricas (INEI, 2016).

2.2.2. Taxonomía y morfología

2.2.2.1. Taxonomía

Pisum sativum es una planta herbácea de la familia de las leguminosas (Fabacea), más o menos trepadora, propia de la cuenca mediterránea, aunque muy extendida en todo el mundo. (Infoagro, 2016 y Wikipedia, 2016). A continuación la clasificación taxonómica de la arveja:

Tabla 4: Taxonomía de la arveja

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Tribu	Fabeae
Género	Pisum
Especie	Pisum sativum

Fuente: Infoagro, 2016.

2.2.2.2. Morfología

Los guisantes o arvejas cuyo nombre científico se denomina *Pisum sativum*, son plantas herbáceas anuales, trepadoras, muy variables en forma y hábito y presentan las siguientes características morfológicas (Infoagro, 2016):

- ✓ Los tallos son trepadores y angulosos; respecto al desarrollo vegetativo existen unas variedades de crecimiento determinado y otras de crecimiento indeterminado, dando lugar a tres tipos de variedades: enanas, de medio enrame y de enrame.
- ✓ El sistema radicular es poco desarrollado en conjunto, aunque posee una raíz pivotante que puede llegar a ser bastante profunda.
- ✓ Las hojas tienen pares de folíolos y terminan en zarcillos, que tienen la propiedad de asirse a los tutores que encuentran en su crecimiento.
- ✓ Las vainas tienen de 5 a 10 cm de largo y suelen tener de 4 a 10 semillas; son de forma y color variable, según variedades; a excepción del “tirabeque”, las “valvas” de la vaina tienen un pergamino que las hace incomedibles.

2.2.3. Composición química de la arveja

La arveja es una de las hortalizas que contiene mayor cantidad de carbohidratos y proteínas, por lo que se destaca como una fuente importante de sacarosa y aminoácidos (Alasino, 2008). Además es baja en grasa y constituyen una buena fuente de fibra, vitaminas A, B y C; cuando se consumen frescas o refrigeradas, suministran tiamina y hierro. La fibra de la arveja es soluble en agua, promueven el buen funcionamiento intestinal y ayudan a eliminar las grasas saturadas. Además, la arveja proporciona energía que hace permanecer más tiempo la glucosa en la sangre. En su estado fresco es tal vez el vegetal más rico en tiamina (vitamina B1), esencial para la producción de energía, la función nerviosa y el metabolismo de los carbohidratos (Reyes *et al.*, 2009). A continuación se describe su composición por 100 g de alimento:

Tabla 5: Valor nutricional de la arveja en 100 g del alimento

NUTRIENTES	CANTIDAD
Energía (kcal)	106
Agua (g)	72.6
Proteínas (g)	7.1
Grasa total (g)	0.6
Carbohidratos totales (g)	64.4
Fibra cruda (g)	3.4
Fibra dietaria (g)	5.1
Cenizas (g)	0.9
Calcio (mg)	27
Fósforo (mg)	134
Zinc (mg)	1.24
Hierro (mg)	1.7
Retinol (µg)	29
Vitamina A equivalentes totales (µg)	38
Tiamina (mg)	0.28
Riboflavina (mg)	0.18
Niacina (mg)	2.15
Vitamina C (mg)	22.3

Fuente: Reyes *et al.*, 2009.

2.2.4. Propiedades y beneficios de la arveja

La arveja es rica en minerales como fósforo y hierro, contiene una alta concentración en fibras y son bajas en grasas. Por ello, la arveja es muy útil en los procesos de coagulación de la sangre y en el fortalecimiento de los huesos. Su fibra evita el estreñimiento y ayuda a prevenir el cáncer de colon. Por su poder antioxidante, es particularmente útil en la protección de la retina y de enfermedades de la vista como las cataratas (Salud Diaria, 2016). Todos estos beneficios que obtenemos de las arvejas se deben a que son ricas en hidratos de carbono, proteínas del tipo vegetal y fibra. Además nos aportan al organismo, vitaminas del complejo B y A, y una excelente calidad de betacarotenos, que actúan en contra de los radicales libres, encargados del envejecimiento prematuro (Salud Diaria, 2016).

2.2.5. Harina de la arveja

2.2.5.1. Definición

Según Qali Warma, la harina de arveja se define como el producto elaborado con granos seleccionados de arveja por medio de procedimientos de molienda y extrusión, creando un producto altamente asimilable y con buen perfil nutritivo, conteniendo valores elevados de proteína (Qali Warma, 2014).

2.2.5.2. Composición química de la Harina

La harina de arveja es una fuente rica de proteínas y es fácil de producir siendo además un producto que no está muy explotado en el mercado. Como se sabe el pan no es completo desde el punto de vista nutricional porque no contiene, en cantidad y proporción adecuada, todos los aminoácidos esenciales para la síntesis proteica. 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 fibras. Uno de los inconvenientes que presenta el uso de harina de arveja en panificación es la presencia de la lipoxigenasa activa, enzima implicada en la aparición de olores y sabores desagradables, degradación de pigmentos y destrucción de ácidos grasos esenciales (Alasino, 2008).

La harina de arveja está compuesta por diferentes elementos, donde destaca principalmente su contenido de carbohidratos,

proteínas y micronutrientes como el calcio y hierro (Conor *et al.*, 2001). A continuación se muestra el análisis proximal en 100 gr de harina de arveja, mostradas en la Tabla 6:

Tabla 6: Composición en 100 g de harina de arveja

Composición	Harina de Arveja
Energía (Kcal)	346
Agua (g)	10.1
Proteínas (g)	21.6
Grasa Total (g)	1.1
Carbohidratos Totales (g)	64.4
Fibra cruda (g)	5.5
Cenizas (g)	2.8
Calcio (mg)	102
Fosforo (mg)	351
Hierro (mg)	5.5
Tiamina (mg)	0.2
Niacina (mg)	4.12
Riboflavina (mg)	0.25

Fuente: Reyes *et al.*, 2009.

2.3. Camote

2.3.1. Generalidades del camote

El camote, llamado comúnmente batata, papa dulce o boniato, es una planta de la familia *Convolvulaceae*, cultivada en gran parte del mundo por su raíz tuberosa comestible. El camote (*Ipomoea batatas*), se cultiva en regiones tropicales y subtropicales y es el quinto cultivo alimentario del mundo (Rumbaoa *et al.*, 2009).

Los principales productores de camote son Asia y África con un 77.3% y 18.4% de la producción total de camote a nivel mundial respectivamente (FAOSTAT, 2016). Los principales países exportadores de camote son Estados Unidos y Países Bajos, alcanzando según registros cantidades de 184 130 y 29 367 Toneladas respectivamente en el año 2015 (TRADE MAP, 2016).

En Perú se registró en el año 2015 una producción de 288 397 toneladas métricas (INEI, 2016) de las cuales alcanzó a exportar 3 487 toneladas métricas (TRADE MAP, 2016). Este tubérculo se puede cultivar durante todo el año y crece principalmente en la zona costera, como Ancash, la cual en el año 2015 alcanzó una producción de 24 117 toneladas métricas (INEI, 2016).

2.3.2. Taxonomía y morfología

2.3.2.1. Taxonomía

El camote es un tubérculo comestible de la especie *Ipomoea batata*, el cual tiene una taxonomía muy amplia que se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 7: Clasificación taxonómica del camote

Taxonomía del Camote	
Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Convolvulaceae
Género:	Ipomoea
Especie:	Ipomoea batatas (L.)

Fuente: National Center For Biotechnology Information, 2016.

2.3.2.2. Morfología

Las partes de la planta de camote se pueden describir de la siguiente manera:

- **Tallo:** También llamado rama, de longitud variable (de 10 cm a 6 m), es cilíndrico (calibre de 4 mm a más de 6 mm) y rastrero. Puede ser glabro (sin pelos) o pubescente (velloso).
- **Sistema radicular:** Es la parte más importante de la planta, ya que constituye el objeto principal del cultivo. Las raíces son abundantes y ramificadas, produciendo unos falsos tubérculos de formas y colores variados (según variedad), de carne excelente, hermosa, azucarada, perfumada y rica en almidón, con un elevado contenido en caroteno y vitamina C y una proporción apreciable de proteínas. El peso de los tubérculos puede variar desde 200-300 gramos hasta 6 kilogramos (InfoAgro, 2016).
- **Hojas:** Son muy numerosas, simples, alternas, insertadas aisladamente en el tallo, sin vaina, con pecíolo largo, de hasta 20 cm, y coloración y vellosoidad semejante al tallo. Limbo ligeramente muy desarrollado. Palminervias, con nervios de color verde o morado. La forma de limbo es generalmente acorazonada (aunque hay variedades con hojas enteras, hendidas y muy lobuladas) (InfoAgro, 2016).
- **Flores:** Se agrupan en una inflorescencia del tipo de cima bípara, con raquis de hasta 20 cm, que se sitúan en la axila de una hoja con cuatro centímetros de diámetro por cinco de largo, incluido el pedúnculo floral; el cáliz posee cinco sépalos separados, y la corola cinco pétalos soldados, con figura embudiforme y coloración violeta o blanca; el

androceo lo constituyen cinco estambres y el gineceo un pistilo bicarpelar.

- **Fruto:** Es una pequeña cápsula redondeada de tamaño inferior a un centímetro, en cuyo interior se alojan de una a cuatro pequeñas semillas redondeadas de color pardo a negro. Mil semillas pesan de 20 a 25 gramos (InfoAgro, 2016).

2.3.3. Composición química del camote

Las raíces de camote tienen alto contenido de carbohidratos; sus concentraciones de almidón varían de 55.8 a 73.8 g/100 g expresado en peso seco siendo la sacarosa, glucosa y fructosa los principales azúcares en los tubérculos frescos, y la maltosa, producida durante la cocción a través de la conversión del almidón (CIP, 2016).

El valor energético aportado por el camote es un aproximado de 113 calorías/100g. En la Tabla 8 se aprecia las diferentes variedades de camote y su composición química para 100 gramos de producto.

Tabla 8: Composición química de las variedades de camote (100 g de producto)

Fuente: Reyes *et al.*, 2009.

Componentes	Variedades de Camote		
	Camote Amarillo	Camote Blanco	Camote Morado
Energía (kJ)	485	498	460
Agua (g)	69,9	68,8	71,6
Proteínas (g)	1,2	1,7	1,4
Grasa total (g)	0,2	0,1	0,3
Carbohidratos totales (g)	27,6	28,3	25,7
Fibra cruda (g)	1	0,9	0,9
Fibra dietaria (g)	3	-	-
Cenizas (g)	1,1	1,1	1
Calcio (mg)	41	26	36
Fósforo (mg)	31	33	40
Zinc (mg)	0,3		
Hierro (mg)	0,8	2,5	1,4
Retinol (µg)	39	9	11
Vitamina A equivalentes totales (µg)	709	-	-
Tiamina (mg)	0,1	0,14	0,08
Riboflavina (mg)	0,05	0,04	0,05
Niacina (mg)	0,63	0,7	0,82
Vitamina C (mg)	10	12,9	13,6

2.3.4. Propiedades y beneficios del camote

El camote tiene grandes beneficios debido a que es rico en nutrientes e ingredientes funcionales, incluyendo los hidratos de carbono, proteínas, carotenoides y fenoles (Preedy *et al.*, 2011). Los compuestos fenólicos del camote proporcionan efectos antioxidantes a la raíz, lo que permite promover la salud y prevenir enfermedades (CIP, 2016).

Raíces de camote y las hojas contienen compuestos biológicamente activos con un alto valor medicinal los cuales poseen grandes propiedades entre ellos los antioxidantes que benefician la salud humana (Huang *et al.*, 2006). Este cultivo tiene propiedades funcionales relacionadas con la supresión del cáncer intestinal y anti-envejecimiento de alimentos (McDaniel, 2011).

Este tubérculo famoso por su alto valor nutritivo, previene el cáncer de estómago, las enfermedades del hígado y retarda el envejecimiento. Según el Centro Internacional de la Papa, el camote de pulpa anaranjada es rica en vitaminas A y C, así como potasio y hierro, “claves para disminuir el riesgo a desarrollar un cáncer al estómago y enfermedades hepáticas” (CIP, 2016).

El camote de pulpa morada retarda el envejecimiento por tener propiedades antioxidantes que ayuda a mantener una piel saludable y mejora la cicatrización de heridas también posee un alto valor vitamínico y proteico. Los nutricionistas consideran al camote como unos importantes suplementos proteicos para niñas, niños y para personas con problemas de desnutrición (Roquel, 2008).

Cien gramos de camote de pulpa anaranjada tiene un contenido de 60 µg/g capaz de proporcionar casi toda la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) de vitamina A para los niños (450 µg equivalentes a la actividad de retinol/día) (CIP, 2016).

2.3.5. Harina del camote

2.3.5.1. Definición

La harina de camote se obtiene a partir del camote pelado, rodajeado y sometido a un proceso de secado para posteriormente pasar a un proceso de molienda, llevado a contenidos óptimos de humedad para su almacenamiento y adecuada conservación (Sarmiento, 2014).

La producción de harina es una de las mejores posibilidades de conservación de sus características nutricionales debido a que es más estable que la raíz fresca altamente perecedera. Las características de la harina de camote serán como las de un polvo fluido homogéneo, con la ausencia de cualquier grumo independientemente de su clase (Moorthy, 2002).

2.3.5.2. Composición química de la harina

Los compuestos químicos que componen la harina son los mismos que los del camote, aunque con una modificación porcentual debido a las operaciones realizadas para su obtención (Calaveras, 2004). La Tabla 9 presenta el análisis químico de la harina de camote, así como sus valores energéticos y el contenido nutricional.

Tabla 9: Composición química de la harina de camote (100 g de producto)

Componentes	Harina de Camote
	Cantidad
Energía (kJ)	1477
Agua (g)	9.9
Proteínas (g)	2.1
Grasa total (g)	0.9
Carbohidratos totales (g)	84.3
Fibra cruda (g)	1.8
Fibra dietaria (g)	3
Cenizas (g)	2.8
Calcio (mg)	153
Fósforo (mg)	99
Zinc (mg)	0.30
Hierro (mg)	5.70
Retinol (µg)	1542
Tiamina (mg)	0.17
Riboflavina (mg)	0.17
Niacina (mg)	1.67
Vitamina C (mg)	7.90

Fuente: Reyes *et al.*, 2009.

2.4. Generalidades del cupcake

2.4.1. Definición de cupcake

La palabra cupcake viene del inglés y literalmente significa "tarta de taza". De origen estadounidense, se le dio ese nombre porque usaban como recipiente para hornear unas tazas de cerámica o cazuelas de barro. También se denominan así por ser la manera en la que median los ingredientes: en cups (tazas).

La receta base de un cupcake es similar a un queque, pastel o torta, la cual es una masa de harina y margarina, cocida al horno, en el que ordinariamente se envuelve crema o dulce, y a veces fruta, pescado o carne. El cupcake es muy utilizado como postre para fiestas infantiles y cumpleaños en Estados Unidos (RAE, 2016).

2.4.2. Características de calidad de los cupcakes

Para la elaboración de los cupcakes dentro de los insumos más resaltantes que entran en su preparación son harina, mantequilla, azúcar y huevos. Estos insumos aportan hidratos de carbono, fibra, vitaminas y minerales, etc., proporcionando al producto un alto valor energético y nutricional (Beltrán y Saenz, 2014).

El concepto de mezclar harinas para la elaboración de cupcakes u otros productos de bollería y pastelería se realiza con el fin de crear productos con excelentes propiedades nutricionales (Sarmiento, 2014). Se ha demostrado que con el uso de diferentes formulaciones o sustituciones entre harinas mejora el sabor de los productos panificados, la elasticidad y textura de la miga, la costra se torna crujiente, la vida útil de los productos se prolonga, el color es más atractivo al consumidor y se aprecia un mejor volumen en el producto final (Plasch, 2008).

En la mayoría de los productos panificados, la calidad se ve decisivamente influida por las propiedades de la harina utilizada para su fabricación. Cuanto más estrechamente puede delimitarse el producto final que tiene que fabricarse con una harina, más fácil resulta prepararla a la medida para lograr una calidad óptima de los productos panificados. Esta ventaja se aprovecha plenamente en las harinas preparadas. Esto no sólo asegura una alta calidad del producto final, sino que ahorra al usuario también tener que mantener existencias de harinas especiales para determinadas aplicaciones o tipos de productos panificados (Plasch, 2008).

En la Tabla 10 y Tabla 11 se observa la composición proximal y composición de micronutrientes del cupcake.

Tabla 10: Composición proximal de cupcake (por 100 g)

Componentes	Cantidad
Agua (g)	24.23
Calorías (kcal)	377
Proteína (g)	4.54
Grasa (g)	15.85
Carbohidratos (g)	53.98

Fuente: USDA, 2009.

Tabla 11: Composición de micronutrientes del cupcake (mg/100g)

Componentes	Cantidad
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
Riboflavina (mg)	0.166
Niacina (mg)	1.330

Fuente: USDA, 2009.

En la Tabla 12 y Tabla 13 se presenta la composición proximal del cupcake control y del cupcake óptimo elaborado en diferentes investigaciones.

Tabla 12: Composición proximal de cupcake elaborado a base de harina de trigo, harina de quinua y harina de zapallo (100 g de producto)

Componentes (%)	Cupcake Control	Cupcake Óptimo
Humedad	20.53 ± 0.15	20.84 ± 0.15
Proteína	7.32	7.79
Cenizas	0.93 ± 0.01	1.58 ± 0.01
Grasa	16.06	15.53
Carbohidratos	55.16	54.26
Fibra	0.3 ± 0.02	1.21 ± 0.02

Fuente: Beltrán y Saenz, 2014.

Tabla 13: Composición proximal de cupcake elaborado a base de harina de trigo, harina de kiwicha y grano entero de chía (100 g de producto)

Componentes (%)	Cupcake Control	Cupcake Óptimo
Humedad	20.38 ± 0.05	18.21 ± 0.05
Proteína	7.29 ± 0.02	7.83 ± 0.01
Cenizas	1.47 ± 0.01	2.02 ± 0.01
Grasa	14.3 ± 0.04	13.76 ± 0.03
Carbohidratos	55.56	58.18
Fibra	0.2 ± 0.02	2.72 ± 0.02

Fuente: Guzman y Lopez, 2015.

2.4.3. Insumos

Para la producción de cupcakes se utilizara los siguientes insumos:

2.4.3.1. Margarina

Las margarinas son grasas semisólidas con aspecto similar a la mantequilla pero más untuosas. Añaden aire a la masa cuando se batan con el azúcar y esto hace que los pasteles adquieran consistencia y leven mejor. En esta acción de “cremar”, la margarina fricciona esos pequeños cristales del azúcar logrando que se formen burbujas de aire necesarias para lograr una torta/pastel apetecible. La margarina disminuye la perdida de humedad y ayuda a conservar el pan retardando su endurecimiento (Bastidas y De la Cruz, 2010).

Funciona como antiaglutinante proporcionando textura, y suavidad a las galletas, lo que no se lograría obtener sin ese elemento. Es una alternativa a la mantequilla, la misma que provee un sabor suave y además cuida el colesterol (Cruz y Vargas, 2011).

Tabla 14: Composición química de la margarina (100 g de producto)

Componentes	Margarina Cantidad
Energía (kcal)	720
Agua (g)	16
Proteínas (g)	0.6
Grasa (g)	81
Carbohidratos (g)	0.3
Cenizas (g)	2.1
Vitamina A (µg)	819

Fuente: Reyes *et al.*, 2009.

2.4.3.2. Azúcar

El azúcar es un producto sólido cristalizado, obtenido del jugo de la caña de azúcar, constituido esencialmente por cristales de sacarosa cubiertos por una película de melaza madre. Con polarización mínima de 99,5° Z, Color máximo 1800 unidades ICUMSA y humedad máxima 0,4% (MINSA, 2016).

El azúcar endulza la masa, actúa acentuando las características de aroma del pastel y el color dorado de la superficie. Hace más lenta la formación de gluten, forma una capa protectora sobre las partículas de harina y mantiene la masa humectada, retrasando el proceso de endurecimiento. Por lo tanto, también aumenta el rango de conservación. Las funciones del azúcar en la pastelería son: volumen, suavidad, color, edulcorante y forma corteza (CSI, 2016).

Tabla 15: Composición química del azúcar (100 g de producto)

Componentes	Azúcar Cantidad
Energía (kcal)	380
Agua (g)	2
Proteínas (g)	0
Grasa (g)	0
Carbohidratos (g)	97.2
Cenizas (g)	0.5

Fuente: Reyes *et al.*, 2009.

2.4.3.3. Huevos

Los huevos son una fuente importante de proteínas de alta calidad. Esto es debido al perfil de los aminoácidos esenciales y la alta digestibilidad de la proteína de huevo. El 12,5% del peso del huevo es proteína y se encuentra tanto en la yema y la clara (Ortega, R. s.f.).

Es uno de los principales ingredientes en la composición de tortas/pasteles. Los huevos dan estructura y esponjosidad a las tortas/pasteles. Son utilizados como aglutinantes o emulsificantes, porque permiten que se ligen los ingredientes sólidos como las grasas con los líquidos. Los huevos son agente de crecimiento y aumentan el volumen. Suavizan la masa y la miga. Mejoran el valor nutritivo. Dan sabor y color. Específicamente, la yema de huevo (lecitina) proporciona sabor y suavidad, además ayuda a retener el líquido. Las claras de huevo (albúmina) esponjan y dan volumen (Bastidas y De la Cruz, 2010).

Tabla 16: Composición química del huevo (100 g de producto)

Componentes	Huevo Cantidad
Energía (kcal)	141
Agua (g)	75.4
Proteínas (g)	13.5
Grasa (g)	8.4
Carbohidratos (g)	1.8
Cenizas (g)	0.9

Fuente: Reyes *et al.*, 2009.

2.4.3.4. Leche

Es el líquido que más se usa en las recetas de tortas/pasteles. Constituye un ingrediente enriquecedor y mejora el aroma, sabor y color de las tortas. Dentro de las principales funciones que tiene la leche son; Hidrata los ingredientes secos, disuelve el azúcar y la sal, da suavidad, mejora el sabor, hace más ligera la masa, proporciona vapor para el crecimiento y permite que los leudantes reaccionen y produzcan dióxido de carbono (Herrera y Sisalima, 2013).

Tabla 17: Composición química de la leche (100 g de producto)

Componentes	Leche Cantidad
Agua (g)	87.8
Proteínas (g)	3.1
Grasa (g)	3.5
Carbohidratos (g)	4.9
Cenizas (g)	0.7

Fuente: Reyes *et al.*, 2009.

2.4.3.5. Polvo de hornear

El polvo de hornear ayuda a esponjar la masa de pastelería o pasta que necesite aumentar su volumen de masa y no posea levadura en su composición. Producto que en presencia de calor y agua libera dióxido de carbono (Cruz y Vargas, 2011).

Existen dos tipos de polvos para hornear: de acción única la cual requiere sólo humedad para liberar gases y de doble acción la cual reacciona con la humedad y con el calor del horno. Esto permite que se pueda mezclar con antelación y hornear después si es necesario (Cruz y Vargas, 2011).

2.4.3.6. Antimoho

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

2.4.4. Embalaje

Los embalajes más comunes para estos tipos de productos (galletas, biscochos, cupcakes, etc.) son el polietileno (PE) y polipropileno (PP).

2.4.4.1. Polietileno (PE)

El polietileno o polieteno (abreviado PE) es el plástico más común. La producción anual es de aproximadamente 80 millones de toneladas métricas (Tecnología de los Plásticos, 2016). Muchos tipos de polietileno son conocidos, pero casi siempre presenta la fórmula química $(CH_2-CH_2)_n$. El polietileno es generalmente una mezcla de compuestos orgánicos similares que difieren en el valor de n (Tecnología de los Plásticos, 2016). Existen dos tipos de polietilenos para la fabricación de bolsas, polietileno de alta densidad y el polietileno de baja densidad (STAR PACK, 2016). El polietileno de alta densidad (HDPE) está definido por una densidad mayor o igual a $0,941 \text{ g/cm}^3$. El polietileno de alta densidad puede soportar temperaturas de hasta 120 grados Celsius. Es transparente, rígido y altamente impermeable al vapor de agua y a los gases (IBPUNIUSO, 2016).

El polietileno de baja densidad (LDPE) se define por un intervalo de densidad de $0,910-0,940 \text{ g/cm}^3$ (Tecnología de los Plásticos, 2016) y es principalmente amorfo. Puede soportar temperaturas de hasta 80 grados Celsius, es muy resistente a los ataques de sustancias químicas, es atóxico, impermeable al agua y poco permeable al vapor de gases (IBPUNIUSO, 2016).

2.4.4.2. Polipropileno (PP)

Se obtiene con un proceso similar al polietileno de alta densidad, con una polimerización del gas propileno. Es un termoplástico que reúne una serie de propiedades que es difícil encontrar en otro material (Tecnología de los Plásticos, 2016).

El polipropileno es un polímero termoplástico que es utilizado principalmente para la fabricación de empaques y películas transparentes. La densidad del polipropileno, está comprendida entre 0.90 y 0.93 gr/cm³ (Gnauck y Frundt, 1989).

Este tipo de bolsa es especial para envasar alimentos higroscópicos, por ejemplo harina, galletas, biscochos o pasta; debido a su gran resistencia a los agentes químicos, resistencia a la tensión y elongación, buena resistencia al impacto de temperaturas superiores a los 15 ° C y buena estabilidad térmica (Tecnología de los Plásticos, 2016).

2.5. Control de calidad

2.5.1. Definición

La norma (NTP – ISO 8402, 1994) define la calidad como la totalidad de características de una entidad (aquello que puede ser descrito y considerado individualmente) que le confiere la capacidad para satisfacer necesidades implícitas y explícitas. Asimismo, (NTP – ISO 8402, 1994) define calidad sanitaria como el conjunto de requisitos microbiológicos, físico-químicos y organolépticos que debe reunir un alimento para ser considerado apto para el consumo humano.

Según norma (NTP – ISO 8402,1992), el control de calidad se define como las técnicas y actividades de carácter operativo utilizadas para cumplir los requisitos para la calidad.

2.5.2. Principales defectos en los productos de panificación

El Control de Calidad en la industria de fabricación de productos de panadería, se inicia con la descripción de los procesos de elaboración de cupcakes y los análisis de control de calidad que requieren las materias primas utilizadas en estos procesos. El proceso e insumos deberán ser de calidad para obtener un producto óptimo que tenga la aceptación de los consumidores (Calaveras, 2004).

Los análisis que se realizan en el laboratorio son: Análisis Fisicoquímicos y Organolépticos, efectuándose principalmente el porcentaje de humedad, acidez, pH; determinaciones de azúcares reductores y otros que requieran los productos terminados. A continuación se detallan los principales defectos en la elaboración de productos de panificación, específicamente en los cupcakes. (Matckovich, 2009).

2.6. Evaluación sensorial

La calidad de los alimentos puede ser definida como el conjunto de aquellas características que diferencian unidades individuales de un producto y tienen significación en la determinación del grado de aceptabilidad de esta unidad por el comprador (Zamora, 2007).

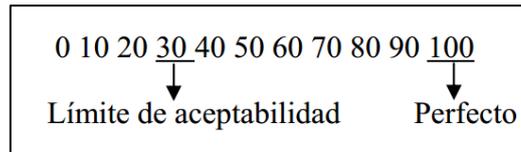
2.6.1. Métodos empleados para evaluar la calidad sensorial de los alimentos

Se ha encontrado en la bibliografía especializada propuestas muy diversas de pruebas para determinar la calidad medida sensorialmente, las que varían desde el empleo de pruebas Descriptivas, utilización de métodos de puntuación con jueces adiestrados, comparación con estándares de referencia hasta la ejecución de pruebas afectivas con consumidores (Zamora, 2007).

Algunos plantean los test de Valoración y los Analíticos, (Wittig, 2001). Los primeros tienen por finalidad evaluar productos con rapidez de acuerdo a su calidad, o bien cuando se desea descartar rápidamente muestras de calidad inferior. Entre los test de valoración están:

- a) **Test Descriptivo:** las muestras se valoran de acuerdo a una escala de calidad, que va de "excelente" a "malo"(Zamora, 2007).

b) Test numérico: se define primero la característica que va a ser medida y se le fijan grados sucesivos que van desde "mejor" a "peor", en relación con la calidad (Zamora, 2007). Se van presentando las muestras, una cada vez, y se valoran según una escala numérica del tipo siguiente, la calidad queda definida por un número:



c) Test de Puntaje Compuesto: a evaluación se expresa numéricamente en cálculos parciales, que van comprendidos en una escala cuyo máximo es 100, para la muestra perfecta. El puntaje para cada característica está de acuerdo a la importancia de ésta en la muestra, así la característica más importante del producto tendrá el mayor de los puntajes parciales. El evaluador califica las muestras dándole a cada característica, el puntaje que considere adecuado y de acuerdo al máximo indicado (Zamora, 2007).

2.6.2. Evaluación del olor y el sabor

La evaluación del olor se realiza antes e inmediatamente después de abierto el envase, (sorbetsos, galletas envasadas), realizando al inicio inspiraciones cortas y sucesivas, seguidas de inspiraciones profundas a intervalos, centrando la atención en su tipicidad (calidad e intensidad) (Zamora, 2007).

Para la evaluación del sabor se toma una cantidad considerable (un bocado, un sorbo, no debe ser muy pequeño pero tampoco muy grande) de modo que la porción degustada entre en contacto con las áreas de sensibilidad bucal (Zamora, 2007).

2.6.3. Evaluación de la textura

La textura se evaluará eminentemente en la boca, teniendo en cuenta la sensación en la primera mordida y en las sucesivas hasta la deglución, determinando los aspectos siguientes:

- **Propiedades mecánicas:** Se evaluarán los atributos primarios y secundarios. Entre los primarios están: la dureza, cohesividad, la disgregación de las partículas al masticar, la viscosidad etc., según el producto. Para evaluar la dureza el evaluador determinará la fuerza necesaria para comprimir con los molares el producto. Si éste es semisólido se medirá la fuerza necesaria para comprimirlo con la lengua y el paladar. Como atributos secundarios se pueden citar entre otros: gomoso, quebradizo, correoso.
- **Propiedades geométricas:** Se consideraron los atributos relacionados con el tamaño y forma de las partículas, como arenoso, granuloso y un segundo grupo de atributos relacionado con la forma y orientación de las partículas, como fibroso.
- **Otras características:** Se centrará la atención en el contenido de humedad y grasa, definiendo jugosidad, sequedad, aceitosidad o grasosidad, según el producto en estudio.

2.7. Análisis microbiológicos

Los criterios microbiológicos para la gran diversidad de alimentos definen la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento basada en la ausencia o presencia, o en la cantidad de microorganismos, incluidos parásitos, y/o en la cantidad de sus toxinas por unidad o unidades de masa, volumen, superficie o lote (ASEMAC, 2008).

Una de las principales fuentes de enfermedades de origen alimentario procede de los riesgos microbiológicos derivados de los productos alimenticios, por ello, la aplicación de criterios microbiológicos legislados a los alimentos

contribuye a preservar la salud de los consumidores. Los criterios microbiológicos suponen una pauta orientativa para la aceptabilidad de los productos alimenticios y sus procesos de fabricación, manipulación y distribución (ASEMAC, 2008).

La norma reglamentaria fija criterios microbiológicos que definen la aceptabilidad de los procesos para la seguridad y calidad de los alimentos, y establece un límite por encima del cual un producto alimenticio ha de considerarse contaminado de forma inaceptable por los microorganismos para los que se han fijado dichos criterios (ASEMAC, 2008).

Los criterios microbiológicos están conformados por:

- ▲ El grupo de alimento al que se aplica el criterio.
- ▲ Los agentes microbianos a controlar en los distintos grupos de alimentos.
- ▲ El plan de muestreo que ha de aplicarse al lote o lotes de alimentos.
- ▲ Los límites microbiológicos establecidos para los grupos de los alimentos.

De cumplirse todos los criterios microbiológicos, el alimento será considerado microbiológicamente apto para el consumo humano (MINSA y DIGESA, 2007).

2.7.1. Métodos de análisis microbiológicos

Deberán aplicarse solamente métodos cuya fiabilidad (precisión, reproducibilidad, variación entre laboratorios y dentro de ellos) se haya establecido estadísticamente en base a estudios comparativos o realizados en colaboración entre varios laboratorios. Además, deberá darse preferencia a los métodos que se hayan validado para el producto en cuestión, preferentemente con relación a los métodos de referencia elaborados por organismos internacionales (ASEMAC, 2008).

En los métodos de Siembra de Superficie en Placa y Siembra por Vertido en Placa, las suspensiones de células microbianas se diluyen antes de su siembra en placa. Se siguen estas técnicas cuando la muestra contiene tantos microorganismos, que la dilución no se puede realizar en una sola etapa (Romero, 2001). A continuación, se puede proceder de dos maneras diferentes:

2.7.1.1. Siembra de superficie en placa

Este tipo de siembra se caracteriza porque durante la incubación las colonias crecen en la superficie del agar. Se utilizan placas previamente preparadas que contienen el medio de cultivo solidificado. Se deposita en la superficie del agar la dilución. Luego de realizada la descarga de la muestra, se procede a extenderla sobre toda la superficie de las placas, usando un asa de estéril. Pasado el tiempo de incubación las colonias habrán crecido sobre la superficie del agar encontrándose listas para realizar el recuento microbiano (Romero, 2001).

2.7.1.2. Siembra por vertido en placa

El método de vertido en placa, las muestras diluidas se mezcla con Agar fundido y se vierten en placa. Algunas colonias quedaran embebidas en el agar y otras crecerán en la superficie. Las colonias superficiales se extenderán y serán más grandes. Pasado el tiempo de incubación las colonias habrán crecido sobre la superficie del agar encontrándose listas para realizar el recuento microbiano (Romero, 2001).

2.8. Vida útil

La vida útil de un alimento es el periodo en el que puede mantenerse en condiciones de almacenamiento especificadas sin que pierda su seguridad y calidad óptimas. La vida útil de un alimento empieza desde el momento en que se elabora y depende de muchos factores como el proceso de fabricación, el tipo de envasado, las condiciones de almacenamiento y los ingredientes

(EUFIC, 2016). Diferentes variables se deben tener en cuenta para determinar la vida útil de un alimento, desde el momento en que se eligen las materias primas hasta la distribución y almacenamiento de los mismos (Rodríguez, 2010). Una parte importante es la calidad sanitaria, ya que durante el almacenamiento pueden proliferar los microorganismos, en algunos alimentos es importante el aspecto nutricional ya que vitaminas y otros nutrientes se pueden ver afectados durante el almacenamiento (Rodríguez, 2010).

2.8.1. Factores que intervienen en la pérdida de calidad de un producto alimenticio

Los parámetros de calidad vienen determinados por diferentes aspectos: organolépticos (textura, sabor, aroma), nutricionales (cantidad de nutrientes), higiénicos (ausencia de patógenos). También determinados procesos (físicos, químicos o microbiológicos) pueden provocar el deterioro del producto y el fin de la vida útil del mismo (Revista Alimentaria, 2016). Entre los factores que más influyen en el deterioro del producto se encuentran:

- ▲ La naturaleza del producto en sí.
- ▲ El proceso de elaboración y conservación.
- ▲ Las condiciones de envasado y almacenamiento

2.8.2. Determinación de la vida útil de los alimentos

Los fabricantes de productos alimenticios tienen la responsabilidad de determinar la vida útil y etiquetar sus productos consecuentemente. Esto incluye las condiciones de almacenamiento necesarias para cumplir con ese tiempo de vida útil. La determinación de la vida útil es una parte integral de los sistemas de control de seguridad de los alimentos que lleva a cabo el fabricante (EUFIC, 2016).

Para definir la vida útil de los alimentos se deberá buscar el equilibrio entre la caducidad microbiológica y los aspectos sensoriales del producto. El consumidor no va a aceptar un producto que sea seguro

pero que haya perdido sabor o textura. La determinación implica el estudio del tiempo de vida útil de los alimentos en óptimas condiciones de almacenamiento. El planteamiento del estudio dependerá del tipo de alimento (Revista Alimentaria, 2016).

Hay diferentes metodologías aplicables para la estimación de la vida útil de alimentos. Entre algunas de ellas tenemos:

- ▲ **Procesos de deterioro acelerado:** Estos estudios se realizan sometiendo al alimento a condiciones de almacenamiento que aceleran las reacciones de deterioro, las cuales pueden ser temperatura, presiones parciales de oxígeno y contenidos de humedad altos. Los datos que se obtienen se extrapolan después para elaborar predicciones en situaciones reales de conservación.

- ▲ **Microbiología predictiva:** Se pueden realizar valoraciones de la vida útil de un alimento con modelos matemáticos. La microbiología predictiva es una herramienta que estudia la respuesta de crecimiento de microorganismos en el alimento frente a los diferentes factores que les afectan para poder, a partir de esos datos, predecir qué ocurrirá durante su almacenamiento (Revista Alimentaria, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Facultad de Ingeniería (Escuela Académico Profesional De Agroindustria), Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial, Laboratorios COLECBI, Planta Piloto Agroindustrial y en Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional del Santa, ubicada en S/N, Av Universitaria, Nuevo Chimbote.

La elaboración del producto se llevó a cabo en la Instalaciones del área de Panificación de la Planta Piloto Agroindustrial y los análisis físico-químicos se desarrollaron en el laboratorio de Operaciones Unitarias y Automatización, laboratorio de Análisis y Composición de los Productos Agroindustriales (Escuela Académico Profesional De Agroindustria), Instituto De Investigación Tecnológica Agroindustrial y Laboratorios COLECBI, los análisis microbiológicos se realizaron en el laboratorio de Microbiología y Bioquímica (Faculta De Ciencias) y los análisis sensoriales se realizaron en el Planta Piloto Agroindustrial.

3.2. Materia prima e Insumos

3.2.1. Materia prima

Para la elaboración de los cupcakes se utilizó como materia prima la harina de trigo, harina de camote y harina de arveja.

3.2.1.1. Harina de trigo

Se ha utilizado harina para panificación, marca Espiga de Oro, lote N° 0013515, adquirido en el mercado 2 de mayo en la ciudad de Chimbote.



Ilustración 1: Harina de trigo

3.2.1.2. Harina de camote

Para la elaboración de la harina se utilizó camote blanco de la variedad Espelma. El camote fue conseguido del mercado 2 de mayo (Chimbote) y el procedimiento para la elaboración de la harina, fue siguiendo los parámetros de control descritos por (Zhindón, 2013).

Características Físicas del Camote

Para esta evaluación se trabajó por triplicado, con el fin de determinar un valor promedio de cada característica. En la Tabla 18 se presenta la altura, diámetro y peso promedio del camote:

Tabla 18: Características Físicas del Camote Blanco

N° Muestra	Dimensiones		Peso total (g)
	Altura (cm)	Diámetro (cm)	
1	15.4	5.8	220.26
2	14.7	4.6	208.55
3	13.1	6.5	204.23
Promedio	14.40 ± 1.18	5.63 ± 0.96	211.01 ± 8.29

De las dimensiones halladas en la Tabla 18 entiéndase por altura a la mayor longitud del camote.



Ilustración 2: Camote Blanco

3.2.1.3. Harina de arveja

Para la elaboración de harina se ha utilizado arveja amarilla, la cual fue obtenida del mercado 2 de mayo (Chimbote). La harina de arveja se ha obtenido siguiendo la metodología (Lavado y Mandujano, 2006), con algunas ligeras modificaciones.

Características Físicas de la Arveja

La arveja es un grano esférico, de superficie lisa y color amarillo anaranjado, presenta un diámetro de 2 – 2.5 cm y el peso de 100 semillas es de aproximadamente 39.5 g.



Ilustración 3: Arveja Amarilla

3.2.2. Insumos



Margarina



Antimoho



Huevo



Leche



Polvo de hornear



Azúcar Rubia



Emulsionante

3.3. Equipos, reactivos y materiales

3.3.1. En la elaboración de harina de arvejas y camote

3.3.1.1. Equipos

Tabla 19: Equipos para la elaboración de harina de arvejas y camote

	Secadora de bandejas	Módulo de molienda y tamizado	Centrifuga	Rodajadora circular
Modelo	SBT-10X10	MDMT-60XL	CET-3IX	RFT-200X
Serie	JP 001 01 13	JP 001 11 12	JP 008 10	JP-006-10
País	Perú	Perú	Perú	Perú



Secadora de bandejas



Molino



Centrifuga



Rodajadora circular

3.3.1.2. Utensilios y Empaque

- ▲ Mesa de acero inoxidable
- ▲ Cuchillos, tinas y baldes
- ▲ Bolsas de polipropileno de alta densidad 7x10x3
- ▲ Tamices: Mallas N° 16, 30, 60, 80, 100.

3.3.2. En la elaboración de cupcakes

3.3.2.1. Equipos

En la Tabla 20 se presentan los diferentes equipos para la elaboración de cupcakes:

Tabla 20: Equipos para la elaboración de cupcakes

	Batidora	Balanza Analítica	Horno rotatorio
Marca	Nova	PRECISA GRAVIMETRICS A. G.	Nova
Modelo	30L	LX320A	MAX 1000
Serie	0549026	321LX	0501028
País	Perú	Suiza	Perú



Batidora



Balanza analítica



Horno rotatorio

3.3.2.2. Utensilios

- ▲ Cernidores
- ▲ Espátula
- ▲ Moldes de aluminio
- ▲ Recipientes de aluminio

3.3.2.3. Materiales de empaque

- ▲ Pirotines de papel especial para hornear, número 7
- ▲ Bolsas de polietileno alta densidad 5x10x2

3.3.3. Para la evaluación de características reológicas de harina de trigo

3.3.3.1. Equipos

En la Tabla 21 se presentan los diferentes equipos para la elaboración de cupcakes:

Tabla 21: Equipos para la evaluación reológica de la harina de trigo

Equipos	Amylograph - E	Farinograph – AT	Extensograph – E
Marca	Brabender	Brabender	Brabender
Modelo	800250	810161.001	860723
Serie	1925888	1925864	1925035



Farinograph – AT



Extensograph – E



Amylograph - E

3.3.3.2. Materiales y reactivos

- ▲ Vasos precipitados
- ▲ Espátulas
- ▲ Agua destilada

3.3.4. Para la evaluación tecnológica de los cupcakes

3.3.4.1. Equipos

Tabla 22: Equipos para la evaluación tecnológica de los cupcakes

	MARCA	MODELO	SERIE	PAÍS
Balanza Gramera	PRECISA	XB4200C	-	Suiza
Cámara de bioseguridad, Biohazard Safety Cabinet	CHC	CHC-777 ^a 2-04	777A2-04-BF19-026	Corea
Cocina eléctrica	KESSEN	HPY6870-26	46804273	China
Colorímetro, Konika Minolta	CR-400	-	-	E.E.U.U
Determinador de humedad	PRECISA	XM-50	-	Suiza
Equipo de AW	ROTRONIC	HydroLab2	-	Perú
Estufa	POL-EKO APARATURA	SW-17TC	SW-1990	E.E.U.U
Mufla	THERMOLYNE	347034984		Alemania
Selladora	TEW	207-MCSX	20460047	china
Texturómetro	BROOKFIELD	CT34500	8555940	E.E.U.U
Viscosímetro de Brookfield	-	B15-01-LCC	-	UK
pH metro digital	TERMOCIENTIFIC	Orion Star A21	ORION 8302BNUND	E.E.U.U

3.3.4.2. Reactivos

- ▲ Hexano puro 98 %
- ▲ Ácido sulfúrico (0.05 N)
- ▲ Éter de petróleo
- ▲ Rojo de metilo
- ▲ Fenolftaleína
- ▲ Solución de hidróxido de sodio (0.01N)

3.3.4.3. Materiales de laboratorio

- ▲ Bureta
- ▲ Crisoles de porcelana
- ▲ Vasos precipitados (50 y 100 ml)
- ▲ Pera de succión
- ▲ Desecador
- ▲ Embudo de vidrio
- ▲ Espátula
- ▲ Matraces de Erlenmeyer (250 y 500 ml)
- ▲ Mortero
- ▲ Papel filtro
- ▲ Pinzas de metal y madera
- ▲ Pipetas (1, 5 y 10 ml)
- ▲ Placas petri
- ▲ Probetas (50 y 100 ml)
- ▲ Termómetro
- ▲ Varillas de vidrio

3.3.4.4. Otros materiales

- ▲ Cuchillos
- ▲ Cubetas
- ▲ Jarras plásticas
- ▲ Ollas
- ▲ Papel aluminio
- ▲ Papel toalla
- ▲ Mesa de acero inoxidable
- ▲ Gradillas
- ▲ Material para prueba sensorial: cabinas de degustación, formatos, lapiceros, platos descartables, agua mineral, vasos descartables y marcador.

3.3.5. Para la evaluación microbiológica del cupcake de mejor formulación y el cupcake control

3.3.5.1. Equipos

En la Tabla 23 se presentan los diferentes equipos se utilizaron para la evaluación microbiológica de los cupcakes:

Tabla 23: Equipos para la evaluación microbiológica de los cupcakes

	Incubadora	Agitador magnético	Autoclave	Contador de colonias
Marca	MRC	THERMOLYNE	CertoClav	FISHER
Modelo	DP-600WT/RS232	S-130815	25X-2	Q-20
Serie	931014006C	120110	0003306	133-8002A
País	Israel	E.E.U.U	E.E.U.U	Perú



Contador de colonias



Agitador magnético

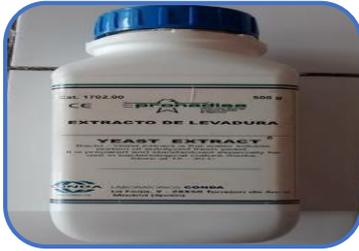


Incubadora



Autoclave

3.3.5.2. Reactivos



Extracto de levadura en polvo



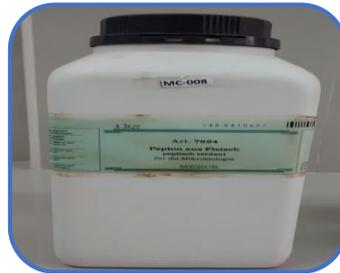
Tetraciclina



Agua destilada



Glucosa



Peptona



Agar agar



Ácido clorhídrico



Hidróxido de sodio

3.3.5.3. Materiales de laboratorio

- ▲ Matraz de 100 y 250 ml
- ▲ Placas Petri
- ▲ Pipetas de 1 y 10 ml
- ▲ Tubos de ensayo
- ▲ Mechero y fosforo
- ▲ Baguetas y espátulas

3.3.5.4. Otros materiales

- ▲ Algodón
- ▲ Alcohol
- ▲ Gasa
- ▲ Papel aluminio
- ▲ Hilo pabilo
- ▲ Jabón neutro

3.4. Metodología

3.4.1. Procedimiento de elaboración de harina de camote y arvejas

3.4.1.1. Harina de arveja

Para la elaboración de la harina de arveja se siguió con la metodología de Lavado y Mandujano (2006), con ligeras modificaciones.

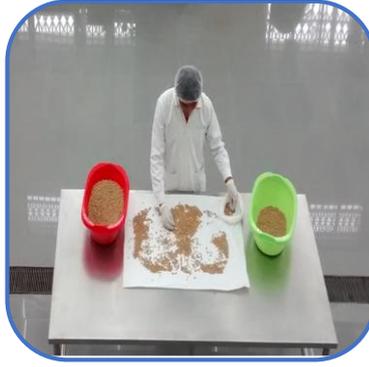
a) Recepción de materia prima

La materia prima (Arveja) se recibió y almacenó en recipientes para su posterior pesaje, selección y limpieza.



b) Selección y limpieza

Se seleccionó la arveja apta para el proceso, eliminando granos dañados y/o deteriorados, impurezas así como pajas, piedras y otros residuos que perjudicarían la calidad de la harina (Lavado y Mandujano, 2006).



c) Tostado

La arveja se tostó en un recipiente de aluminio a fuego directo por un tiempo de 7 a 10 minutos, esto se realiza con la finalidad de facilitar el descascarado e inhibir el sabor característico de la arveja.



d) Descascarado

Esta operación se realizó de forma manual mediante fricción y con la ayuda de un ventilador para retirar las cascaras que se desprenden de las arvejas por la operación del tostado (Lavado y Mandujano, 2006).



e) Molienda y Tamizado

La arveja sin cascara se pesó para posteriormente ser llevada a la operación de molienda. En esta operación la maquina está compuesta por un Molino de Martillos y una Tamizadora de Harinas, especialmente para pulverizar y tamizar de manera continua diferentes tipos de productos secos obteniendo una granulometría homogénea del producto final de acuerdo a la necesidad.

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).



f) Envasado

La harina obtenida se envasó en bolsas de polipropileno de alta densidad de capacidad de 1 kg (7x10x3) para su mejor conservación.



g) Sellado

Una vez que la harina de arveja se ha envasado en las bolsas de polipropileno, se sellaron herméticamente para la prolongación de la vida útil del producto.



h) Almacenamiento

El producto se almacenó en el Instituto De Investigación Tecnológica Agroindustrial (almacén de operaciones unitarias).



En la Ilustración 4 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de la harina de arveja:

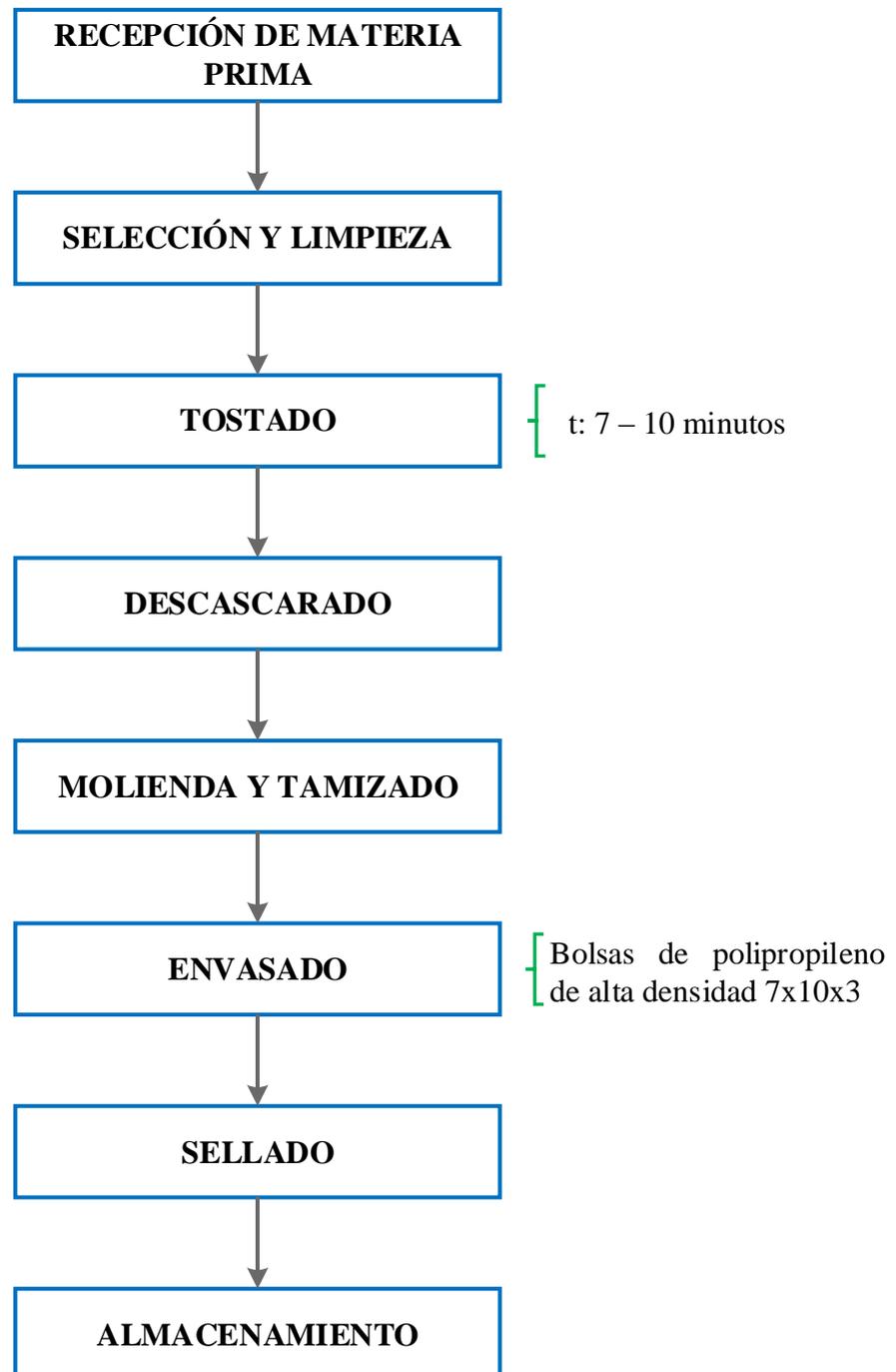


Ilustración 4: Diagrama de flujo para la elaboración de harina de arveja.

Fuente: Lavado y Mandujano, 2006.

3.4.1.2. Harina de camote

Para la elaboración de la harina de camote se siguió con la metodología de Zhindón (2013) con ligeras modificaciones.

a) Recepción de materia prima

En esta etapa se recibió la materia prima y se procedió a tomar pesos para luego hallar el rendimiento.



b) Clasificación y lavado

En esta etapa, se llevó a cabo una inspección visual de la materia prima, se escogieron camotes en buen estado, sin abolladuras y libres de daños físicos.

El lavado y desinfección se llevó a cabo con una solución clorada a 50 ppm.



c) Pelado

En esta etapa, se eliminó la cáscara de manera manual con el uso de cuchillos. Obteniéndose un 15.63% de pérdida en cascara.



d) Cortado

El cortado se llevó a cabo con el uso de una rodajadora, la cual se encargó de cortar el camote en láminas circulares de 4.5 cm de diámetro aproximadamente.



e) Inmersión en solución acida

Las rodajas fueron sumergidas en una solución ácido ascórbico (5g/l) por un espacio de 10 min a fin de evitar el pardeamiento enzimático del camote.



f) Centrifugado

El centrifugado se realizó por un espacio de 5 minutos a fin de eliminar el exceso de agua tras la inmersión en solución acida.



g) Secado

El secado se llevó a cabo en un secador de bandejas a 60°C por un espacio de 6 a 7h con el fin de deshidratar el producto para su posterior molienda.



h) Molienda

La materia prima una vez seca, fue pasada por un molino de tornillos con el fin de obtener un polvo fino



i) Tamizado

Posteriormente realizada la molienda, el polvo fino pasó por tamices N° 16, 30, 60, 80 y 100 obteniendo así el tamaño de partícula óptimo.



j) Envasado

El producto fue empacado en bolsas de polipropileno de alta densidad y sellado herméticamente.



En la Ilustración 5 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de la harina de camote:

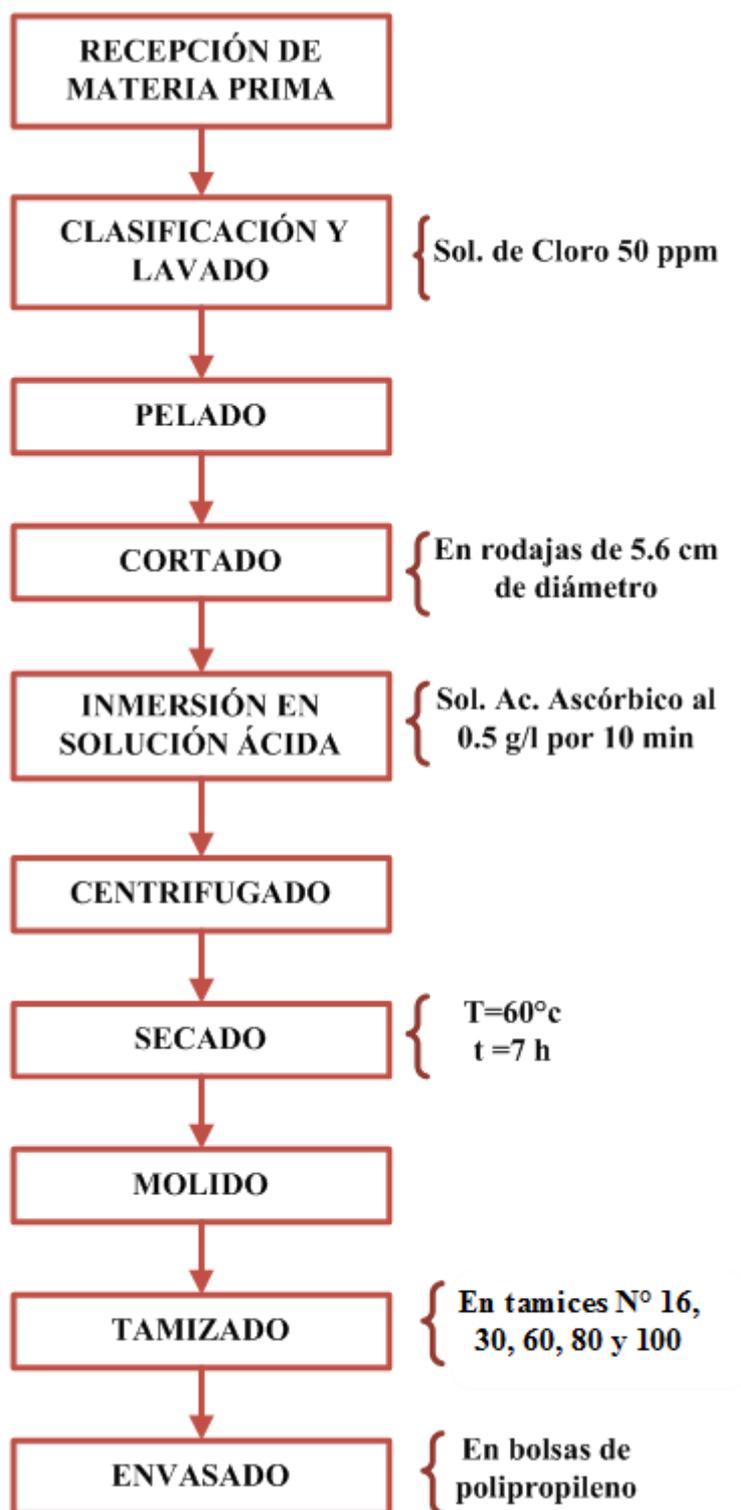


Ilustración 5: Diagrama de flujo para la elaboración de harina de camote.

Fuente: Zhindón, 2013.

3.4.2. Evaluación de las harinas

3.4.2.1. Análisis reológicos

3.4.2.1.1. Amilografía

El análisis de amilografía se llevó a cabo con el manejo del Amilógrafo-E de Brabender, que permite medir las características de gelatinización de la harina, siguiendo el método AACC n° 22-10 (2000).



Ilustración 6: Análisis amilográfico

3.4.2.1.2. Farinografía

El análisis de farinografía se llevó a cabo con el manejo del Farinógrafo-E de Brabender, que permite medir absorción de agua de la harina y las características al amasado, siguiendo el método AACC n° 54-21(2000).



Ilustración 7: Análisis farinográfico

3.4.2.1.3. Extensografía

El análisis de extensografía se llevó a cabo con el manejo del extensógrafo-E de Brabender, que permite medir las propiedades de estiramiento de la masa, la resistencia a la extensión y la capacidad de estiramiento, siguiendo el método AACC n° 54-10 (2000).



Ilustración 8: Análisis extensográfico

3.4.2.2. Análisis proximal

El análisis proximal se realizó a la harina de Trigo, harina de Camote y harina de Arveja.

3.4.2.2.1. Humedad

Se determinó la humedad a través del uso de estufa mediante el método NTP 205.037 (1995).



Ilustración 9: Determinación de humedad de harina de trigo, camote y arveja.

3.4.2.2.2. Cenizas

Se realizó por la incineración de la materia orgánica en una mufla a 500°C – 550°C; siguiendo la metodología AOAC 923.03 (1995).



Ilustración 10: Determinación de cenizas de harina de trigo, camote y arveja.

3.4.2.2.3. Proteína

Para la determinación de proteína, se siguió el método UNE-EN ISO 5983 (2006) que indica el laboratorio COLEBIC.

3.4.2.2.4. Grasa

Para la determinación de grasa se usó el método UNE.64021 (1970) indicado por el laboratorio COLEBIC

3.4.2.2.5. Carbohidratos totales.

Los carbohidratos se calcularon por diferencia diferencia de materia seca, siguiendo la metodología señalada por Collazos *et al.* (1993). La ecuación utilizada fue:

$$\% \text{Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{humedad} + \% \text{proteína} + \% \text{grasa} + \% \text{ceniza})$$

3.4.2.3. Granulometría

La determinación granulométrica de la harina de trigo, camote y arveja se llevó a cabo con el uso de tamices número 16 (1.18mm), 30(600um), 60 (um), 80(180um) y 100 (150um) bajo el método AOAC 965.22 (1966).

3.4.2.4. Colorimetría

Para determinar el color de la harina de trigo, harina de camote y harina de arveja se utilizó el colorímetro digital marca KONICA MINOLTA (CR-400T), por el método CIELAB. 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 calculado según Minolta (1993). Para el cálculo se utiliza las siguientes ecuaciones:

- **Cromacidad** = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$
- **Angulo de tonalidad** = $\arctg b^* / a^*$



Ilustración 11: Determinación de cenizas de harina de trigo, camote y arveja

3.4.2.5. Actividad de agua (a_w) y pH

La actividad de agua (a_w) se determinó utilizando un higrómetro marca ROTRONIC (HydroLab2) usando el método AOAC 978.18 (2000). Para la determinación del pH se utilizó el equipo pH-metro, marca THERMO SCIENTIFIC (Orión Star A211).



Ilustración 12: A_w y pH de harina de trigo, camote y arveja.

3.4.3. Diseño experimental

3.4.3.1. Definición de variables independientes

Las variables independientes en estudio, son los porcentajes de sustitución de harina de arveja (0-8%) y harina de camote (0-15%).

3.4.3.2. Definición de variables dependientes

- **Características tecnológicas:** Entiéndase por características tecnológicas, aquellas que son evaluadas a través de métodos instrumentales. En el presente trabajo serán consideradas la textura instrumental, volumen específico, a_w y colorimetría de los cupcakes.
- **Características sensoriales:** Entiéndase por características sensoriales, aquellas que son evaluadas a través de la participación de panelistas. En el presente trabajo serán consideradas los atributos de olor, color, sabor y textura sensorial de los cupcakes.

3.4.3.3. Esquema experimental

En la Ilustración 13 se observa el diseño experimental que seguirá este trabajo de investigación:

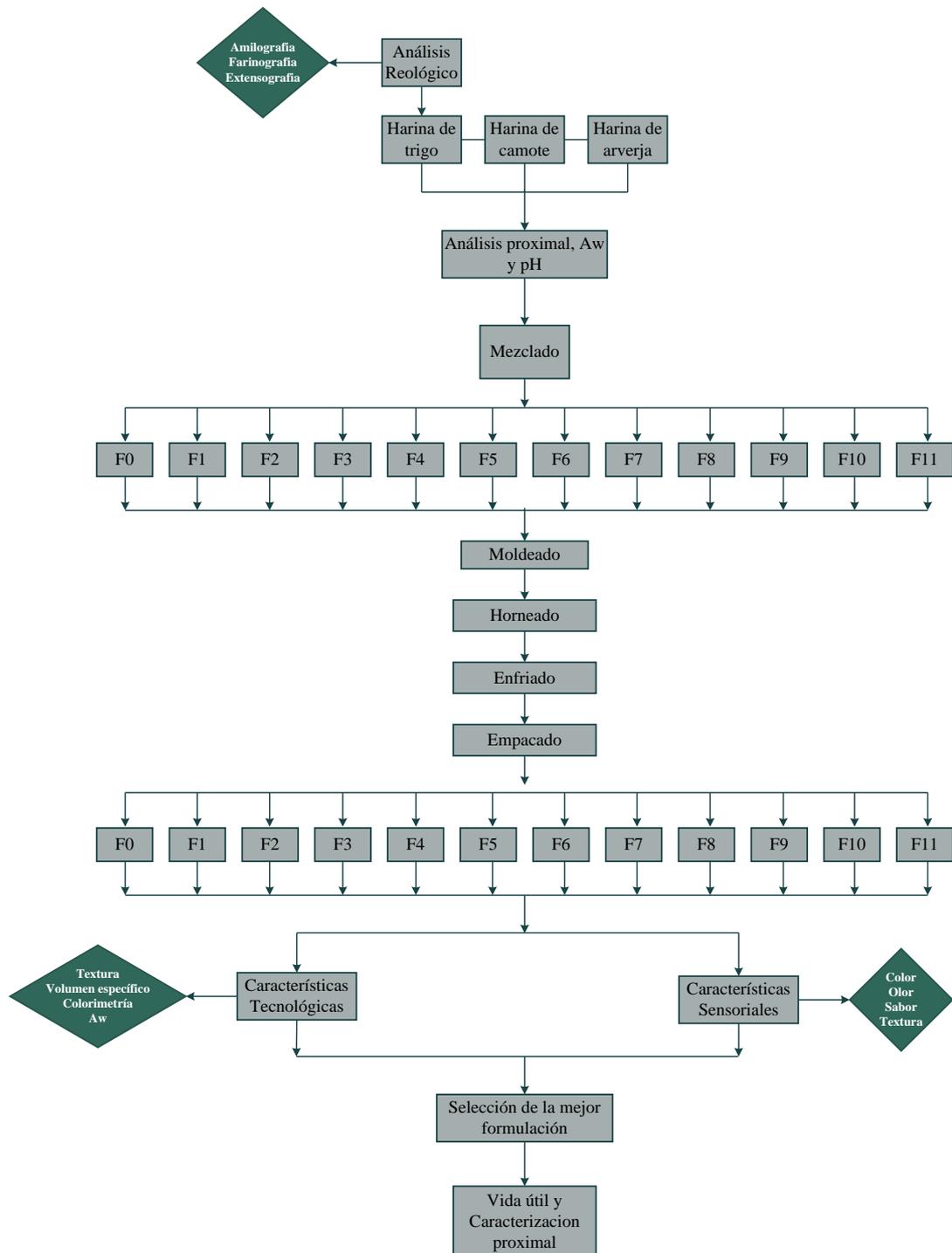


Ilustración 13: Esquema experimental

3.4.3.4. Modelo estadístico

El delineamiento factorial utilizado fue un 2^2 o diseño compuesto central rotacional (DCCR). Para el Análisis estadístico se hizo uso del programa estadística Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA) con el fin de determinar el efecto de estas variables en función de las características tecnológicas y sensoriales del cupcake.

Tabla 24: 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 Camote (%)	0	2	7.5	13	15
Harina de Arveja (%)	0	1	4	7	8
$\alpha = (2^n)^{1/4}$ (Rodríguez y Iemma, 2005)					
$\pm\alpha = \pm 1.4142$ para dos variables independientes					

Once fueron los experimentos realizados, considerándose cuatro puntuaciones factoriales (combinación de niveles -1 y +1), cuatro puntos axiales (un variable con nivel $\pm \alpha$ y el otra igual a 0) y tres repeticiones del punto central (las dos variables de nivel 0). En la Tabla 25 se muestra el diseño experimental utilizado.

Tabla 25: Valores Codificados y Valores Reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2^2 .

Experimento	Valores Codificados		Valores Reales	
	X ₁	X ₂	% Harina de Camote	% Harina de Arveja
1	-1	-1	2	1
2	+1	-1	13	1
3	-1	+1	2	7
4	+1	+1	13	7
5	$-\alpha$	0	0	4
6	$+\alpha$	0	15	4
7	0	$-\alpha$	7.5	0
8	0	$+\alpha$	7.5	8
9	0	0	7.5	4
10	0	0	7.5	4
11	0	0	7.5	4

3.4.4. Formulación de cupcakes

La formulación base para la elaboración de los cupcakes, se realizara tomando en cuenta la publicación de Muñoz (2010) con ciertas modificaciones, como la adición de emulsionante y antimoho insumos que garantizaran mayor vida útil. Tal como se muestra en la Tabla 26:

Tabla 26: Formulación base utilizada para la elaboración de cupcakes.

INGREDIENTES	CANTIDAD (%)
Harina	100
Azúcar	60
Huevos	40
Margarina	50
Leche	40
Polvo Hornear	2
Emulsionante	0.5
Antimoho	0.25

Fuente: Muñoz, 2010.

Tabla 27: Cantidad de ingredientes para 28 cupcake (50 g) pertenecientes a la formulación control

INGREDIENTES	CANTIDAD (gr)
Harina de trigo	500
Azúcar	300
Huevos	200
Margarina	250
Leche	200
Polvo de hornear	10
Emulsionante	2.5
Antimoho	1.25

Los cupcakes se elaboraran de acuerdo a las formulaciones mostradas en la Tabla 28, donde las mezclas de harina de trigo, camote y arvejas varían, manteniendo constante los demás insumos.

Tabla 28: Porcentaje de ingredientes según formulación

INGREDIENTES	FORMULACIONES											
	CONTROL (F ₀)	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
HARINA DE TRIGO	100%	97%	86%	91%	80%	96%	81%	92.5%	84.5%	88.5%	88.5%	88.5%
HARINA DE CAMOTE	0%	2%	13%	2%	13%	0%	15%	7.5%	7.5%	7.5%	7.5%	7.5%
HARINA DE ARVEJA	0%	1%	1%	7%	7%	4%	4%	0%	8%	4%	4%	4%
AZUCAR	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
HUEVOS	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
MARGARINA	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
LECHE	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
POLVO DE HORNEAR	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
EMULSIONANTE	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
ANTOMOHO	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%

3.4.5. Procedimiento de elaboración de cupcakes

La elaboración de cupcakes se llevó a cabo en la planta piloto de la Universidad Nacional del Santa, el procedimiento se realizó teniendo en cuenta la metodología planteada por Muñoz (2010) a continuación se describen las etapas del proceso:

3.4.5.1. Recepción

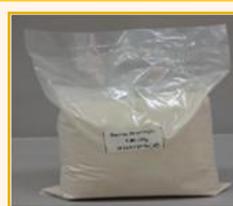
Se recepcionó la materia prima e insumos respectivos para la elaboración de los cupcakes cuidando las adecuadas condiciones de higiene, y la calidad de cada ingrediente.



harina de trigo



harina de camote



harina de arveja



leche



huevos



margarina



azúcar



polvo de hornear



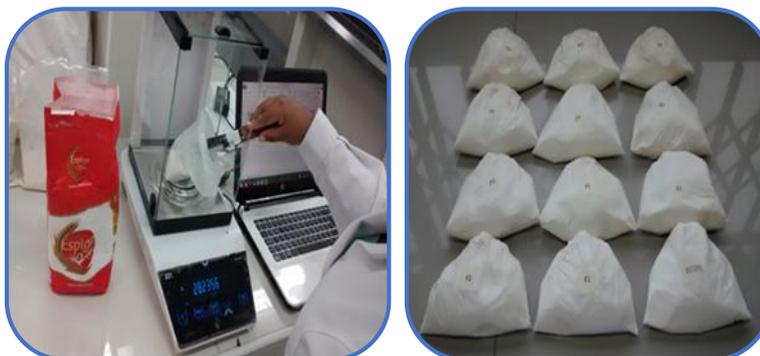
antimoho



emulsionante

3.4.5.2. Pesado

En esta segunda etapa, se pesó la materia prima e insumos correspondientes a las formulaciones anteriormente descritas. Para llevar a cabo esta operación se hará uso de una balanza (marca precisa) que permita obtener las cantidades requeridas.



3.4.5.3. Cremado

En esta etapa batimos por aproximadamente 15 min la margarina y el azúcar a fin de obtener una pasta homogénea y sin grumos. Con este procedimiento la grasa de la mantequilla duplica su volumen inicial y, además, se logra disolver el azúcar en dicha grasa. La margarina fricciona esos pequeños cristales del azúcar logrando que se formen burbujas de aire. Estas burbujas se hacen más grandes y se multiplican en el proceso de batido. Con un batido bien aireado se logra un cupcake con buen volumen y de miga suave.



3.4.5.4. Mezclado 1

En esta operación agregamos los huevos por un espacio de 1 minuto aproximadamente entre cada uno, batiendo durante 5 minutos. A continuación se añadió el emulsionante y se batió por 10 minutos más.



3.4.5.5. Mezclado 2

En esta etapa, se agregó leche a la mezcla 1 y se procedió a batir por 2 minutos para lograr su completa integración a la masa.



3.4.5.6. Mezclado 3

En esta operación se procedió a incorporar a la mezcla 2 todos los ingredientes secos, mezclando las harinas según corresponda a la formulación, previamente cernidas, asimismo se agregó el polvo de hornear y el antimoho, mezclando hasta obtener una masa homogénea.



3.4.5.7. Moldeado

En esta operación, el dosificado se realizará en pirotines número 7, colocados previamente en moldes de acero inoxidable, y en cada uno se agregará 50 gramos de masa con ayuda de una balanza. Esta operación se realizó de manera manual.



3.4.5.8. Horneado

El horneado se llevó a cabo en un horno rotatorio marca Nova, a una temperatura de 120 °C durante 15 minutos para la cocción y 140 °C por 10 minutos para el dorado.



3.4.5.9. Enfriado

Los cupcakes se enfriaron sobre unas bandejas de acero inoxidable a temperatura ambiente por un espacio de aproximadamente 45 minutos.



3.4.5.10. Empacado

Después de enfriar, los cupcakes se procedieron a desmoldar y luego fueron empacados en bolsas de polietileno de alta densidad para ser sellados herméticamente.



3.4.5.11. Almacenado

Finalmente se llevó a almacenamiento a temperatura ambiente (26 -27 °C), en un lugar fresco, sin exposiciones excesivas a la luz.



En la Ilustración 14 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de la elaboración de cupcakes:

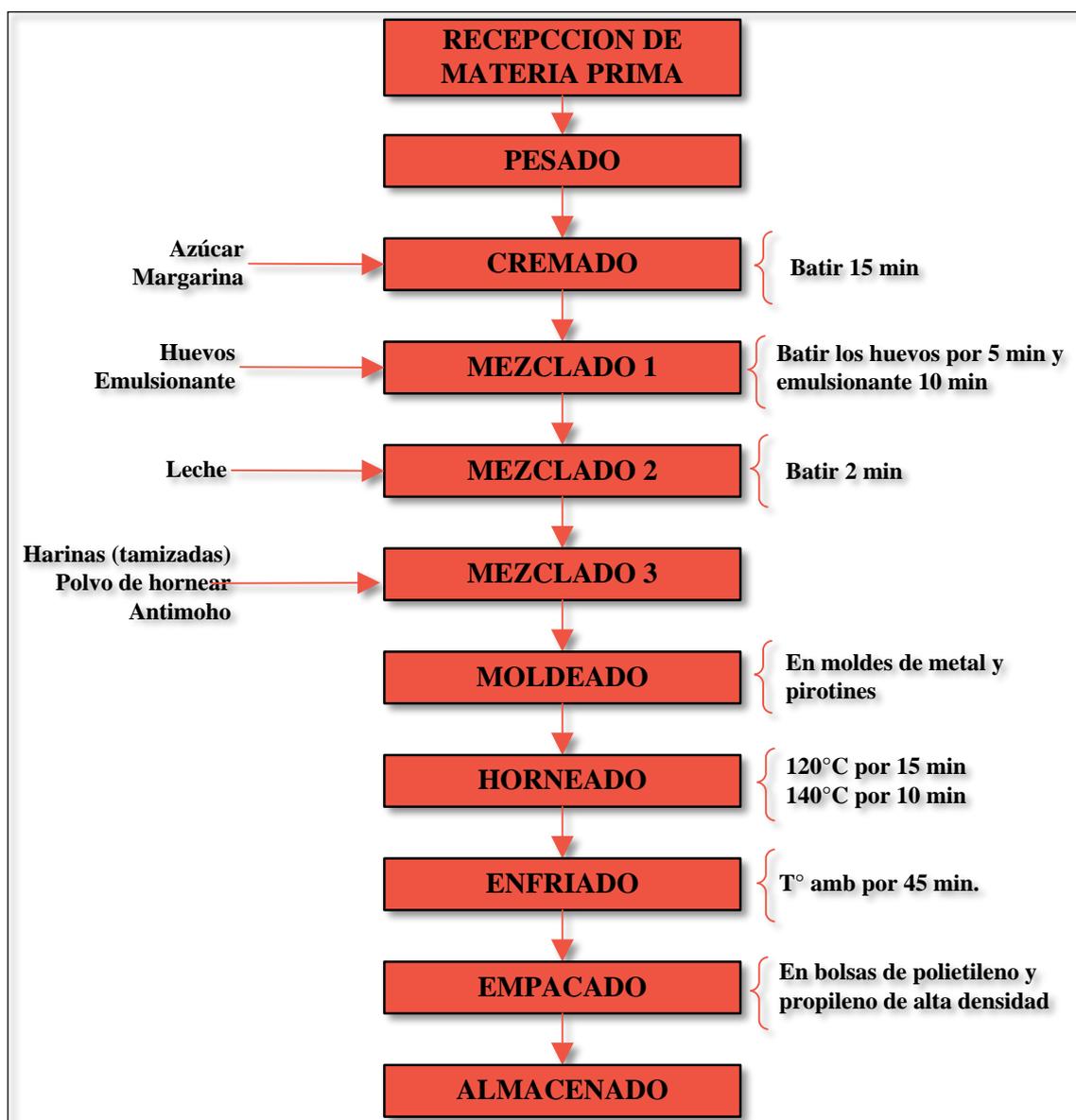


Ilustración 14: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cupcakes.

Fuente: Muñoz, 2010.

3.4.6. Evaluación de los cupcakes

3.4.6.1. Características Tecnológicas

3.4.6.1.1. Textura Instrumental

La determinación de la textura instrumental se realizó a todas las formulaciones de cupcakes. Para este análisis se utilizó el texturómetro marca BROOKFIELD siguiendo el método AOAC 74-10A (2000).



Ilustración 15: Textura instrumental del cupcake.

3.4.6.1.2. Volumen Específico

El volumen específico se evaluó en todas las formulaciones de cupcakes por desplazamiento de las semillas de alpiste, para ello se usó la modificación del método AACC n° 10-05 (2000), propuesta por Laínez (2006).



Ilustración 16: Volumen Específico del cupcake.

3.4.6.1.3. Colorimetría en Corteza y Miga

La determinación de Color de la corteza y la miga se llevó a cabo para todas las formulaciones de cupcakes usando el colorímetro digital marca KONICA MINOLTA (CR-

400T), por el método CIELAB. Para el análisis de la miga el cupcake se partió a la mitad y se apoyó el visor del colorímetro encima, una vez realizada la lectura se obtuvo tres parámetros: L (luminosidad), a* (color entre magenta y verde) y b* (color entre amarillo y azul).



Ilustración 17: Color corteza y miga del cupcake.

3.4.6.1.4. Aw

Este análisis se realizó a todas las formulaciones de los cupcakes, utilizando un higrómetro marca ROTRONIC (HydroLab2) usando el método AOAC 978.18 (2000).



Ilustración 18: Aw del cupcake.

3.4.6.2. Evaluación sensorial

En la evaluación sensorial según manifiesta Salto (1993), existen diversos autores que sugieren equipos de 40 – 50 personas para estudios de optimización de nuevos productos. De acuerdo a esto, los cupackes fueron evaluados por 40 panelistas no entrenados de ambos sexos y entre 19-25 años de edad, a fin de conocer el grado de aceptación de los cupcakes de las diferentes formulaciones. Las características evaluadas fueron color, olor, sabor y textura, donde las muestras fueron codificadas con números de tres cifras.

Las fichas de evaluación sensorial (ver Anexo II) fueron realizadas teniendo en cuenta una escala hedónica de 9 puntos, siendo las alternativas de respuesta las siguientes: 1= me disgusta extremadamente, 2= me disgusta mucho, 3= me disgusta moderadamente, 4= me disgusta levemente, 5= no me gusta ni me disgusta, 6= me gusta levemente, 7= me gusta moderadamente, 8= me gusta mucho, 9= me gusta extremadamente (Wittig, 2001). El análisis se realizó a todas formulaciones de cupcakes incluyendo el cupcake patrón, durante dos sesiones de seis formulaciones cada una, observar Ilustración 19 y 20.



Ilustración 19: Análisis sensorial 1^{era} sesión.



Ilustración 20: Análisis sensorial 2^{da} sesión

3.4.7. Evaluación del cupcake mejor formulación y control

3.4.7.1. Análisis proximal

El análisis proximal se realizó al cupcake control y al cupcake elegido como mejor formulación.

- **Humedad:** Se determinó a través del uso de estufa mediante el método de la NTP 206.011 (1981).



Ilustración 21: Determinación de humedad de cupcake control y mejor formulación.

- **Cenizas:** Se realizó por la incineración de la materia orgánica en una mufla a 500°C – 550°C; siguiendo la metodología de la NTP 206.007 (1976).



Ilustración 22: Determinación de cenizas para cupcake control y mejor formulación.

- **Proteína:** Para la determinación de proteína, se siguió el método UNE-EN ISO 5983 (2006) que indica el laboratorio COLEBIC.
- **Grasa:** Para la determinación de grasa se usó el método UNE.64021 (1970) indicado por el laboratorio COLEBIC.
- **Carbohidratos totales:** Los carbohidratos se calcularon por diferencia de materia seca, siguiendo la

metodología señalada por Collazos *et al.* (1993). La ecuación utilizada fue:

$$\% \text{Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{humedad} + \% \text{proteína} + \% \text{grasa} + \% \text{ceniza})$$

- **Fibra:** Para la determinación del contenido de fibra en el cupcake control y cupcake mejor formulación se usó el método NMX-F090 (1879) indicado por el laboratorio COLEBIC.

3.4.7.2. Vida Útil

La determinación de la vida útil se realizó con el cupcake control y el seleccionado como mejor formulación, bajo controles sensoriales, tecnológicos y microbiológicos a razón del tiempo, durante 20 días (Wittig *et al.*, 2003). Este estudio busca el equilibrio entre la caducidad microbiológica y los aspectos sensoriales y tecnológicos del producto, con la finalidad de producir un cupcake de calidad, apto en seguridad alimentaria y capaz de mantener las características organolépticas aceptables.

Modelo Matemático:

El modelo matemático usado para la determinación de la vida útil es el método desarrollado por Gacula y Singh (1984). El cual se detalla a continuación:

1. Realizar las sumatorias de X e Y de datos experimentales

$$\sum X = X_1 + X_2 + X_3 + \dots \dots \dots (1)$$

$$\sum Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots \dots \dots (2)$$

2. Determinar los promedios

n: número de datos experimentales

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(3)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} \dots\dots\dots(4)$$

3. Determinar las $\sum X^2$ y $\sum Y^2$

4. Determinar la $\sum XY$

5. Determinar $\sum (X - X_p)^2 = S_{xx}$
 $\sum (X - X_p)(Y - Y_p) = S_{xy}$
 $\sum (Y - Y_p)^2 = S_{yy}$

6. Determinar los datos de regresión b_0 y b_1 (coeficiente y pendiente)

$$\bar{Y} = b_1x + b_0 \dots\dots\dots(5)$$

7. Luego fijar los datos experimentales de Y en f(X) con la ecuación (5)

Datos Experi.	Datos Exper.	Datos Ajustados	Error Exp.
X	Y	$\bar{Y} = b_0 + b_1X$	$(Y - \bar{Y}) (Y - \bar{Y})^2$
X_1	Y_1	\bar{Y}_1	$(Y_1 - \bar{Y}_1) (Y_1 - \bar{Y}_1)^2$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
X_n	Y_n	\bar{Y}_n	$(Y_n - \bar{Y}_n) (Y_n - \bar{Y}_n)^2$

$$S_{Se} = \sum (Y - \bar{Y})^2 \dots\dots\dots(6)$$

8. Determinar el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe^2 = \frac{1}{(n - 2)} S_{Se} = Se^2$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

9. Luego para determinar la vida útil

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

10. Para hallar los intervalos de confianza para una regresión lineal del estimado b_0 y b_1 . Los intervalos de líneas rectas han sido consideradas por Acten (1957) Folks y Antle (1967), Dunn (1968) y otros. Para obtener $(1-\alpha)$ 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 29:

Tabla 29: 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

Fuente: Bowden y Graybill, 1966.

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.

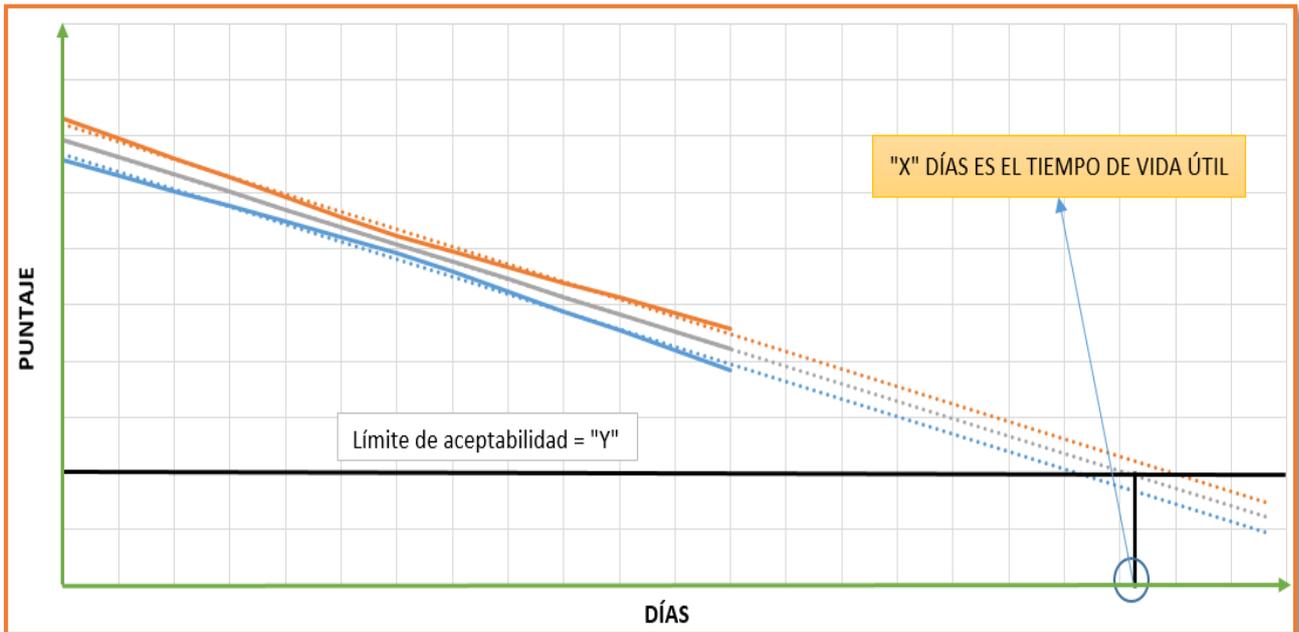


Ilustración 23: Vida útil.

3.4.7.2.1. Análisis sensoriales

El control sensorial, fue llevado a cabo con la participación de 20 panelistas no entrenados, los cuales estuvieron encargados del análisis de los atributos: sabor y textura a razón de tiempo





Ilustración 24: Análisis sensorial para evaluación de vida útil.

✓ **Límites de aceptabilidad sensoriales para determinación de la vida útil**

Para la evaluación de las características sensoriales, se empleó la escala de Karlsruhe (Wittig, 2001) a partir de la cual se diseñó la escala específica para Cupcake (Ilustración 25), esta escala permite discriminar sobre la intensidad en que los atributos de color, olor, textura y sabor se presentan, y lo hace de tal forma que todos los componentes típicos del alimento se describen en el tramo 7-9. Los componentes extraños o atípicos que aparecen en el producto o que resultan del inicio del deterioro de éste, sin perjudicar la comestibilidad, se describen en el tramo 4-6. Mientras que los componentes extraños, que deterioran la calidad hasta hacerla no comestible, se incluyen en el tramo 1-3 (Wittig, 2001).

CARACTERÍSTICAS	CALIDAD GRADO 1: CARACTERÍSTICAS TÍPICAS			CALIDAD GRADO 2: DETERIORO TOLERANTE			CALIDAD GRADO 3: DETERIORO INDESEABLE		
	Excelente	Muy buena	Buena	Satisfactoria	Regular	Suficiente	Defectuosa	Mala	Muy mala
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Color	Extremadamente natural, típico, muy agradable, homogéneo.	Muy natural, típico, agradable, algunas zonas de color levemente diferente, algo tostado, algo pálido.	Natural, típico, algo pálido u oscuro. Coloración desuniforme en la unidad o entre las unidades. No es desagradable.	Ligeramente alterado, pálido quemado, tostado, levemente disparejo, algo artificial.	Alterado, color muy claro, muy amarillo, descolorido entre unidades y dentro de éstas. Artificial.	Algunas manchas de otro tono, no es agradable, muy tostado, desequilibrado.	Muy desuniforme, atípico, con algunas zonas quemadas, desagradable.	Atípico, desuniforme, muy quemado, muy desagradable.	Color totalmente alterado, inaceptable.
Olor	Muy específico, armónico, agradable, equilibrado.	Típico, agradable, equilibrado, armónico, específico, natural.	Específico, bueno, algo suave, algo intenso, natural, equilibrado.	Muy levemente perjudicado, normal. Por ejemplo: ligeramente plano, no redondeado, algo artificial, levemente desequilibrado.	Algo perjudicado, algo desequilibrado, algo plano.	Daño todavía aceptable. Por ejemplo: perfumado, insípido, algo añejo, algo rancio.	Claramente dañado. Por ejemplo: perfumado, insípido, algo añejo, algo rancio.	Muy alterado, desagradable, todavía no repulsivo, rancio.	Extraño, desagradable, francamente deteriorado.
Sabor	Específico, armónico, muy agradable, equilibrado, muy típico, muy natural.	Agradable, muy bueno, bastante típico, muy natural.	Algo suave o intenso, bueno, típico, natural.	Levemente perjudicado, plano, algo artificial, amargo. Levemente bajo o sobre el sabor normal.	Aceptable, aromatizado, artificial, graso, algo amargo, dulzor bajo o sobre lo normal. No tan típico.	Aun aceptable, muy aromatizado, homeado, amargo o insípido, deficiente, muy dulce. Rancio, algo añejo, levemente desequilibrado.	Alterado, no típico, disminuido, rancio, amargo, crudo, añejo, dañado.	Completamente alterado, desagradable, muy amargo, rancio, aun no repulsivo.	Francamente deteriorado, repulsivo.
Textura	Excepcionalmente buena, muy típica, muy fresca, esponjoso, grasitud equilibrada, muy suave.	Muy buena, típica. Por ejemplo: esponjosa, firme, fresca, suave, grasitud buena.	Buena, típica. Por ejemplo: general esponjoso, algo grasoso al tacto.	Levemente alterada, algo seca, grasosa al tacto y algo al degustar. Poco suave.	Levemente alterada, algo ligosa, muy blanda, muy dura, algo apelmazada, grasosa al tacto y al degustar, algo áspera.	Algo alterada, algo reblandecida, ligosa, algo pegajosa, seca, muy grasosa, áspera.	Claramente alterada, modificada (resistente, pegajosa, muy blanda, muy dura, apelmazada, reseca, intensamente grasosa)	Desagradablemente modificada. Por ejemplo: intensamente dura o blanda, muy apelmazada, muy intensamente grasosa.	Francamente deteriorado, desagradablemente grasosa.

Ilustración 25: Test de valoración de calidad con escala karlsruhe para cupcake.

Fuente: Wittig, 2001.

El valor límite de aceptabilidad planteado es “5.5” (regular), este valor límite ha sido propuesto en la escala de Karlsruhe para definir la calidad comercial (Wittig *et al.*, 2003), estableciendo que si el producto analizado adquiere un valor inferior a este se considera de mala calidad (ver Ilustración 26).

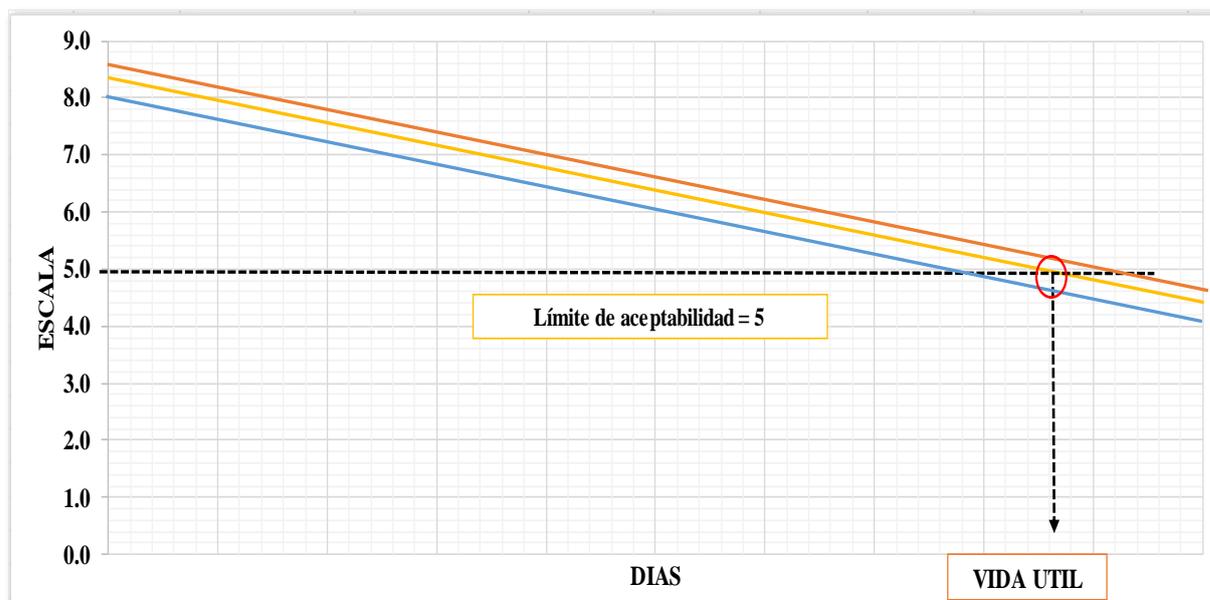


Ilustración 26: Gráfica de vida útil bajo control sensorial.

3.4.7.2.2. Análisis tecnológico

El análisis tecnológico se realizó a través de la evaluación del % de acidez en función del tiempo. La evaluación se realizó tanto para el cupcake mejor formulación como para el control (Ilustración 27).



Ilustración 27: Análisis de % de acidez del cupcake control y mejor formulación.

✓ **Límites de aceptabilidad de acidez para determinación de la vida útil**

El límite máximo permisible para el % de acidez es de 0.7, de acuerdo a lo establecido por norma sanitaria que establece los criterios para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería (NTS RM N° 1020-2010/MINSA) ver Ilustración 28 y 29.

PRODUCTO	PARÁMETRO	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
Pan de molde (blanco, integral y sus productos tostados)	Humedad	40% - Pan de molde 6% - Pan tostado
	Acidez (expresada en ácido sulfúrico)	0.5% (Base seca)
	Cenizas	4.0% (Base seca)
Pan común o de labranza (francés, baguette, y similares)	Humedad	23% (mín.) – 35% (máx.)
	Acidez (expresada en ácido sulfúrico)	No más del 0.25% calculada sobre la base de 30% de agua
Galletas	Humedad	12%
	Cenizas totales	3%
	Índice de peróxido	5 mg/kg
	Acidez (expresada en ácido láctico)	0.10%
Biscochos y similares con y sin relleno (panetón, chancay, panes de dulce, pan de pasas, pan de camote, pan de papa, tortas, tartas, pasteles y otros similares)	Humedad	40%
	Acidez (expresada en ácido láctico)	0.70%
	Cenizas	3%
Obleas	Humedad	4% (Obleas)
		5% (Obleas rellenas)
		9% (Obleas tipo barquillo)
	Acidez (exp. en ácido oleico)	0.20%
	Índice de peróxido	5 mg/kg

Ilustración 28: Límites máximos permisibles del % de Acidez.

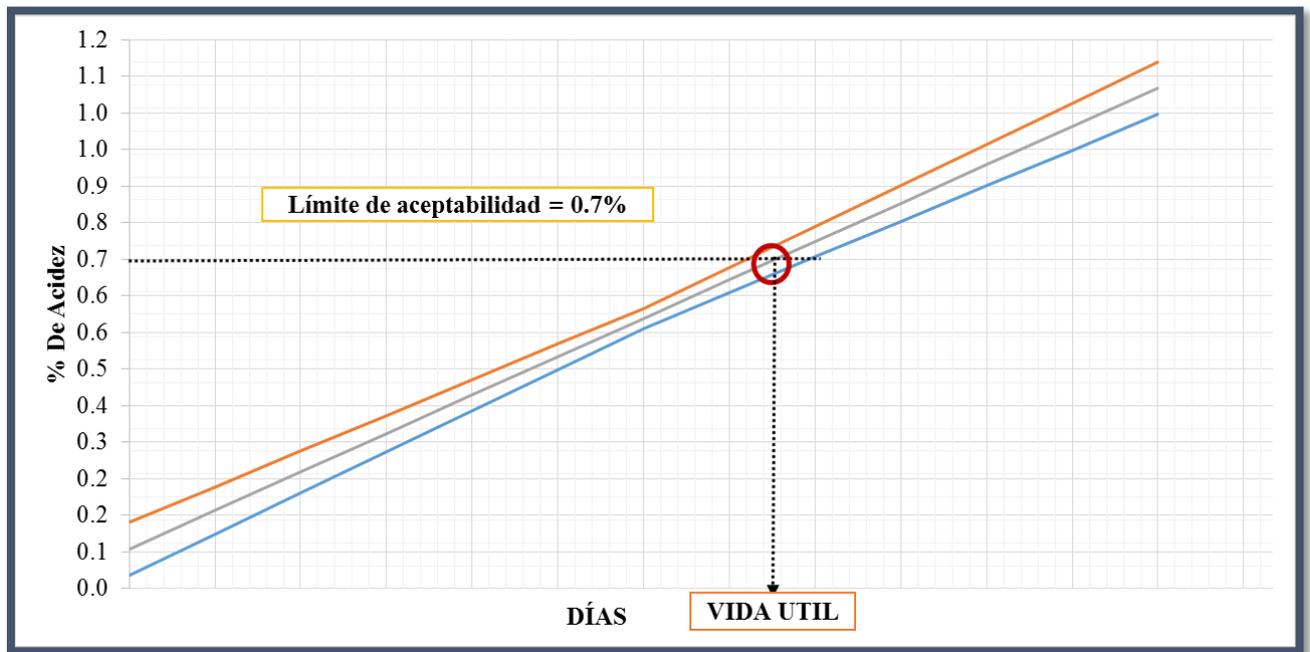


Ilustración 29: Gráfica de vida útil bajo control del % de Acidez.

3.4.7.2.3. Análisis microbiológico

El control microbiológico se realizó mediante el recuento de mohos (Ufc/g) de acuerdo a lo establecido por norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para productos de panadería, pastelería y galletería (MINSA y DIGESA, 1998).

✓ Procedimiento para el análisis de recuento de mohos y levaduras

El análisis para el recuento de mohos (Ufc/g) en los cupcakes se llevó a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en el Manual Analítico Bacteriológico. (FDA, 1978) tal como se describe a continuación:

a) Preparación de Agar glucosa oxitetraciclina (OGA); Se adicionó los ingredientes (de acuerdo a la Tabla 30) a 1 litro de agua destilada. Finalmente se calentó a ebullición agitando frecuentemente hasta disolución completa, se enfrió a 50-55°C y ajustó el

pH del medio a 6.6. Luego se procedió a esterilizar a 121°C por 20 min. Posteriormente, se agregó asepticamente a 1 litro de medio, esterilizado y enfriado a 50°C aproximadamente, 100 ml de una solución acuosa al 0.1% de oxitetraciclina recientemente preparada y esterilizada (ver Ilustración “30”).

Tabla 30: Composición del medio OGA

Componentes	Cantidad (g)
Extracto de levadura	5
Glucosa	20
Agar	20



Ilustración 30: Preparación del medio OGA.

b) Preparación de las diluciones necesarias. La dilución con la que se trabajó fue de 1:100. Primero, se pesó 10 g de la muestra y se diluyó en 90 ml de agua peptonada. Posteriormente, se retira 1ml de la solución y se adiciona a 9 ml de agua peptonada.



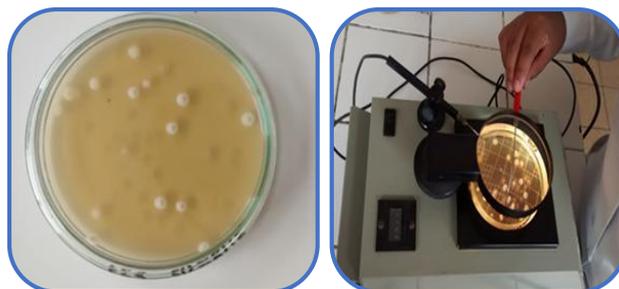
- c) **Se vertió** con una pipeta de 1 ml de solución de cada tubo en la placa esterilizada, luego se vierte 20 ml de agar OGA.



- d) **Se incubó** las placas a 30°C de temperatura durante 5 días.



- e) **Se contabilizó** las colonias de las placas y multiplicó el resultado por la dilución trabajada.



✓ **Límites de aceptabilidad microbiológicos para determinación de la vida útil**

Los análisis microbiológicos se limitaron a la determinación de mohos según lo señalado por norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y

bebidas de consumo humano. Asimismo, de acuerdo a esta norma el límite de mohos para productos de panificación y pastelería establecida es un valor no mayor de 10^3 ufc/g (NTS RM N° 1020-2010/MINSA) ver Ilustración 31 y 32.

VIII. PRODUCTOS DE PANADERÍA, PASTERÍA y GALLETERÍA.						
VIII.1 Productos de panadería y pastelería con o sin relleno y/o cobertura que no requieren refrigeración (pan, galletas y panes enriquecidos o fortificados, tostadas, bizcochos, panetón, queques, galletas, obleas, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10^2	10^3
<i>Escherichia coli</i> (*)	6	3	5	1	3	20
<i>Staphylococcus aureus</i> (*)	8	3	5	1	10	10^2
<i>Clostridium perfringens</i> (**)	8	3	5	1	10	10^2
<i>Salmonella sp.</i> (*)	10	2	5	0	Ausencia /25 g	----

(*) Para productos con relleno.
 (**) Adicionalmente para productos con rellenos de carne y/o vegetales.

Ilustración 31: Límites microbiológicos para productos de panificación y pastelería.

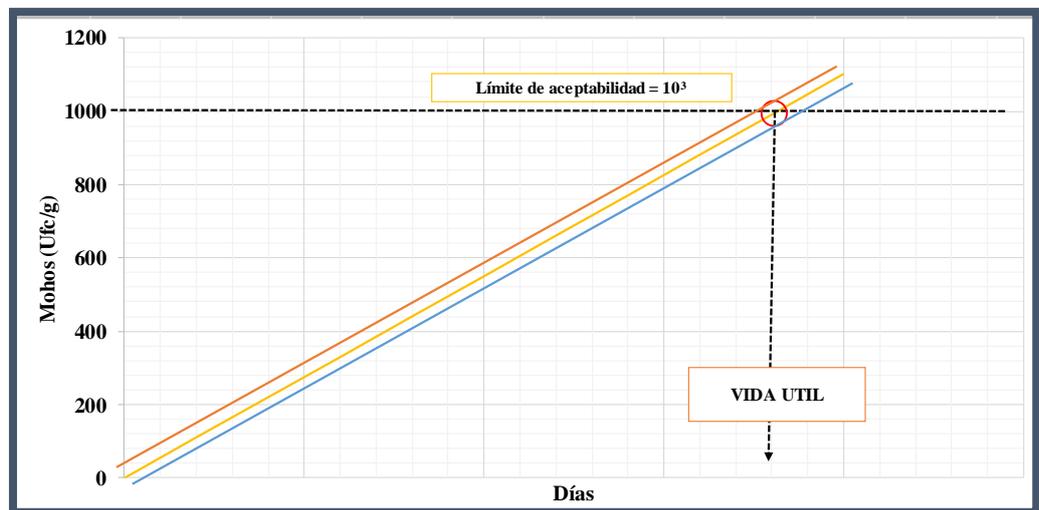


Ilustración 32: Gráfica de vida útil bajo control microbiológico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis reológicos de la harina de trigo

4.1.1. Amilografía

Los estudios de amilografía permiten ver las propiedades de horneado de la harina que dependen de la actividad enzimática (α -amilasa) y de la gelatinización del almidón (ISO-7973, 1993).

En la Ilustración 33 se muestra el Amilograma correspondiente a la harina de trigo. Donde, en la curva de gelatinización se puede observar en el eje de las coordenadas al tiempo (min), en el de las abscisas la viscosidad (AU) y en la parte superior la temperatura de gelatinización ($^{\circ}\text{C}$).

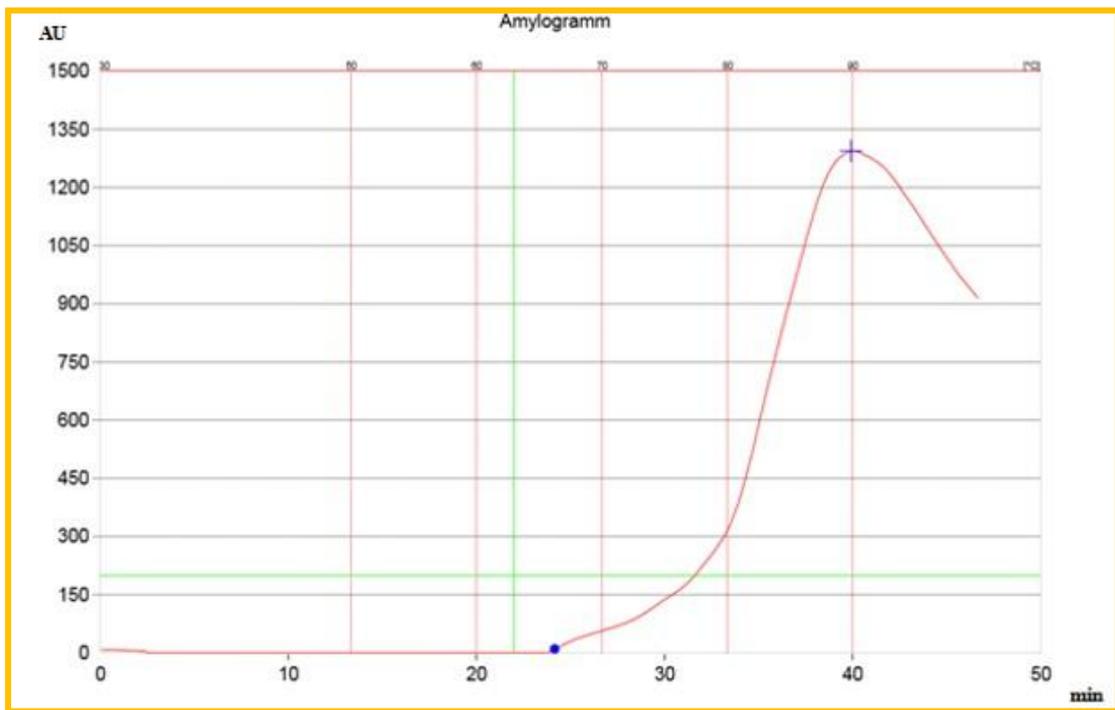


Ilustración 33: Amilograma de la harina de trigo.

En la Ilustración 33 observamos que la viscosidad se mantiene constante hasta que alcanza los 66.3°C , esta es la temperatura a la que inicia la gelatinización, a partir de esto la viscosidad empieza a incrementarse hasta llegar a la viscosidad máxima (1294 AU) a una

temperatura de 89.9 °C, cuando llega a este punto se dice que alcanzó el máximo grado de gelatinización y a partir de ahí comienza a descender.

El aumento de la viscosidad es debido a la gelatinización del almidón que depende de la elevación de la temperatura, la acción mecánica de agitación, y la actividad de la amilasa alfa ya presente o añadida a la harina (ISO-7973, 1993). A medida que se incrementa la temperatura, se retiene más agua y el granulo empieza a hincharse y aumentar de volumen. Al llegar a cierta temperatura, los gránulos alcanzan un volumen máximo. El rango de temperatura en el que tiene lugar el hinchamiento de todos los gránulos se conoce como rango de gelatinización (Linares *et al.*, 2015). Al producirse el hinchamiento de los gránulos, hay también una extracción de la amilosa. Esta amilosa liberada queda en dispersión coloidal donde los gránulos intactos están en suspensión. Si se continúa administrando calor a los gránulos hinchados, estos se romperán parcialmente y la amilosa y amilopectina se dispersarán en el seno de la disolución. Al final de este proceso se genera una pasta o gel en la que existen cadenas de amilosa altamente hidratadas que rodean a los agregados, también hidratados, de los restos de los gránulos (Sandoval *et al.*, 2012).

En la Tabla 31 se puede observar a más detalle los parámetros del análisis amilográfico realizado tanto a la mezcla control como la óptima.

Tabla 31: Resumen de parámetros del análisis amilográfico para la harina de trigo

Muestra	Humedad	Inicio de la gelatinización	Temperatura de gelatinización	Máximo grado de gelatinización
	%	°C	°C	AU (Unidades amilográficas)
Harina de trigo	14.9	66.3	89.9	1294

En otras investigaciones manifiestan valores distintos para el máximo grado y temperatura de gelatinización correspondientes a la harina de trigo pastelera. En el 2014, se reportó un valor de 1774 AU como máxima viscosidad alcanzada a una temperatura de gelatinización de 90°C (Beltrán y Sáenz, 2014). En el mismo año, López (2014) reportó valores de 1317 AU y 91.1°C y en el 2015, una investigación similar reporta para la harina de trigo pastelera un valor de 1378 AU como máximo grado de gelatinización y una temperatura de gelatinización de 87.8°C (Arteaga y Silva, 2015).

Los valores son diferentes en cada experiencia y esto depende básicamente de las características específicas de cada harina y del nivel de calidad de ellas. El rango de gelatinización es característico de la variedad particular de almidón que se está investigando (Linares *et al.*, 2015).

4.1.2. Farinografía

Los estudios de farinografía permiten determinar la calidad de la harina y sus características de procesado, analizando la consistencia de una masa que se forma a partir de harina y agua, cómo se desarrolla y cómo se va modificando con el transcurso del tiempo, mostrando la resistencia que opone la masa a un trabajo mecánico continuo en función del tiempo y mide la absorción de agua de las harinas (ISO 5530-1, 2013).

En la Ilustración 34, se muestra el farinograma correspondiente a la harina de trigo y en la Tabla 32 se puede observar a más detalle los parámetros del análisis farinográfico.

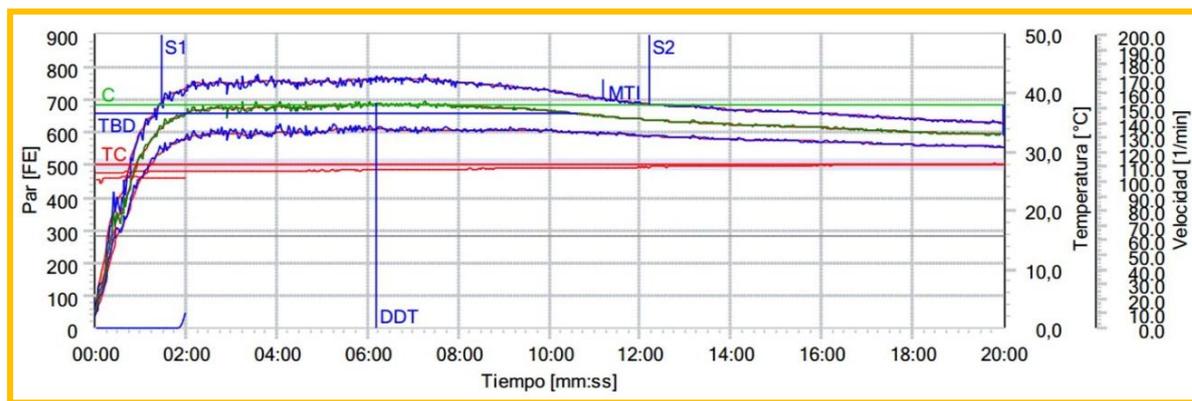


Ilustración 34: Farinograma de la harina de trigo.

Tabla 32: Resumen de parámetros del análisis Farinográfico para la harina de trigo

Muestra	Tiempo de desarrollo de la masa (DDT)	Consistencia (C)	Absorción de agua (WS)	Estabilidad (S)	Índice de tolerancia (MTI)
	min:s	FE	%	min:s	FE
Harina de trigo	06:11	688	55.6	10:44	62

Los parámetros más relevantes del análisis farinográfico son el tiempo de desarrollo de la masa, la consistencia, absorción de agua, estabilidad e índice de tolerancia (Hori, 2012). El tiempo de desarrollo de la masa (DDT), es definido como el tiempo transcurrido entre el instante en que comienza el agregado de agua y el instante en que se alcanza la consistencia máxima (Pantanelli, 2003), como se observa en la Tabla 32 el valor de DDT correspondiente a la harina de trigo es de 6,11 min tiempo para la formación de la masa.

La consistencia se define como la resistencia de una masa a ser amasada en el farinógrafo a una velocidad constante establecida y se expresa en unidades Farinográficas o FE (Pantanelli, 2003), como se puede observar en la Tabla 32 la harina de trigo presenta una consistencia de 688 FE mayor a 500 FE por lo que se garantiza una buena calidad de la harina como parte de las formulaciones de cupcakes.

Asimismo, la curva de absorción obtenida en el farinógrafo, permite determinar la cantidad de agua que necesita absorber la harina para que se obtenga en el farinógrafo una masa de una consistencia de 500 FE, en este caso el % de absorción de agua correspondiente a la harina de trigo es de 55.6%.

Estabilidad es la diferencia de tiempo en minutos entre el punto en que la parte superior de la curva alcanza, por primera vez, la línea de 500 FE y el punto en que la deja (Pantanelli, 2003), en este caso según muestra la Tabla 32, la harina de trigo muestra una estabilidad correspondiente a 10.44 min.

El índice de tolerancia (MTI), representa la diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 10-20 minutos. El MTI para la harina de trigo es 62 FE. La aptitud de una harina para panificación utilizando los análisis farinográficos se puede evaluar mediante la siguiente clasificación (Pantanelli, 2003):

- Calidad óptima: caída de la masa entre 0 y 30 unidades farinográficas, y una estabilidad superior a 10 minutos.
- Calidad buena: caída de la masa entre 30 y 50 unidades y estabilidad no inferior a 7 minutos.
- Calidad discreta: caída de la masa entre 50 y 70 unidades farinográficas y estabilidad no inferior a 5 minutos.
- Calidad mediocre: caída de la masa entre 70 y 130 unidades farinográficas y estabilidad no inferior a 3 minutos.
- Calidad baja: caída superior a 130 unidades farinográficas y estabilidad inferior a 2 minutos.

Según esta clasificación, de acuerdo al MTI, la harina de trigo estaría en una clasificación de calidad discreta. Sin embargo, de acuerdo a su estabilidad se trataría de calidad óptima.

4.1.3. Extensografía

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

En la Ilustración 35 se muestra el extensograma correspondiente a la harina de trigo y en la Tabla 33 se puede observar a más detalle los parámetros del análisis extensográfico.

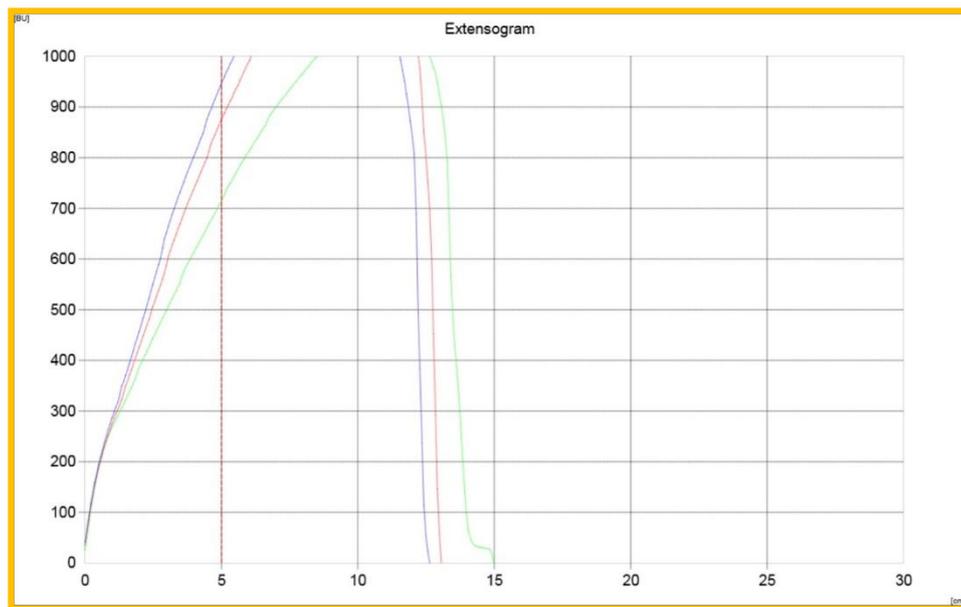


Ilustración 35: Extensograma de la harina de trigo.

Tabla 33: Resumen de parámetros del análisis Extensográfico para la harina de trigo.

Muestra	Tiempo min	Energía (cm ²)	Resistencia a la extensión (R) BU	Extensibilidad (E) mm	Máximo (M) BU
Harina de trigo	30	186	718	150	1078
	60	198	880	131	1233
	90	193	951	126	1227

Para medir la estabilidad de la masa y la resistencia que la misma opone durante el período de reposo se utiliza el extensógrafo. Siendo los principales índices que se obtienen el área de la curva, la fuerza de la masa, la resistencia y extensibilidad de la masa (Pantanelli, 2003).

En la Tabla 33, podemos observar la harina de trigo opone mayor resistencia a medida que transcurre los tres tiempos (30, 60 y 90 min). Asimismo, como era de esperarse la harina de trigo presenta menor extensibilidad a medida que transcurre los tres tiempos (30, 60 y 90 min). Mientras mayor sea el contenido de gluten en la harina de trigo ofrecerá mayor elasticidad y por tanto menor resistencia al estiramiento si lo comparamos con otras harinas que carecen de gluten (Beltrán y Sáenz, 2014; Salvador, 2006).

En cuanto, a la energía la harina de trigo presento valores altos durante los tres tiempos (30, 60 y 90 min), lo cual es indicativo de una mejor formación de red de gluten (Beltrán y Sáenz, 2014). La harina de trigo, posee puntos máximos (1078, 1233 y 1227) por encima de 1000 BU, lo que indica la característica de una buena harina y mucho más trabajable (Beltrán y Sáenz, 2014).

4.2. Análisis fisicoquímicos de la harina de camote, arveja y trigo

El análisis proximal de un alimento se realiza con la finalidad de determinar el contenido de humedad, grasa, proteína, carbohidratos y cenizas. Estos procedimientos químicos revelan también el valor nutritivo de un producto y como puede ser combinado de la mejor forma con otras materias primas para alcanzar el nivel deseado de los distintos componentes de una dieta. Es también un excelente procedimiento para realizar control de calidad y determinar si los productos terminados alcanzan los estándares establecidos por los productores y consumidores (Izaurieta, 2012).

Tabla 34: Análisis fisicoquímicos de las harinas

Análisis	Harinas		
	H. Trigo*	H. Camote*	H. Arveja*
Composición (g/100 g de materia seca)			
Humedad	13.51 ± 0.037	6.37 ± 0.007	7.49 ± 0.004
Proteína	9.86 ± 0.021	1.88 ± 0.021	18.68 ± 0.028
Grasa	0.71 ± 0.131	0.45 ± 0.007	1.52 ± 0.007
Ceniza	0.62 ± 0.011	2.93 ± 0.037	2.18 ± 0.012
Carbohidratos	75.93	88.37	70.13
Color			
a*	-1.72 ± 0.011	-2.53 ± 0.030	0.51 ± 0.032
b*	13.76 ± 0.291	18.39 ± 0.313	31.28 ± 0.132
L*	100.38 ± 0.861	98.73 ± 0.452	90.30 ± 1.241
C	13.87	18.56	31.28
h	82.89	82.17	89.06
Tamaño de partícula (% retenido en cada malla)			
16 (1.18 mm)	0.06 ± 0.861	0.07 ± 0.751	0.15 ± 0.822
30 (600 um)	0.13 ± 0.560	0.17 ± 0.352	0.57 ± 0.754
60 (250 um)	0.77 ± 0.634	1.76 ± 0.854	3.51 ± 0.455
80 (180 um)	1.76 ± 0.621	1.86 ± 0.543	1.95 ± 0.566
100 (150 um)	10.94 ± 0.582	11.02 ± 0.641	13.84 ± 0.632
Fondo (<150 um)	86.34 ± 0.540	85.12 ± 0.560	79.98 ± 0.641
pH	6.670 ± 0.036	6.18 ± 0.047	6.51 ± 0.036
a_w	0.58 ± 0.011	0.39 ± 0.002	0.46 ± 0.023

*Media de 3 repeticiones + SD.

Harina de trigo

El porcentaje de contenido de humedad para la harina de trigo es de 15,5 % como máximo de acuerdo a la NTP (INDECOPI) 205.027 (1986). La humedad de la harina de trigo presente en la Tabla 34 tiene un valor de 13.51 ± 0.037 %, cuyo valor está dentro de los límites permisibles de acuerdo a la presente Norma. En la ficha técnica de alimentos se encuentra referenciada similar porcentaje de humedad a la obtenida experimentalmente. La harina con un contenido de humedad superior a lo establecido se pone mohosa y por ende ya no es apta para la elaboración de productos (Qali Warma, 2014).

El contenido de proteína de acuerdo a la Norma del Codex para la Harina de Trigo Codex Standard 152-1985 es de 7 % como mínimo, cumpliendo de esta manera con un valor de 9.86 ± 0.021 % la harina de trigo evaluada. La cantidad de proteína varía mucho según el tipo de trigo, la época de recolección y la tasa de extracción, a su vez la cantidad de proteína determina las propiedades de panificación de la harina y sus características generales (Quaglia, 1991).

Los investigadores Beltrán y Sáenz (2014) mencionan que el contenido de grasa para la harina de trigo es de 0.6 ± 0.35 %. Así mismo, en la presente investigación realizada se obtiene un contenido de grasa de 0.71 ± 0.131 % cuyo valor es cercano al obtenido por los autores mencionados. Las grasas de la harina proceden de los residuos de las envolturas y de partículas del germen. El contenido de grasas depende por tanto del grado de extracción de la harina (Esteller, 2004). Mientras mayor sea su contenido en grasa más fácilmente se enranciará (Quaglia, 1991).

Con respecto al contenido de ceniza es de 0.64 % como máximo de acuerdo a la NTP (INDECOPI) 205.027 (1986). El porcentaje de ceniza presente en la Tabla 34 tiene un valor de 0.62 ± 0.011 %, cuyo valor está dentro de los límites permisibles de acuerdo a la presenta Norma. Similar porcentaje de ceniza se ha encontrado en la investigación realizada por Vargas *et al.* (2013). El contenido de cenizas de la harina de trigo blando según lo reportado en la investigación de Da Silva (2007) fue de 0,49%. Esta es cifra es esperada debido al hecho de que los minerales se centran principalmente en las capas externas del grano de trigo, las cuales son eliminadas en el proceso de molienda. Las cenizas contienen principalmente fosfatos de calcio y magnesio: 49 % P_2O_5 , 37 % K_2O , 6 % MgO y 5.5 % CaO , procedentes de la parte externa del

grano, que se incorporan a la harina según su tasa de extracción (Quaglia, 1991).

El carbohidrato es el componente principal de la harina de trigo y está formado por carbono, hidrogeno y oxígeno. Constituyen la mayor parte del endospermo del trigo (Aguirre y Rodríguez, 1997). El contenido de carbohidratos en la harina de trigo evaluada fue de 75.93 %, valor cercano al obtenido por Guzmán y López (2015). En la investigación realizada por Arteaga y Silva (2015) indica que la harina de trigo tiene un 74.74 % de carbohidratos en su composición.

Harina de camote

En la Tabla 34 se muestra el contenido de humedad de la harina de camote cuyo valor es 6.37 ± 0.007 %. Este contenido de humedad es similar al obtenido por Sarmiento (2014) y es bajo al obtenido por Ruiz (2010) teniendo valores de 6.71 ± 0.24 y 11 ± 0.26 % respectivamente. Estos valores de humedad cumplen con lo establecido en las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos según Reyes *et al.* (2009). Valores inferiores de humedad a 11 % evitan deterioros en almacenamiento prolongado a temperaturas de 20°C según Ruiz (2010).

La proteína de la harina de camote presenta un alto valor biológico, el elevado contenido del aminoácido lisina hace que la harina de camote pueda usarse como complemento de las harinas de cereales (Martí *et al.*, 2014). Según los investigadores Herrera y Sisalima (2013) el contenido de proteína para la harina de camote es de 2.1 %. En la Tabla 34 tiene un valor de 1.88 ± 0.021 %, el cual es cercano al valor reportado y al que se encuentra en las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos según Reyes *et al.* (2009).

La harina de camote tiene un contenido de grasa muy bajo (<1%) y libre de colesterol, sus ácidos grasos principales son el linoléico, el oleico, el esteárico y el palmitoleico (Raudez y Poveda, 2004). En la investigación realizada por Sarmiento (2014) hace referencia que el contenido de grasa para la harina de camote es de 0.71 ± 0.02 %, así mismo, en la presente investigación se obtuvo un contenido de grasa de 0.45 ± 0.007 % cuyos valores son aceptables según Reyes *et al.* (2009) el cual señala que en las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos el contenido de grasa debe de ser como máximo 0.9 %.

Con respecto al contenido de ceniza, se puede observar que en la Tabla 34 tiene un valor de 2.93 ± 0.037 %, cuyo valor es similar a 2.917 % obtenido por Bastidas y De La Cruz (2010). A la vez Sing y Villalobos (2015) han obtenido en su investigación un contenido de ceniza semejante a los valores descritos anteriormente.

El contenido de carbohidratos en la harina de camote evaluada fue de 88.37 %, valor superior a 85.78 ± 0.08 % obtenido por Sarmiento (2014). En la investigación realizada por Sing y Villalobos (2015) indica que la harina de camote tiene un 84.71 % de carbohidratos y según Reyes *et al.* (2009) presenta un 84.3 % de carbohidratos en su composición.

Harina de arveja

La humedad de la harina de arveja presente en la Tabla 34 tiene un valor de 7.49 ± 0.004 %, cuyo valor está dentro de los límites permisibles de acuerdo a lo establecido por Reyes *et al.* (2009). En la investigación realizada por Godoy (2010) se encuentra un porcentaje de humedad del 10 % similar a lo obtenido experimentalmente.

El contenido de proteína para la harina de arveja es de 19 % según FUNIBER (2016). En la Tabla 34 tiene un valor de 18.68 ± 0.028 %, el cual es cercano a lo reportado por dicha fundación. El contenido proteico de las leguminosas generalmente oscila entre 17 y 26%, lo que las convierte en alimentos concentrados (Castro, 2005).

El contenido proteico aportado por las arvejas depende si estas están frescas o secas con un 6 % y 22 % respectivamente. Las arvejas secas aportan las mismas proteínas que el resto de legumbres, tiene en su composición un exceso de lisina pero pobre en metionina por lo cual se debe de combinar con cereales debido a su alto contenido de metionina y pobre en lisina (Castro, 2005).

Con respecto a lo que es el contenido de grasa Godoy (2010) reporta en su investigación un 2.10 % y FUNIBER (2016) reporta 1.90 % valores cercanos a 1.52 ± 0.007 %, obtenido en la presente investigación. Las leguminosas usualmente contienen sólo entre 1 y 2% de lípidos, los cuales constituyen un pequeño porcentaje sobre toda la composición, dependiendo de la especie. Existen algunas excepciones notables como soya o maní que contienen 18 y 43,3% de lípidos dentro de su composición (Castro, 2005).

La harina de arveja tiene un contenido de cenizas relativamente bajo y un alto contenido de almidón y proteína (Alasino, 2009). El contenido de cenizas de las harinas de las leguminosas varía aproximadamente en un rango entre 2,5 y 4,2 % (Castro, 2005). Para la harina de arveja cruda el contenido de cenizas es de 3 % y para la harina precocida es de un 6.8% (Romero *et al.*, 1983). Alasino (2009) menciona que el contenido de ceniza para la harina de arveja es de 3.3 % y en la investigación realizada por Reyes *et*

al. (2009) presenta un valor de 2.8 %. Así mismo, en la presente investigación realizada se obtiene un contenido de ceniza de 2.18 ± 0.0112 %.

Los carbohidratos en conjunto con las proteínas otorgan a la harina de arveja su calidad nutricional (Castro, 2005). El contenido de carbohidratos de la harina de arveja evaluada fue de 70.13 %. En la investigación realizada por Reyes *et al.* (2009) indica que la harina de arveja tiene un 64.4 % de carbohidratos en su composición, este porcentaje depende de la variedad y especie de la arveja.

Colorimetría (método cielab)

Las harinas de buena calidad presentan un color blanco amarillento, las de mediana calidad, blanco mate y en las inferiores blanco empañado a rojizo (Quaglia, 1991). En el análisis de color para la Harina de Trigo presente en la Tabla 34 podemos observar que las coordenadas de cromaticidad a^* y b^* con sus respectivos valores -1.72 ± 0.011 y 13.76 ± 0.291 muestran una tendencia hacia el color rojo y amarillo respectivamente. La luminosidad presento un valor de 100.38 ± 0.861 que nos indica que tiene una alta tendencia hacia el color blanco. En la investigación realizada por Beltrán y Sáenz (2014) hallaron valores de luminosidad de 100.20 ± 0.35 , cuyo valor es bajo a lo reportado en esta investigación. Los valores más altos de L^* indican una mayor reflectancia de la luz (Esteller y Lannes, 2005). El ángulo de tonalidad presento un valor de 82.89, que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color rojo - amarillo, con una tendencia más al amarillo. La cromacidad presento un valor de 13.87.

El grado de color de la harina de trigo da una medida de la contaminación de salvado en la harina blanca. El color de la harina está tan estrechamente asociado con el contenido de cenizas, que se emplea para medir la pureza de la harina en muchas partes del mundo. Generalmente cuanto más blanco sea el color de la harina mejores serán sus propiedades para la panificación (Quaglia, 1991).

En la Tabla 34, podemos observar que la Harina de Camote tiene un valor de b^* 18.39 ± 0.313 , el cual muestra una tendencia al color amarillo mayor que la harina de trigo. En la investigación de Sing y Villalobos (2015) el valor de b^* encontrado para la harina de camote es de 23.38 ± 0.3 , dicho valor tiene una tendencia mayor al color amarillo a lo reportado en esta investigación, esto se le atribuye a la presencia de carotenos y polifenoles en el camote morado con respecto al camote blanco (Palomino *et al.*, 2010). El valor de a^* es de -2.53 ± 0.033 , el cual tiene una ligera tendencia al color verde. Así mismo, L^* tiene un valor de 98.73 ± 0.452 que nos indica una harina clara. El ángulo de tonalidad presento un valor de 82.17, que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color rojo - amarillo, con una tendencia más al amarillo. La cromacidad presento un valor de 18.56.

Con respecto a la Harina de Arveja podemos observar que el valor de b^* es de 31.28 ± 0.132 , el cual muestra una tendencia al color amarillo mayor que la harina de trigo y camote. El valor de a^* es de 0.51 ± 0.032 , con una tendencia al color rojo y la luminosidad (L^*) es de 90.30 ± 1.241 , cuyo valor indica que es ligeramente más oscura que la harina de trigo y camote. El ángulo de tonalidad presentó un valor de 89.06, que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color rojo - amarillo, con una tendencia más al amarillo. La cromacidad presentó un valor de 31.28. Valores similares de color para la harina de arveja ha reportado López (2014) en su investigación.

Granulometría

En la Tabla 34 se muestra la distribución de tamaño de partícula de las harinas de trigo, camote y arveja. Se observa que el 86% de harina de trigo se encuentra por debajo de las 150 μm , mientras que el 12.7% se encuentra entre 150-180 μm . En el caso de la harina de camote, el 85.12% está por debajo de 150 μm y el 12.88% entre 150-180 μm , mientras que la harina de arveja representa un 79.98% para las partículas con tamaño inferior a 150 μm y el 15.79% se concentra entre 150-180 μm .

La harina de trigo presenta un mayor porcentaje de partículas finas con respecto a la demás harinas. Por otra parte la harina de arveja concentra mayor porcentaje (0.15%) de partículas gruesas (1.18mm) con respecto a la harina de trigo y camote.

La granulometría resulta un factor clave para alcanzar las propiedades físicas deseadas en el producto final. Las harinas con un tamaño de partícula mayor producen masas menos resistentes que se expanden más durante el horneado, lo que da lugar a su vez a galletas más extensas, bajas y oscuras y con una menor humedad final (Pineda, 2014).

El tamaño de partícula más fino muestra una tendencia de color más oscuro, contribuye a reducir el tiempo de absorción de agua y desarrollo de la masa y aumenta el tiempo de estabilidad de la masa y la retrogradación del almidón (Liu *et al.*, 2016). También, la reducción del tamaño de partícula aumenta la resistencia a la extensión y extensibilidad de la masa y mejora el rendimiento galleta hornear (Wang *et al.*, 2016).

Asimismo Savak *et al.* (2016) manifiesta que el tamaño de partícula de la harina de banana influye de manera significativa el en color, el índice de absorción de agua y humectabilidad. En su

investigación, los valores L^* , a^* y b^* disminuyeron a medida que aumentó el tamaño de las partículas. Las partículas menores de 212 micras mostraron menor índice de humectabilidad. Además, se evidencia una correlación negativa entre el tamaño de las partículas y la humectabilidad y la correlación positiva entre el tamaño de partícula y el índice de absorción de agua.

Por otro lado Pérez (2010) menciona que la proporción de harina de tamaño de partícula grueso, puede ser modificada, si se desea, utilizando un proceso de molienda húmeda, ya que el proceso de atemperado produce un ablandamiento del endospermo, lo cual facilita la molturación y por ende una mayor obtención de harina fina.

Actividad de agua (a_w) y pH

En la Tabla 34, la actividad de agua (a_w) de la harina de trigo es de 0.58 ± 0.011 cuyo valor es superior a la harina de camote y harina de arveja. En la investigación realizada por Montoya y Giraldo (2010) presentan un valor de 0.651 superior al valor reportado en la presente investigación. Mientras más alta sea la a_w y más se acerque a 1.0 mayor será su inestabilidad por lo cual se debe de tener un valor bajo para retardar el crecimiento microbiano (Badui, 2013).

Con respecto al pH, tiene un valor de 6.67 ± 0.036 el cual es el que más se aproxima a pH neutro (pH=7) con respecto a la harina de camote y harina de arveja. La harina de trigo blanqueada por lo general tiene un pH entre 6 y 6.8 eso hace una harina ligeramente ácida pero cercano a la neutralidad. La harina blanca a menudo se blanquea con cloro. El cloro es muy alcalino (pH=12). Harinas blanqueadas por lo general tienen los números más altos de pH que las variedades crudas y pueden tener un sabor ligeramente más amargo (Kirk *et al.*, 2011).

La actividad de agua (a_w) de la harina de camote es de 0.39 ± 0.002 cuyo valor es inferior a la harina de trigo y harina de arveja. Al comparar el resultado obtenido con los reportados en otros estudios se observa que la harina de camote en el presente trabajo mostró un valor ligeramente superior a 0.387 ± 0.007 hallado por Albán *et al.* (2011) así mismo presentó un valor inferior a 0.406 reportado por Bastidas y De la Cruz (2010).

Los análisis de pH de la harina de camote presentados en la Tabla 34, nos indica un valor de 6.18 ± 0.047 , mismo que se encuentra dentro del rango establecido por diferentes autores (Albán *et al.*, 2011; Bastidas y De la Cruz, 2010; Techera *et al.*, 2014), donde el menor valor es 5.58 ± 0.05 y el mayor 6.24 ± 0.02 . El valor del pH de la harina de camote es inferior al pH de la harina de trigo y harina de arveja.

La actividad de agua es uno de los factores intrínsecos que posibilitan ó dificultan el crecimiento microbiano en los alimentos. Por ello la medición de la actividad de agua es importante para controlar dicho crecimiento (Badui, 2013). Con respecto a la actividad de agua de la harina de arveja en la Tabla 34, presenta un valor de 0.46 ± 0.023 el cual tiene un bajo contenido de humedad dificultando el crecimiento microbiano.

El pH se realiza para medir que tan ácido o alcalino es un alimento. El pH es un factor determinante para controlar el crecimiento bacteriano. Con un pH bajo (condiciones ácidas) se detiene el desarrollo de bacterias las cuales pueden atentar contra la calidad e inocuidad de las harinas y con un pH alto (condiciones básicas) la probabilidad de que se desarrolle los microorganismo es mucho mayor (Kirk *et al.*, 2011). El pH de la harina de arveja reportado en la presente investigación es de 6.51 ± 0.036 , cuyo pH hace una harina ligeramente ácida.

4.3. Cálculo de cómputo químico de las formulaciones

El valor alimenticio de una mezcla se aprecia no solamente por la proporción y cantidad de nutriente, sino también por el contenido de AAs esenciales que no puede ser sintetizado por el organismo. Se puede combinar los cereales con las leguminosas, y así compensar las deficiencias de ciertos AA esenciales (lisina en cereales y cisteína en leguminosas). Los granos andinos no tiene estas deficiencias, su contenido en lisina es el doble en comparación con otros cereales (FAO, 1985; Alcazar, 2010).

La calidad de un alimento puede ser estimada mediante su cómputo químico, que es la relación del AA que se encuentra en menor proporción con respecto al mismo AA de la proteína de referencia según la edad de la población de interés. Este AA es también el AA limitante del alimento. El cómputo químico se estima en términos porcentuales (FAO, 1985; Alcazar, 2010).

A continuación se presenta la Tabla 35, que muestra el Cómputo Químico de todas las formulaciones del planeamiento experimental, el cual se calculó de manera teórica y tomando como patrón referencia los aminoácidos esenciales que reporta la FAO/WHO/UNU (2007):

Tabla 35: Cómputo Químico de los ensayos del planeamiento experimental

		F₁	F₂	F₃	F₄	F₅	F₆	F₇	F₈	F₉	F₁₀	F₁₁	Patrón de aminoácidos (mg/g proteína)*
FORMULACIONES (%)	Harina de Trigo	97	86	91	80	96	81	92.5	84.5	88.5	88.5	88.5	-
	Harina de Camote	2	13	2	13	0	15	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	-
	Harina de Arveja	1	1	7	7	4	4	0	8	4	4	4	-
SCORE QUIMICO (%)	Isoleucina	117	118	119	119	118	119	117	119	118	118	118	30
	Leucina	120	117	119	116	120	116	118	118	118	118	118	59
	Lisina	70	71	76	77	73	74	69	77	73	73	73	45
	Metionina+Cistina	193	186	187	179	191	181	190	182	186	186	186	22
	Fenilalanina + tirosina	209	204	208	203	210	203	207	206	206	206	206	38
	Treonina	136	139	138	142	136	141	137	140	139	139	139	23
	Triptofano	201	211	198	208	198	211	206	202	204	204	204	6
	Valina	120	120	120	120	121	120	120	120	120	120	120	39
Histidina	165	157	164	156	166	155	161	160	160	160	160	15	

*Fuente: WHO/FAO/UNU, 2007- Categoría Adultos.

4.4. Análisis de cupcakes

4.4.1. Análisis de Lisina

La Tabla 36 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio que corresponde al análisis de lisina de los cupcakes. Es importante recalcar que los valores de lisina se realizaron a través del cálculo del cómputo químico de aminoácidos para las 11 formulaciones generadas del diseño compuesto central rotacional (DCCR) además de la formulación control.

Tabla 36: Lisina de los cupcakes

Formulación	Valores Codificados		Lisina (%)
	H. Camote	H. Arveja	
1	-1 (2)	-1 (1)	70.02
2	1 (13)	-1 (1)	70.81
3	-1 (2)	1 (7)	75.91
4	1 (13)	1 (7)	76.70
5	- α (0)	0 (4)	72.82
6	+ α (15)	0 (4)	73.90
7	0 (7.5)	- α (0)	69.43
8	0 (7.5)	+ α (8)	77.29
9	0 (7.5)	0 (4)	73.36
10	0 (7.5)	0 (4)	73.36
11	0 (7.5)	0 (4)	73.36
Control	-	-	69.00

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente tabla, podemos observar que los cupcakes presentaron valores correspondientes al % de Lisina entre 69 y 77.29 que corresponden al valor mínimo (Control) y máximo (F8) respectivamente.

Cabe mencionar que la WHO/FAO/UNU (2007) recomienda un límite mínimo de 70% para Lisina (aminoácido limitante), para todas las formulaciones se cumple esto, excepto el Control y la F7.

En la Tabla 37 se muestran los coeficientes de regresión de los términos lineales (L) y cuadráticos (Q), la interacción de las variables independientes (X_1 y X_2), además muestra el error estándar, el valor t-student y p-valor.

Tabla 37: Coeficientes de regresión para para el aminoácido Lisina correspondiente al Cómputo químico de los cupcakes

Factor	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	73.36	0.06	1187.93	0.0000
X_1 (L)	0.39	0.04	10.28	0.0001
X_1 (Q)	0.00	0.05	0.00	1.0000
X_2 (L)	2.86	0.04	75.69	0.0000
X_2 (Q)	0.00	0.05	0.00	1.0000
$X_1.X_2$	0.00	0.05	0.00	1.0000

X_1 = % H. Camote, X_2 = % H. Arveja, $X_1.X_2$ = Interacción de % H. Camote y % H. Arveja, L=término lineal, Q=término cuadrático

*Porcentaje de significancia 5% ($p < 0.05$)

Para el delineamiento experimental completo de la variable Lisina, el valor del coeficiente de determinación (r^2) fue de 99,91% por lo que se puede concluir que el modelo se ajusta bien a los datos experimentales.

Los parámetros con p-valor menor que 5% ($p < 0.05$) fueron considerados significativos, tal como se observa en la Tabla 37. Por lo tanto, los términos significativos en el estudio de la variable Lisina fueron los términos lineales (L) del % Harina de Camote y % Harina de Arveja.

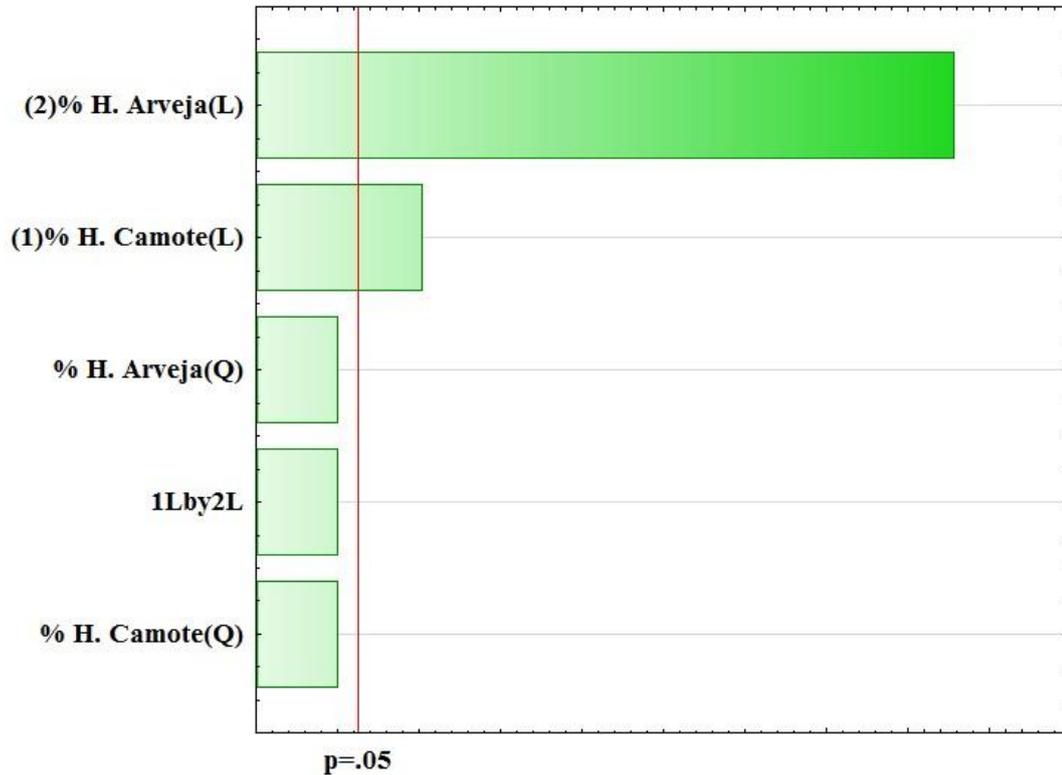


Ilustración 36: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la Lisina.

Como se puede observar en el diagrama de Pareto (ver Ilustración 36) el término que no fue considerado significativo en el estudio de la variable Lisina fue el término cuadrático del % Harina de Camote y % Harina de Arveja, además de la interacción del % de Harina de Camote y Arveja.

Al excluir estos términos no significativos ($p > 0.05$); el valor del coeficiente de determinación (r^2) para el modelo ajustado sigue siendo de 99.91%. Lo que indica un buen ajuste de los datos experimentales en el modelo o delineamiento experimental.

Tabla 38: Análisis de varianza (ANOVA) para la lisina del cómputo químico de los cupcakes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (2, 8; 0.05)
Regresión	66.76	2	33.38		
Residuos	0.06	8	0.01	4668.24	4.46
Total	66.81	10			

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la Tabla 38, se observa que el modelo que describe la respuesta de Lisina en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, teniendo en cuenta que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que porcentaje de r^2 (99.91%.) fue mayor a 75%. Por lo tanto, se procede a construir de manera segura el gráfico de superficie de respuesta y gráfico de contornos.

El modelo con las variables codificadas que representan el aminoácido Lisina, dependiendo del % Harina de camote y % Harina de arveja en el rango estudiado se muestra en la siguiente ecuación:

$$Z = 73.36 + 0.39X_1 + 2.86X_2$$

Donde:

- Z:** Lisina
- X₁:** % H. Camote
- X₂:** % H. Arveja

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA), se procede a realizar el gráfico de superficie de respuestas y gráfico de contorno en función del % de Harina de Arveja, % de Harina de Camote y como variable respuesta Lisina.

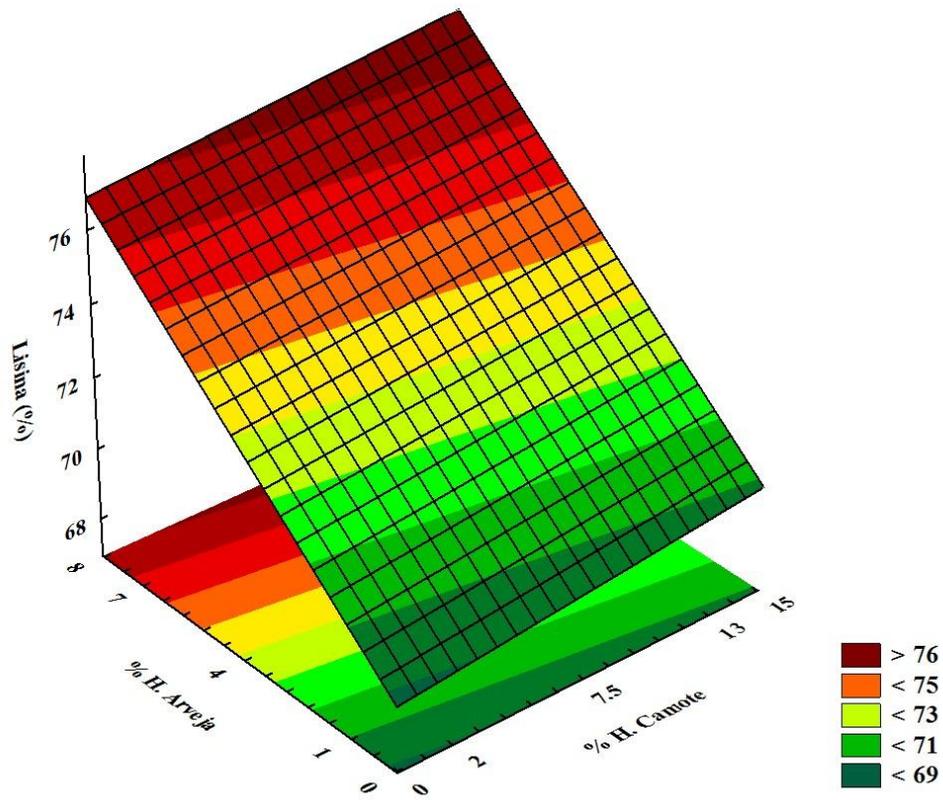


Ilustración 37: Superficie de respuesta para el aminoácido Lisina de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%).

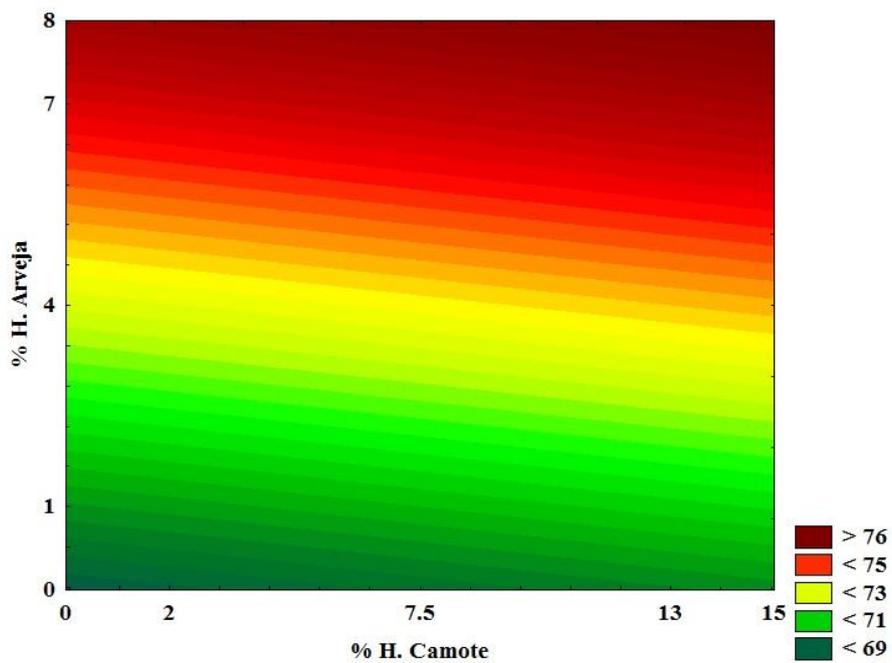


Ilustración 38: Gráfico de contorno para aminoácido Lisina de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%).

Según la Ilustración 37 y 38 se puede observar que la región delimitada por los valores del % harina de camote (entre 0 a 15%) y % de harina de arveja (entre 7 a 8%), contribuye a la obtención de mayores valores para Lisina (%) de los cupcakes. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que esta región delimitada incluye valores altos de sustitución de harina de arveja, la cual influye negativamente en el sabor y textura sensorial cuando esta excede el 5% de sustitución (Alasino *et al.*, 2008), comportamiento que también se ve reflejado en el presente trabajo. Sustituciones de harina de arveja superior al 5% afectan negativamente al volumen específico, obteniéndose cupcakes bajos en volumen y altura.

Teniendo en cuenta estos factores se cree conveniente recomendar la región delimitada por los valores del % harina de camote (entre 0 a 15%) y % de harina de arveja (entre 4 a 5%), que si bien no son los valores más altos de Lisina cumplen con lo recomendado por la WHO/FAO/UNU (2007), superando al límite mínimo de 70%, obteniendo así un producto que presenta equilibrio entre el valor nutricional y aceptación sensorial. Las formulaciones que se encuentra dentro de esta región son: F₅, F₆, F₉, F₁₀ y F₁₁.

4.4.2. Características tecnológicas del cupcake

4.4.2.1. Textura instrumental

La Tabla 39 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio que corresponde al análisis del perfil de textura de los cupcakes.

Tabla 39: Textura instrumental de los cupcakes

Formulación	Valores Codificados		Textura (mJ)
	H. Camote	H. Arveja	
1	-1 (2)	-1 (1)	62.33
2	1 (13)	-1 (1)	82.87
3	-1 (2)	1 (7)	88.14
4	1 (13)	1 (7)	89.83
5	$-\alpha$ (0)	0 (4)	85.07
6	$+\alpha$ (15)	0 (4)	86.55
7	0 (7.5)	$-\alpha$ (0)	76.85
8	0 (7.5)	$+\alpha$ (8)	88.86
9	0 (7.5)	0 (4)	78.94
10	0 (7.5)	0 (4)	78.56
11	0 (7.5)	0 (4)	78.03
Control	-	-	56.31

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente tabla podemos observar que los cupcakes presentaron una textura entre 56.31 y 89.83 mJ, que corresponden al valor mínimo (control) y máximo (F₄) respectivamente. Asimismo, las formulaciones de cupcakes con condición de punto central presentan valores similares lo que indica la buena repetitividad del proceso. En la Tabla 40, se muestran los coeficientes de regresión para la textura instrumental de los cupcakes:

Tabla 40: Coeficientes de regresión para la textura instrumental de los cupcakes

Factor	Coefficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	78.51	2.67	29.35	0.0000
X₁ (L)	3.04	1.64	1.86	0.1226
X₁ (Q)	2.76	1.95	1.42	0.2153
X₂ (L)	6.22	1.64	3.79	0.0126
X₂ (Q)	1.29	1.95	0.66	0.5382
X₁.X₂	-4.71	2.32	-2.03	0.0975

X₁: % H. Camote, X₂: % H. Arveja, L: Término lineal, Q: Término cuadrático,

*Porcentaje de significancia 5% (p<0.05).

En la Tabla 40 fueron considerados significativos los parámetros con p-valor menor que 5% (p<0.05). Por lo tanto no era significativo el término lineal y cuadrático del % de Harina de Camote, el término cuadrático del % de Harina de Arveja y la interacción entre % de Harina de Camote y % de Harina de Arveja.

Para el delineamiento experimental completo de la variable Textura (mJ), el valor de coeficiente de determinación (r^2) fue de 82.81 %, por lo que se puede concluir que el modelo se ajusta bien a los datos experimentales.

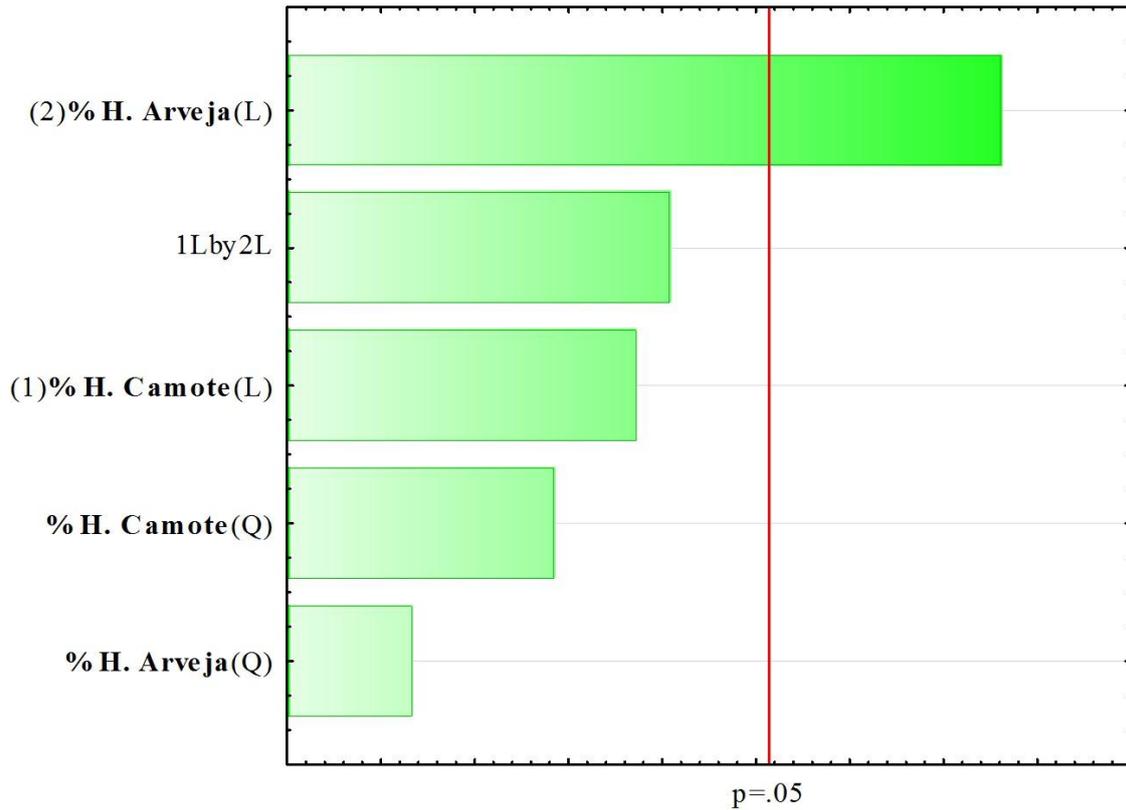


Ilustración 39: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la textura (mJ)

Como se puede observar en el diagrama de Pareto el término significativo en el estudio de la variable Textura (mJ) es el término lineal (L) del % de Harina de Arveja.

Tabla 41: Análisis de varianza (ANOVA) para la textura (mJ) de los cupcakes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado _(1,9;0.05)
Regresión	309.44	1	309.44		
Residuos	314.66	9	34.96	8.85	5.12
Total	624.10	10	62.41		

En la Tabla 41 teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al F tabulado y que el porcentaje de r^2 es mayor a 75%, se procede a construir de manera segura el gráfico de superficie de respuesta y gráfico de contornos. El modelo con las variables codificadas que representa la Textura (mJ), dependiendo del % Harina de camote y % Harina de arveja en el rango estudiado se muestra a continuación:

$$Z = 78.51 + 3.04X_1 + 2.76X_1^2 + 6.22X_2 + 1.28X_2^2 - 4.71X_1X_2$$

Donde:

- Z :** Textura (mJ)
- X₁ :** % H. Camote
- X₂ :** % H. Arveja
- X₁X₂ :** Interacción de % H. de Camote y % H. de Arveja.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA), se procede a realizar el gráfico de superficie de respuestas y el gráfico de contorno en función de la harina arveja, harina de camote y como variable respuesta la textura (mJ).

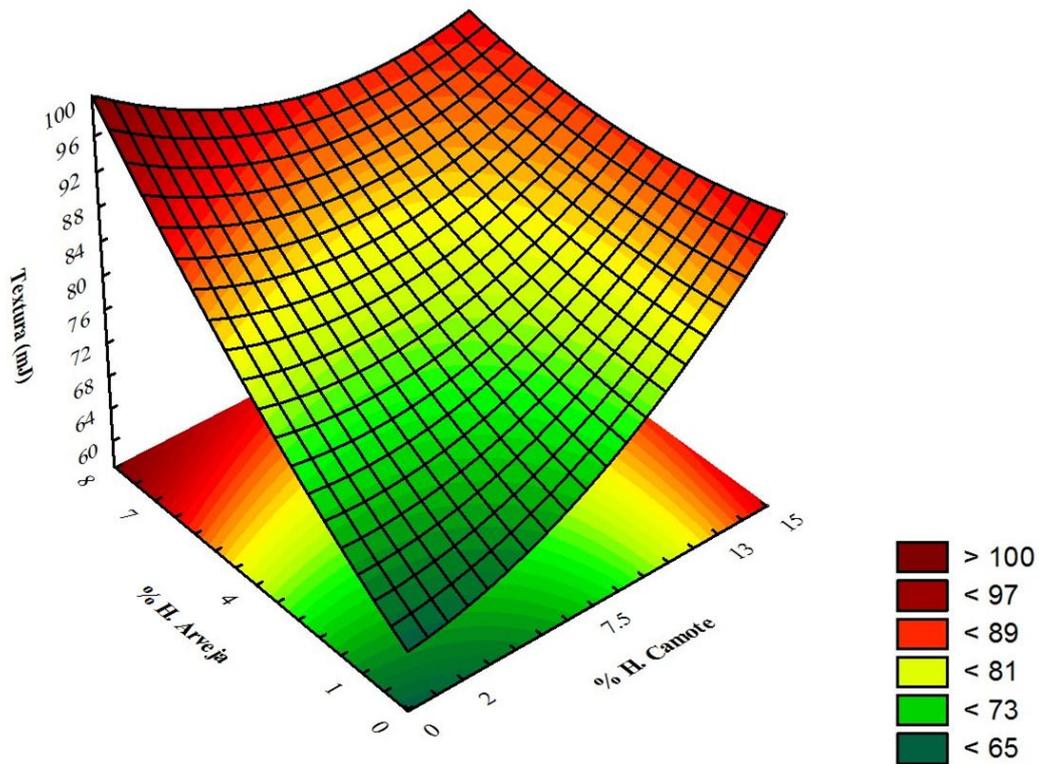


Ilustración 40: Superficies de respuesta para la textura (mJ) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

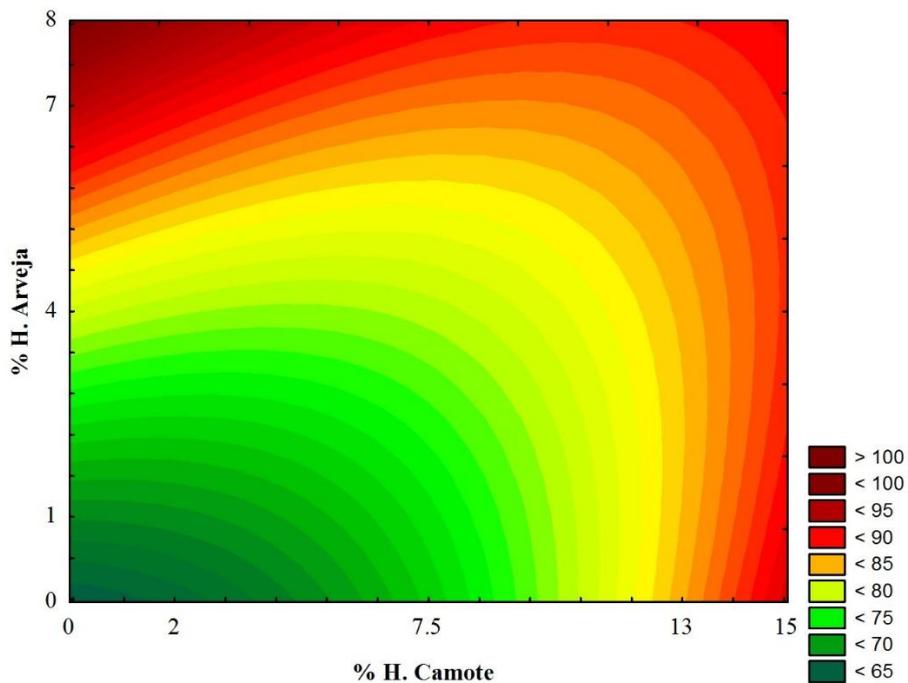


Ilustración 41: Gráfico de contorno para la textura (mJ) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

El análisis de superficie de respuesta es muy importante ya que por intermedio de ella se puede observar las condiciones que afectan la calidad de un buen cupcake y las medidas que se deben de tomar para establecer límites que permitan obtener el producto con una textura semejante o parecida al cupcake convencional.

Como se puede apreciar en las Ilustraciones 40 y 41, cuando se mezclan % de harina de arveja y % de harina de camote entre intervalos de 7 a 8 % y 0 a 2% respectivamente, proporcionan al cupcake una textura firme o rígida que vuelve un producto duro inaceptable para el consumo. A medida que el % de harina de camote aumenta y el % de harina de arveja disminuye el cupcake va tomado una textura semejante a la del control la cual es aceptable por los consumidores.

El rango adecuado de las harinas para que la textura del cupcake se asemeje más al control es de (4 a 6 %) para el % de harina de arveja y de (7 a 15 %) para el % de harina de camote. Las formulaciones que se encuentran dentro de estos rangos y que tendrían una textura similar a la del cupcake control son F₅, F₆, F₉, F₁₀ y F₁₁. Para elegir una formulación se tendría que analizar cuál de ellas aporta un mayor valor nutricional. Cumpliendo de esta manera con una textura agradable y con un contenido proteico aceptable.

La dureza de los cupcakes se relaciona con la fuerza aplicada por un texturómetro para provocar la deformación o rotura de la muestra analizada (Esteller *et al.*, 2004). Para analizar la fuerza aplicada por un texturómetro en diversos productos de panadería, se tendría que tener en cuenta el tipo de formulación (calidad de la harina, el número de azúcares, grasas, emulsionantes, enzimas e incluso la adición de gluten y potenciadores de comida), la

humedad de masa y de mantenimiento (tiempo de fabricación del producto y envasado) (Esteller y Lannes, 2005).

En el presente estudio las formulaciones F₃, F₄ y F₈ presentaron una mayor firmeza con respecto a las demás formulaciones, esto se puede relacionar con el contenido de humedad, alto contenido de azúcares, grasa y proteínas presentes en el cupcake (Paucar-Menacho *et al.*, 2016). La influencia de la firmeza de los cupcakes se ve afectada por la harina de arveja debido a que dentro de su composición presenta un mayor contenido de proteínas 18.68 ±0.012 % con respecto a las demás harinas. Según Esteller *et al.* (2004) la firmeza y endurecimiento también se podría vincular a la retrogradación del almidón y según Lorenz y Dilsaver (1982) señala que las variaciones en la temperatura de almacenamiento pueden producir considerables diferencias en la dureza.

4.4.2.2. Volumen específico

La Tabla 42 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio que corresponde al análisis de volumen específico (cm^3/g) de los cupcakes.

Tabla 42: Volumen específico de los cupcakes

Formulación	Valores Codificados		Volumen específico (cm^3/g)
	H. Camote	H. Arveja	
1	-1 (2)	-1 (1)	2.60
2	1 (13)	-1 (1)	2.36
3	-1 (2)	1 (7)	2.20
4	1 (13)	1 (7)	2.17
5	$-\alpha$ (0)	0 (4)	2.32
6	$+\alpha$ (15)	0 (4)	2.25
7	0 (7.5)	$-\alpha$ (0)	2.40
8	0 (7.5)	$+\alpha$ (8)	1.93
9	0 (7.5)	0 (4)	2.29
10	0 (7.5)	0 (4)	2.28
11	0 (7.5)	0 (4)	2.27
Control	-	-	2.81

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente tabla podemos observar que los cupcakes presentaron un volumen específico entre 1.93 y 2.81 cm^3/g , que corresponden al valor mínimo (F_8) y máximo (control) respectivamente. Asimismo, las formulaciones de cupcakes con condición de punto central presentan valores similares lo que indica la buena repetitividad del proceso. En la Tabla 43, se muestran los coeficientes de regresión para el volumen específico (cm^3/g) de los cupcakes:

Tabla 43: Coeficientes de regresión para el volumen específico (cm³/g) de los cupcakes

Factor	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	2.28	0.04	53.09	0.0000
X₁ (L)	-0.05	0.03	-1.75	0.1398
X₁ (Q)	0.03	0.03	0.94	0.3911
X₂ (L)	-0.16	0.03	-5.96	0.0019
X₂ (Q)	-0.03	0.03	-0.98	0.3728
X₁.X₂	0.05	0.04	1.41	0.2172

X₁: % H. Camote, X₂: % H. Arveja, L: Término lineal, Q: Término cuadrático, *Porcentaje de significancia 5% (p<0.05).

En la Tabla 43 fueron considerados no significativos los parámetros con p-valor mayor que 5% (p>0.05). Por lo tanto es considerado significativo el término lineal del % de Harina de Arveja.

Para el delineamiento experimental completo de la variable dependiente Volumen específico (cm³/g), el valor del coeficiente de determinación (r²) fue de 89.63 %, por lo que se puede concluir que el modelo se ajusta bien a los datos experimentales.

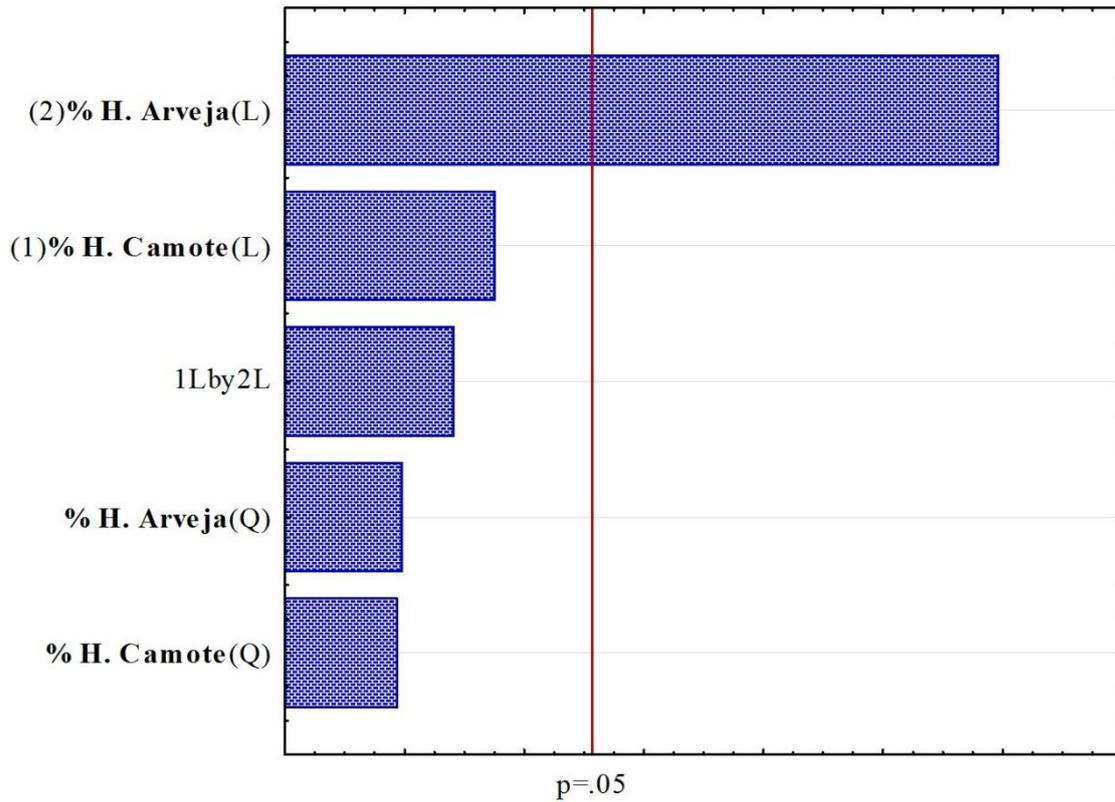


Ilustración 42: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el volumen específico (cm³/g)

Como se puede observar en el diagrama de Pareto el término significativo en el estudio de la variable Volumen específico (cm³/g) es el término lineal (L) del % de Harina de Arveja.

Tabla 44: Análisis de varianza (ANOVA) para el volumen específico (cm³/g) de los cupcakes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado _(1,9;0.05)
Regresión	0.20	1	0.20		
Residuos	0.07	9	0.01	25.33	5.12
Total	0.27	10	0.03		

En la Tabla 44 teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al F tabulado y que el porcentaje de r^2 es mayor a 75%, se procede a construir de manera segura el gráfico de superficie de respuesta y gráfico de contornos. El modelo con las variables codificadas que representa el volumen específico (cm^3/g), dependiendo del % Harina de camote y % Harina de arveja en el rango estudiado se muestra a continuación:

$$Z = 2.28 - 0.05X_1 + 0.03X_1^2 - 0.16X_2 - 0.03X_2^2 + 0.05X_1X_2$$

Donde:

- Z :** Volumen específico (cm^3/g)
- X_1 :** % H. Camote
- X_2 :** % H. Arveja
- X_1X_2 :** Interacción de % H. de Camote y % H. de Arveja.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA), se procede a realizar el gráfico de superficie de respuestas y el gráfico de contorno en función de la harina arveja, harina de camote y como variable respuesta el Volumen específico (cm^3/g).

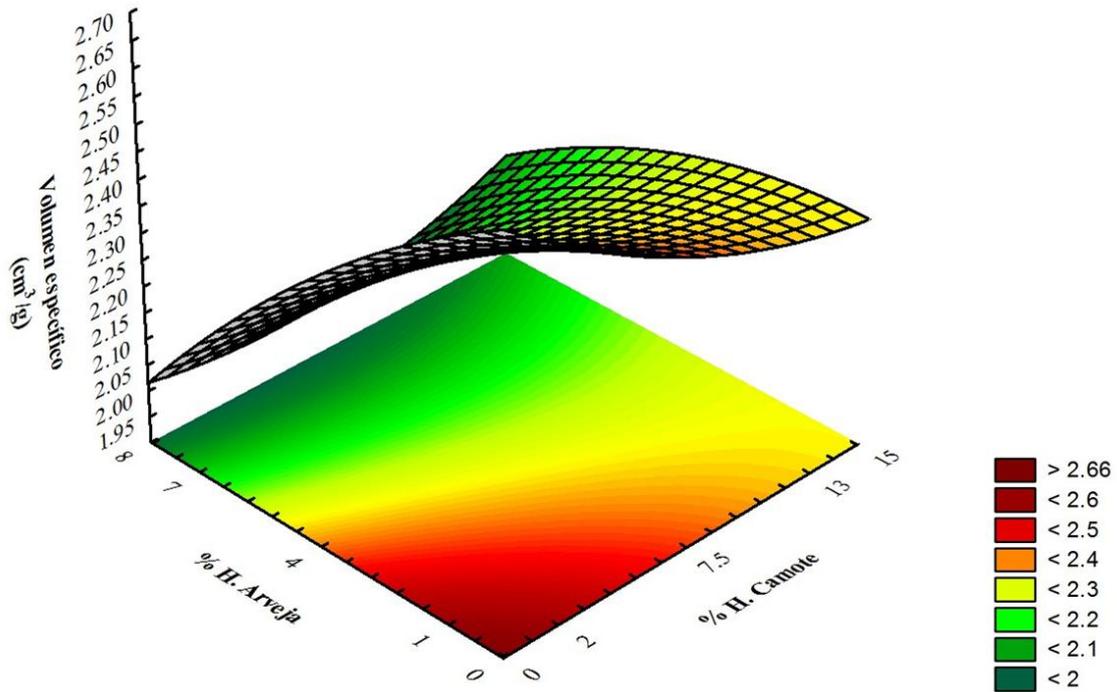


Ilustración 43: Superficies de respuesta para el Volumen específico (cm³/g) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

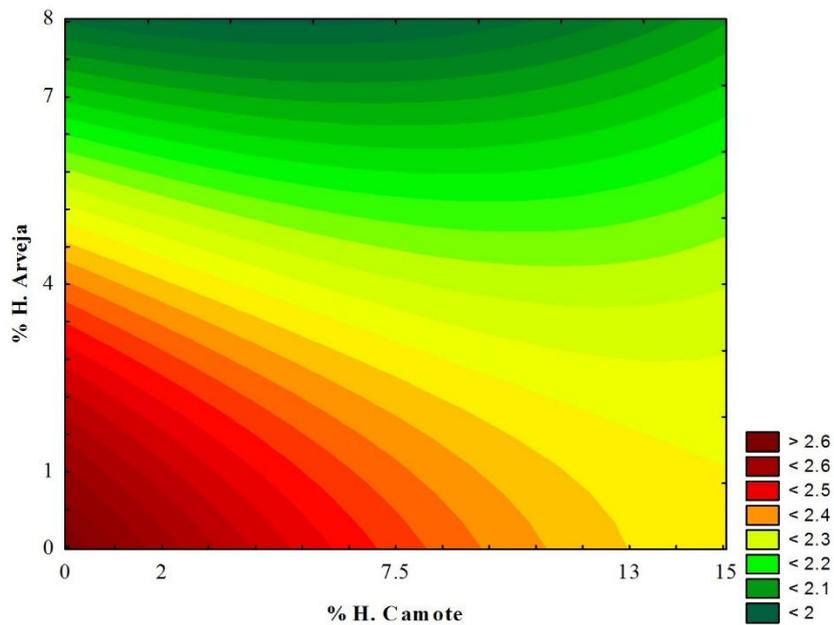


Ilustración 44: Gráfico de contorno para el Volumen específico (cm³/g) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

A través de la superficie de respuesta y gráfico de contorno se puede obtener los porcentajes máximos de harina de arveja y harina de camote que proporcionen un volumen específico que se aproxime al volumen específico del control. De este modo, es posible verificar en los presentes gráficos que para el % de harina de arveja el rango óptimo es de (0 a 1 %) y para el % de harina de camote es de (0 a 2 %). Si bien, con estos porcentajes de harinas se obtiene un volumen específico (cm^3/g) cercano al patrón, el valor proteico (Lisina) no es tan alto por lo cual se debe de elegir un rango adecuado en donde se mantenga un equilibrio entre el volumen específico con su contenido proteico, para de esta manera obtener un cupcake con un alto valor nutricional y que tenga una buena apariencia para el consumidor. Para que el cupcake tenga las características mencionadas se debe de elegir de 3 a 6 % de harina de arveja y de 7 a 15 % de harina de camote. Las formulaciones que se encuentran dentro de estos rangos y cumplen con las características deseadas son F₆, F₉, F₁₀ y F₁₁.

El volumen y la densidad específica muestran claramente la relación entre los sólidos y aire presente en el amasado (Esteller y 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 masa pesada, 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 (Esteller y Lannes, 2005).

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).

4.4.2.3. Colorimetría en corteza y miga

4.4.2.3.1. Colorimetría corteza

En la Tabla 45 se presenta los valores obtenidos de Luminosidad (L), Cromacidad (C) y Ángulo de tonalidad de la corteza de los cupcakes de acuerdo con el diseño experimental.

Tabla 45: Color de la corteza de los cupcakes

Formulación	Valores Codificados		Luminosidad (L)*	Cromacidad (C)	Ángulo de tonalidad (H)
	H. Camote	H. Arveja			
1	-1 (2)	-1 (1)	43.62 ^e	34.45	64.04
2	1 (13)	-1 (1)	43.63 ^e	37.50	63.01
3	-1 (2)	1 (7)	43.64 ^e	35.19	63.49
4	1 (13)	1 (7)	47.26 ^b	38.12	64.67
5	- α (0)	0 (4)	45.48 ^d	35.25	63.15
6	+ α (15)	0 (4)	46.15 ^{cd}	35.23	63.06
7	0 (7.5)	- α (0)	48.83 ^a	39.03	66.17
8	0 (7.5)	+ α (8)	46.91 ^{bc}	36.26	64.92
9	0 (7.5)	0 (4)	48.62 ^a	39.32	66.56
10	0 (7.5)	0 (4)	48.45 ^a	39.36	66.51
11	0 (7.5)	0 (4)	48.55 ^a	39.42	66.47
Control	-	-	45.37	34.16	61.99

* Los promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($p < 0,05$).

4.4.2.3.1.1. Luminosidad

Como se puede observar en la Tabla 45 los valores de Luminosidad de las formulaciones y del control se encuentran entre un rango de 43.62 y 48.83 correspondientes a las formulaciones F₁ y F₇. El valor de luminosidad del control es de 45.37, presentando una ligera coloración oscura en la corteza, teniendo en cuenta la escala de 0 (negro) y 100 (blanco). A continuación se presenta la tabla de Coeficientes de regresión para la variable respuesta de luminosidad de la corteza de los cupcakes:

Tabla 46: Coeficientes de regresión para la respuesta Luminosidad de la corteza

Factor	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	48.54	1.05	46.13	0.0000
X ₁ (L)	0.57	0.64	0.89	0.4152
X ₁ (Q)	-1.94	0.77	-2.53	0.0526
X ₂ (L)	0.12	0.64	0.18	0.8632
X ₂ (Q)	-0.91	0.77	-1.19	0.2881
X ₁ .X ₂	0.90	0.91	0.99	0.3674

X₁: % H. Camote, X₂: % H. Arveja, L: Término lineal, Q: Término cuadrático,

* Porcentaje de significancia 5% (p<0.05).

En la Tabla 46 se puede observar que ninguno de los factores es significativo en la variable respuesta debido a que el p-valor* de cada factor tiene un porcentaje de significancia mayor a 0.05 (p>0.05). Esto se debe a que el promedio de los datos obtenidos para cada formulación presentaron valores muy próximos entre sí, independientemente de la adición del % H. Camote y del % H. Arveja.

El modelo completo con las variables codificadas que representa la Luminosidad, dependiendo del % Harina de camote y % Harina de arveja en el rango estudiado se muestra a continuación:

$$Z = 48.54 + 0.57X_1 - 1.94X_1^2 + 0.12X_2 - 0.91X_2^2 + 0.90X_1X_2$$

Donde:

Z : Luminosidad

X₁ : % H. Camote

X₂ : % H. Arveja

X₁X₂ : Interacción de % H. de Camote y % H. de Arveja.

A continuación se presenta el gráfico de Pareto para la variable respuesta de luminosidad de la corteza de los cupcakes:

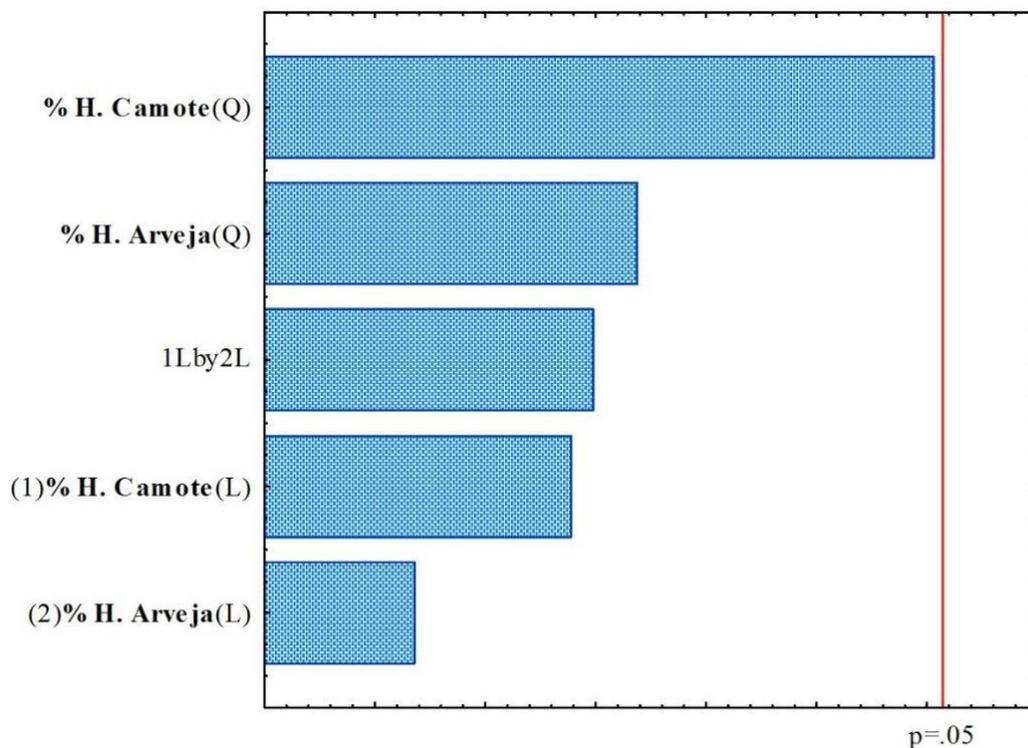


Ilustración 45: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la variable respuesta luminosidad de la corteza.

El modelo al presentar un $r^2 < 75\%$ quiere decir que estadísticamente todas las respuestas para la luminosidad son más o menos iguales es decir entre ellas no hay diferencia estadística significativa. La selección de cualquier nivel del % H. Camote y del % H. Arveja dentro de los rangos estudiados no conducirá a una diferencia en el producto final. Debido al bajo coeficiente de determinación ($r^2:62.72\%$), no fue posible establecer un modelo predictivo para la respuesta de luminosidad de la corteza en función de las variables en estudio. Sin embargo, se realizó las pruebas de múltiple rangos (Tukey) para comparar los valores medios de luminosidad de la corteza de cada formulación de los cupcakes y así determinar que formulación es la mejor.

En la Tabla 45 (Luminosidad) se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Aquí se ha identificado 5 grupos homogéneos según la alineación por las letras a, b, c, d y e. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma letra.

Como se puede observar en la Tabla 45, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones F₇, F₉, F₁₀ y F₁₁ que representan al grupo “a”, resultando como mejor formulación la F₇ la cual tiene una mayor media con respecto a las 11 formulaciones. Las formulaciones que presentaron una media próxima o similar a la del control (45.37) son F₆ (46.15) y F₅ (45.47) las cuales pertenecen al grupo “d” en donde no existe una diferencia estadísticamente

significativa entre ellas. El grupo “e” conformadas por F₁, F₂ y F₃ obtuvieron las medias más bajas de las 11 formulaciones.

4.4.2.3.1.2. Cromacidad

Los valores de Cromacidad de la corteza según la Tabla 45 varían entre 34.16 y 39.42 correspondientes a los valores mínimos y máximos de las formulaciones y control. En la presente tabla también se puede observar que las formulaciones con condición de punto central no varían mucho una con respecto a la otra, lo que indica una buena repetitividad del proceso.

A continuación se presenta la tabla de Coeficientes de regresión para la variable respuesta de Cromacidad de la corteza de los cupcakes:

Tabla 47: Coeficientes de regresión para la respuesta Cromacidad de la corteza de los cupcakes.

Factor	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	39.37	0.73	53.80	0.0000
X ₁ (L)	0.74	0.45	1.66	0.1577
X ₁ (Q)	-2.10	0.53	-3.93	0.0111
X ₂ (L)	-0.32	0.45	-0.71	0.5075
X ₂ (Q)	-0.89	0.53	-1.67	0.1550
X ₁ .X ₂	-0.03	0.63	-0.05	0.9641

X₁: % H. Camote, X₂: % H. Arveja, L: Término lineal, Q: Término cuadrático,

* Porcentaje de significancia 5% (p<0.05).

En la Tabla 47 se puede observar que el término cuadrático del % de harina de camote es significativo (0.0111<0.05) en la variable respuesta (Cromacidad)

debido a que el p-valor* es menor a 0.05 ($p > 0.05$). Para el delineamiento experimental completo de la variable respuesta, el valor del coeficiente de determinación (r^2) fue de 79.16 %, por lo que se puede concluir que el modelo se ajusta bien a los datos experimentales. A continuación se presenta el gráfico de Pareto para la variable respuesta de cromacidad de la corteza de los cupcakes:

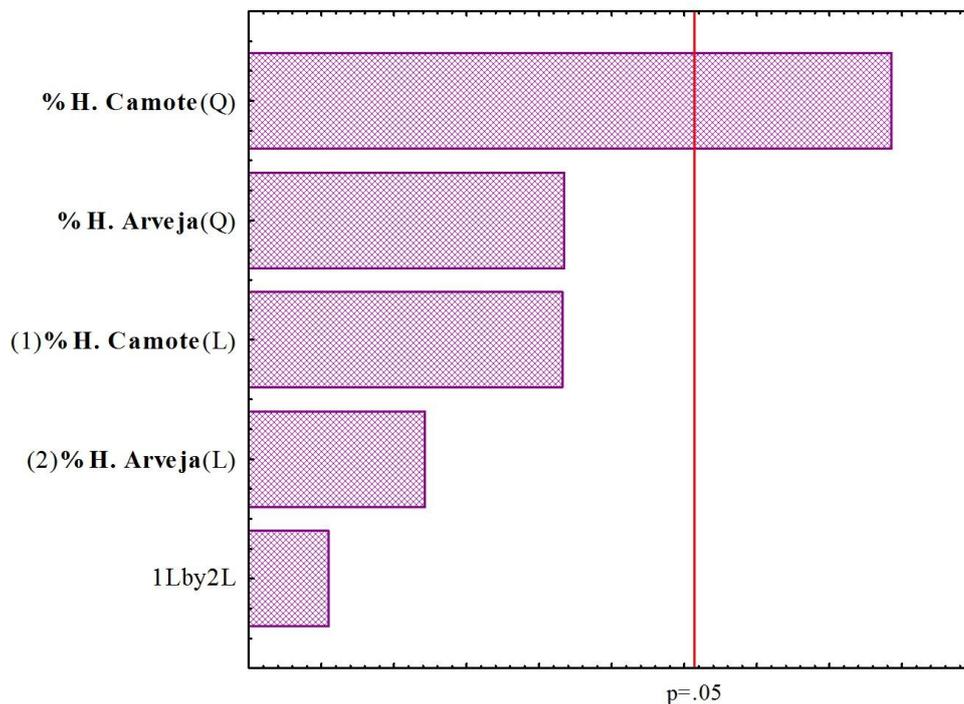


Ilustración 46: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la variable respuesta Cromacidad de la corteza de los cupcakes.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la Tabla 48, se observa que el modelo que describe la respuesta de cromacidad en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 75%, además de que el $F_{\text{calculado}}$ es mayor que el F_{tabulado} . De esta manera es posible establecer un modelo matemático (superficie de

respuesta) de tendencia para la cromacidad de la corteza.

Tabla 48: Análisis de varianza (ANOVA) para la cromacidad de la corteza de los cupcakes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado _(1,9;0.05)
Regresión	20.76	1	20.76		
Residuos	17.78	9	1.98	10.51	5.12
Total	38.54	10	3.85		

Debido a los resultados satisfactorios del análisis de varianza, se puede obtener modelo codificado que describe el comportamiento del parámetro de cromacidad de la corteza.

La ecuación de regresión para variable respuesta de los cupcakes será:

$$Z = 39.37 + 0.74X_1 - 2.09X_1^2 - 0.32X_2 - 0.89X_2^2 - 0.03X_1X_2$$

Donde:

Z : Cromacidad

X₁ : % H. Camote

X₂ : % H. Arveja

X₁X₂ : Interacción de % H. de Camote y % H. de Arveja.

Así, fue posible construir las superficies y las curvas de respuesta contorno (Ilustración 47 e Ilustración 48).

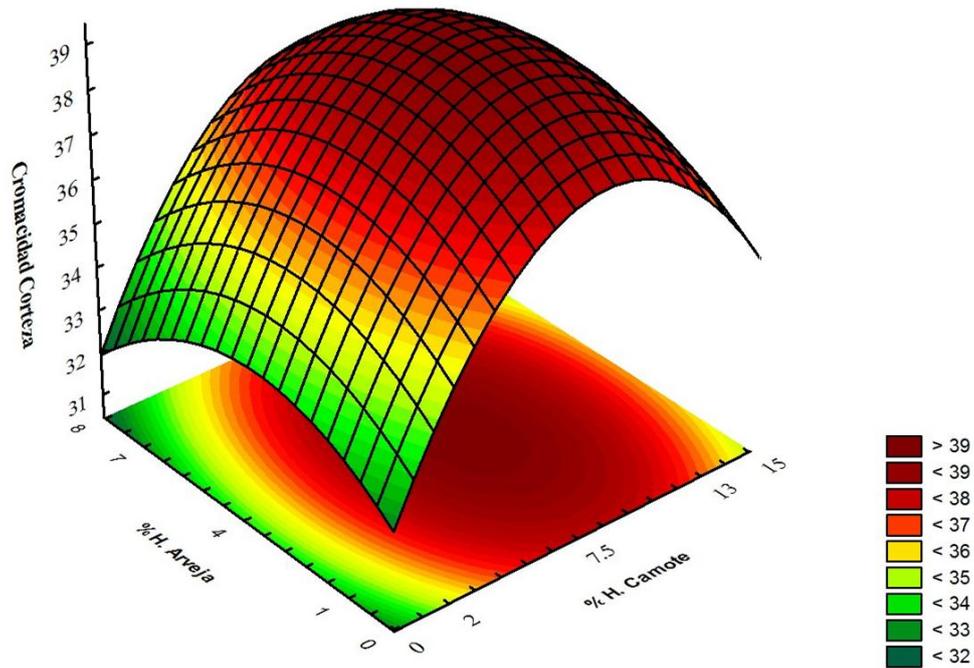


Ilustración 47: Superficies de respuesta para la cromacidad de la corteza de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

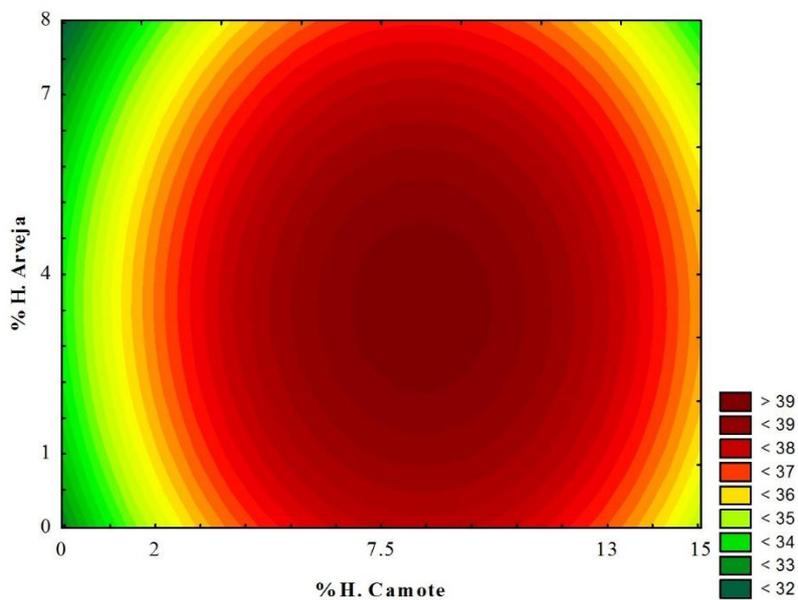


Ilustración 48: Gráfico de contorno para la cromacidad de la corteza de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

En los gráficos de superficie de respuesta y contorno se puede observar que dentro del rango estudiado, el valor de respuesta cromacidad del color de la corteza tuvo una mayor intensidad cuando se añadió de 6 a 9 % de H. Camote y de 3 a 6 % de H. Arveja.

4.4.2.3.1.3. Angulo de tonalidad

Como se puede observar en la Tabla 45 los valores de Ángulo de tonalidad de las formulaciones y del control se encuentran entre un rango de 61.99 y 66.56 correspondientes a la formulación de control y F₉. A continuación se presenta la tabla de Coeficientes de regresión para la variable respuesta de ángulo de tonalidad de la corteza de los cupcakes:

Tabla 49: Coeficientes de regresión para el ángulo de tonalidad de la corteza

Factor	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	66.51	0.33	203.98	0.0000
X ₁ (L)	0.00	0.20	0.01	0.9892
X ₁ (Q)	-1.83	0.24	-7.72	0.0006
X ₂ (L)	-0.08	0.20	-0.41	0.6976
X ₂ (Q)	-0.61	0.24	-2.59	0.0490
X ₁ .X ₂	0.55	0.28	1.96	0.1078

X₁: % H. Camote, X₂: % H. Arveja, L: Termino lineal, Q: Termino cuadrático,

* Porcentaje de significancia 5% (p<0.05).

En la Tabla 49 fueron considerados no significativos los parámetros con p-valor mayor que 5% (p>0.05), los cuales corresponden al termino lineal del % de harina de camote (0.9892>0.05), termino lineal del % de harina de arveja (0.6976>0.05) y la interacción del %

de harina de camote y del % de harina de arveja ($0.1078 > 0.05$).

Para el delineamiento experimental completo del ángulo de tonalidad de la corteza de los cupcakes, el valor del coeficiente de determinación (r^2) fue de 92.72 %, por lo que se puede concluir que el modelo se ajusta bien a los datos experimentales. Al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de 86.90 %. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el modelo o delineamiento experimental; es decir se puede considerar una óptima explicación de la variación total, por parte de la recta inherente a las 11 formulaciones.

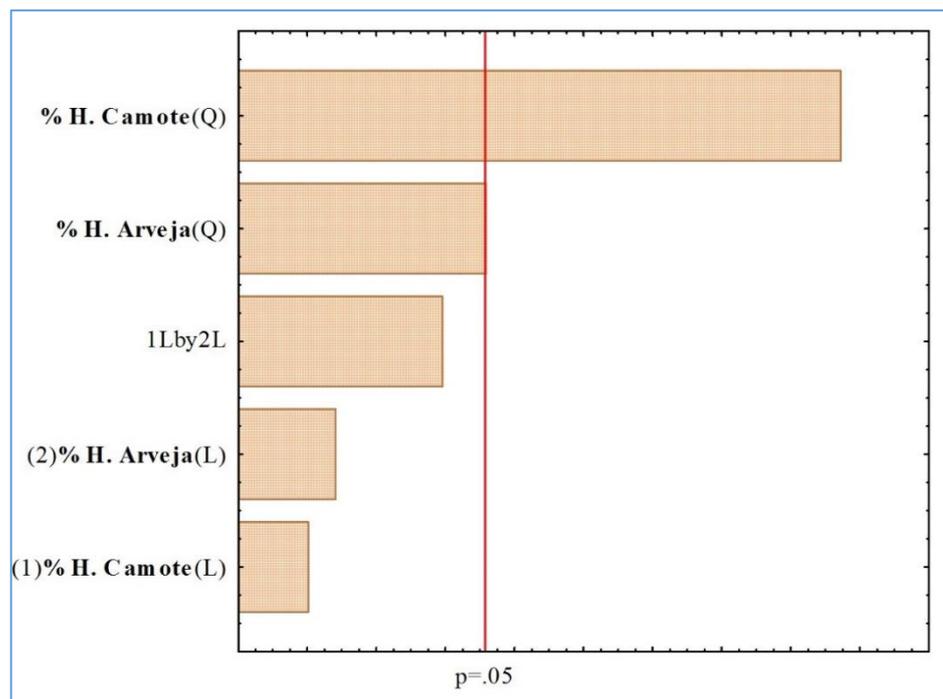


Ilustración 49: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el ángulo de tonalidad de la corteza de los cupcakes.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la Tabla 50, se observa que el modelo que describe el

ángulo de tonalidad de la corteza en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 75%.

Tabla 50 : Análisis de varianza (ANOVA) para el ángulo de tonalidad de la corteza de los cupcakes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado_(1,9;0.05)
Regresión	19.05	2	9.52		
Residuos	2.87	8	0.36	26.54	4.46
Total	21.92	10	2.19		

El modelo con las variables codificadas que representa el ángulo de tonalidad de la corteza, dependiendo del % Harina de camote y % Harina de arveja en el rango estudiado se muestra a continuación:

$$Z = 66.51 - 1.83X_1^2 - 0.61X_2^2$$

Donde:

Z : Ángulo de tonalidad

X₁ : % H. Camote

X₂ : % H. Arveja

X₁X₂ : Interacción de % H. de Camote y % H. de Arveja.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA), se procede a realizar el gráfico de superficie de respuestas y el gráfico de contorno en función de la harina arveja, harina de camote y como variable respuesta el ángulo de tonalidad de la corteza.

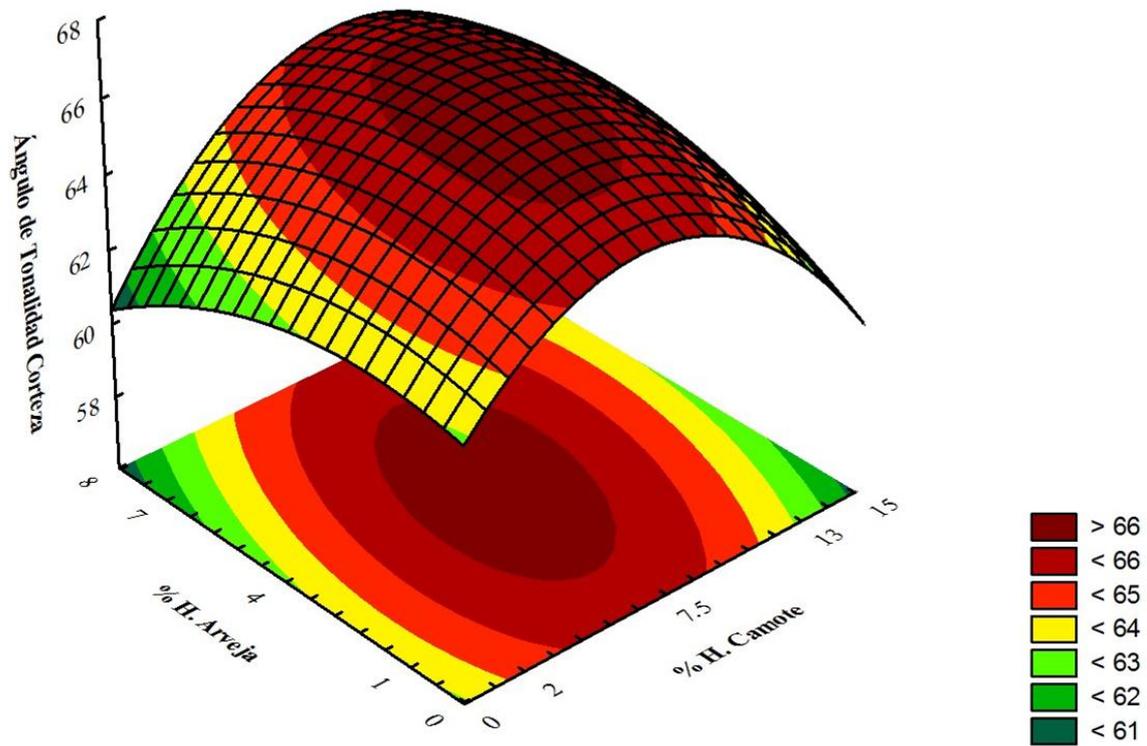


Ilustración 50: Superficies de respuesta para el ángulo de tonalidad de la corteza de los cupcakes en función de: Contenido de H. de arveja (%) y Contenido H. de camote (%).

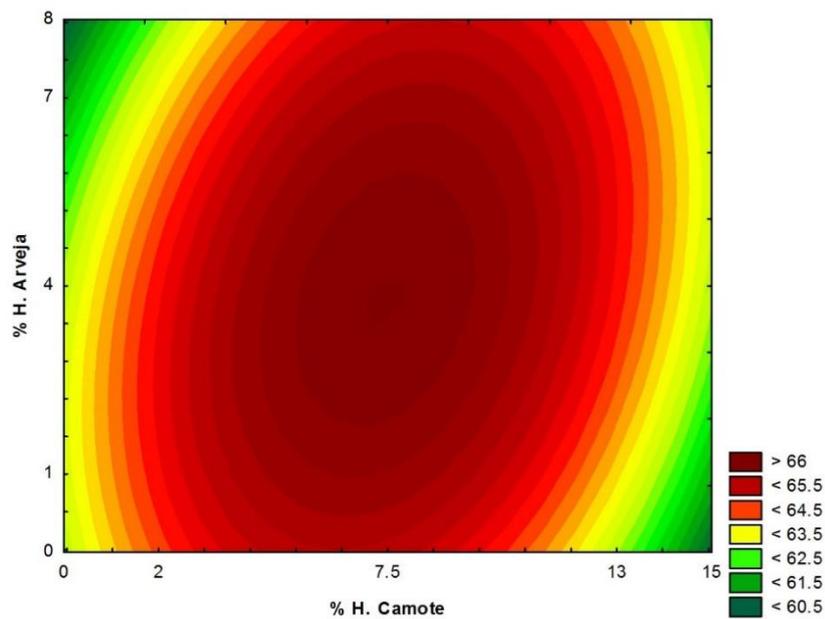


Ilustración 51: Gráfico de contorno para el ángulo de tonalidad de la corteza de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

En el gráfico de superficie de respuesta (Ilustración 50) y gráfico de contorno (Ilustración 51), se puede observar que dentro del rango estudiado, el valor de respuesta “H” del color de la corteza de cupcake fue mayor cuando se añadió de 6 a 8 % de H. Camote y de 2 a 6 % de H. Arveja. Cuando se añaden estos porcentajes de harinas los cupcakes tienden a tener un color amarillo en la corteza debido a que el ángulo de tonalidad aumenta.

4.4.2.3.2. Colorimetría miga

En la Tabla 51 se presentan los valores obtenidos de Luminosidad (L), Cromacidad (C) y Ángulo de tonalidad de la miga de los cupcakes de acuerdo con el diseño experimental.

Tabla 51: Color de la miga de los cupcakes

Formulación	H. Camote	H. Arveja	Luminosidad (L)	Cromacidad (C)*	Ángulo de tonalidad (H)
1	-1 (2)	-1 (1)	74.99	33.32 ^{cde}	85.44
2	1 (13)	-1 (1)	78.82	41.15 ^a	86.73
3	-1 (2)	1 (7)	57.84	30.26 ^g	89.19
4	1 (13)	1 (7)	74.50	34.09 ^{bcd}	86.97
5	- α (0)	0 (4)	72.02	32.59 ^{ef}	86.80
6	+ α (15)	0 (4)	65.69	31.06 ^g	88.15
7	0 (7.5)	- α (0)	62.16	31.43 ^{fg}	88.12
8	0 (7.5)	+ α (8)	71.93	33.03 ^{de}	86.52
9	0 (7.5)	0 (4)	69.26	34.81 ^b	87.35
10	0 (7.5)	0 (4)	69.18	34.39 ^{bc}	87.18
11	0 (7.5)	0 (4)	69.19	34.27 ^{bc}	87.19
Control	-	-	76.60	34.22	86.57

* Los promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($p < 0,05$).

4.4.2.3.2.1. Luminosidad

El parámetro de luminosidad de la miga de los cupcakes con sustitución parcial de harina de camote y harina de trigo varía de 57.84 a 78.82. El cupcake patrón presento un valor medio de 76.60 el cual se encuentra dentro del intervalo mencionado.

Los valores más altos de luminosidad (L) indican una mayor reflectancia de la luz (Esteller y Lannes, 2005). Se puede observar en la Tabla 51 que los valores de luminosidad de las pruebas se encuentran cerca del centro de la escala 0 (negro) a 100 (blanco), que muestra una clara tendencia a la coloración.

A continuación se muestran los coeficientes de regresión para la luminosidad de la miga de los cupcakes:

Tabla 52: Coeficientes de regresión para la luminosidad de la miga de los cupcakes

Factor	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	69.21	1.84	37.57	0.0000
X ₁ (L)	-3.80	1.13	-3.37	0.0199
X ₁ (Q)	0.72	1.34	0.54	0.6151
X ₂ (L)	4.29	1.13	3.80	0.0126
X ₂ (Q)	-0.19	1.34	-0.14	0.8954
X ₁ .X ₂	3.21	1.60	2.01	0.1006

X₁: % H. Camote, X₂: % H. Arveja, L: Termino lineal, Q: Termino cuadrático,

* Porcentaje de significancia 5% (p<0.05).

El término lineal del % H. Camote y el término lineal del % de H. Arveja mostraron un efecto significativo ($0 < 0.05$) en el rango estudiado. A continuación se presenta el diagrama de Pareto con las variables en estudio:

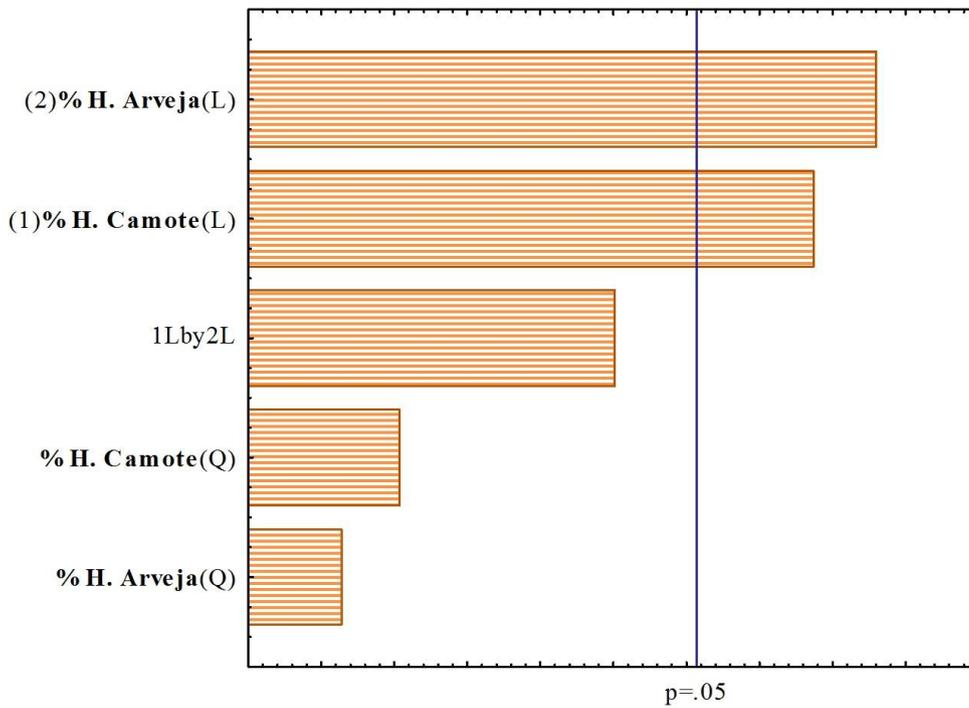


Ilustración 52: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la variable respuesta luminosidad de la miga.

En el diagrama de Pareto se puede observar que los términos no significativos ($p > 0.05$) son el término cuadrático del % H. Camote, el término cuadrático del % H. Arveja y la interacción del % H. Camote y del % H. Arveja. A continuación se presenta la tabla de ANOVA para la luminosidad de la miga:

Tabla 53: Análisis de varianza (ANOVA) para la luminosidad de la miga de los cupcakes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado_(1,9;0.05)
Regresión	262.81	2	131.40		
Residuos	95.95	8	11.99	10.96	4.46
Total	358.76	10	35.88		

A partir del análisis de varianza (ANOVA) realizado, se obtiene el modelo ajustado con variables codificadas, describiendo así el comportamiento del parámetro luminosidad de la miga con r^2 : 85.81 % el cual es mayor al 75% que indica que se puede realizar un modelo predictivo (superficie de respuesta).

El modelo con las variables codificadas que representa la luminosidad de la miga, dependiendo del % H. de camote y % H. de arveja en el rango estudiado se muestra a continuación:

$$Z = 69.21 - 3.80X_1 + 0.72X_1^2 + 4.29X_2 - 0.19X_2^2 + 3.21X_1X_2$$

Donde:

Z : Luminosidad (Miga)

X₁ : % H. Camote

X₂ : % H. Arveja

X₁X₂ : Interacción de % H. de Camote y % H. de Arveja.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA), se procede a realizar el gráfico de superficie de respuestas y el gráfico de contorno en función de la harina arveja, harina de camote y como variable respuesta la luminosidad de la miga.

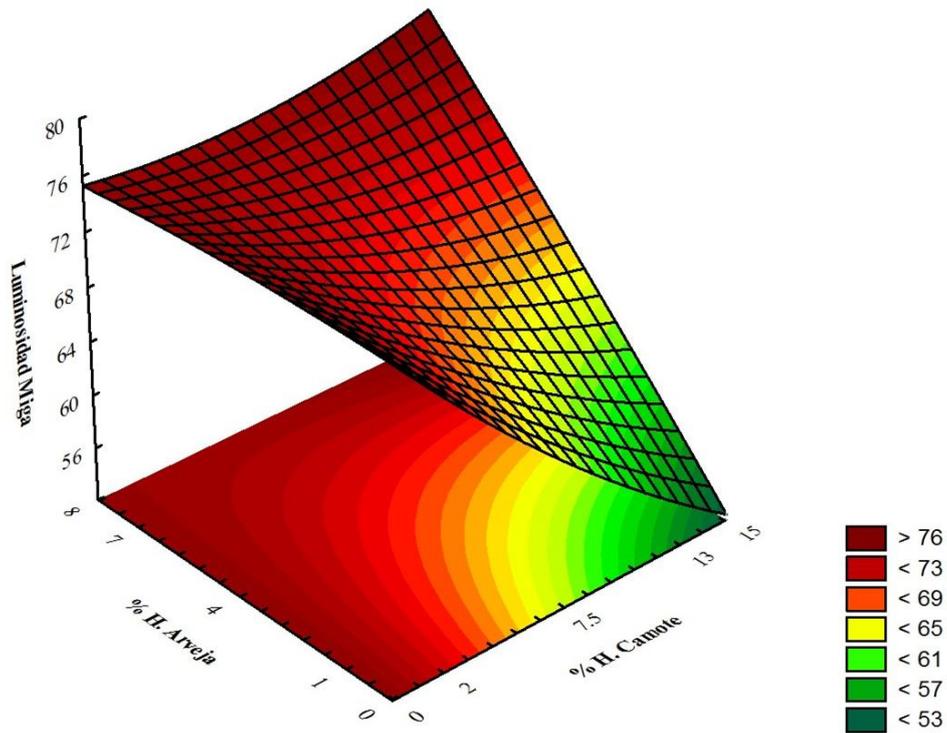


Ilustración 53: Superficies de respuesta para la luminosidad de la miga de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

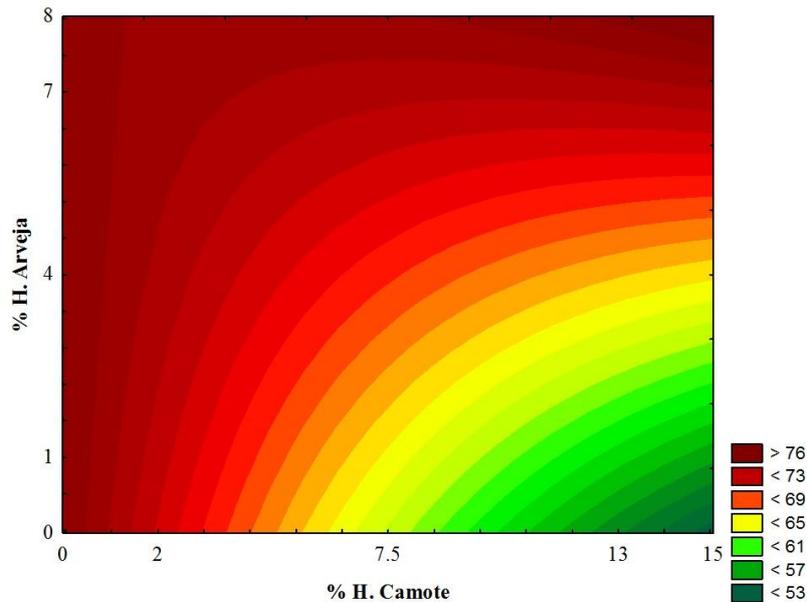


Ilustración 54: Gráfico de contorno para la luminosidad de la miga de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

En el gráfico de superficie de respuesta y contorno, se puede observar que dentro del rango estudiado, el valor de respuesta “L” del color de la miga del cupcake fue mayor cuando se añadió de 0 a 15 % de H. Camote y de 4 a 7 % de H. Arveja. Cuando se añade estos porcentajes se obtiene valores más altos de luminosidad los cuales indican una mayor reflectancia la luz.

4.4.2.3.2.2. Cromacidad

El cupcake presentó resultados para el parámetro cromacidad entre 30.26 y 41.15. El cupcake preparado con la formulación estándar tenía resultados promedio 34.22, dentro del intervalo encontrado para las otras pruebas. A continuación se presenta la tabla de Coeficientes de regresión para la variable respuesta de cromacidad de la miga de los cupcakes:

Tabla 54: Coeficientes de regresión para la respuesta cromacidad de la miga

Factor	Coefficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	34.49	1.49	23.10	0.0000
X ₁ (L)	-1.54	0.91	-1.68	0.1540
X ₁ (Q)	-0.66	1.09	-0.61	0.5690
X ₂ (L)	1.74	0.91	1.90	0.1154
X ₂ (Q)	-0.46	1.09	-0.42	0.6897
X ₁ .X ₂	-1.00	1.29	-0.77	0.4743

X₁: % H. Camote, X₂: % H. Arveja, L: Término lineal, Q: Término cuadrático,

* Porcentaje de significancia 5% (p<0.05).

En la Tabla 54 se puede observar que ninguno de los factores es significativo en la variable respuesta debido a que el p-valor* de cada factor tiene un porcentaje de significancia mayor a 0.05 (p>0.05). Esto se debe a que el promedio de los datos obtenidos para cada formulación presentaron valores muy próximos entre sí, independientemente de la adición del % H. Camote y del % H. Arveja. El modelo completo con las variables codificadas que representa la cromacidad, dependiendo del % Harina de camote y % Harina de arveja en el rango estudiado se muestra a continuación:

$$Z = 34.49 - 1.54X_1 - 0.66X_1^2 + 1.74X_2 - 0.46X_2^2 - 1.X_1X_2$$

Donde:

Z : Cromacidad (Miga)

X₁ : % H. Camote

X₂ : % H. Arveja

X₁X₂ : Interacción de % H. de Camote y % H. de Arveja.

A continuación se presenta el gráfico de Pareto para la variable respuesta de cromacidad de la miga de los cupcakes:

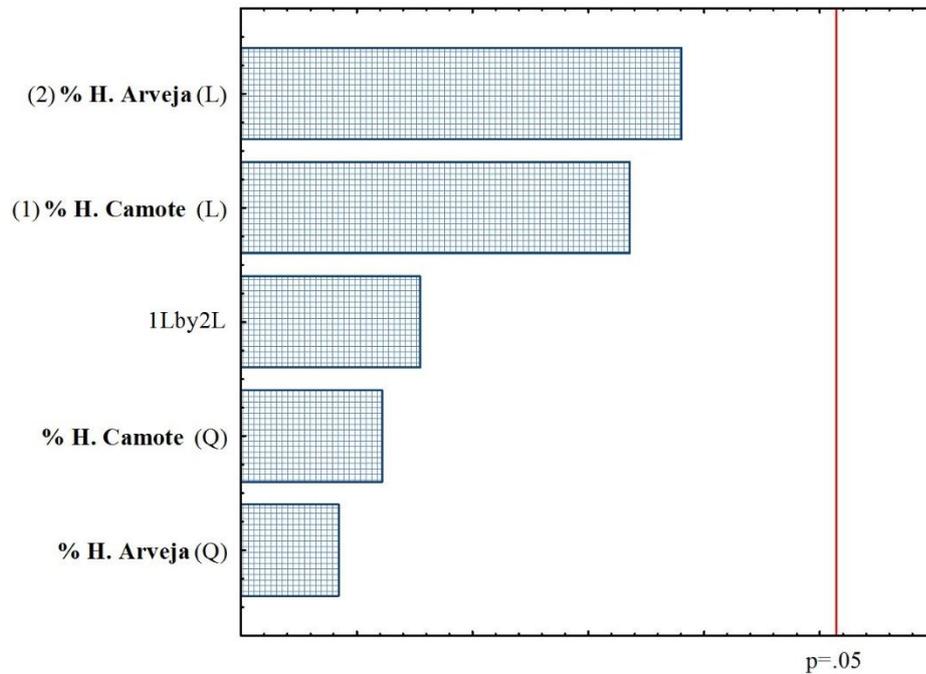


Ilustración 55: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la variable respuesta cromacidad de la miga.

Debido a que el coeficiente de determinación ($r^2:59.92\%$) es menor que el 75% no fue posible establecer un modelo predictivo para la respuesta de cromacidad de la miga en función de las variables en estudio. Sin embargo, se realizó las pruebas de múltiple rangos (Tukey) (Tabla 51) para comparar los valores medios de cromacidad de cada formulación y así determinar que formulación es la mejor.

En la Tabla 51 se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Aquí se ha identificado 7 grupos homogéneos según la alineación

por las letras a, b, c, d, e, f y g. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma letra.

Como se puede observar en la Tabla 51, F₂ (“a”) es la mejor formulación debido a que presenta la mayor media (41.15) con respecto a las demás. Además se puede observar que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones del grupo “b” conformado por F₉, F₁₀, F₁₁ y F₄. El grupo “g” conformadas por F₇, F₆ y F₃ obtuvieron las medias más bajas de las 11 formulaciones.

4.4.2.3.2.3. Angulo de tonalidad

Como se puede observar en la Tabla 51 los valores de Ángulo de tonalidad de las formulaciones y del control se encuentran entre un rango de 85.44 y 89.19 correspondientes a las formulaciones F₁ y F₃ los cuales muestran una tendencia hacia el color amarillo. La formulación estándar de cupcake tenía un valor medio de 86.57, dentro del intervalo encontrado para las otras pruebas.

La coloración amarilla se relaciona con la presencia de pigmentos amarillos (carotenoides) presentes en el germen del trigo y en las capas exteriores del grano (salvado) los cuales influyen en el color de la miga del cupcake (Al-Hooti *et al.*, 2002). A continuación se presenta la tabla de Coeficientes de regresión para la variable respuesta de los cupcakes:

Tabla 55: Coeficientes de regresión para el ángulo de tonalidad de la miga

Factor	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	87.24	0.26	341.33	0.0000
X ₁ (L)	0.74	0.16	4.71	0.0053
X ₁ (Q)	0.04	0.19	0.21	0.8434
X ₂ (L)	-0.40	0.16	-2.55	0.0513
X ₂ (Q)	-0.04	0.19	-0.21	0.8434
X ₁ .X ₂	-0.88	0.22	-3.96	0.0107

X₁: % H. Camote, X₂: % H. Arveja, L: Termino lineal, Q: Termino cuadrático,

* Porcentaje de significancia 5% ($p < 0.05$).

En la Tabla 55 fueron considerados significativos los parámetros con p-valor menor que 5% ($p < 0.05$), los cuales corresponden al término lineal del % de H. Camote ($0.0053 < 0.05$) y la interacción del % de H. Camote y del % de H. Arveja ($0.0107 < 0.05$), como se puede apreciar en el gráfico de Pareto que se muestra a continuación:

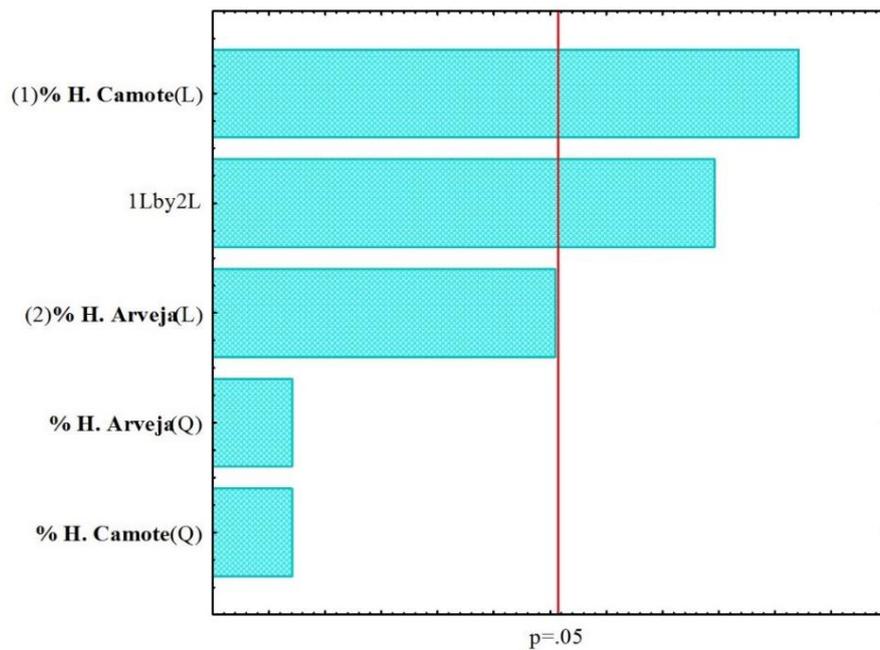


Ilustración 56: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el ángulo de tonalidad de la miga.

Para el delineamiento experimental completo del ángulo de tonalidad de la miga de los cupcakes, el valor del coeficiente de determinación (r^2) fue de 89.91 %, por lo que se puede concluir que el modelo se ajusta bien a los datos experimentales.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la Tabla 56, se observa que el modelo que describe el ángulo de tonalidad de la miga en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 75%, además de que el $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabulado}}$.

Tabla 56: Análisis de varianza (ANOVA) para el ángulo de tonalidad de la miga de los cupcakes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado_(1,9;0.05)
Regresión	7.43	2	3.72		
Residuos	2.28	8	0.28	13.05	4.46
Total	9.71	10	0.97		

El modelo con las variables codificadas que representa el ángulo de tonalidad de la miga, dependiendo del % Harina de camote y % Harina de arveja en el rango estudiado se muestra a continuación:

$$Z = 87.24 + 0.74X_1 + 0.39X_1^2 - 0.40X_2 - 0.04X_2^2 - 0.88X_1X_2$$

Donde:

- Z :** Ángulo de tonalidad (Miga)
- X₁ :** % H. Camote
- X₂ :** % H. Arveja
- X₁X₂ :** Interacción de % H. de Camote y % H. de Arveja.

En el gráfico de superficie de respuesta (Ilustración 57) y gráfico de contorno (Ilustración 58), se puede observar que dentro del rango estudiado, el valor de respuesta “H” del color de la miga de cupcake fue mayor cuando se añadió de 8 a 15 % de H. Camote y de 0 a 4 % de H. Arveja. Cuando se añade estos porcentajes de harinas los cupcakes tienden a tener un color amarillo en la miga.

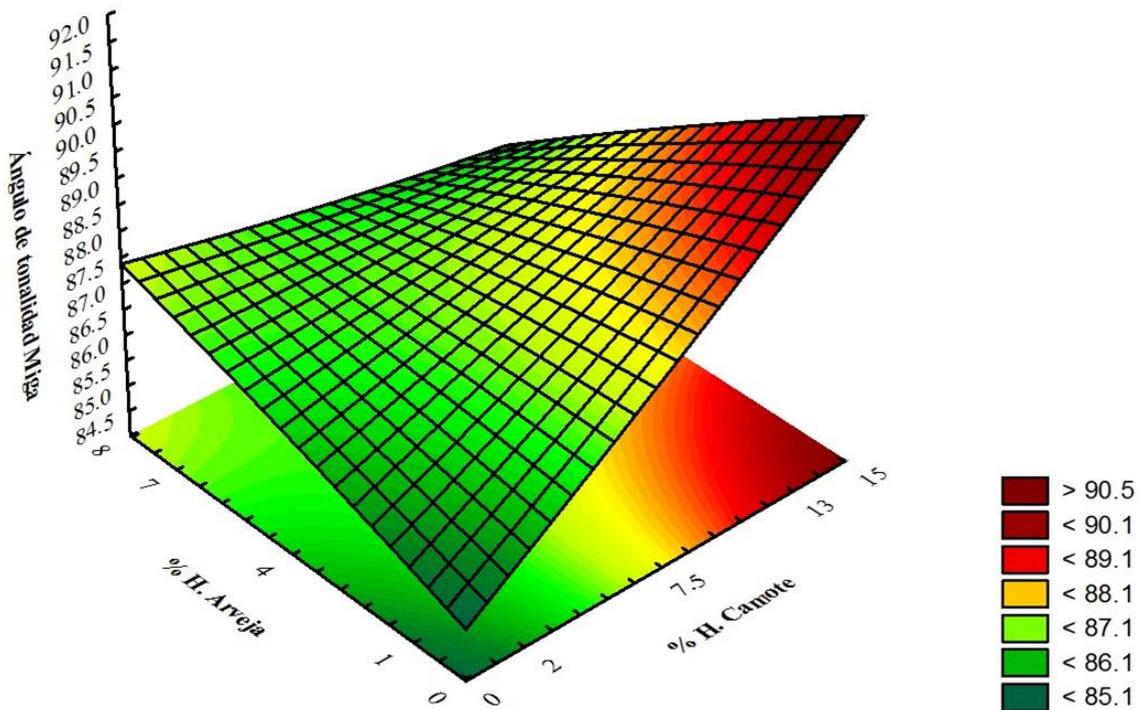


Ilustración 57: Superficies de respuesta para el ángulo de tonalidad de la miga de los cupcakes en función de: Contenido de H. de arveja (%) y Contenido H. de camote (%).

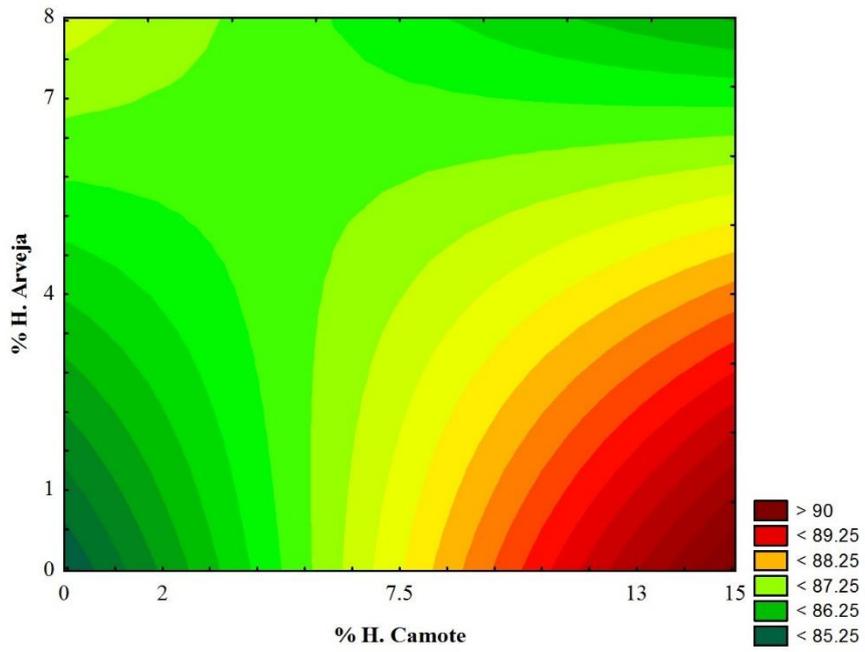


Ilustración 58: Gráfico de contorno para el ángulo de tonalidad de la miga de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

4.4.2.4. Actividad de agua (a_w)

La Tabla 57 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio que corresponde al análisis de actividad de agua (a_w) de los cupcakes.

Tabla 57: Actividad de agua (a_w) de los cupcakes

Formulación	Valores Codificados		Actividad de agua
	H. Camote	H. Arveja	
1	-1 (2)	-1 (1)	0.721
2	1 (13)	-1 (1)	0.701
3	-1 (2)	1 (7)	0.717
4	1 (13)	1 (7)	0.707
5	$-\alpha$ (0)	0 (4)	0.718
6	$+\alpha$ (15)	0 (4)	0.703
7	0 (7.5)	$-\alpha$ (0)	0.715
8	0 (7.5)	$+\alpha$ (8)	0.713
9	0 (7.5)	0 (4)	0.714
10	0 (7.5)	0 (4)	0.714
11	0 (7.5)	0 (4)	0.714
Control	-	-	0.701

En la Tabla 57, se puede observar que la actividad de agua va desde un rango de 0.7010 a 0.721 que corresponden al control y a la formulación F_1 , así mismo se puede observar que los puntos centrales presentan datos iguales (0.714) lo que indica una buena repetitividad del proceso. A continuación se muestran los coeficientes de regresión para la actividad de agua (a_w) de los cupcakes:

Tabla 58: Coeficientes de regresión para la actividad de agua (a_w) de los cupcakes

Factor	Coefficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	0.7140	0.0010	747.3760	0.0000
X₁ (L)	-0.0064	0.0006	-10.9425	0.0001
X₁ (Q)	-0.0019	0.0007	-2.7825	0.0388
X₂ (L)	-0.0001	0.0006	-0.1770	0.8664
X₂ (Q)	-0.0002	0.0007	-0.2693	0.7985
X₁.X₂	0.0025	0.0008	3.0217	0.0294

X₁: % H. Camote, X₂: % H. Arveja, L: Término lineal, Q: Término cuadrático, *Porcentaje de significancia 5% ($p < 0.05$).

En la Tabla 58 fueron considerados no significativos los parámetros con p-valor mayor que 5% ($p > 0.05$), los cuales corresponden al término lineal del % de harina de arveja ($0.866 > 0.05$) y al término cuadrático del % de harina de camote ($0.798 > 0.05$). Por lo tanto es considerado significativo el término lineal del % de Harina de camote ($0.0001 < 0.05$), el término cuadrático del % de Harina de camote ($0.038 < 0.05$) y la interacción del % de harina de camote y del % de harina de arveja ($0.029 < 0.05$).

Para el delineamiento experimental completo de la variable de actividad de agua, el valor del coeficiente de determinación (r^2) fue de 96.48 %, por lo que se puede concluir que el modelo se ajusta bien a los datos experimentales. Al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de 96.41 %. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el modelo o delineamiento experimental; es decir se puede considerar una óptima explicación de la variación total, por parte de la recta inherente a las 11 formulaciones.

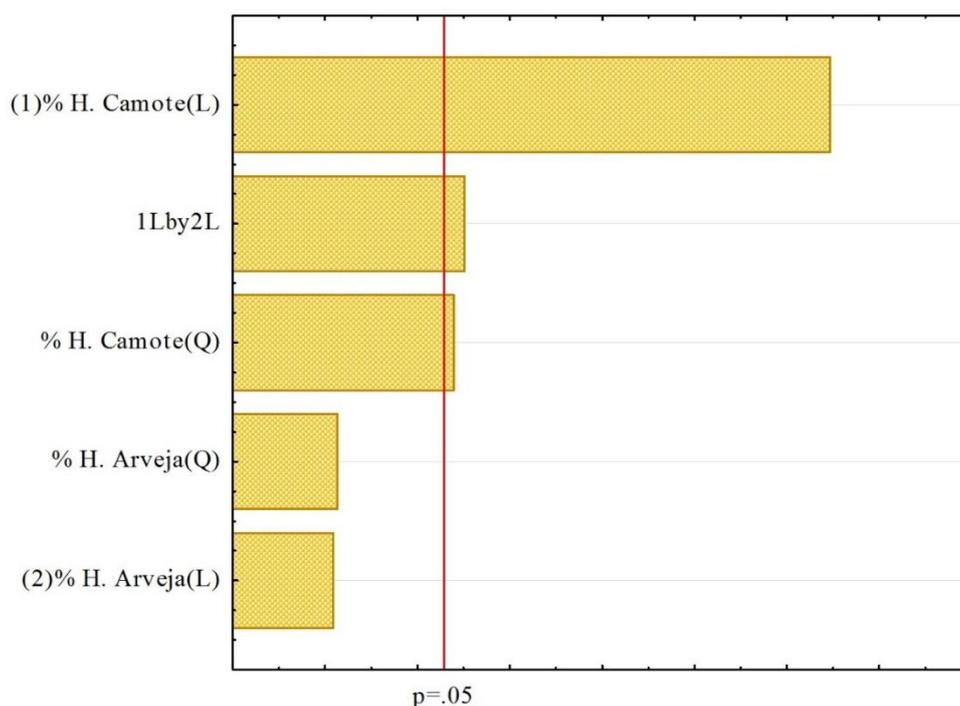


Ilustración 59: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la actividad de agua.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la Tabla 59, se observa que el modelo que describe la respuesta de actividad de agua en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 75%.

Tabla 59: Análisis de varianza (ANOVA) para la actividad de agua (a_w) de los cupcakes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado _(1,9;0.05)
Regresión	0.000375	3	0.000125		
Residuos	0.000014	7	0.000002	62.50	4.35
Total	0.000389	10	0.000039		

El modelo con las variables codificadas que representa la actividad de agua, dependiendo del % Harina de camote y % Harina de arveja en el rango estudiado se muestra a continuación:

$$Z = 0.7138 - 0.0064X_1 - 0.0018X_1^2 + 0.0025X_1X_2$$

Donde:

- Z :** Actividad de agua (a_w)
- X₁ :** % H. Camote
- X₂ :** % H. Arveja
- X₁X₂ :** Interacción de % H. de Camote y % H. de Arveja.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA), se procede a realizar el gráfico de superficie de respuestas y el gráfico de contorno en función de la harina arveja, harina de camote y como variable respuesta la actividad de agua.

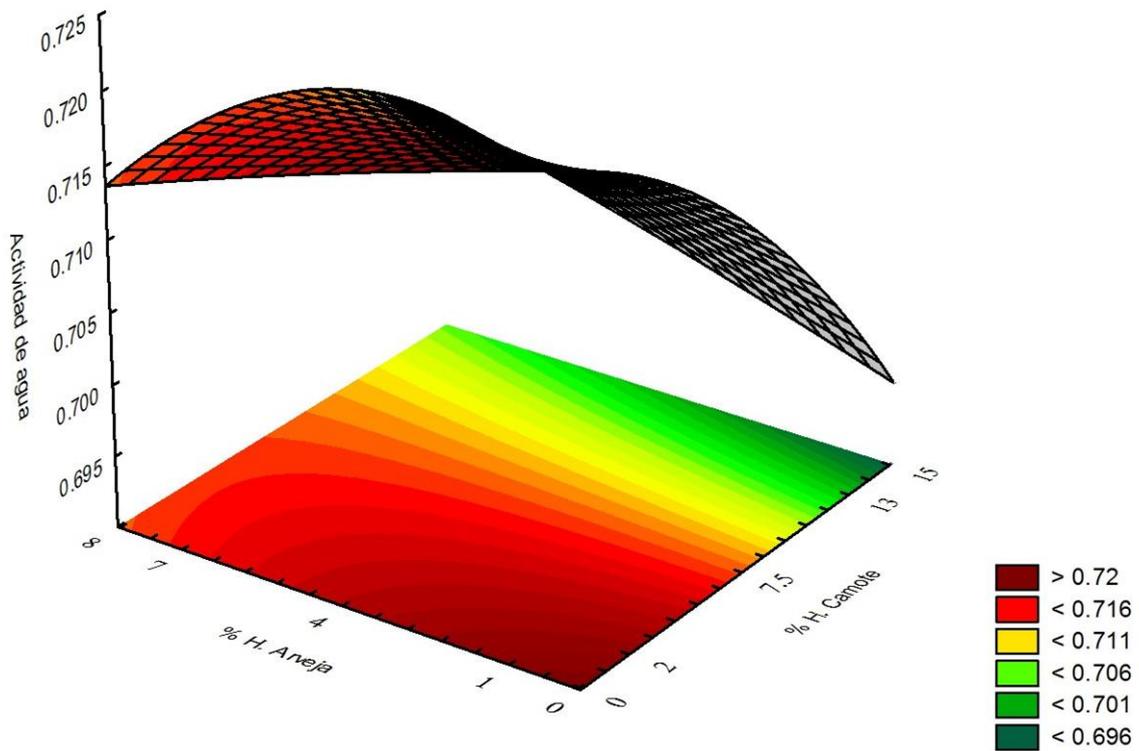


Ilustración 60: Superficies de respuesta para la actividad de agua (a_w) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

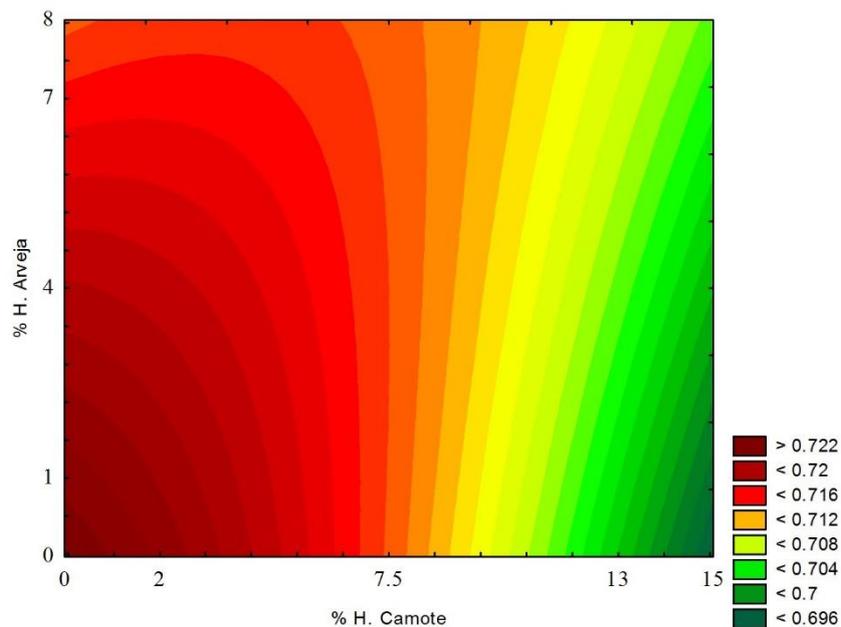


Ilustración 61: Gráfico de contorno para la actividad de agua (a_w) de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y Contenido harina de camote (%).

A través de la superficie de respuesta y gráfico de contorno se puede observar que los rangos en donde se obtiene una alta actividad de agua para los cupcakes pertenecen de 0 a 2 para el % de harina de arveja y de 0 a 2 para el % de harina de camote, encontrándose dentro de estos rangos las formulaciones F₁ y F₅. Si bien con estos rangos se obtiene un cupcake con alto contenido de humedad y por ende el producto tiende a deteriorarse más rápido, es necesario delimitar nuevos rangos para obtener un producto mucho más duradero y que su actividad de agua se acerque más a la del cupcake patrón.

Las formulaciones que presentan una actividad de agua aproximada al cupcake patrón (0.701) son F₆ (0.703) y F₂ (0.701), las cuales pertenecen a un rango de 3 a 5 para el % de harina de arveja y de 13 a 15 para el % de harina de camote. Valores de actividad de agua para el cupcake se ha encontrado en la investigación realizada por Paucar-Menacho *et al.* (2016), presentando un rango entre 0.667 a 0.690, cuyos valores son bastante cercanos a los reportados en esta investigación.

La gran mayoría de microorganismos requieren una alta actividad de agua para poder desarrollarse, como los hongos filamentosos que se desarrollan a una $a_w > 0.80$, Bacterias $a_w > 0.90$ y levaduras $a_w > 0.85$ (Salgado-Nava y Jiménez-Munguía, 2012). Los cupcakes presentan un promedio de 0.711 de actividad de agua lo que indica que con un adecuado almacenamiento el producto se mantendrá en buenas condiciones alargando su vida útil y evitando el rápido deterioro microbiano.

4.4.3. Evaluación Sensorial

4.4.3.1. Color

La Tabla 60 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio que corresponde al análisis de color sensorial de los cupcakes.

Tabla 60: Color sensorial de los cupcakes

Formulación	Valores Codificados		Color Sensorial
	H. Camote	H. Arveja	
1	-1 (2)	-1 (1)	7.68
2	1 (13)	-1 (1)	7.99
3	-1 (2)	1 (7)	7.47
4	1 (13)	1 (7)	7.65
5	- α (0)	0 (4)	7.37
6	+ α (15)	0 (4)	8.08
7	0 (7.5)	- α (0)	8.02
8	0 (7.5)	+ α (8)	7.53
9	0 (7.5)	0 (4)	7.98
10	0 (7.5)	0 (4)	7.95
11	0 (7.5)	0 (4)	7.98
Control	-	-	8.03

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente tabla, podemos observar que los cupcakes presentaron un color sensorial entre 7.37 y 8.08 para una escala hedónica que va de 1-9, que corresponden al valor mínimo (F_5) y máximo (F_6) respectivamente. Asimismo, las formulaciones de cupcakes con condición de punto central (F_9 , F_{10} y F_{11}) presentan valores similares lo que indica la buena repetitividad del proceso.

En la Tabla 61, se muestran los coeficientes de regresión de los términos lineales (L) y cuadráticos (Q), la interacción de las variables independientes (X_1 y X_2), además muestra el error estándar, el valor t-student y p-valor.

Tabla 61: Coeficientes de regresión para el color sensorial de los cupcakes

Factor	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	7.97	0.05	151.15	0.0000
X₁ (L)	0.19	0.03	5.78	0.0022
X₁ (Q)	-0.14	0.04	-3.53	0.0168
X₂ (L)	-0.16	0.03	-4.81	0.0048
X₂ (Q)	-0.11	0.04	-2.88	0.0346
X₁.X₂	-0.03	0.05	-0.71	0.5085

X₁= % H. Camote, X₂= % H. Arveja, X₁.X₂= Interacción de % H. Camote y % H. Arveja, L=término lineal, Q=término cuadrático

* Porcentaje de significancia 5% ($p < 0.05$).

Para el delineamiento experimental completo de la variable Color Sensorial, el valor del coeficiente de determinación (r^2) fue de 93, 61% por lo que se puede concluir que el modelo se ajusta bien a los datos experimentales.

Los parámetros con p-valor menor que 5% ($p < 0.05$) fueron considerados significativos, tal como se observa en la Tabla 61. Por lo tanto, los términos significativos en el estudio de la variable Color Sensorial fueron los términos lineales (L) y cuadráticos (Q) del % de Harina De Camote y % de Harina De Arveja.

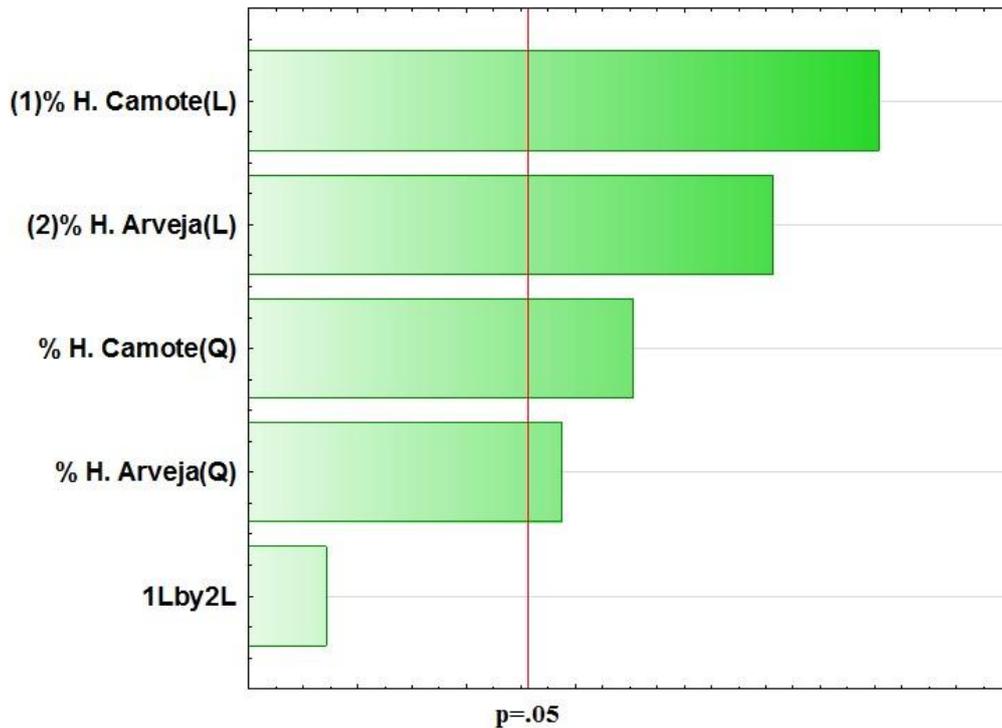


Ilustración 62: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el color sensorial.

Como se puede observar en el diagrama de Pareto (Ilustración 62) el término que no fue considerado significativo en el estudio de la variable Color Sensorial fue la interacción del % de Harina de Camote y % Harina de Arveja.

Al excluir este término no significativos ($p > 0.05$); el nuevo valor del coeficiente de determinación (r^2) para el modelo ajustado es de 92.96%. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el modelo o delineamiento experimental

Tabla 62: Análisis de varianza (ANOVA) para el color sensorial de los cupcakes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (4, 6; 0.05)
Regresión	0.61	4	0.15		
Residuos	0.05	6	0.01	19.82	4.53
Total	0.65	10			

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la Tabla 62, se observa que el modelo que describe la respuesta de Color Sensorial en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, teniendo en cuenta que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que porcentaje de r^2 (92.96%) fue mayor a 75%. Por lo tanto, se procede a construir de manera segura el grafico de superficie de respuesta y gráfico de contornos.

El modelo con las variables codificadas que representan el Color Sensorial, dependiendo del % Harina de camote y % Harina de arveja en el rango estudiado se muestra en la siguiente ecuación:

$$Z = 7.79 + 0.19X_1 - 0.14X_1^2 - 0.16X_2 - 0.11X_2^2$$

Donde:

- Z:** Color Sensorial
- X₁:** % H. Camote
- X₂:** % H. Arveja

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA), se procede a realizar el grafico de superficie de respuestas y gráfico de contorno en función del % de Harina de Arveja, % de Harina de Camote y como variable respuesta el Color Sensorial.

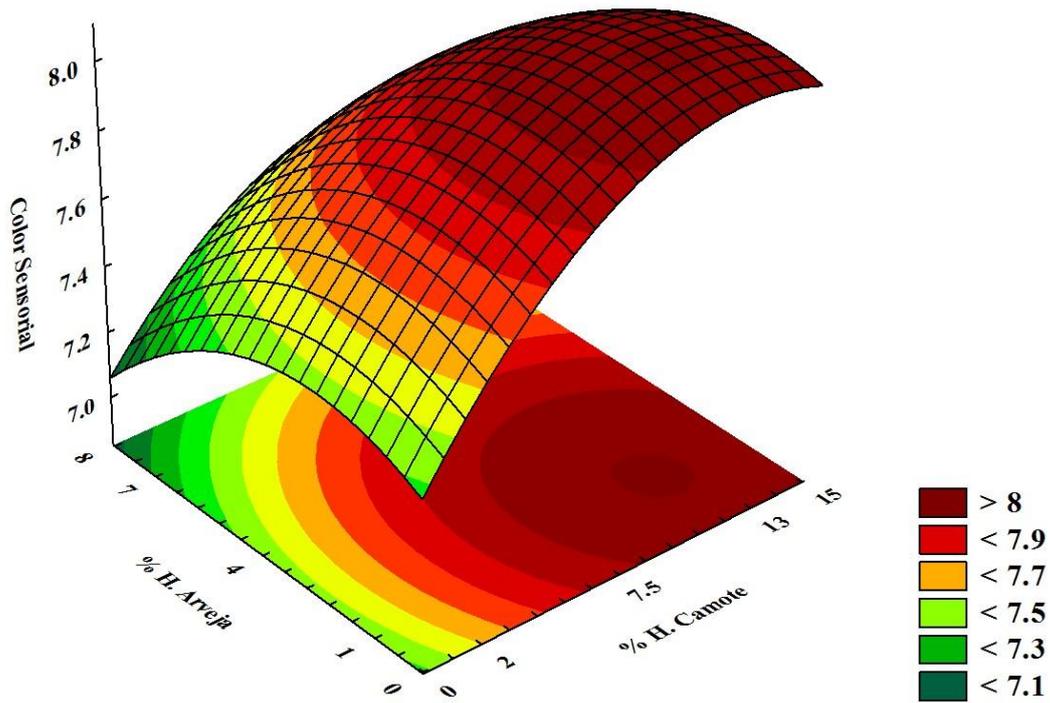


Ilustración 63: Superficie de respuesta para el color sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%).

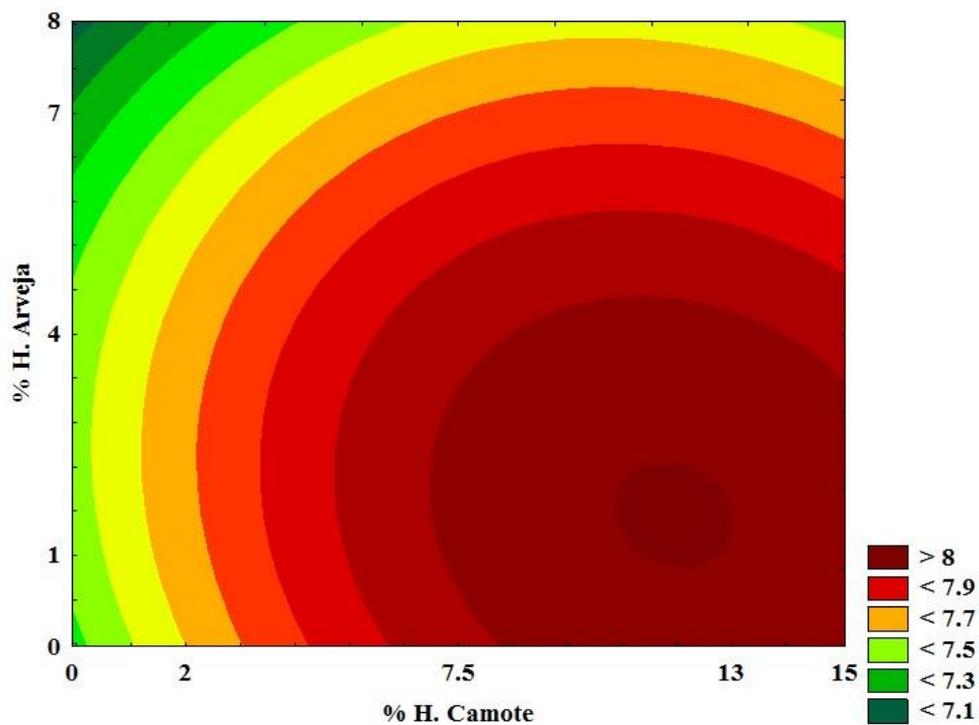


Ilustración 64: Gráfico de contorno para el color sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%).

Según la Ilustración 63 y 64 se puede observar que la aceptación de Color Sensorial de los cupcakes es menor a medida que se va incrementando el % de harina de arveja. Por otro lado, el incremento del % de harina de camote favorece el grado de aceptación sensorial del atributo color por parte de los panelistas.

Por lo tanto, se puede considerar a la región delimitada por los valores del % harina de camote (entre 7.5 a 15%) y % de harina de arveja (entre 0 a 4%), para la obtención de mayores valores de aceptación para el color sensorial de los cupcakes. Dentro de esta región delimitada se encuentran las formulaciones: F₂, F₆, F₇ y los puntos centrales correspondientes a las formulaciones F₉, F₁₀ y F₁₁. De todas las formulaciones mencionadas es en la F₆ (15% Harina de Camote y 4% Harina de arveja) donde se obtiene el mayor valor para el color sensorial.

Los factores del proceso que influyen en el color del pan son las altas temperaturas que generan reacciones de Maillard y la caramelización que generan el color y sabor característicos del pan, esto si se trata de un pan realizado solo con harina de trigo, pero si se utiliza sustituciones, los cambios de color varían de acuerdo con la harina empleada en la elaboración (Sarmiento, 2014).

En investigaciones recientes también se evaluó el efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de camote en la elaboración de productos de panificación y pastelería. En el 2014, se trabajó con tratamientos de 10, 20 y 30% de sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote en elaboración de pan blanco, los resultados para el color sensorial reportaron que hasta un 20% de sustitución parcial no presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto al control para este atributo en mención (Villar, 2014). Asimismo, Sarmiento (2014)

indica que no existe diferencia significativa entre el pan de molde realizado con 100% de harina de trigo y el sustituido al 5% con harina de camote según el criterio de los panelistas frente al Color Sensorial.

4.4.3.2. Olor

La Tabla 63 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio que corresponde al análisis de olor sensorial de los cupcakes.

Tabla 63: Olor sensorial de los cupcakes

Formulación	Valores Codificados		Olor Sensorial*
	H. Camote	H. Arveja	
1	-1 (2)	-1 (1)	7.39 ^b
2	1 (13)	-1 (1)	7.74 ^a
3	-1 (2)	1 (7)	7.11 ^b
4	1 (13)	1 (7)	7.31 ^{ab}
5	- α (0)	0 (4)	7.25 ^b
6	+ α (15)	0 (4)	7.78 ^a
7	0 (7.5)	- α (0)	7.38 ^{ab}
8	0 (7.5)	+ α (8)	7.60 ^{ab}
9	0 (7.5)	0 (4)	7.66 ^a
10	0 (7.5)	0 (4)	7.66 ^a
11	0 (7.5)	0 (4)	7.66 ^a
Control	-	-	7.79

* Los promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($p < 0,05$).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente tabla, podemos observar que los cupcakes presentaron un olor sensorial entre 7.11 y 7.79 para una escala hedónica que va de 1-9, que corresponden al valor mínimo (F₃) y máximo (Control) respectivamente.

Asimismo, las formulaciones de cupcakes con condición de punto central (F₉, F₁₀ y F₁₁) presentan valores iguales lo que indica la buena repetitividad del proceso.

En la Tabla 64, se muestran los coeficientes de regresión de los términos lineales (L) y cuadráticos (Q), la interacción de las variables independientes (X₁ y X₂), además muestra el error estándar, el valor t-student y p-valor.

Tabla 64: Coeficientes de regresión para el olor sensorial de los cupcakes

Factor	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	7.66	0.10	73.62	0.0000
X₁ (L)	0.16	0.06	2.53	0.0523
X₁ (Q)	-0.10	0.08	-1.32	0.2455
X₂ (L)	-0.05	0.06	-0.79	0.4642
X₂ (Q)	-0.11	0.08	-1.48	0.1989
X₁.X₂	-0.04	0.09	-0.42	0.6944

X₁= % H. Camote, X₂= % H. Arveja, X₁.X₂= Interacción de % H. Camote y % H. Arveja, L=término lineal, Q=término cuadrático

* Porcentaje de significancia 5% (p<0.05).

En la Tabla 64 se puede observar que ninguno de los factores es significativo en la variable respuesta debido a que el p-valor* de cada factor tiene un porcentaje de significancia mayor a 0.05. Este comportamiento se debe a que el promedio de las puntuaciones para cada formulación, presento valores muy próximos entre sí; independientemente de la adición del % H. de Camote y el % H. de Arveja.

A continuación se presenta el gráfico de Pareto para la variable respuesta de olor sensorial de los cupcakes, donde también se

verifica que no hubo término significativo para ningún factor (ver Ilustración 65):

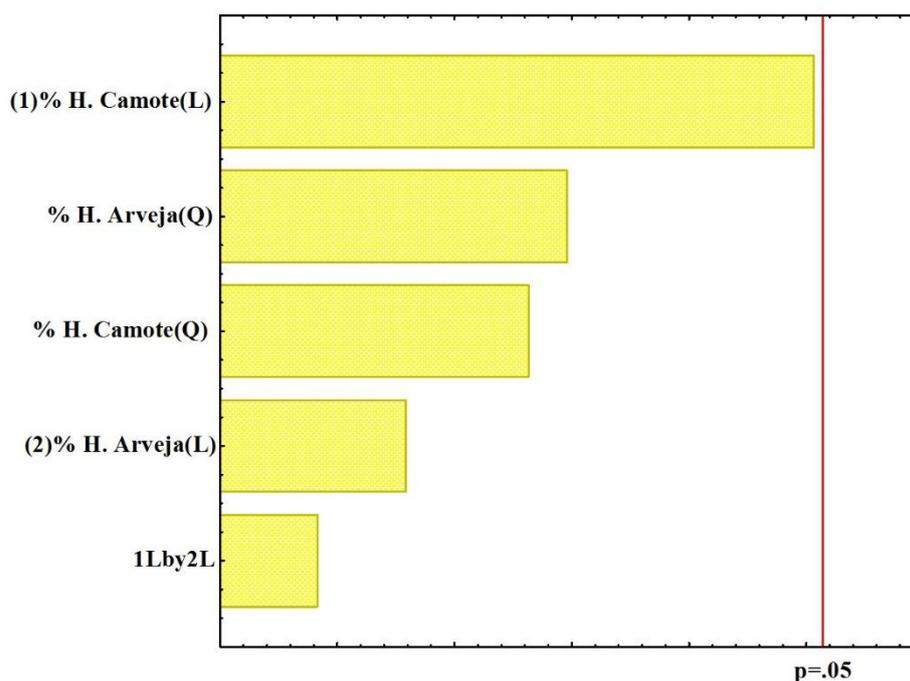


Ilustración 65: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el olor sensorial.

Para el delineamiento experimental de la variable Olor Sensorial, el valor del coeficiente de determinación (r^2) fue de 67.23%, valor menor al 75% recomendado, por lo que el modelo matemático y las superficies de respuesta no fueron considerados.

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para el olor, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel del % de H. Camote y % de H. Arveja, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final. Por lo tanto, se procedió a ejecutar pruebas de rangos múltiples (Tukey), con el fin de observar los grupos homogéneos que se formarían en base a la media de las 11 formulaciones en estudio.

En la Tabla 63 se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Aquí se ha identificado 2 grupos homogéneos según la alineación por las letras a y b. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma letra.

Por lo tanto las formulaciones F₂, F₄, F₆, F₇, F₈, F₉, F₁₀ y F₁₁ pertenecen al grupo a, siendo la agrupación con mayor media. Estas formulaciones no difieren significativamente entre sí a un nivel de significancia del 5%.

4.4.3.3. Sabor

La Tabla 65 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio que corresponde al análisis de sabor sensorial de los cupcakes.

Tabla 65: Sabor sensorial de los cupcakes

Formulación	Valores Codificados		Sabor Sensorial
	H. Camote	H. Arveja	
1	-1 (2)	-1 (1)	7.35
2	1 (13)	-1 (1)	8.10
3	-1 (2)	1 (7)	7.37
4	1 (13)	1 (7)	7.89
5	- α (0)	0 (4)	7.37
6	+ α (15)	0 (4)	8.45
7	0 (7.5)	- α (0)	7.78
8	0 (7.5)	+ α (8)	7.45
9	0 (7.5)	0 (4)	7.85
10	0 (7.5)	0 (4)	7.86
11	0 (7.5)	0 (4)	7.86
Control	-	-	7.73

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente tabla, podemos observar que los cupcakes presentaron un sabor sensorial entre 7.35 y 8.45 para una escala hedónica que va de 1-9, que corresponden al valor mínimo (F₁) y máximo (F₆) respectivamente. Asimismo, las formulaciones de cupcakes con condición de punto central (F₉, F₁₀ y F₁₁) presentan valores similares lo que indica la buena repetitividad del proceso.

En la Tabla 66, se muestran los coeficientes de regresión de los términos lineales (L) y cuadráticos (Q), la interacción de las variables independientes (X₁ y X₂), además muestra el error estándar, el valor t-student y p-valor.

Tabla 66: Coeficientes de regresión para el sabor sensorial de los cupcakes

Factor	Coeficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	7.86	0.05	169.14	0.0000
X₁ (L)	0.35	0.03	12.29	0.0001
X₁ (Q)	0.01	0.03	0.16	0.8792
X₂ (L)	-0.08	0.03	-2.89	0.0344
X₂ (Q)	-0.14	0.03	-4.20	0.0085
X₁.X₂	-0.06	0.04	-1.43	0.2123

X₁= % H. Camote, X₂= % H. Arveja, X₁.X₂= Interacción de % H. Camote y % H. Arveja, L=término lineal, Q=término cuadrático

* Porcentaje de significancia 5% (p<0.05).

Para el delineamiento experimental completo de la variable Sabor Sensorial, el valor del coeficiente de determinación (r²) fue de 97, 32% por lo que se puede concluir que el modelo se ajusta bien a los datos experimentales. Los parámetros con p-valor menor que 5% (p<0.05) fueron considerados significativos, tal como se observa en la Tabla 66. Por lo tanto, los términos significativos en el estudio de la variable Color Sensorial fueron el termino lineal (L) del % Harina de Camote y el termino lineal (L) y cuadrático (Q) del % Harina de Arveja.

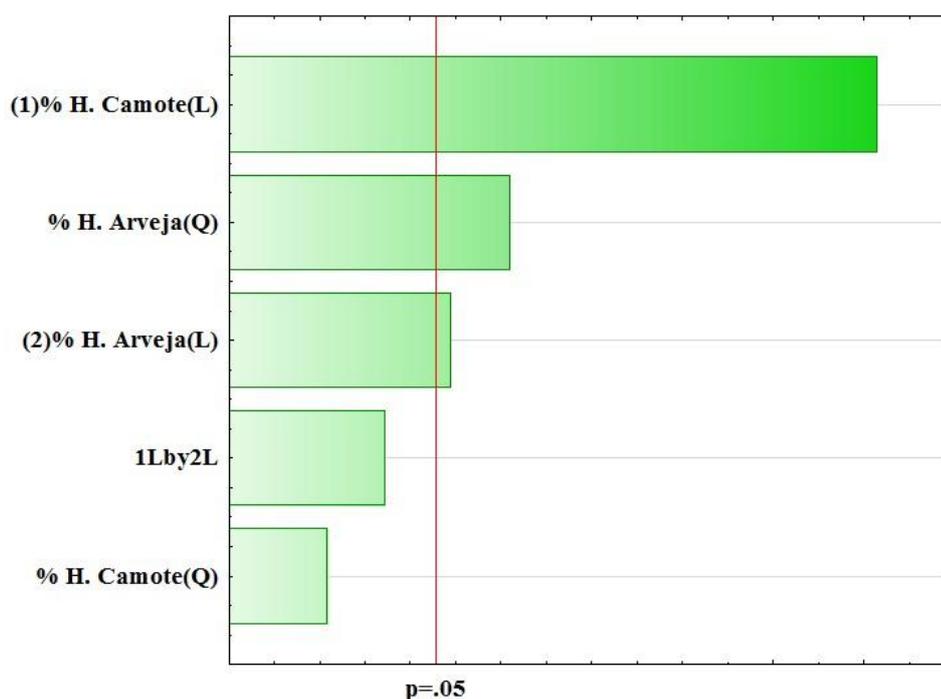


Ilustración 66: Diagrama de Pareto de efectos significativos para el sabor sensorial.

Como se puede observar en el diagrama de Pareto (Ilustración 66) el término que no fue considerado significativo en el estudio de la variable Sabor Sensorial fue el término cuadrático (Q) del % Harina de Camote y la interacción del % Harina de Camote y %Harina de Arveja. Al excluir estos términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo valor del coeficiente de determinación (r^2) para el modelo ajustado es de 96.20%. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el modelo o delineamiento experimental

Tabla 67: Análisis de varianza (ANOVA) para el sabor sensorial de los cupcakes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (4, 6; 0.05)
Regresión	1.16	3	0.39		
Residuos	0.05	7	0.01	59.14	4.35
Total	1.21	10			

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la Tabla 67, se observa que el modelo que describe la respuesta de Sabor Sensorial en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, teniendo en cuenta que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que porcentaje de r^2 (96.20%.) fue mayor a 75%. Por lo tanto, se procede a construir de manera segura el grafico de superficie de respuesta y gráfico de contornos.

El modelo con las variables codificadas que representan el Sabor Sensorial, dependiendo del % Harina de camote y % Harina de arveja en el rango estudiado se muestra en la siguiente ecuación:

$$Z = 7.86 + 0.35X_1 - 0.08X_2 - 0.14X_2^2$$

Donde:

- Z:** Sabor Sensorial
- X₁:** % H. Camote
- X₂:** % H. Arveja

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA), se procede a realizar el grafico de superficie de respuestas y gráfico de contorno en función del % de Harina de Arveja, % de Harina de Camote y como variable respuesta el Sabor Sensorial.

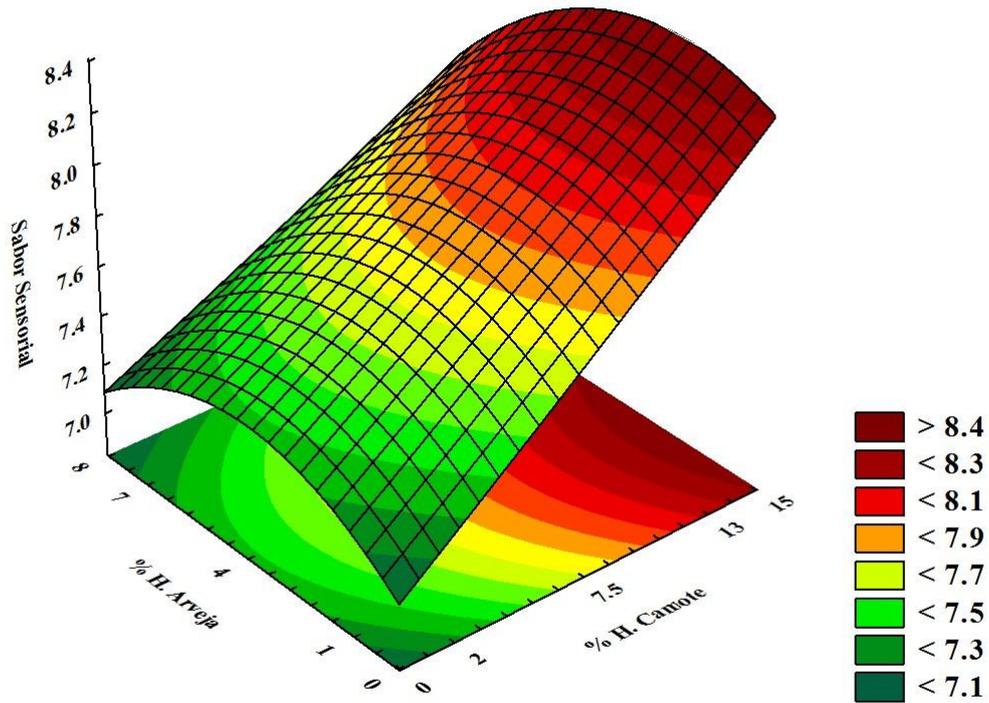


Ilustración 67: Superficie de respuesta para el sabor sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%).

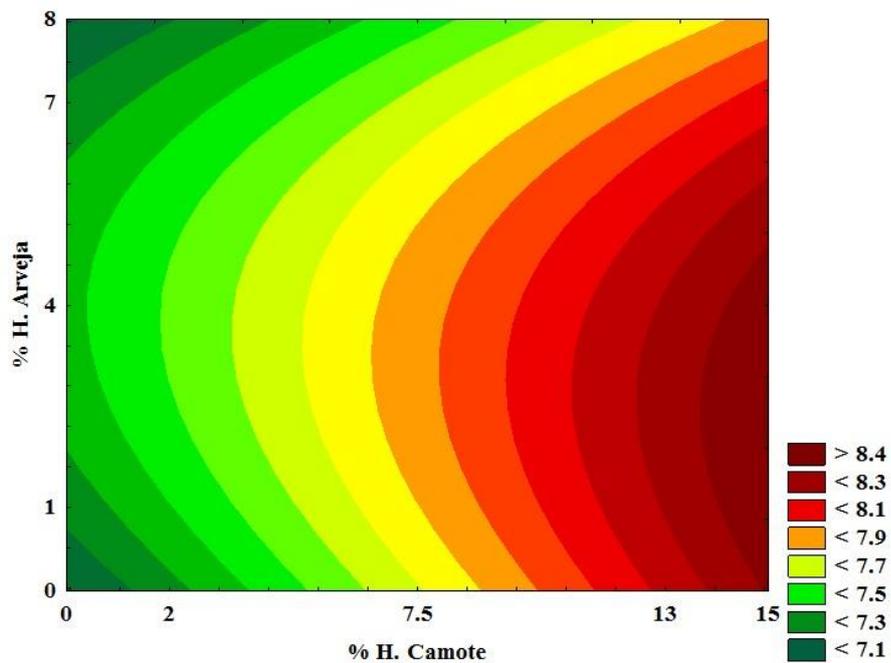


Ilustración 68: Gráfico de contorno para el sabor sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%).

Según la ilustración 67 y 68 se puede observar que la aceptación de Sabor Sensorial de los cupcakes es menor a medida que se va incrementando el % de harina de arveja. Por otro lado, el incremento del % de harina de camote favorece el grado de aceptación sensorial del atributo sabor por parte de los panelistas.

Por lo tanto, se puede considerar a la región delimitada por los valores del % harina de camote (entre 13 a 15%) y % de harina de arveja (entre 1 a 4%), para la obtención de mayores valores de aceptación para el sabor sensorial de los cupcakes. Dentro de esta región delimitada se encuentran las formulaciones: F₂ y F₆. Donde la formulación F₆ (15% Harina de Camote y 4% Harina de arveja) es la que obtiene el mayor valor para el sabor sensorial.

En otras investigaciones recientes también se investigó el efecto de sustitución de harina de trigo por harina de camote en la elaboración de productos de panificación y pastelería. En el 2014, se trabajó con tratamientos de 10, 20 y 30% de sustitución parcial de harina de camote por harina de trigo en elaboración de pan blanco, los resultados para el sabor sensorial reportaron que hasta un 20% de sustitución parcial no presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto al control para este atributo en mención (Villar, 2014). Asimismo, Sarmiento (2014) indica que no existe diferencia significativa entre el pan de molde realizado con 100% de harina de trigo y el sustituido al 10% con harina de camote según el criterio de los panelistas frente al sabor Sensorial.

4.4.3.4. Textura

La Tabla 68 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio que corresponde al análisis de textura sensorial de los cupcakes.

Tabla 68: Textura sensorial de los cupcakes

Formulación	Valores Codificados		Textura Sensorial
	H. Camote	H. Arveja	
1	-1 (2)	-1 (1)	7.38
2	1 (13)	-1 (1)	7.84
3	-1 (2)	1 (7)	7.34
4	1 (13)	1 (7)	7.82
5	- α (0)	0 (4)	7.34
6	+ α (15)	0 (4)	7.99
7	0 (7.5)	- α (0)	7.71
8	0 (7.5)	+ α (8)	7.68
9	0 (7.5)	0 (4)	7.97
10	0 (7.5)	0 (4)	7.98
11	0 (7.5)	0 (4)	7.96
Control	-	-	7.98

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente tabla, podemos observar que los cupcakes presentaron un textura sensorial entre 7.34 y 7.99 para una escala hedónica que va de 1-9, que corresponden al valor mínimo (F_3) y máximo (F_6) respectivamente. Asimismo, las formulaciones de cupcakes con condición de punto central (F_9 , F_{10} y F_{11}) presentan valores similares lo que indica la buena repetitividad del proceso.

En la Tabla 69, se muestran los coeficientes de regresión de los términos lineales (L) y cuadráticos (Q), la interacción de las variables independientes (X_1 y X_2), además muestra el error estándar, el valor t-student y p-valor.

Tabla 69: Coeficientes de regresión para la textura sensorial de los cupcakes

Factor	Coefficientes de regresión	Error Estándar	t(5)	p-valor*
Media	7.97	0.03	254.23	0.0000
X ₁ (L)	0.23	0.02	12.11	0.0001
X ₁ (Q)	-0.17	0.02	-7.60	0.0006
X ₂ (L)	-0.01	0.02	-0.67	0.5344
X ₂ (Q)	-0.16	0.02	-6.95	0.0009
X ₁ .X ₂	0.01	0.03	0.18	0.8611

X₁= % H. Camote, X₂= % H. Arveja, X₁.X₂= Interacción de % H. Camote y % H. Arveja, L=término lineal, Q=término cuadrático

*Porcentaje de significancia 5% (p<0.05)

Para el delineamiento experimental completo de la variable Textura Sensorial, el valor del coeficiente de determinación (r^2) fue de 97, 86% por lo que se puede concluir que el modelo se ajusta bien a los datos experimentales.

Los parámetros con p-valor menor que 5% (p<0.05) fueron considerados significativos, tal como se observa en la Tabla 69. Por lo tanto, los términos significativos en el estudio de la variable Textura Sensorial fueron los términos lineales (L) y cuadráticos (Q) del % Harina de Camote y el término (Q) del % Harina de Arveja.

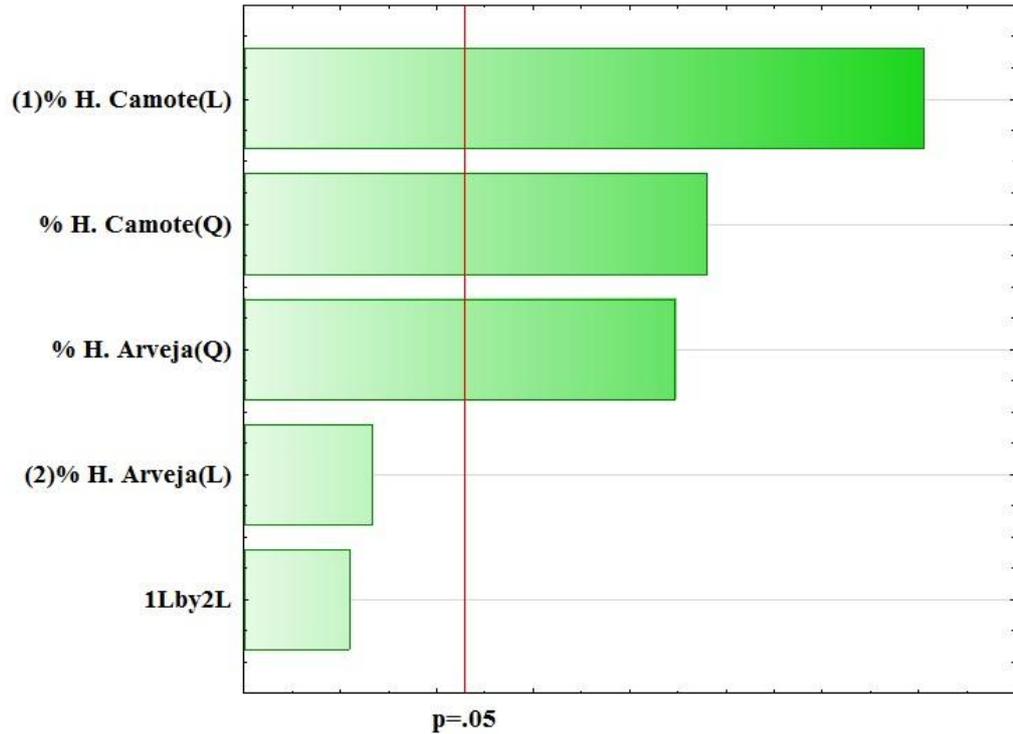


Ilustración 69: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la textura sensorial.

Como se puede observar en el diagrama de Pareto (Ilustración 69) el término que no fue considerado significativo en el estudio de la variable Textura Sensorial fue el término lineal del % Harina de Arveja y la interacción del % de Harina de Camote y %Harina de Arveja.

Al excluir estos términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo valor del coeficiente de determinación (r^2) para el modelo ajustado es de 97.66%. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el modelo o delineamiento experimental.

Tabla 70: Análisis de varianza (ANOVA) para la textura sensorial de los cupcakes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (4, 6; 0.05)
Regresión	0.67	3	0.22		
Residuos	0.02	7	0.00	97.39	4.35
Total	0.69	10			

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la Tabla 70, se observa que el modelo que describe la respuesta de Textura Sensorial en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, teniendo en cuenta que el F calculado es mayor que el F Tabulado y que porcentaje de r^2 (97.66%.) fue mayor a 75%. Por lo tanto, se procede a construir de manera segura el grafico de superficie de respuesta y gráfico de contornos.

El modelo con las variables codificadas que representan la Textura Sensorial, dependiendo del % Harina de camote y % Harina de arveja en el rango estudiado se muestra en la siguiente ecuación:

$$Z = 7.79 + 0.23X_1 - 0.17X_1^2 - 0.16X_2^2$$

Donde:

- Z:** Textura Sensorial
- X₁:** % H. Camote
- X₂:** % H. Arveja

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA), se procede a realizar el grafico de superficie de respuestas y gráfico de contorno en función del % de Harina Se Arveja, % de Harina De Camote y como variable respuesta la Textura Sensorial.

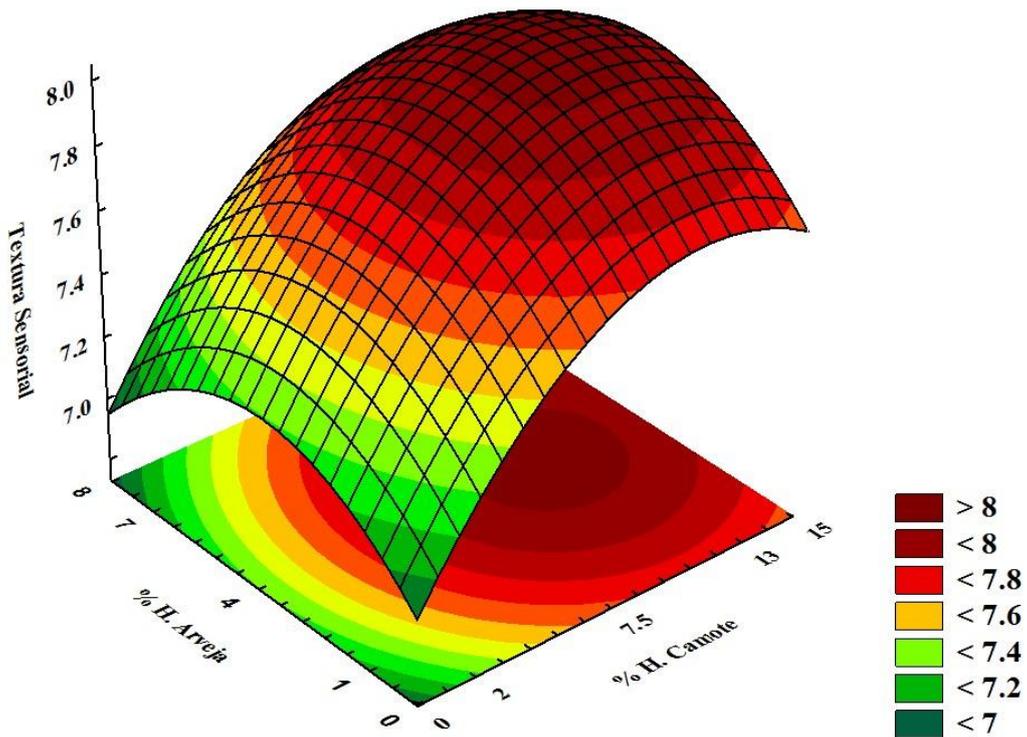


Ilustración 70: Superficie de respuesta para la textura sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%).

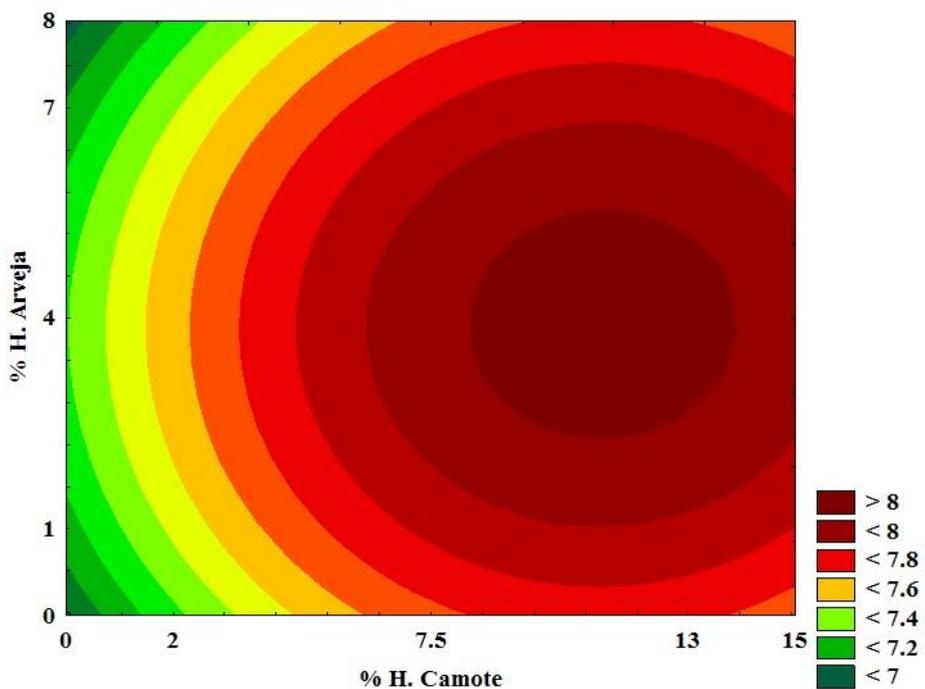


Ilustración 71: Gráfico de contorno para la textura sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de arveja (%) y harina de Camote (%).

Según la Ilustración 70 y 71 se puede observar que la región delimitada por los valores del % harina de camote (entre 7.5 a 14%) y % de harina de arveja (entre 3 a 5%), contribuye a la obtención de mayores valores de aceptación para la textura sensorial de los cupcakes. Dentro de esta región delimitada se encuentran las formulaciones: F₉, F₁₀ y F₁₁.

En otras investigaciones también se investigó el efecto de sustitución de la harina de trigo por harina de tubérculos y leguminosas en la elaboración de productos de panificación y pastelería. En el 2014, se trabajó con tratamientos de 10, 20 y 30% de sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote en elaboración de pan de molde los resultados para la textura sensorial reportaron que hasta un 10% de sustitución parcial no presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto al control para este atributo en mención (Sarmiento, 2014).

Por otro lado, en el estudio de panificación con harina de arvejas, se verifica que las características sensoriales dependen del nivel de sustitución con harina de arveja en la formulación, ya que resulta positiva al 5% de incorporación, pero genera resultados no favorables en los porcentajes superiores (Alasino *et al.*, 2008)

4.4.4. Elección de la mejor formulación

Para la elección de la mejor formulación, tras la evaluación de las características sensoriales y tecnológicas, se consideraron convenientes los atributos de mayor relevancia de acuerdo a su valor nutricional (% Lisina), características tecnológicas (Volumen específico cm^3/g) y aceptabilidad sensorial (Color, Olor, Sabor y Textura).

En la Tabla 71, se muestra el resumen de los resultados de superficie de respuesta evaluado por el diseño (DCCR) de los atributos de mayor relevancia para elección de la mejor formulación. En la segunda y tercera columna, se puede observar cual es el porcentaje de sustitución recomendada tanto para harina de camote como para harina de arveja, a fin de obtener los mayores resultados correspondientes a cada atributo.

En el caso del Olor sensorial, no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia y superficie de respuesta, debido a que el coeficiente de determinación (r^2) fue de 67.23% indicando que la selección de cualquier nivel del % de harina de camote y % de harina de arveja, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final. Por lo tanto, se consideraron las formulaciones que se encuentran en el grupo “a” las cuales tienen una media similar a la del control y no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellas con un nivel de significancia del 5 % (Tukey).

En la cuarta columna, se observan las formulaciones que se encuentran dentro de los rangos de sustitución de harina de camote y arveja recomendados.

Tabla 71: Resumen de los resultados de superficie de respuesta evaluado por el diseño (DCCR) de los atributos de mayor relevancia para elección de la mejor formulación.

Atributos para elección de mejor formulación	H. Camote (% de sustitución)	H. Arveja (% de sustitución)	Formulaciones							
Color Sensorial	7.5-15%	0-4%	F ₂	F ₆	F ₇	F ₉	F ₁₀	F ₁₁		
Olor Sensorial	Formulaciones evaluadas por Tukey que no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí y cuyas medias son próximas al control (Grupo “a”)		F ₂	F ₄	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
Sabor Sensorial	13-15%	1-4%	F ₂	F ₆						
Textura Sensorial	7.5-14%	3-5%	F ₉	F ₁₀	F ₁₁					
Lisina	0-15%	4-5%	F ₅	F ₆	F ₉	F ₁₀	F ₁₁			
Volumen específico	7-15%	3-6%	F ₆	F ₉	F ₁₀	F ₁₁				

De acuerdo a la Tabla 71, las formulaciones que se seleccionaron fueron: F₆, F₉, F₁₀ y F₁₁, las cuales son las más destacadas dentro de los atributos evaluados. De estas formulaciones, se elegirá una de acuerdo a la metodología empleada por Wittig *et al.* (2003) bajo ciertas modificaciones, que consiste en la evaluación mediante los atributos ponderados cuyos pesos se muestran a continuación:

Tabla 72: Atributos ponderados

Atributo	W
Lisina	0.15
Volumen Especifico	0.10
Color	0.15
Olor	0.10
Sabor	0.20
Textura	0.30
Suma	1

Fuente: Wittig *et al.*, 2003

En la Tabla 73, observamos los respectivos promedios (\bar{X}) que se han obtenido durante los análisis realizados para cada atributo, los cuales fueron multiplicados por su peso (W) correspondiente (Tabla 72), para obtener la ponderación total por atributo (T_C, T_O, T_S, T_L y T_{VE}). Finalmente estos sub totales se sumaron para obtener el puntaje final (T) que nos conducirá a la elección de la mejor formulación que alcance el valor más alto.

Tabla 73: Elección de la mejor formulación de acuerdo a los atributos ponderados.

F	Color			Olor			Sabor			Textura			Lisina			Volumen Especifico			T
	W	\bar{X}	T _C	W	\bar{X}	T _O	W	\bar{X}	T _S	W	\bar{X}	T _T	W	\bar{X}	T _L	W	\bar{X}	T _{VE}	
F6	0.15	8.08	1.21	0.10	7.59	0.76	0.20	8.45	1.69	0.30	7.99	2.40	0.15	73.90	11.08	0.10	2.25	0.23	17.37
F9	0.15	7.98	1.20	0.10	7.57	0.76	0.20	7.85	1.57	0.30	7.97	2.39	0.15	73.36	11.00	0.10	2.29	0.23	17.15
F10	0.15	7.95	1.19	0.10	7.54	0.75	0.20	7.86	1.57	0.30	7.98	2.39	0.15	73.36	11.00	0.10	2.28	0.23	17.14
F11	0.15	7.98	1.20	0.10	7.57	0.76	0.20	7.86	1.57	0.30	7.96	2.39	0.15	73.36	11.00	0.10	2.27	0.23	17.14

\bar{X} =Promedio; W=Peso; T_C, T_O, T_S, T_L, T_{VE} =Total de ponderación para Color, Olor, Sabor, textura, Lisina y Volumen específico respectivamente; T=Sumatoria total.

En la Tabla 73, la formulación elegida por tener el mayor puntaje final es la F₆, compuesta por 15% harina de camote, 4% harina de arveja y 81% harina de trigo.

En otras investigaciones también se estudió el efecto de sustitución de harina de trigo por harinas de leguminosas y tubérculos en la elaboración de productos de panificación y pastelería. La sustitución de harina de trigo por harina de arveja se ha empleado para la producción de diferentes productos de panificación como panes, tortas, galletas y biscochos a diferentes niveles de reemplazo que van desde 2.5% a 20% (Raidl y Klein, 1983).

En panes elaborados con harina de arveja se podía usar hasta un 10% de reemplazo sin alterar los atributos sensoriales (Repetsky y Klein, 1981). Sin embargo, Alasino *et al.* (2008) menciona que en la evaluación sensorial realizada a panes con niveles de sustitución de 5%, 10% y 15% de harina de arveja, los mayores puntajes fueron para los panes con nivel de sustitución del 5%. A su vez indica que niveles de sustitución mayores del 5% producen un efecto negativo sobre el volumen y sobre los atributos sensoriales del pan. La reducción del volumen del pan se relaciona al efecto que produce una disminución de la cantidad de gluten en la mezcla.

Alasino (2009) realizó una investigación acerca de la elaboración de pan con diferentes niveles de sustitución de 5%, 10%, 15% y 20% de harina de arveja. El pan con niveles de sustitución con mayores puntajes de aceptabilidad del consumidor fue del 5% y 10%. Teniendo en cuenta estos resultados el pan debe de tener como máximo un nivel de sustitución de 10% de harina de arveja, presentando un sabor y aroma agradable además de un buen valor nutricional.

En el 2014, se realizó una investigación acerca de la elaboración de pan blanco con sustitución de la harina de trigo por harina de camote a diferentes niveles de reemplazo (0%, 10%, 20% y 30%), donde el tratamiento de mayor preferencia por los panelistas es la formulación con nivel de sustitución del 20% de harina de camote (Villar, 2014). La harina de camote es usada frecuentemente en la elaboración de productos horneados (base de levadura) con niveles de sustitución del 25% al 30% como máximo (Van de Fliert y Braun, 2002).

Bastidas y De la Cruz (2010) en su investigación acerca de la elaboración de pan con niveles de sustitución del 20%, 30% y 40% de harina de trigo por harina de camote, hacen mención que el mejor nivel de sustitución para los panelistas es el de 30% debido a que proporciona un producto final de buena calidad, con sabor agradable y miga suave.

4.4.5. Análisis del cupcake mejor formulación

4.4.5.1. Análisis proximal

En la Tabla 74 se observa la caracterización químico proximal tanto del cupcake control como del cupcake de mejor formulación.

Tabla 74: Caracterización químico proximal del cupcake control y cupcake de mejor formulación.

Componentes (%)	Control*	Mejor formulación*
Humedad	23.43 ± 0.053	25.21 ± 0.046
Proteína	11.30 ± 0.021	11.41 ± 0.021
Grasa	12.87 ± 0.028	12.72 ± 0.021
Ceniza	1.493 ± 0.124	2.072 ± 0.103
Carbohidratos	50.557	45.728
Fibra Bruta	0.33 ± 0.007	2.86 ± 0.021

*Media de 3 repeticiones + SD.

El porcentaje de humedad para el cupcake control fue de 23.43 ± 0.053 % y para el cupcake de mejor formulación fue de 25.21 ± 0.046 %. Estos porcentajes de humedad reportados en la Tabla 74 cumplen con lo establecido en la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería (RM N° 1020-2010/MINSA). Esta norma hace referencia que el porcentaje máximo de humedad permitido para este tipo de productos debe de ser como máximo 40%. La diferencia del porcentaje de humedad entre el cupcake de mejor formulación y cupcake control se podría deber a la incorporación de las harinas de camote y de arveja. Valores cercanos de porcentaje de humedad de cupcakes son reportados por Arteaga y Silva (2015) y por Guzmán y López (2015).

Así mismo, el contenido de proteína del cupcake de mejor formulación fue de 11.41 ± 0.021 %, obteniéndose con la sustitución de harina de trigo por harina de camote y harina de arveja un valor por encima del contenido de proteína del cupcake control (11.30 ± 0.021 %) el cual es hecho a base de harina de trigo floja la cual presenta un bajo contenido de proteínas (Aykroyd y Doughty, 1978). En la investigación realizada por Beltrán y Saenz (2014) reportaron un valor de porcentaje de proteína para el cupcake mejor formulación (7.79 %) inferior al obtenido en esta investigación. Esto se podría deber a que las harinas (quinua y zapallo) utilizadas en su investigación tienen un porcentaje de proteína inferior a la que contiene la harina de arveja.

El porcentaje de grasa del cupcake de mejor formulación (12.72 ± 0.021 %) fue menor que del cupcake control (12.87 ± 0.028 %), esto se vio influenciado por el mínimo porcentaje de grasa que tiene la harina de camote (0.45 %) con respecto a la harina de arveja y harina de trigo. Witting *et al.* (2003) en su investigación acerca de bizcochuelos enriquecidos con fibra dietética presento un valor de

porcentaje de grasa ($18,4 \pm 1,32 \%$) superior a lo reportado en esta investigación. Así mismo, investigaciones similares realizadas por Beltrán y Saenz (2014) y por Guzmán y López (2015) han reportado altos porcentajes de grasa (15.53 % y 13.76 %), lo cual hace que la harina de camote y harina de arveja ayuden a disminuir el contenido de grasa presente en los productos de panificación. Para posibles sustituciones posteriores se tendría que aumentar más el porcentaje de sustitución de harina de camote que el porcentaje de harina de arveja, debido a la gran diferencia de porcentaje de grasa que contienen. Mientras menor sea el contenido de grasa de los productos de panificación mayor será su vida útil debido a que difícilmente se enranciarán (Quaglia, 1991). El cupcake de mejor formulación tuvo un 15% de harina de camote y un 4% de harina de arveja.

El contenido máximo de ceniza permisible para este tipo de productos según la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería (RM N° 1020-2010/MINSA) es de 3%. En Tabla 74, el porcentaje de ceniza del cupcake control ($1.493 \pm 0.124 \%$) y del cupcake de mejor formulación ($2.072 \pm 0.103 \%$) se encuentran por debajo de los límites permisibles de acuerdo a la presente Norma. Sin embargo el cupcake de mejor formulación presentó un porcentaje de cenizas mayor al cupcake control esto se debe a que el primero está hecho a base no solo de harina de trigo sino de harina de camote y harina de arveja, los cuales son superiores en cuanto al contenido de cenizas. Guzmán y López (2015) en su investigación han reportado similar porcentaje de cenizas para el cupcake control ($1,47 \pm 0,01 \%$), y Witting *et al.* (2003) reportó un contenido de cenizas de $1,8 \pm 1,65 \%$ cercano al cupcake de mejor formulación.

En la Tabla 74, el contenido de fibra bruta del cupcake de mejor formulación (2.86 ± 0.021) fue mayor al contenido de fibra del cupcake control (0.33 ± 0.007). Esto se debe a que el primero tiene en su composición harina de arveja y harina de camote los cuales presentan altos contenidos de fibra (5.46 % y 1.8 %) con respecto a la harina de trigo el cual tiene un contenido de fibra de 1.46 %. Un valor de contenido de fibra cercano al cupcake control ($0,2 \pm 0,02$ %) ha reportado en su investigación Guzmán y López (2015). El alto contenido de fibra presente en la harina de arveja favorece en la dieta del ser humano debido a que posee muchas cualidades funcionales, entre ellas la habilidad de captar agua y en algunas reduce el contenido de glucosa en la sangre (Badui, 2013).

El contenido de carbohidratos fue obtenido por diferencia de los demás componentes resultando un valor de 50.557 % para el cupcake control y 45.728 % para el cupcake de mejor formulación. Como se puede observar el cupcake control tuvo mayor cantidad de carbohidratos que el cupcake de mejor formulación, resultados similares obtuvo Beltrán y Saenz (2014) en su investigación.

4.4.5.2. Análisis tecnológicos

4.4.5.2.1. Volumen específico

Los resultados del análisis de volumen específico (cm^3/g) del cupcake control y de la mejor formulación, se muestran a continuación:

Tabla 75: Variación del volumen específico (cm^3/g) de los cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

TIEMPO (Días)	Volumen Especifico (Cm^3/g)*	
	Control	Mejor formulación (F6)
0	2.794 ± 0.052	2.695 ± 0.274
2	2.699 ± 0.065	2.554 ± 0.056
4	2.559 ± 0.053	2.382 ± 0.089
7	2.411 ± 0.235	2.288 ± 0.234
9	2.123 ± 0.095	2.254 ± 0.123
11	2.099 ± 0.065	2.249 ± 0.087
14	2.043 ± 0.279	2.241 ± 0.078

*Media de 3 repeticiones + SD.

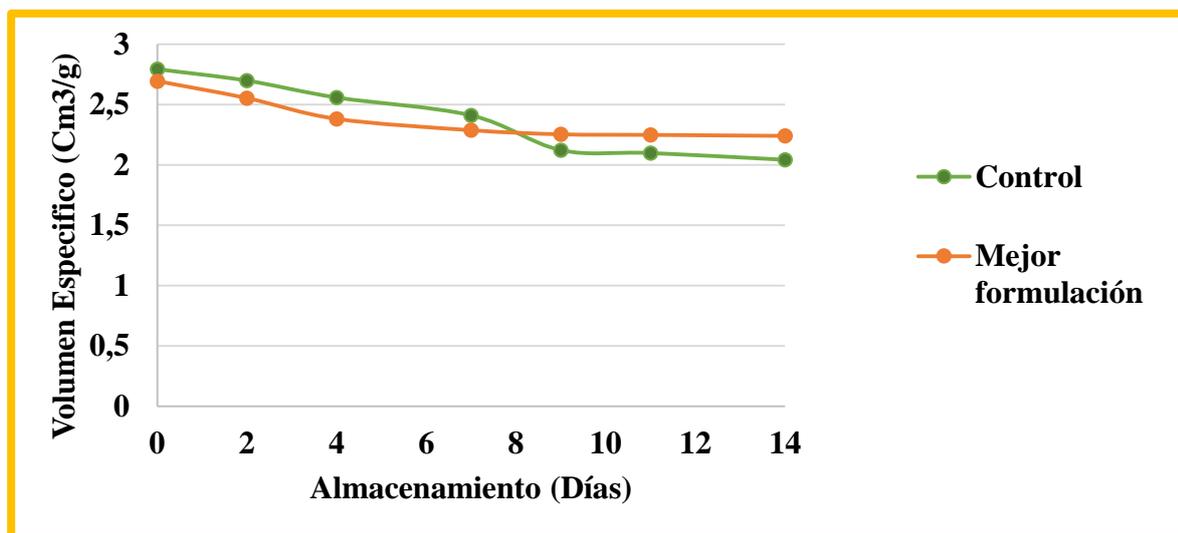


Ilustración 72: Variación del volumen específico (cm^3/g) de los cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

En la Tabla 75 y la Ilustración 72, se puede observar que el volumen específico inicial, correspondiente al cupcake control (100% harina de trigo) es $2.794 \pm 0.052 \text{ cm}^3/\text{g}$, mientras que para el cupcake elegido como mejor formulación (81% harina de trigo, 15% harina de camote, 4% harina de arveja) es $2.695 \pm 0.274 \text{ cm}^3/\text{g}$, evidenciando que el cupcake control posee mayor volumen específico que la F₆.

Este hecho se encuentra claramente relacionado al efecto que produce una disminución de la cantidad de gluten en la mezcla (Alasino *et al.*, 2008). En recientes investigaciones se presenta el mismo comportamiento, Caicedo (2011), llega a la conclusión que mientras se incrementa el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de cereal o tubérculo existe una disminución en el volumen, esto se debe a que se reduce la cantidad de gluten, la cual forma una red que atrapa el CO₂ dando la estructura característica de un producto de panificación. Asimismo, en el 2016, una investigación corrobora que a mayor sustitución de harina de trigo por harina de soya en cupcakes la disminución del volumen específico se hace evidente (Paucar-Menacho *et al.*, 2016).

Como se observa el comportamiento de la Ilustración 72, el volumen específico tiende a disminuir a razón de tiempo, registrándose en el último día de almacenamiento los valores de volumen específico de 2.043 ± 0.279 y $2.241 \pm 0.078 \text{ cm}^3/\text{g}$ para el control y F₆ respectivamente, este mismo comportamiento se observa en cupcakes con sustitución de harina de trigo por harina de soya evaluados durante 12 días de almacenamiento (Paucar-Menacho *et al.*, 2016).

4.4.5.2.2. Textura instrumental

Los resultados del análisis de textura instrumental (mJ) del cupcake control y cupcake mejor formulación, se muestran a continuación:

Tabla 76: Variación del textura instrumental (mJ) de los cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

TIEMPO (Días)	Textura Instrumental (mJ)*	
	Control	Mejor formulación (F ₆)
0	44.102 ± 0.754	61.879 ± 0.659
2	51.668 ± 0.865	66.833 ± 0.854
4	61.997 ± 0.564	71.331 ± 0.653
7	70.889 ± 0.755	73.022 ± 0.687
9	74.884 ± 0.234	75.176 ± 0.345
11	76.946 ± 0.078	78.357 ± 0.234
14	80.038 ± 0.436	83.128 ± 0.688

*Media de 3 repeticiones + SD.

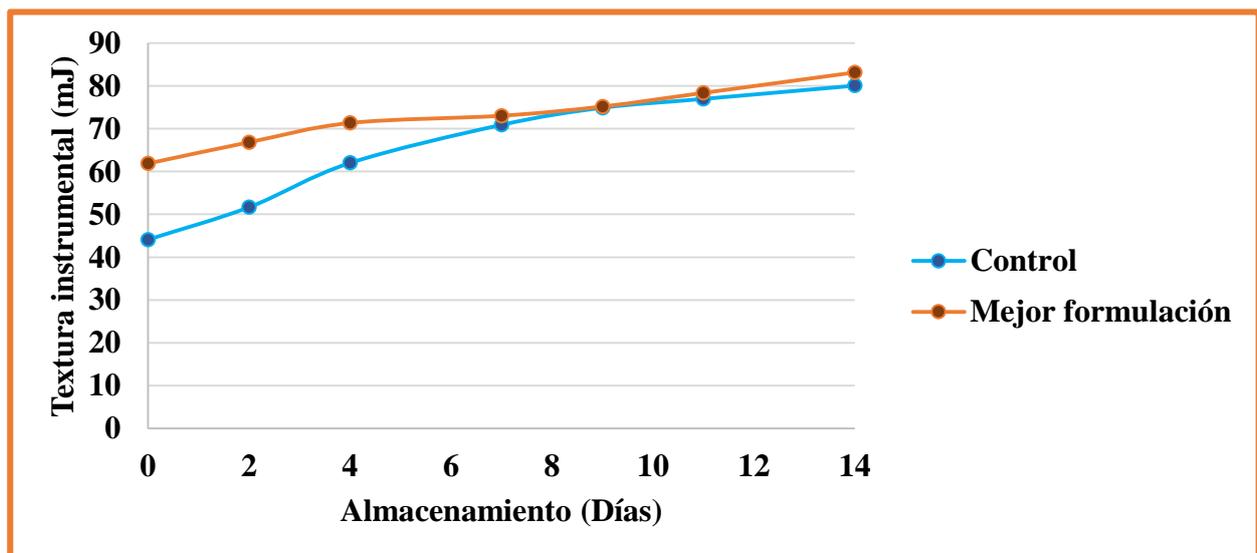


Ilustración 73: Variación de la textura instrumental (mJ) del cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

En la Tabla 76 y la Ilustración 73, se puede observar que la textura instrumental (mJ) inicial, correspondiente al cupcake control (100% harina de trigo) es 44.102 ± 0.754 mJ, mientras que para el cupcake elegido como mejor formulación (81% harina de trigo, 15% harina de camote, 4% harina de arveja) es 61.879 ± 0.659 , evidenciando que el cupcake control es más suave debido a que es necesario menos trabajo para penetrar su estructura.

La dureza puede relacionarse con el contenido de humedad, el alto contenido de azúcares, grasa y proteína que están presentes en el cupcake que causan la modificación de la firmeza del producto (Paucar-Menacho *et al.*, 2016). Frente a esto es importante mencionar que el cupcake correspondiente a la F₆, presenta en su composición mayor contenido de proteínas y menor porcentaje de humedad frente al cupcake control.

Como se observa el comportamiento de la Ilustración 73, la textura instrumental tiende a aumentar a medida que pasan los días de almacenamiento, reportándose que en el último día los valores de textura instrumental fueron 80.038 ± 0.436 y 83.128 ± 0.688 mJ para el control y F₆ respectivamente.

El envejecimiento de los productos de panificación se manifiesta como dureza de la miga, textura correosa de la corteza y pérdida de agua (Luna-Fernández y Bárcenas-Pozos, 2011). Por lo tanto, a menor contenido de humedad el producto de panificación pierde suavidad y se hace más duro (Paucar-Menacho *et al.*, 2016). Asimismo, el efecto del endurecimiento es causado porque durante el almacenamiento se da la transferencia de 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 (Cauvain y Young, 2002; Luna-Fernández y Bárcenas-Pozos, 2011)

4.4.5.2.3. Colorimetría en corteza y miga

4.4.5.2.3.1. Colorimetría corteza

El color de la corteza del cupcake es una carta de presentación al consumidor, una corteza muy pálida o en extremo oscura pueden causar el rechazo del producto (Paucar-Menacho *et al.*, 2016). En la Tabla 77 se muestran los valores obtenidos de la colorimetría de la corteza del cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 77: Colorimetría de la corteza del cupcake (mejor formulación) durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tiempo (días)	COLORIMETRÍA DE LA CORTEZA				
	Coordenadas de cromaticidad		Luminosidad	Cromaticidad	Ángulo de tonalidad
	a*	b*	L*	C	h
0	12.027 ± 0.205	42.633 ± 0.282	56.330 ± 0.946	44.297	74.246
2	12.000 ± 0.220	41.021 ± 3.408	54.827 ± 0.462	42.740	73.694
4	13.770 ± 0.446	42.887 ± 1.013	54.259 ± 1.132	45.043	72.199
7	14.000 ± 0.373	40.998 ± 0.391	53.120 ± 0.346	43.322	71.146
9	13.937 ± 0.215	41.200 ± 0.242	52.245 ± 1.235	43.493	71.311
11	14.000 ± 0.568	40.259 ± 1.230	52.135 ± 0.123	42.624	70.825
14	14.373 ± 0.214	40.157 ± 2.111	51.110 ± 0.456	42.652	70.307

*Media de 3 repeticiones + SD.

En la Ilustración 74 se muestra la tendencia de los valores de las coordenadas de cromaticidad (a* y b*), luminosidad (L), cromaticidad (C) y ángulo de tonalidad (h) de la corteza del cupcake a lo largo del periodo de almacenamiento.

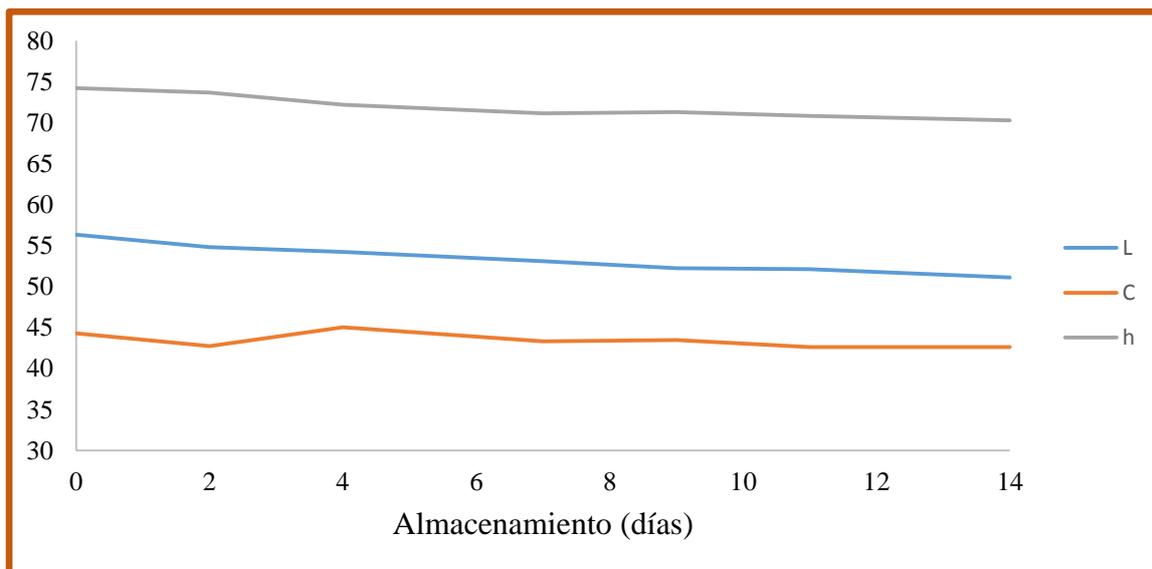


Ilustración 74: Variación de la luminosidad, cromacidad y ángulo de tonalidad de la corteza del cupcake (mejor formulación) almacenado durante 14 días a temperatura ambiente.

En la Tabla 77 e Ilustración 74 se puede observar los valores de L^* , C y h , que al transcurrir los días ligeramente van disminuyendo. Con respecto a L^* el primer día obtuvo un valor de 56.330 ± 0.946 el cual tiene una tendencia hacia el color blanco pero al transcurrir los días de almacenamiento este muestra una ligera disminución hacia la tendencia al color blanco mostrando un valor de 51.110 ± 0.456 .

El cupcake en el primer día de evaluación presentó una mayor luminosidad y mayor intensidad del color dorado en la corteza. Esto se debe a la Reacción de Maillard (Cauvain y Young, 1998), la cual se produce por el contacto en calor entre los azúcares y los aminoácidos (proteínas) presentes en la formulación. Estudios realizados por Güemes *et al.* (2009), Visentín *et al.* (2009), y Solís (2013) afirman que al aumentar la concentración de proteínas en las mezclas de panificación se logra intensificar el color dorado en la corteza del pan.

Con respecto a C, en el primer día obtuvo un valor de 44.297 y en el día 14 fue de 42.652, notándose una ligera disminución al transcurrir los días de almacenamiento. El ángulo de tonalidad (h) en el primer día de evaluación tuvo un valor de 74.246 con una tendencia hacia el color amarillo debido a la presencia de harina de arveja. En el último día de evaluación presento un valor de 70.307. Estos valores de (h) se encuentran dentro del primer cuadrante con una ligera tendencia de amarillo a rojo conforme van transcurriendo los días. Los valores de (b*) confirman la tendencia del color de la corteza de los cupcakes de azul a amarillo.

4.4.5.2.3.2. Colorimetría miga

En la Tabla 78 se muestran los valores obtenidos de la colorimetría de la miga del cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 78: Colorimetría de la miga del cupcake (mejor formulación) durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tiempo (días)	COLORIMETRÍA DE LA MIGA				
	Coordenadas de cromaticidad		Luminosidad	Cromacidad	Ángulo de tonalidad
	a*	b*	L*	C	h
0	-1.093 ± 0.243	34.870 ± 1.824	75.923 ± 0.346	34.887	88.205
2	-1.453 ± 0.157	33.594 ± 0.547	72.256 ± 1.048	33.625	87.523
4	-1.930 ± 0.216	32.890 ± 0.277	69.254 ± 0.523	32.947	86.642
7	-2.659 ± 0.455	35.560 ± 0.694	66.781 ± 1.563	35.659	85.724
9	-2.510 ± 0.215	36.907 ± 0.242	64.727 ± 0.510	36.992	86.109
11	-2.223 ± 0.214	31.256 ± 1.013	63.537 ± 0.456	31.335	85.932
14	-2.213 ± 0.205	30.590 ± 0.124	61.900 ± 2.751	30.670	85.862

*Media de 3 repeticiones + SD.

En la Tabla 78 se puede observar los valores de a^* y b^* que al transcurrir los días ligeramente van disminuyendo. Con respecto a la coordenada de cromaticidad (a^*) el primer día obtuvo un valor de -1.093 ± 0.243 el cual muestra una tendencia hacia el color rojo pero al transcurrir los días de almacenamiento presento un valor final de -2.213 ± 0.205 el cual indica que la tendencia hacia el color rojo se va perdiendo. Con respecto al valor (b^*), el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 34.870 ± 1.824 el cual muestra una ligera tendencia al color amarillo. En el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 30.590 ± 0.124 , lo cual indica que la tonalidad amarilla se va degradando al transcurrir de los días. La tonalidad amarilla presentada en la miga fue menor al de la corteza. En la Ilustración 75 se muestra la tendencia de los valores de las coordenadas de cromaticidad (a^* y b^*), luminosidad (L^*), cromaticidad (C) y ángulo de tonalidad (h) de la miga del cupcake a lo largo del periodo de almacenamiento.

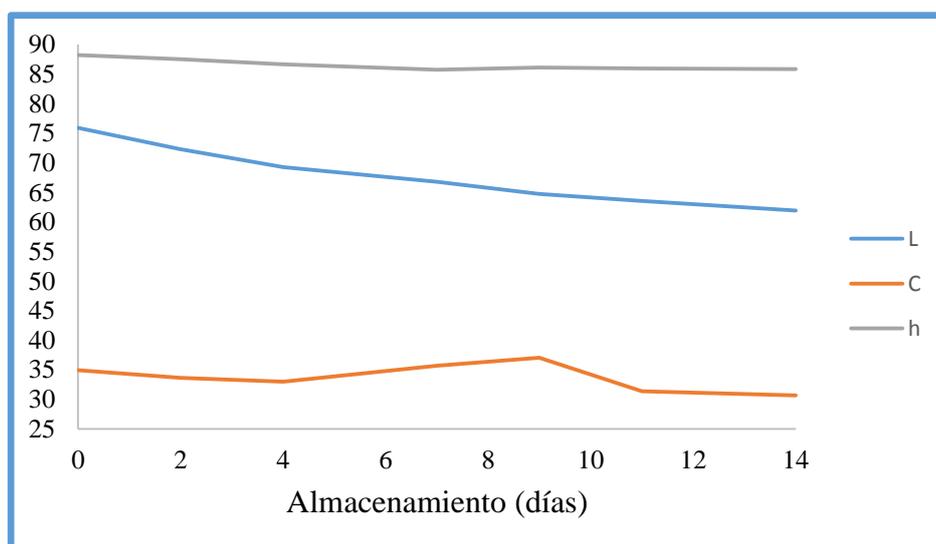


Ilustración 75: Variación de la luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad de la miga del cupcake (mejor formulación) almacenado durante 14 días a temperatura ambiente.

En la Ilustración 75 se puede observar los valores de L^* , C y h , que al transcurrir los días ligeramente van disminuyendo. Con respecto a L^* (luminosidad) el primer día obtuvo un valor de 75.923 ± 0.346 el cual tiene una tendencia hacia el color blanco pero al transcurrir los días de almacenamiento esta ligera tendencia del color de la miga del cupcake se va degradando obteniendo en la evaluación un valor final de 61.900 ± 2.751 . La luminosidad de la miga del cupcake tuvo una mayor tendencia hacia el color blanco que la luminosidad de la corteza del cupcake. Con respecto al ángulo de tonalidad (h) el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 88.205 con una alta tendencia hacia el color amarillo y en el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 85.862 lo cual nos indica que estos valores están dentro del primer cuadrante (rojo-amarillo) y que al transcurrir los días la coloración amarilla se va perdiendo. El valor C (cromacidad) fue de 34.887 en el primer día y en el último día fue de 30.670, lo cual indica una disminución al transcurrir de los días.

4.4.5.2.4. Actividad de agua (a_w)

En la Tabla 79 e Ilustración 76, se muestran los resultados del análisis de actividad de agua del cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 79: Variación de la actividad de agua del cupcake control y cupcake mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tiempo (Días)	Actividad de agua (a_w)*	
	Control	Mejor formulación
0	0.711 ± 0.004	0.712 ± 0.071
2	0.709 ± 0.123	0.711 ± 0.062
4	0.705 ± 0.245	0.708 ± 0.132
7	0.700 ± 0.007	0.704 ± 0.005
9	0.691 ± 0.002	0.701 ± 0.051
11	0.677 ± 0.014	0.695 ± 0.005
14	0.670 ± 0.028	0.675 ± 0.001

*Media de 3 repeticiones + SD.

Los resultados de actividad de agua según lo reportado en la presente investigación tomaron valores desde 0.711 ± 0.004 hasta 0.670 ± 0.028 para el cupcake control y valores de 0.712 ± 0.071 hasta 0.675 ± 0.001 para el cupcake mejor formulación. Como se puede observar en la Ilustración 76, que al transcurrir 14 días de evaluación los valores de actividad de agua fueron disminuyendo a razón de tiempo.

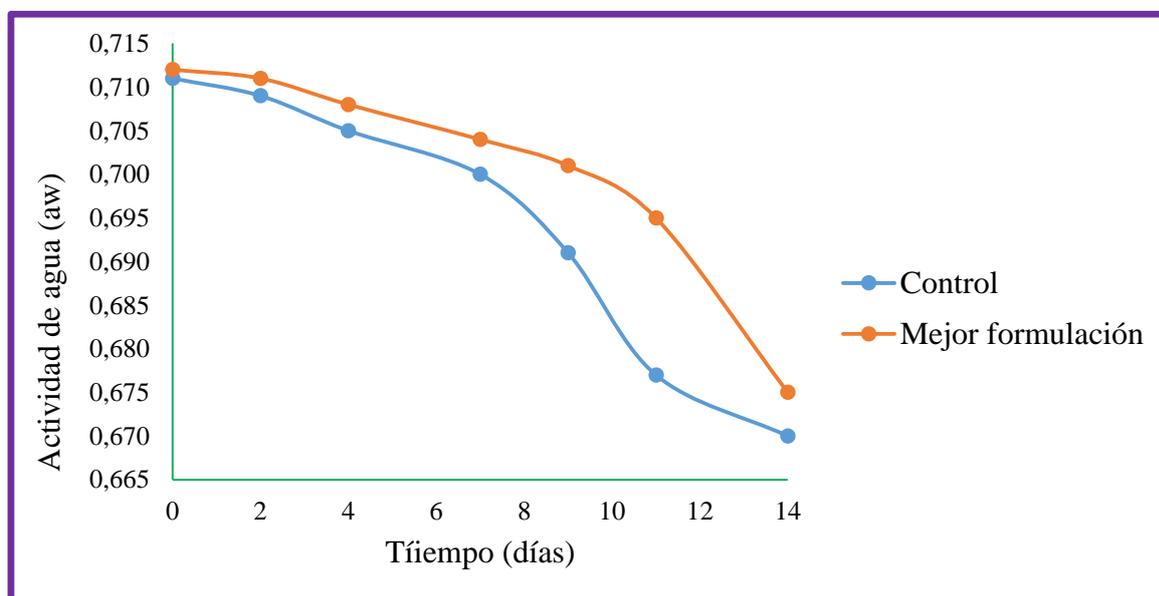


Ilustración 76: Variación de la actividad de agua del cupcake control y cupcake mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

La disminución de a_w durante el tiempo de almacenamiento se debe a la migración de agua de la muestra hacia el ambiente, los cupcakes no se vieron afectados extremadamente con la disminución de a_w debido a que estuvieron empacados con bolsas de polietileno de alta densidad los cuales amortiguaron la pérdida de a_w al ambiente. Investigaciones similares realizadas por Paucar-Menacho *et al.* (2016), Arteaga y Silva (2015) y por Guzmán y López (2015) reportaron resultados similares de disminución de actividad de agua (a_w) conforme el tiempo de almacenamiento. La pérdida de actividad de agua se ve afectada también por la migración de agua de la miga hacia la corteza del producto, debido a las diferencia entre la presión de vapor de la corteza y la miga, dando lugar a una disminución en el contenido de agua y por lo tanto en la actividad de agua de las muestras (Gray y Bemiller, 2003).

El contenido de humedad y la a_w de la miga y la corteza en un producto de panificación cambian significativamente durante el almacenamiento, esto es debido a que en un sistema cerrado, el agua contenida se equilibra, como consecuencia del gradiente de a_w existente entre la miga y la corteza, dando lugar a una ganancia de humedad por parte de la corteza y a una disminución en la miga. La redistribución de la humedad contribuye al envejecimiento de los productos de panificación (Baik y Chinachoti, 2000.) Por otro lado, en un sistema abierto, la transferencia de agua se da en relación a la diferencia entre la a_w de la corteza y la humedad relativa del medio ambiente.

4.4.5.2.5. Peso

Los resultados del análisis de peso (g) de los cupcake control y de la mejor formulación, se muestran a continuación:

Tabla 80: Variación de peso (g) de los cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

TIEMPO (Días)	PESO (g)*	
	Control	Mejor formulación (F6)
0	50.739 ± 0.054	50.468 ± 0.006
2	50.714 ± 0.038	50.435 ± 0.034
4	50.671 ± 0.086	50.394 ± 0.028
7	50.603 ± 0.005	50.331 ± 0.023
9	50.441 ± 0.034	50.232 ± 0.035
11	50.162 ± 0.023	50.079 ± 0.029
14	49.744 ± 0.057	49.849 ± 0.159

*Media de 3 repeticiones +SD.

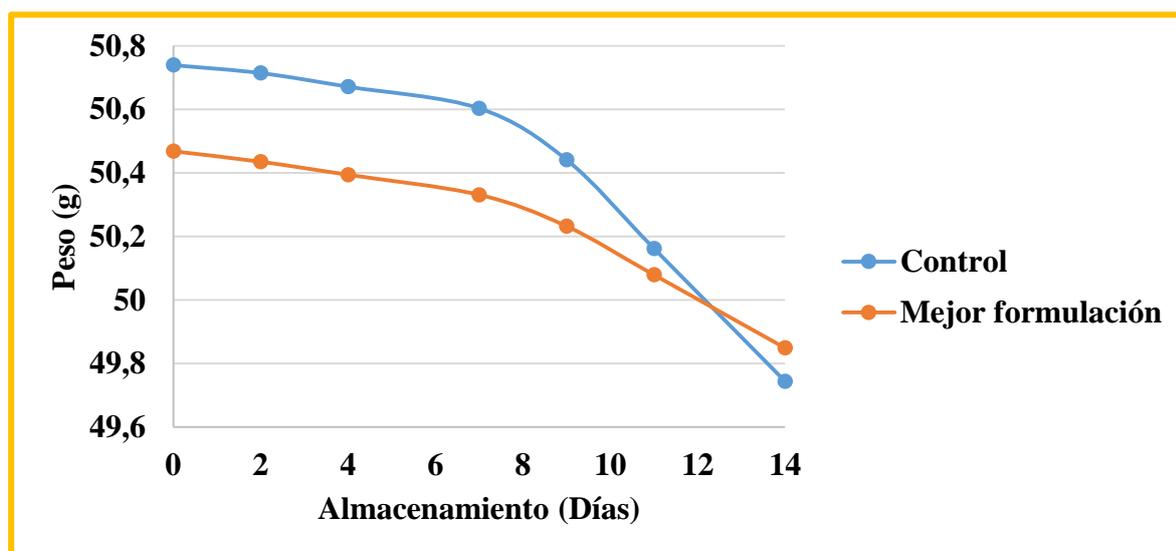


Ilustración 77: Variación del peso (g) de los cupcake control y cupcake de mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

En la Tabla 80 y la Ilustración 77, se puede observar que el peso (g) inicial correspondiente a el cupcake control (100% harina de trigo) es 50.739 ± 0.054 g, mientras que para el cupcake elegido como mejor formulación (81% harina de trigo, 15% harina de camote, 4% harina de arveja) es 50.468 ±

0.006 g. Como se observa el comportamiento de la Ilustración 77, el peso tiende a disminuir a medida que pasan los días de almacenamiento, registrándose en el último día de los pesos 49.744 ± 0.057 y 49.849 ± 0.159 g correspondientes a la formulación control y F₆ respectivamente.

Frente a esto Luna-Fernández y Bárcenas-Pozos (2011), explican que si la humedad relativa del aire que rodea al pan recién retirado del horno es inferior a la actividad de agua del mismo, habrá una salida de agua del pan hacia el entorno, de lo contrario el pan ganará agua. Por otro lado, la miga del pan recién horneado tiene una a_w de agua superior a la de la corteza; esta diferencia provoca que agua que se encuentra en el interior del pan se desplace a la superficie. Así pues la pérdida de peso está estrechamente relacionada con el contenido de a_w de agua y la humedad relativa del ambiente en que se encuentre almacenado.

4.4.5.3. Vida Útil

La determinación de la vida útil se realizó con el cupcake seleccionado como mejor formulación (F₆), bajo controles sensoriales, tecnológicos y microbiológicos a razón del tiempo, durante 14 días. Los cupcakes estuvieron almacenados a temperatura ambiente envasados en bolsas de polietileno de alta densidad.

4.4.5.3.1. Controles sensoriales

Para la determinación de la vida útil se trabajó con la evaluación de sabor y textura sensorial, estos atributos fueron evaluados en base a la escala hedónica con valores que van de

1(muy malo) a 9 (excelente) a través del juicio emitido por 20 panelistas durante 11 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 3.1 y 3.2 para el sabor y textura sensorial respectivamente.

4.4.5.3.1.1. Sabor sensorial

En la Ilustración 78 se puede observar cómo va disminuyendo el puntaje de sabor sensorial a través del tiempo, en el día cero el promedio alcanzado fue de 8.66 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 (Wittig, 2001). En el día 11, el puntaje obtenido desciende a 6.58 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 (F_6) bajo la evaluación del sabor sensorial es de 17 días. Tiempo en que este atributo alcanza el límite de aceptabilidad planteado “5.5” (Wittig *et al.*, 2003).

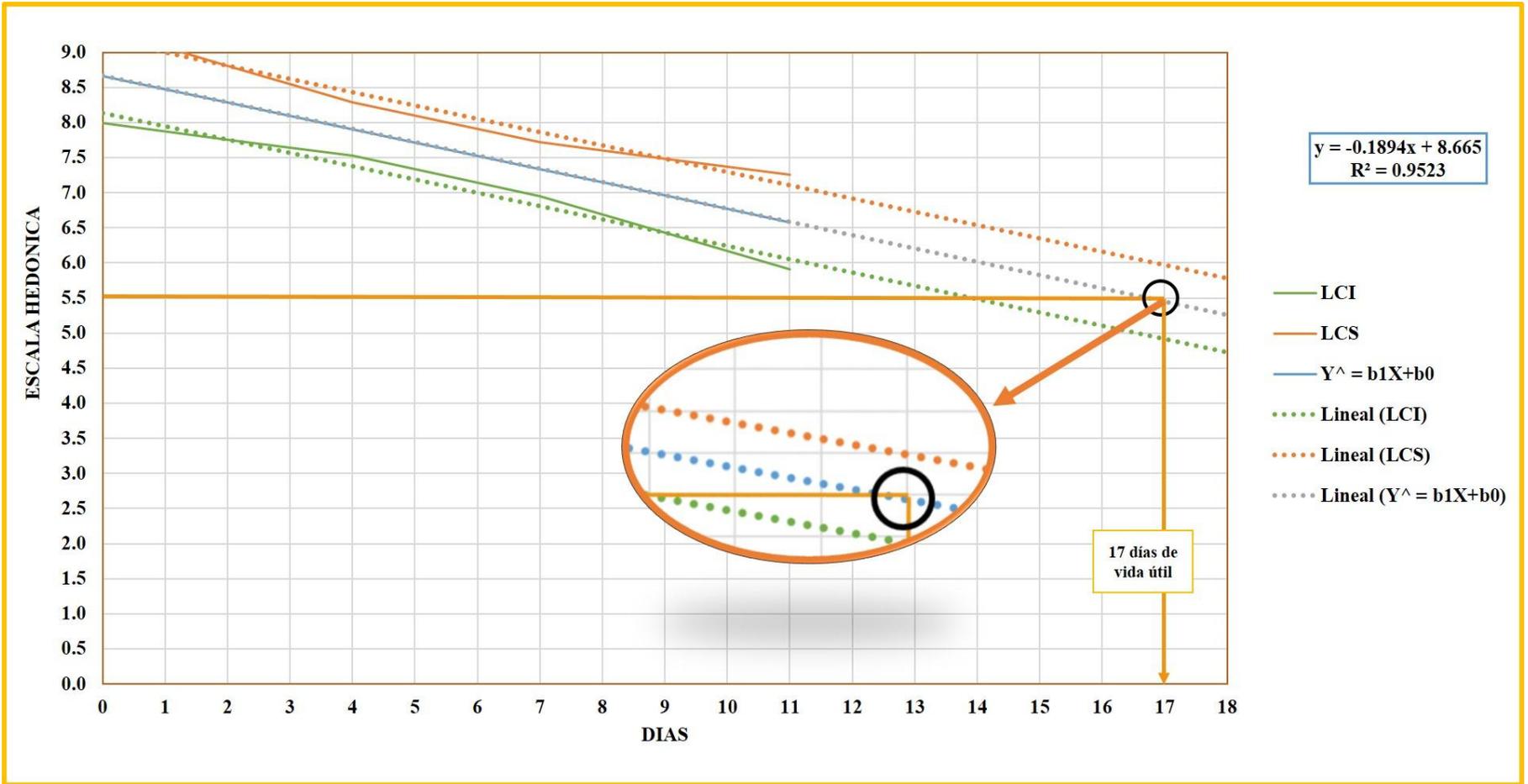


Ilustración 78: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake elegido como mejor formulación (F₆) bajo el atributo de sabor sensorial.

4.4.5.3.1.2. Textura sensorial

En la Ilustración 79 se puede observar cómo va disminuyendo el puntaje de textura sensorial a través del tiempo, en el día cero 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 (Wittig, 2001). En el día 11, el puntaje obtenido desciende a 6.3 valor que se encuentra ligeramente por encima del nivel 6 (satisfactorio).

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil correspondiente al cupcake elegido como mejor formulación (F_6) bajo la evaluación de la textura sensorial es de 16 días. Tiempo en que este atributo alcanza el límite de aceptabilidad planteado “5.5” (Wittig *et al.*, 2003).

En el 2014, se realizó una investigación para determinación de vida útil de cupcakes (83% harina de trigo, 5% harina de tarwi, 12% harina de cascara de maracuyá) bajos los mismos criterios usados textura y sabor sensorial, donde se determinó un tiempo de vida útil de 12 días (Arteaga y Silva, 2015), menor al obtenido en la presente investigación.

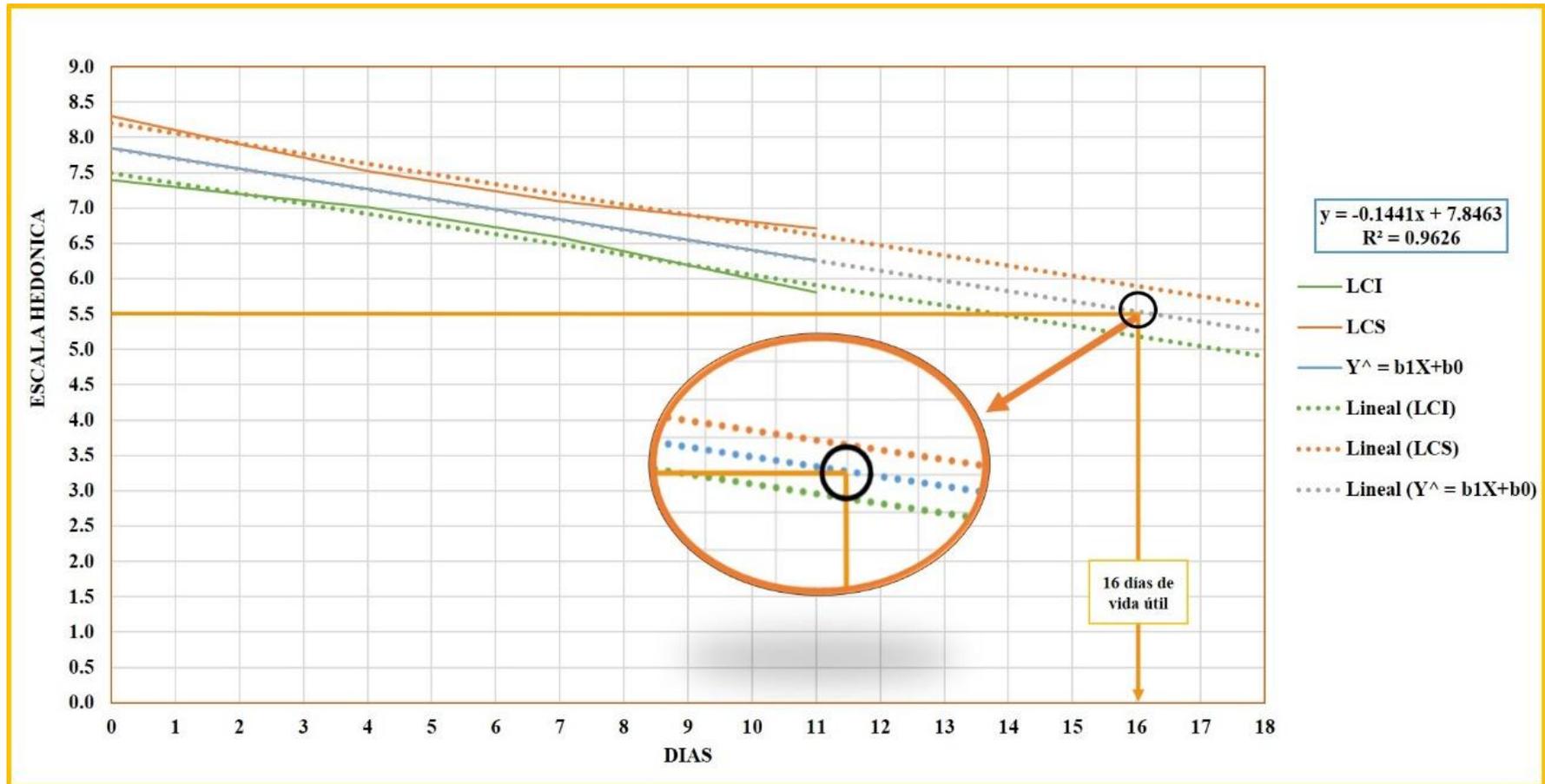


Ilustración 79: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de cupcake elegido como mejor formulación (F₆) bajo el atributo de textura sensorial.

4.4.5.3.2. Controles tecnológicos

4.4.5.3.2.1. 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 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 81: Variación del % de acidez del cupcake mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tiempo (días)	% Acidez*
0	0.086 ± 0.004
2	0.109 ± 0.042
4	0.145 ± 0.036
7	0.182 ± 0.054
9	0.218 ± 0.067
11	0.252 ± 0.63
14	0.293 ± 0.032

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

Los cálculos matemáticos para la determinación de la vida útil del cupcake de mejor formulación se presentan en el Anexo 3.3. En la Ilustración 80, 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.

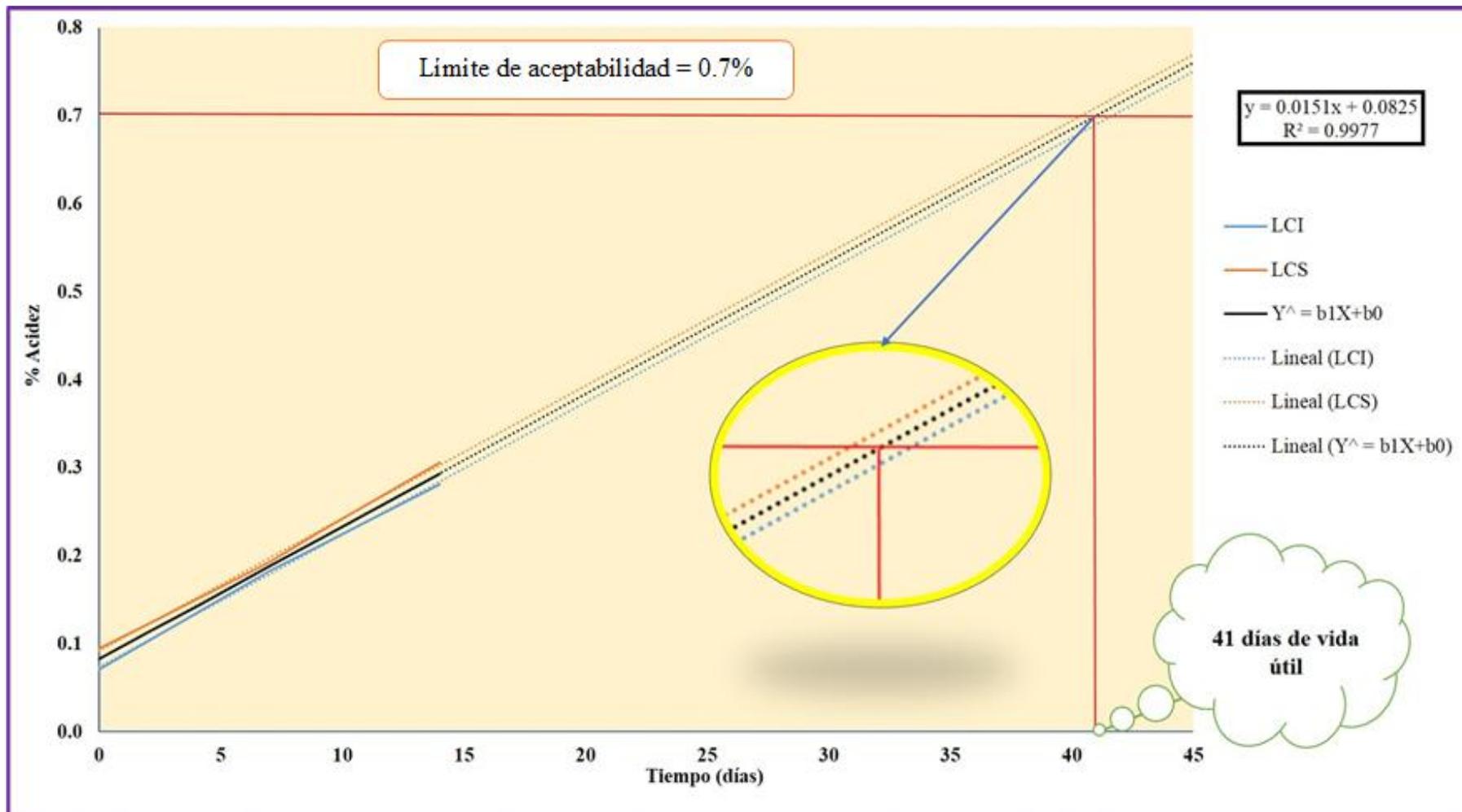


Ilustración 80: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake elegido como mejor formulación (F₆) bajo el análisis del % de acidez.

En la Tabla 81 podemos observar que en el primer día de evaluación se tuvo un % de acidez de 0.086 ± 0.004 % y en la última evaluación realizada se llegó a tener un % de acidez de 0.293 ± 0.032 %. En la Ilustración 86, el % de acidez del cupcake de mejor formulación se incrementa conforme los días de almacenamiento van transcurriendo.

El contenido máximo de % de acidez permisible para este tipo de productos según la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería (RM N° 1020-2010/MINSA) es de 0.7%. En la evaluación realizada para el cupcake de mejor formulación durante 14 días, el % de acidez no sobrepaso este límite, por lo cual se tuvo que realizar una proyección en el tiempo para determinar la vida útil del producto, resultando que el cupcake de mejor formulación tiene una duración de 41 días almacenado a temperatura ambiente con empaque de bolsas de polietileno de alta densidad.

4.4.5.3.3. Controles microbiológicos

4.4.5.3.3.1. Mohos

El control microbiológico se realizó mediante el recuento de mohos (Ufc/g) de acuerdo a lo establecido por norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para productos de panadería, pastelería y galletería (MINSA y DIGESA, 1998).

Los resultados obtenidos del análisis microbiológico elegido como mejor formulación (F₆) durante los días 1, 4, 9 y 14 de almacenamiento se muestran en la Tabla 82.

Tabla 82: Análisis microbiológico del cupcake elegido como mejor formulación (F₆) durante 14 días de almacenamiento.

Almacenamiento	Recuento de mohos (ufc/g)*
Día0	0.00 ± 0.00
Día2	0.00 ± 0.00
Día4	0.00 ± 0.00
Día7	0.00 ± 0.00
Día9	0.00 ± 0.00
Día 11	0.00 ± 0.00
Día14	1.03x10 ³ ± 2.08

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

En los resultados se puede observar que hasta el día 11 no se evidenciaron el crecimiento de mohos (ufc/g) mientras que en el día 14 se presencié 1.03x10³ ufc/g valor que sobrepasa los límites establecidos por la norma técnica peruana (MINSa y DIGESA, 1998). Sin embargo, se considera que el tiempo de vida útil es hasta el día 11 debido que hasta ese día se garantiza la ausencia de mohos.

4.4.6. Determinación de tiempo de vida útil

En la Tabla 83, se presenta el resumen de los días de evaluación correspondientes al estudio de vida útil, donde se observa que el resultado de sabor sensorial alcanza a los 11 días un valor de 6.42 (entre satisfactorio y bueno), alcanzando el valor límite (5.5) a los 17 días.

Los resultados del análisis de la textura sensorial indican que en el día 11 se obtiene un valor de 6.17 llegando a una calidad satisfactoria, en que alcanza un deterioro tolerable (grado 2), mientras que a los 16 días llega al valor límite (5.5). Por otra parte, los resultados del % de acidez manifiestan que hasta el día 14 se mantiene por debajo de 0.29%, alcanzando su límite (0.7%) según la regresión hasta el día 41.

En el recuento de mohos, los resultados indican que durante los 11 días el producto mantuvo buena calidad sanitaria, debido a la ausencia total de ufc/g. Mientras que a partir del día 14 se evidencian el crecimiento de mohos (1.03×10^3 ufc/g), los cuales sobrepasan los límites establecidos por la norma técnica peruana (MINSA y DIGESA, 1998). Por lo tanto para este caso se consideran 11 días de vida útil en los que se garantizan la ausencia total de mohos.

Finalmente, teniendo en cuenta que los resultados de la evaluación recuento de mohos es el limitante, se considera que la vida útil es de 11 días, tiempo en que el producto mantiene buena calidad sanitaria, sensorial y tecnología.

Tabla 83: Análisis realizados durante el estudio de vida útil

Evaluación	Día 0	Día 2	Día 4	Día 7	Día 9	Día 11	Día 14	Límite	Vida útil (Días)
Sabor Sensorial*	8.54 ± 2.25	8.51 ± 1.23	7.75 ± 1.54	7.35 ± 0.51	7.17 ± 0.24	6.42 ± 1.54	-	5.50	17
Textura Sensorial*	7.84 ± 1.58	7.65 ± 0.45	7.08 ± 2.64	6.92 ± 0.62	6.67 ± 1.23	6.17 ± 0.32	-	5.50	16
Acidez (%) **	0.09 ± 0.004	0.11 ± 0.042	0.15 ± 0.036	0.18 ± 0.054	0.22 ± 0.067	0.25 ± 0.63	0.29 ± 0.032	0.70	41
Recuento de mohos (ufc/g)**	0 ± 0.00	0 ± 0.00	0 ± 0.00	0 ± 0.00	0 ± 0.00	0 ± 0.00	1.03x10 ³ ± 0.0	1x10 ³	11

* Media de 20 repeticiones (panelistas) + SD.

** Media de 3 repeticiones + SD.

V. CONCLUSIONES

- ❖ En la composición proximal, la harina de arveja presento el mayor contenido de proteína, la harina de camote el menor contenido de grasa y mayor contenido de carbohidratos, mientras que la harina de trigo el mayor contenido de humedad.
- ❖ De acuerdo al cómputo químico de aminoácidos, todas las formulaciones sobrepasan el límite mínimo del 70% recomendado por la FAO/OMS, a excepción de la F₇ (69,43%) con respecto a la Lisina.
- ❖ La harina de trigo, en el análisis de colorimetría, presento el mayor valor de luminosidad. Mientras que la harina de arveja, los valores más altos para cromaticidad y ángulo de tonalidad. Asimismo, la harina de trigo obtuvo el mayor valor de pH y a_w con respecto a las de más harinas.
- ❖ La harina de trigo presentó el mayor porcentaje de partículas finas, mientras que la harina de arveja el mayor contenido de partículas gruesas, con respecto a la demás harinas.
- ❖ Porcentajes de sustitución mayores al 7% de harina de camote y menores al 6% de harina de arveja, contribuyen a obtener características tecnológicas similares al cupcake control.
- ❖ Porcentajes de sustitución mayores a 13% de harina de camote mejoran las características sensoriales, mientras que porcentajes mayores al 4% de sustitución de harina de arveja muestran efectos negativos sobre estos atributos.
- ❖ La mejor formulación (F₆) presenta un mayor contenido de proteínas, un incremento en fibra y una reducción en el contenido de grasa con respecto a la formulación control.
- ❖ El análisis microbiológico limitó el tiempo de vida útil del cupcake estableciéndose un período de 11 días.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda realizar sustituciones de harina de camote y arveja 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, incremento en fibra y una reducción en el contenido de grasa.
- ❖ En la determinación de las características tecnológicas se recomienda, para la obtención de características similares al cupcake control, una región delimitada para Textura de 7-15 % y 4-6%, Volumen específico 7-15 % y 3- 6 %, Colorimetría 6-15 % y 2-7 % y Actividad de agua 13-15 % y 3-5% de harina de camote y arveja respectivamente
- ❖ En las características sensoriales, para la obtención de mayores valores de aceptación, se recomienda una región delimitada para el Color de 7.5-15% y 0-4%, Sabor 13-15% y 1-4% y textura 7.5-14% y 3-5% de sustitución de harina de camote y arveja.
- ❖ Investigar métodos que permitan establecer un mayor periodo de vida útil bajo criterios microbiólogos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 📖 Aguirre, E.; Rodríguez, G. 1997. Industria de cereales y Panificación. Universidad Nacional del Santa. Departamento Académico de Agroindustria. Única Edición. Chimbote – Perú.
- 📖 American Association of Cereal Chemist (AACC). 2000. Approved Methods of the AACC. Décima Edición. The American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.EE.UU.
- 📖 Alarcón, J; Ramírez, L. 2013. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cupcakes en Pereira. Tesis presentada como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Industrial. Facultad Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica de Pereira
- 📖 Alasino, M. 2009. Harina de arveja en la elaboración de pan. Estudio del efecto de emulsionantes como mejoradores de volumen y vida útil. Tesis presentada para la obtención del Grado Académico de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral
- 📖 Alasino, M.; Andrich, O.; Sabbag, N.; Costa, S.; De la Torre, M.; Sánchez, H. 2008. Panificación con harina de arvejas (*Pisum sativum*) previamente sometidas a inactivación enzimática. Archivos Americanos de Nutrición (ALAN). 58: 397-402.
- 📖 Albán, C.; Figueroa, A.; Cornejo, F. 2011. Elaboración de sopa instantánea a partir de harina de Ipomoea batatas (camote). Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol).
- 📖 Alcazar, J. 2010. Manual de Aprendizaje de Materias Primas Regionales. Arequipa-Perú.
- 📖 Al-Hooti, S.; Sidhu, S.; Al-Saqer, M.; Al-Othman A. 2002. Effect of raw wheat germ addition on the physical texture and objective color of a designer food (pan bread). Food/Nahrung, 46 (2): 68-72

- 📖 Arteaga, P.; Silva, A. 2015. Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) y harina de cascara de maracuyá (*Passiflora edulis*) en la características fisicoquímicas y sensoriales de cupcakes. Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Santa.
- 📖 Asociación española de masas congeladas (ASEMAC). 2008. “Guía de Criterios Microbiológicos Aplicables al Sector de las Masas Congeladas para Panadería, Bollería y Pastelería”. España.
- 📖 Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC) International 923.03. 1995. Ash of Flour. 18th Edición.
- 📖 Association of Official Analytical Chemists (AOAC).1996. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Sorting corn grits. Sieving method.
- 📖 Aykroyd, R.; Doughty, J. 1978. El Trigo en la alimentación humana. Fao Inter-Departmental Working Group, 23: 178-185
- 📖 Badui, S. 2013. Química de los alimentos - Quinta edición. Pearson Educación. México.
- 📖 Bastidas, S.; De la Cruz, S. 2010. Utilización de harina de camote (*Ipomoea Batatas*) en la elaboración de pan. Tesis Para optar el Título Profesional de Ingenierías de Alimentos. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Guayaquil – Ecuador.
- 📖 Beltrán, X.; Saenz, G. 2014. Optimización de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quinua wild*) y harina de zapallo (*Curcubita máxima dutch*) en la elaboración de cupcakes. Tesis Para optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Del Santa.

- 📖 Baik, Y.; Chinachoti, P. 2000. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. *Cereal chemistry*, 77(4): 484-488
- 📖 Bowden, D.; Graybill, F. 1966. Confidence bands of uniform and proportional width for linear models. *J. Amer. Statist. Assoc.*, 61:182-198.
- 📖 Caicedo, P. 2011. Estudio de aceptabilidad de pan elaborado con mezclas de harina de trigo (canadiense) y cebada (*iniap canicapa*) para la generación de panaderías tipo artesanal en el Canton Ambato. Tesis Para optar el Título Profesional de Ingeniería en Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad Técnica de Ambato- Ecuador.
- 📖 Calaveras, J. 2004. Nuevo tratado de panificación y bollería. Madrid, España.
- 📖 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. Chimbote –Perú.
- 📖 Castro, G. 2005. Evaluación de harinas de arveja (*Pisum sativum*) de tres cultivares, como sustituto parcial de harina de pescado, en la formulación de alimento para salmónidos. Tesis presentada para optar al grado de Licenciado en Ingeniería en Alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile
- 📖 Cauvain, S.; Young, L. 1998. Fabricación del pan. Editorial Acribia, 60: 330-375
- 📖 Cauvain, S.; Young, L. 2002. Fabricación de pan. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.
- 📖 Codex Alimentarius. 2007. Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales. Organización Mundial De La Salud y Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación. Codex Standard 152-1985 Pág.: 31-35

- 📖 Conon, C.; Burraco, E.; Bazán, N. 2001. Tabla de composición de alimentos. Harina de arveja.
- 📖 Collazos, C. 1993. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. 6ta edición. Lima: Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Nutrición.
- 📖 Clarke, I.; Schober, J.; Angst, E.; Arendt, K. 2003. Use of response surface methodology to investigate the effects of processing conditions on sourdough wheat bread quality. *European Food Research and Technology*, 217: 23-33.
- 📖 Cruz, E.; Vargas, M. 2011. Diseño de una planta de procesadora de galletas, utilizando harina de camote (*Ipomoea batata*), ubicada en Guayllabamba Provincia de Pichincha al Nororiente de la Ciudad de Quito. Tesis Para optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial y de Alimentos. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad de las Américas.
- 📖 Da Silva, C. 2007. Efeito da adição de xilanase, glicose oxidase e ácido ascórbico na qualidade do pão de forma de farinha de trigo de grão inteiro. Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.
- 📖 De la Vega, G. 2009. Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Temas de ciencia y tecnología* 13 (38): 27-32.
- 📖 Dunn, J. 1968. A note on confidence bands for a regression line over a finite range. *J. Am. Stat. Assoc.* 63, 1028-1033.
- 📖 Esteller, M. 2004. Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Farmacêuticas. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo.
- 📖 Esteller, M.; Amaral, R.; Lannes, S. 2004. Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. *Journal of Texture Studies*, 35:383-393.

- 📖 Esteller, M.; Lannes, S. 2005. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 25(4): 802-806.
- 📖 FAO. 1985. *Elaboración de productos Agrícolas*.
- 📖 FAO/WHO/UNU. 2007. *Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition*.
- 📖 Food and Drug Administration (FDA). 1978. *Bacteriological Analytical Manual*. Division of Microbiology. 5th Edición. Washington D.C. USA
- 📖 Folks, L.; Antle, E. 1967. Straight line confidence regions for linear models. *J. Am. Stat. Assoc.* 62, 1365-1374.
- 📖 Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER). 2016. *Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos: Harina de arveja*.
- 📖 Gacula, M.; Singh, J. 1984. *Statistical methods in food and consumer research*. Editorial Academic Press. Orlando, Florida.
- 📖 Godoy, R. 2010. *Análisis químico, evaluación sensorial y valor proteico de una galleta de harina de trigo (*Triticum aestivum*) y harina de arveja dulce (*Pisum sativum*)*. Tesis Para Optar al Grado de Maestría en Alimentación y Nutrición. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 📖 Guzmán, F.; López, G. 2015. “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de kiwicha (*amaranthus caudatus*) y grano entero de chíá (*salvia hispanica*) en la elaboración de cupcakes”. Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Santa.

- 📖 Güemes, N.; Totosaus, A.; Hernandez, J.; Soto, S.; Aquino, E. 2009. Propiedades de textura de masa y pan dulce tipo “concha” fortificado con proteínas de suero de leche. *Journal of Food Science and Technology* 29(1): 70-75
- 📖 Gnauck, B.; Frundt, P. 1989. El Polipropileno. En *Iniciación a la química de plásticos*. Hanser Editorial, 62-70
- 📖 Gray, J.; Bemiller, J. 2003. Bread Staling: Molecular Basis and Control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2: 1-21
- 📖 Herrera, S.; Sisalima, D. 2013. Elaboración de donas (rosquillas) a base de harina de camote morado, quinua y trigo, y evaluación de su potencial nutritivo. Tesis Para Optar el Título Profesional de Bioquímico Farmacéutico. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Cuenca, Ecuador.
- 📖 Hori, R. 2012. The Brabender 3-Phase-System: Indispensable en el Control de Calidad, Investigación y Desarrollo. Merida-Mexico.
- 📖 Huang, Y.; chang, Y.; Shao, Y. 2006. Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan. *Food Chemistry* 98: 529–538
- 📖 ISO 7973.1993. Cereals and milled cereal products - Determination of the viscosity of flour - Method using an amylograph.
- 📖 ISO 5530-1. 2013. Wheat flour-Physical characteristics of doughs-Part 1: Determination of water absorption and rheological properties using a farinograph.
- 📖 ISO 5530-2. 2012. Wheat flour- Physical characteristics of doughs- Part 2: Determination of rheological properties using an extensograph.
- 📖 Izaurieta, M. 2012. Análisis Proximal: en harinas de pescado. Departamento de ciencias de los alimentos y tecnología química. Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas. Universidad de Chile.

- 📖 Juárez, Z.; Bárcenas-Pozos, M.; Hernández, L. 2014. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 8:79-93
- 📖 Kirk, R.; Sawyer, R.; Egan, H. 2011. Composición y Análisis de los Alimentos de Pearson. 2a edición. Grupo Editorial Patria.
- 📖 Laínez, E. 2006. Estudio de la estabilidad del pan parcialmente horneado conservado en refrigeración. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas, Puebla. México.
- 📖 Lappé, M. 1991. Diet for a Small Planet. 20 th Aniv. Ed. Ballantine Books, New York.
- 📖 Lavado, N.; Mandujano, M. 2006. Elaboración de galletas enriquecidas a partir de harinas de: trigo (*Triticum aestivum*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*), frijol de palo (*Cajanus cajan*); y camote (*Ipomoea batatas*), para desayunos de niños en edad escolar. Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Santa.
- 📖 Linares, L.; Ureña, M.; Ruales, J. 2015. Efecto del curado sobre las propiedades térmicas del almidón de camote (*Ipomoea batatas L.*). Agroindustrial Science 5:1.
- 📖 Liu, T.; Hou, G.; Lee, B.; Marquart, L.; Dubat, A. 2016. Effects of particle size on the quality attributes of reconstituted whole-wheat flour and tortillas made from it. Journal of Cereal Science 71: 145-152.
- 📖 López, H. 2014. Estudio de las características reológicas de la mezcla de harina de trigo (*Triticum aestivum*), con la harina de cebada (*Hordeum vulgare*) y arveja (*Pisum sativum*) para la elaboración de pan de molde integral. Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Santa.
- 📖 Lorenz, K.; Dilsaver, W. 1982. Bread compressibility as affected by slice thickness. Journal of Food Science 47: 689-691.

- 📖 Luna-Fernández, M.; Bárcenas-Pozos, M. 2011. Envejecimiento del pan: causas y soluciones. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 5(2):40-53.
- 📖 Martí, H.; Mittidieri, M.; Di Feo, L.; Segade, G.; Constantino, A. 2014. Producción agroecológica de batata para el gran cultivo y la huerta familiar. Instituto nacional de tecnología agropecuaria (INTA). 1ª edición
- 📖 Mijan, R.; Salomón, N. 2007. “Trigos Argentinos de Calidad”. Bahía Blanca - Argentina.
- 📖 Ministerio de salud (MINSA) y Dirección General de Salud Ambiental (DISESA). 2007. Norma Sanitaria que Establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano.
- 📖 MINSA y DIGESA. 1998. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.
- 📖 Montoya, J.; Giraldo, G. 2010. Caracterización físico-química de harina de trigo, masa y pan. *Rev. Invest. Univ. Quindío* (20): 29-35.
- 📖 Moorthy, S. 2002. Physicochemical and Functional Properties of Tropical Tuber Starches: *Starch* 54: 559-592
- 📖 Muñoz, L. 2010. Panadería Artesanal: panes, galletitas facturas, budines. 1ª edición. Buenos Aires. Editorial Albatros SACI. p. 74-75.
- 📖 McDaniel, D. 2011. Methods and compositions for identifying, producing and using plant-derived products for modulating cell function and aging. United States
- 📖 Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería: R.M. N° 1020-2010/MINSA / Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de Salud; 2010.

- 📖 Norma Técnica Peruana (NTP) 205.027. 1986. Harina. Determinación del contenido de humedad.
- 📖 Norma Técnica Peruana (NTP) – ISO 8402. 1994. Harinas. Definición de calidad y Control de Calidad.
- 📖 Norma Técnica Peruana (NTP) 206.011. 1981. Bizcochos, Galletas, Pastas y Fideos. Determinación de Humedad.
- 📖 Norma Técnica Peruana (NTP) 206.007. 1976. Productos de panadería. Determinación del porcentaje de cenizas.
- 📖 Ortega, R. s.f. El Huevo en la Alimentación. Importancia Nutricional y Sanitaria. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.
- 📖 Palomino, C.; Molina Y.; Pérez, E. 2010. Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* Schott y *Xanthosoma sagittifolium* Schott. Rev. Fac. Agron. UCV 36(2): 58-66.
- 📖 Pantanelli, A. 2003. Parámetros Industriales de la Calidad del Trigo. Asociación Argentina Pro Trigo.
- 📖 Paucar-Menacho, L.; Salvador-Reyes, R.; Guillen-Sanchez, J.; Mori Arismendi, S. 2016. Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar. Scientia Agropecuaria 7 (2): 121-132.
- 📖 Pérez, L. 2010. Evaluación de las fracciones granulométricas de la harina de sorgo (*sorghum bicolor* (L.) Moench) para la elaboración de una pasta alimenticia. Tesis para optar el título de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional De Colombia. Bogotá-Colombia.
- 📖 Pineda, J. 2014. Estudio de la influencia del tipo de harina en el desarrollo de galletas sin gluten. Tesis para optar el grado de Máster en Calidad, Desarrollo e

Innovación de Alimentos. Ingeniería Agraria. Universidad de Valladolid. Valladolid-España.

- 📖 Plasch, G. 2008. Soluciones Prácticas - Mezclas de Harinas Preparadas. Alemania, Bingen.

- 📖 Preedy, V.; Watson, R.; Patel, V. 2011. Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention. Use of Sweet Potato in Bread and Flour Fortification. China. Pág: 407-416

- 📖 Qali Warma. 2014. Fichas técnicas de alimentos del servicio alimentario del programa nacional de alimentación escolar Qali Warma.

- 📖 Quaglia, G. 1991. Ciencia y tecnología de la panificación. 2ª edición, editorial Acribia, Zaragoza (España): Pág: 51-64.

- 📖 Raidl, M.; Klein, B. 1983. Effects of soy or field pea flour substitution on physical and sensory characteristics of chemically leavened quick breads. Cereal Chem., 60(5): 367-370.

- 📖 Raudez, G.; Poveda, M. 2004. Caracterización y evaluación preliminar de seis genotipos de camote con fertilización orgánica e inorgánica. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria, Managua (Nicaragua).

- 📖 Repetsky, J.; Klein, B. 1981. Partial replacement of wheat flour with yellow field pea flour in white pan bread. J Food Sci., 47: 326-327.

- 📖 Reque, J. 2007. Estudio de pre-factibilidad para la fabricación de harina de arroz y su utilización en panificación. Pontificia Universidad Católica del Perú.

- 📖 Reyes, M.; Gómez-Sánchez, I.; Espinoza, C.; Bravo, F.; Ganoza, L. 2009. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Instituto Nacional de Salud del Perú.

- 📖 Rodrigues, M.; Iemma, A. 2005. Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos. Campinas: Casa do Pão, 326p.
- 📖 Rodríguez, S. 2010. Pruebas de vida útil y diseño de etiqueta para néctares de Curuba (*Passiflora tripartita* var. *Mollissima*) y Gulupa (*Passiflora edulis* var. *edulis*). Trabajo Final Para Optar al Título de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional De Colombia.
- 📖 Romeo, M.; Escobar, B.; Masson, L.; Mella, M. 1983. Composición química de harina de leguminosas cruda y precocida. Alimentos, 8(1): 3-10
- 📖 Romero, R. 2001. Microbiología y Parasitología Humana: Bases etiológicas de las enfermedades infecciosas. Editorial Panamericana. México, 2ªed. Pp.257-429
- 📖 Roquel, M. 2008. Diseño de una línea de producción para la elaboración de harina de camote (*Ipomoea batata*). Trabajo de graduación para acceder al título de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad San Carlos de Guatemala.
- 📖 Ruiz, L. 2010. Obtención de harina de camote para su aplicación como base en la elaboración de productos tipo galletas. Tesis Para Optar el título Profesional de Ingeniero de Alimentos. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- 📖 Rumbaoa, O.; Cornago, F.; Geronimo, M. 2009. Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. Food Chemistry, 113, 1133-1138.
- 📖 Saltos H. 1993. Diseño Experimental. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ecuador. Pág. 55-60.
- 📖 Salvador, B. 2006. *Química de los Alimentos*. Editorial Alhambra. México.

- 📖 Salgado-Nava, A.; Jiménez-Munguía, M. 2012. Métodos de control de crecimiento microbiano en el pan. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 6(2): 160 – 172
- 📖 Sánchez, M. 2003. *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*. Editorial Mundi-prensa. Madrid, España.
- 📖 Sandoval, G.; Álvarez, M.; Paredes, M.; Lascano, A. 2012. Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan. *Scientia Agropecuaria* 2: 123 – 131.
- 📖 Sarmiento, I. 2014. Estudio de la adición de harina de camote en pan de molde. Trabajo previo a la obtención del título de ingeniero de alimentos. Facultad de ciencias de la ingeniería. Universidad Tecnológica Equinoccial – Quito, Ecuador.
- 📖 Savak, N.; Türker, B.; Yeşilkanat, N. 2016. Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour. *Food Chemistry* 213: 180-186.
- 📖 Sing, M.; Villalobos, J. 2015. Elaboración y evaluación nutricional de alfajores enriquecidos con harina de camote (*Ipomoea batata lam*) y soya (*Glycine max moire*) con sustitución parcial de la margarina por aceite de ajonjolí. Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Santa.
- 📖 Solís, K. 2013. Efecto del uso de lactosuero dulce en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco. Tesis de grado. Escuela de Agroindustria alimentaria, Universidad Zamorano, Honduras.
- 📖 Techeira, N.; Sívoli, L.; Perdomo, B.; Ramírez A.; Sosa F. 2014. Caracterización fisicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta crantz*), batata (*Ipomoea*

batatas lam) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. *Revista de Ciencia y Tecnología de América (INTERCIENCIA)*, 39(3)

- 📖 Vaca, R. 2011. Evaluación de tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (*pisum sativum l.*). Trabajo de graduación para acceder al título de ingeniería agropecuaria. Facultad de ingeniería. Universidad técnica del norte de Ecuador.
- 📖 Van de Fliert, E.; Braun, A. 2002. Escuela de Campo de Agricultores para el Manejo Integrado del Cultivo de Camote o Batata. Guías de Campo y Manual Técnico. Lima-Perú
- 📖 Vargas, E.; Huarez, B.; Rengifo, G.; Medina, N.; Gabriel, A.; Aquino, H. 2013. Situación de la fortificación de la harina de trigo en el Perú durante los años 2009 y 2010. *Boletín: Instituto Nacional de Salud. Ministerio de salud. Lima – Perú*, Pág.: 13-40
- 📖 Villar, J. 2014. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote (*Ipomoea batatas var. Bush buck*) en las características físicoquímicas y sensoriales del pan blanco. Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Facultad de Ingeniería. Universidad Zamorano Honduras.
- 📖 Visentín, A.; Drago, S.; Osella, C.; De la Torre, M.; Sánchez, H.; González, R. 2009. Efecto de la adición de harina de soja y concentrado proteico de suero de queso sobre la calidad del pan y la dializabilidad de minerales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 59(3): 325- 331
- 📖 Wang, N.; Hou, G.; Kweon, M.; Lee, B. 2016. Effects of particle size on the properties of whole-grain soft wheat flour and its cracker baking performance. *Journal of Cereal Science* 69: 187–193.
- 📖 Wilhelm, O. 1885. *Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Alemania.

- 📖 Wittig, E. 2001. Evaluación Sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimentos. Test de valoración de calidad con escala por parámetro.
- 📖 Wittig, E.; Avendaño, P.; Soto, D.; Bunge, A. 2003. Caracterización química y sensorial de biscochuelos enriquecidos con fibra dietética y micronutrientes para el anciano. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 53 (1):74-83
- 📖 Zamora, E. 2007. Evaluación Objetiva de la Calidad Sensorial de Alimentos procesados: Editorial Universitaria. Habana-Cuba.
- 📖 Zolezzi, M. 2014. El boom de los cupcakes: Una tendencia del mercado. Revista de panadería y pastelería peruana. Edición N° 160. Págs. 24-25. Lima-Perú
- 📖 Zhindón, L. 2013. Obtención de harina precocida de camote (*Ipomoea batatas* L.) Para su uso tecnológico en la industria alimentaria. Tesis de Licenciatura. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.

Páginas web

- Agriculture, Forestry & Fisheries. 2011. Garden peas (*Pisum sativum*). Disponible en:
http://www.nda.agric.za/docs/Brochures/PG_GardenPeas.pdf
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 2016. Disponible en:
<http://cipotato.org/es/>
- Codex Alimentarius. 2007. Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales. Disponible en:
<http://www.fao.org/3/a-a1392s.pdf>.

- Diccionario de la Real Academia Española (RAE). 2016. Disponible en:
<http://dle.rae.es/?id=UnUCusi>
- European Food Information Council (EUFIC). 2016. Disponible en:
http://www.eufic.org/article/es/artid/La_vida_util_de_los_alimentos_y_su_importancia_para_los_consumidores/
- Food And Agriculture Organization Of The United Nations Statistics Division (FAOSTAT). 2016. Disponible en:
http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/E
- Food and agriculture organization of the United Nations (FAO). 2016. Disponible en:
<http://www.fao.org/home/es/>
- Ministerio de Salud (MINSA). 2016. Disponible en:
[http://www.digesa.sld.pe/norma_consulta/REGLAMENTO TECNICO SANITARIO AZUCARES%20versi%F3n%20marzo%202009_.pdf](http://www.digesa.sld.pe/norma_consulta/REGLAMENTO_TECNICO_SANITARIO_AZUCARES%20versi%F3n%20marzo%202009_.pdf)
- National Center For Biotechnology Information (NCBI).2016. Disponible en:
www.ncbi.nlm.nih.gov/
- Nutrición Vegetal. 2016. Las categorías del Trigo. Disponible en:
<http://www.yara.com.pe/croptonutrition/crops/trigo/informacionescial/wheat-categorization/>
- IBP UNIUSO. 2016. Disponible en:
<http://www.uniuso.com/es/blog/polietileno-de-alta-densidad-y-polietileno-de-baja-densidad>

- InfoAgro. 2016. El Cultivo Del Trigo (1ª Parte). Disponible en:
<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>
- InfoAgro. 2016. El Cultivo Del Guisante. Disponible en:
<http://www.infoagro.com/hortalizas/guisantes.htm>
- Instituto Canadiense de azúcar (CSI). 2016. Disponible en:
<http://www.sugar.ca/Nutrition-InformationService/Healthprofessionals/About-Sugar-and-Role-of-Sugar-inFoods/Functional-Properties-of-Sugar.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2016. Disponible en:
<http://webinei.inei.gob.pe:8080/SIRTOD/inicio.html#app=8d5c&d4a-selectedIndex=1&d9ef-selectedIndex=1>
- Revista alimentaria. 2016. Revista del Mercado Alimenticio e Industrial Paraguayo. La vida útil de los alimentos. Disponible en:
https://issuu.com/grupoeditorialgd/docs/revista_alimentaria_edici_n_12
- Salud y buenos alimentos. 2016. Disponible en:
<http://www.saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=s1&s2=s2&s3=Trigo>
- Salud Diaria. 2016. Propiedades y beneficios de consumir arvejas. Disponible en:
<Http://www.saluddiaria.com/1508/propiedades-beneficios-consumir-arvejas/>
- Starpack. 2016. Disponible en:
<http://starpackbolsas.blogspot.pe/>

- Tecnología de los plásticos. 2016. Disponible en:
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.pe/2011/05/pet.html>

- TRADE MAP. 2016. Disponible en:
<http://www.trademap.org/Index.aspx>

- United States Department of Agriculture (USDA). 2009. Disponible en:
http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?navid=EN_ESPANOL

- Wikipedia. 2016. Trigo (Triticum). Disponible en:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Triticum>

- Wikipedia. 2016. Pisum sativum. Disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/Pisum_sativum#Taxonom.C3.ADa

viii. ANEXOS

ANEXO I

BALANCE DE MATERIA DE LA HARINA DE CAMOTE Y HARINA DE ARVEJA

A) Balance de materia harina de camote

Tabla 1: Balance de materia para la harina de camote

HARINA DE CAMOTE				
ETAPA DEL PROCESO	ENTRA (g)	SALE (g)	PIERDE (g)	% PERDIDA
Recepción de materia prima	17913.34	17913.34	0.00	0.00%
Lavado y desinfección	17913.34	17913.34	0.00	0.00%
Pelado	17913.34	15112.98	2800.36	15.63%
Cortado	15112.98	15029.34	83.64	0.55%
Inmersión en Ac. Cítrico	15029.34	15029.34	0.00	0.00%
Centrifugado	15029.34	15029.34	0.00	0.00%
Secado	15029.34	5662.24	9367.10	62.33%
Molido	5662.24	5545.38	116.86	2.06%
Tamizado	5545.38	4720.23	825.15	14.88%
Empacado	4596.46	4558.75	37.71	0.82%

B) Balance de materia harina de arveja

Tabla 2: Balance de materia para la harina de arveja

HARINA DE ARVEJA				
ETAPA DEL PROCESO	ENTRA (g)	SALE (g)	PIERDE (g)	% PERDIDA
Recepción de materia prima	7999.36	7999.36	0	0%
Selección y limpieza	7999.36	7885.34	114.02	1.43%
Tostado	7885.34	7531.94	353.40	4.48%
Descascarado	7531.94	7524.44	7.50	0.10%
Molienda	7524.44	7279.61	244.83	3.25%
Tamizado	7279.61	5822.23	1457.38	20.02%
Empacado	5822.23	5775.65	46.58	0.80%

ANEXO II
ESCALA HEDÓNICA PARA MEDIR EL GRADO DE
ACEPTACIÓN DE CUPCAKES

Nombre..... Fecha: .../.../....

Indicaciones:

Evalúe las muestras de cupcakes en sus atributos de color, olor y sabor y textura.
 Empiece evaluando primero el color, luego el olor, después sabor y por último textura.

A continuación se presenta la escala hedónica:

1	2	3	4	5
Me disgusta extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta
<hr/>				
6	7	8	9	
Me gusta levemente	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta extremadamente	

Marque con un aspa donde corresponde el número.

1. Evaluación de atributos

Cupcake:

Color	..... 1	..... 2	..... 3	..... 4	..... 5	..... 6	..... 7	..... 8	..... 9
Olor	..... 1	..... 2	..... 3	..... 4	..... 5	..... 6	..... 7	..... 8	..... 9
Sabor	..... 1	..... 2	..... 3	..... 4	..... 5	..... 6	..... 7	..... 8	..... 9
Textura	..... 1	..... 2	..... 3	..... 4	..... 5	..... 6	..... 7	..... 8	..... 9

2. Aceptabilidad general

Cupcake: | | | | | | | | | |

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Cupcake: | | | | | | | | | |

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Cupcake: | | | | | | | | | |

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Cupcake: | | | | | | | | | |

1 2 3 4 5 6 7 8 9

3. Intensión de compra

Con base en su opinión sobre esta muestra de CUPCAKES, indique en la escala de abajo, su actitud si Ud., encuentra esta muestra a la venta.

1	2	3	4	5
Con certeza no lo compraría	Posiblemente no lo compraría	Talvez sí /no compraría	Posiblemente lo compraría	Con certeza lo compraría

Cupcake: | | | | |

1 2 3 4 5

Cupcake: | | | | |

1 2 3 4 5

Cupcake: | | | | |

1 2 3 4 5

Cupcake: | | | | |

1 2 3 4 5

ANEXO III

3.1. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL SABOR SENSORIAL DEL CUPCAKE MEJOR FORMULACIÓN ALMACENADO DURANTE 14 DÍAS A TEMPERATURA AMBIENTE.

Tabla 3: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil.

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X ²	Y ²	XY	(X-XP _{rom})	(Y-YP _{rom})	(X-XP _{rom}) ²	(Y-YP _{rom}) ²	(X-XP _{rom})(Y-YP _{rom})
	0	8.540	0	72.932	0.000	-5.500	0.917	30.250	0.840	-5.042
	2	8.510	4	72.420	17.020	-3.500	0.887	12.250	0.786	-3.103
	4	7.750	16	60.063	31.000	-1.500	0.127	2.250	0.016	-0.190
	7	7.350	49	54.023	51.450	1.500	-0.273	2.250	0.075	-0.410
	9	7.170	81	51.409	64.530	3.500	-0.453	12.250	0.206	-1.587
	11	6.420	121	41.216	70.620	5.500	-1.203	30.250	1.448	-6.618
Suma	33	45.740	271	352.062	234.620	0.000	0.000	89.500	3.371	-16.950
Prom(\bar{x})	5.5	7.623	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			S_{XX}	S_{YY}	S_{XY}
n:	6									

Una vez que se llenan los datos en la Tabla 3 se realiza la gráfica **Puntaje vs Tiempo** para obtener los valores de regresión lineal: b_0 , b_1 y r^2 .

$$y = b_1x + b_0$$

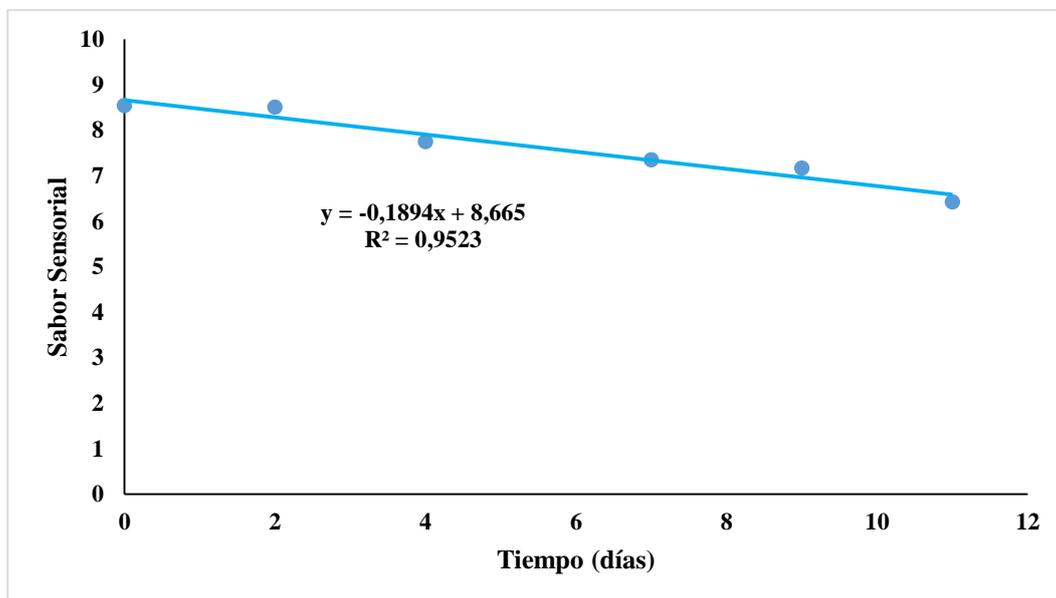


Ilustración 1: Tendencia del sabor sensorial del cupcake mejor formulación durante los 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal:

$$y = -0.1894 x + 8.665$$

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla 4: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X+b_0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$
0	8.54	8.66	7.995	9.335
2	8.51	8.29	7.759	8.813
4	7.75	7.91	7.523	8.291
7	7.35	7.34	6.955	7.723
9	7.17	6.96	6.433	7.488
11	6.42	6.58	5.911	7.252
			Sse	0.161

$$MSe^2 = \frac{1}{(n-2)} SSe = Se^2$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{4}(0.161)} = 0.2004$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible para el sabor sensorial es: 5.5

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

$$\bar{X} = \frac{8.665 - 5.5}{0.1894} = 17 \text{ días}$$

Y= Límite de aceptabilidad;

b₀= Intercepto

\bar{X} = Vida útil;

b₁= Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los **intervalos de confianza** para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$, 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 5:

Tabla 5: 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

Fuente: Bowden y Graybill, 1966.

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla 6: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	Sabor Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X+b_0$	LCI	LCS
0	8.54	8.66	7.995	9.335
2	8.51	8.29	7.759	8.813
4	7.75	7.91	7.523	8.291
7	7.35	7.34	6.955	7.723
9	7.17	6.96	6.433	7.488
11	6.42	6.58	5.911	7.252

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.

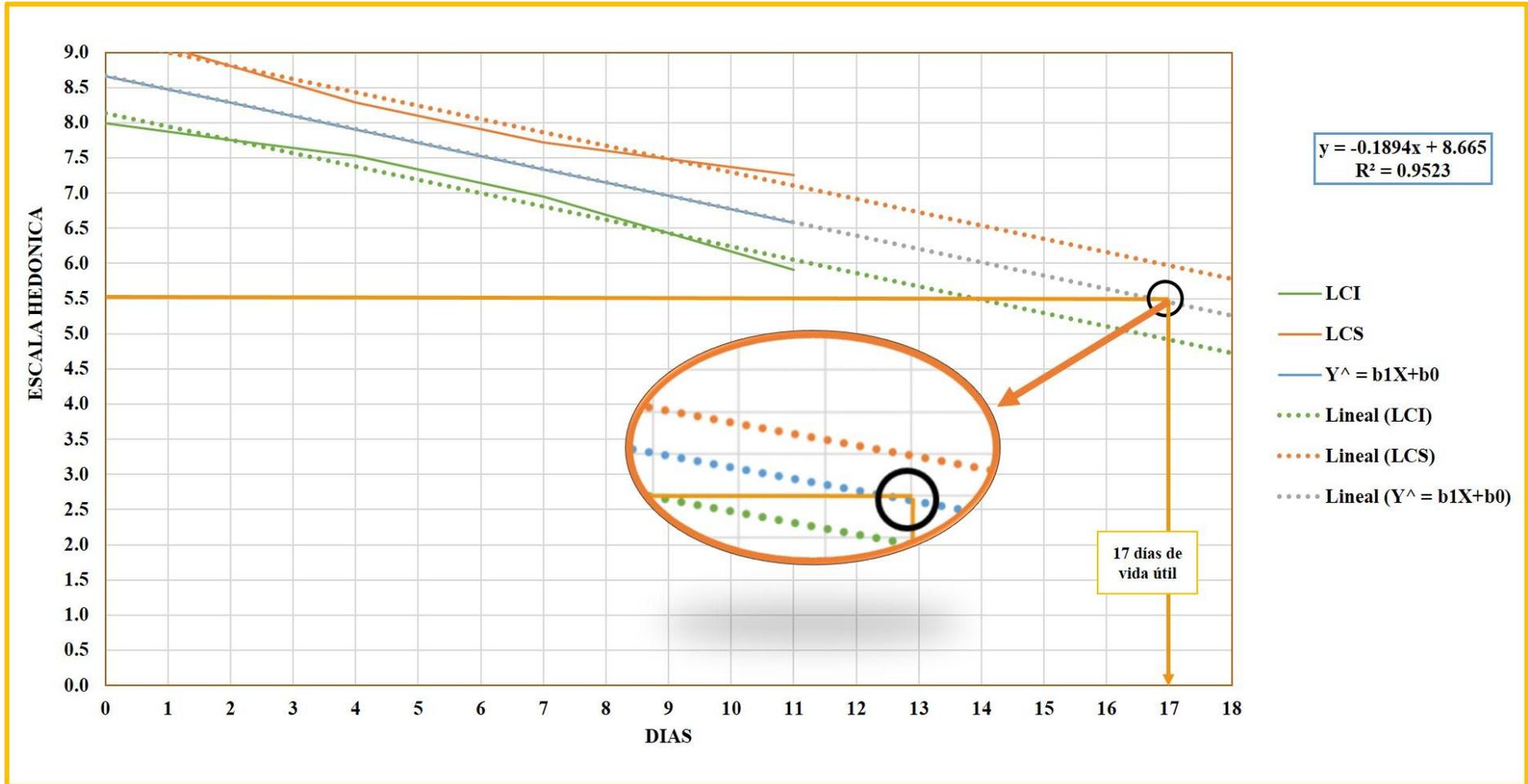


Ilustración 2: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente para el atributo sabor sensorial.

3.2. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL TEXTURA SENSORIAL DEL CUPCAKE MEJOR FORMULACIÓN ALMACENADO DURANTE 14 DÍAS A TEMPERATURA AMBIENTE.

Tabla 7: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil.

	Tiempo en días (X)	Textura Sensorial (Y)	X²	Y²	XY	(X-XP_{rom})	(Y-YP_{rom})	(X-XP_{rom})²	(Y-YP_{rom})²	(X-XP_{rom})(Y-YP_{rom})
	0	7.840	0	61.466	0.000	-5.500	0.786	30.250	0.618	-4.324
	2	7.650	4	58.523	15.300	-3.500	0.596	12.250	0.355	-2.086
	4	7.083	16	50.174	28.333	-1.500	0.029	2.250	0.001	-0.044
	7	6.917	49	47.840	48.417	1.500	-0.137	2.250	0.019	-0.206
	9	6.667	81	44.444	60.000	3.500	-0.387	12.250	0.150	-1.355
	11	6.167	121	38.028	67.833	5.500	-0.887	30.250	0.787	-4.880
Suma	33	42.323	271	300.474	219.883	0.000	0.000	89.500	1.930	-12.895
Prom(\bar{x})	5.5	7.054	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			S_{xx}	S_{yy}	S_{xy}
n:	6									

Una vez que se llenan los datos en la Tabla 7 se realiza la gráfica **Puntaje vs Tiempo** para obtener los valores de regresión lineal: b_0 , b_1 y r^2 .

$$y = b_1x + b_0$$

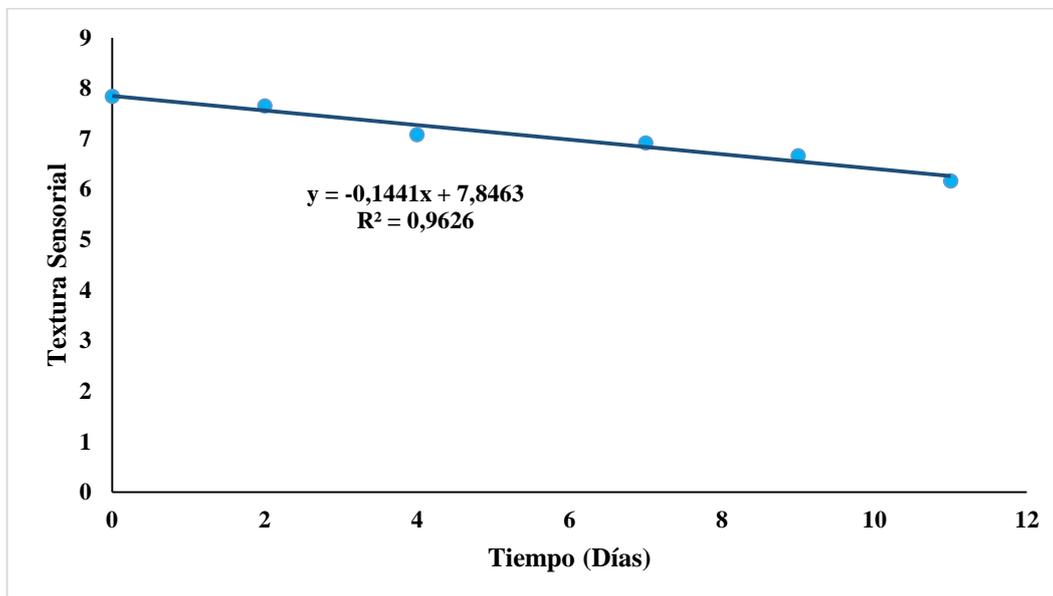


Ilustración 3: Tendencia de la textura sensorial del cupcake mejor formulación durante los 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal:

$$y = -0.1441x + 7.8463$$

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla 8: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Textura Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X+b_0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$
0	7.840	7.846	-0.006	0.000
2	7.650	7.558	0.092	0.008
4	7.083	7.270	-0.187	0.035
7	6.917	6.838	0.079	0.006
9	6.667	6.550	0.117	0.014
11	6.167	6.261	-0.095	0.009
			Sse	0.072

$$MSe^2 = \frac{1}{(n-2)} SSe = Se^2$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{4}(0.072)} = 0.1344$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible para el sabor sensorial es: 5.5

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

$$\bar{X} = \frac{7.8463 - 5.5}{0.441} = 16 \text{ días}$$

Y= Límite de aceptabilidad;

b₀= Intercepto

\bar{X} = Vida útil;

b₁= Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los **intervalos de confianza** para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$, 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 9:

Tabla 9: 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

Fuente: Bowden y Graybill, 1966.

Determinación de los intervalos de confianza:

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

Tiempo en días (X)	Textura Sensorial (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X+b_0$	LCI	LCS
0	7.8	7.8	7.397	8.296
2	7.7	7.6	7.205	7.912
4	7.1	7.3	7.013	7.527
7	6.9	6.8	6.580	7.095
9	6.7	6.5	6.196	6.903
11	6.2	6.3	5.812	6.711

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.

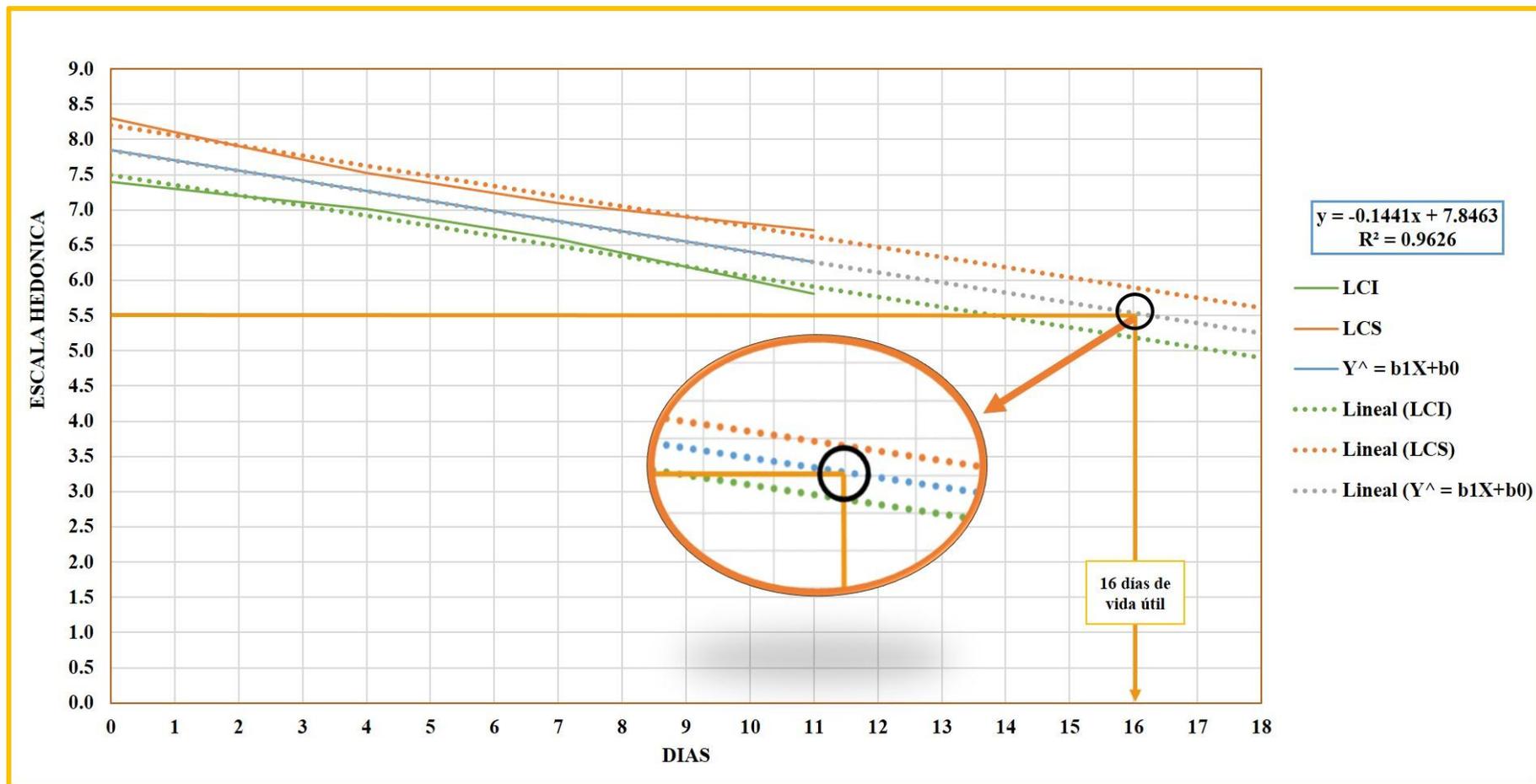


Ilustración 4: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente para el atributo textura sensorial.

**3.3. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL % DE ACIDEZ DEL CUPCAKE
MEJOR FORMULACIÓN ALMACENADO DURANTE 14 DÍAS A TEMPERATURA AMBIENTE.**

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

	Tiempo en días (X)	% ACIDEZ (Y)	X ²	Y ²	XY	(X-XP _{rom})	(Y-YP _{rom})	(X-XP _{rom}) ²	(Y-YP _{rom}) ²	(X-XP _{rom})(Y-YP _{rom})
	0	0.086	0	0.007	0.000	-6.714	-0.098	45.082	0.010	0.655
	2	0.109	4	0.012	0.218	-4.714	-0.075	22.224	0.006	0.352
	4	0.145	16	0.021	0.580	-2.714	-0.039	7.367	0.001	0.105
	7	0.182	49	0.033	1.274	0.286	-0.002	0.082	0.000	0.000
	9	0.218	81	0.048	1.962	2.286	0.034	5.224	0.001	0.079
	11	0.252	121	0.064	2.772	4.286	0.068	18.367	0.005	0.293
	14	0.293	196	0.086	4.102	7.286	0.109	53.082	0.012	0.797
Suma	47	1.285	467	0.270	10.908	0.000	0.000	151.429	0.034	2.280
Prom(\bar{x})	6.714	0.184	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			S_{XX}	S_{YY}	S_{XY}
n:	7									

Una vez que se llenan los datos en la Tabla 11 se realiza la gráfica **Puntaje vs Tiempo** para obtener los valores de regresión lineal: b_0 , b_1 y r^2 .

$$y = b_1x + b_0$$

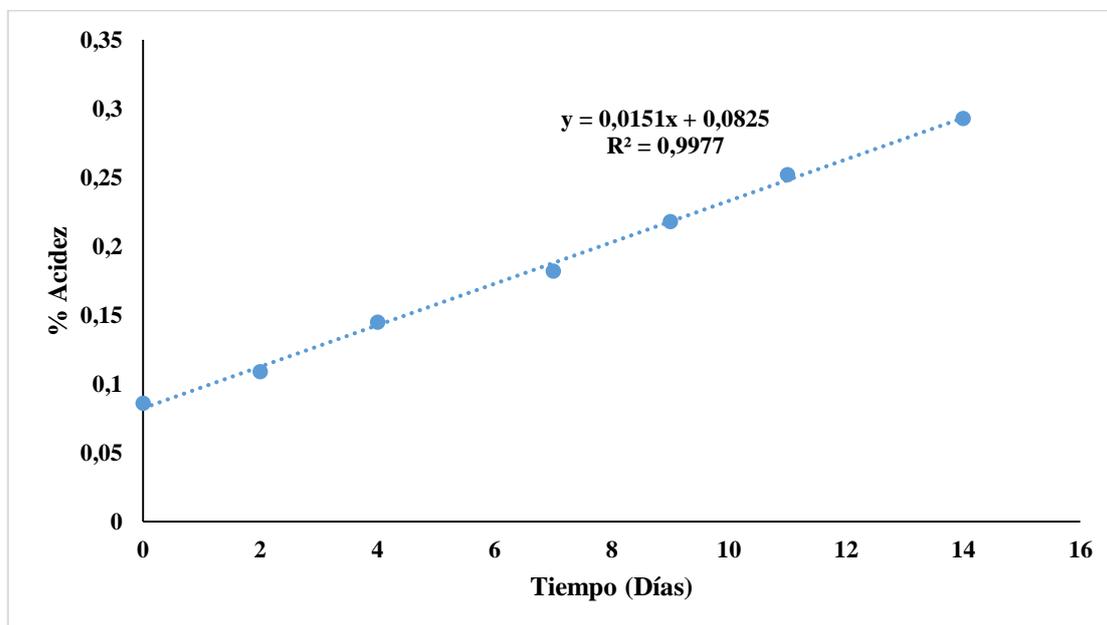


Ilustración 5: Tendencia del % de acidez del cupcake mejor formulación durante los 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal:

$$y = 0.0151 x + 0.0825$$

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

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

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X+b_0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$
0	0.086	0.0825	0.0035	0.0000
2	0.109	0.1126	-0.0036	0.0000
4	0.145	0.1427	0.0023	0.0000
7	0.182	0.1879	-0.0059	0.0000
9	0.218	0.2180	0.0000	0.0000
11	0.252	0.2481	0.0039	0.0000
14	0.293	0.2933	-0.0003	0.0000
			Sse	0.0001

$$MSe^2 = \frac{1}{(n-2)} SSe = Se^2$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{5}(0.0001)} = 0.0040$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible máximo para el % de acidez es: 0.7

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

$$\bar{X} = \frac{0.7 - 0.0825}{0.0151} = 41 \text{ días}$$

Y= Límite de aceptabilidad;

b₀= Intercepto

\bar{X} = Vida útil;

b₁= Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los **intervalos de confianza** para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$, 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 13:

Tabla 13: 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

Fuente: Bowden y Graybill, 1966.

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla 14: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	LCI	LCS
0	0.086	0.082	0.070	0.095
2	0.109	0.113	0.103	0.123
4	0.145	0.143	0.135	0.151
7	0.182	0.188	0.182	0.193
9	0.218	0.218	0.210	0.225
11	0.252	0.248	0.239	0.258
14	0.293	0.293	0.281	0.306

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.

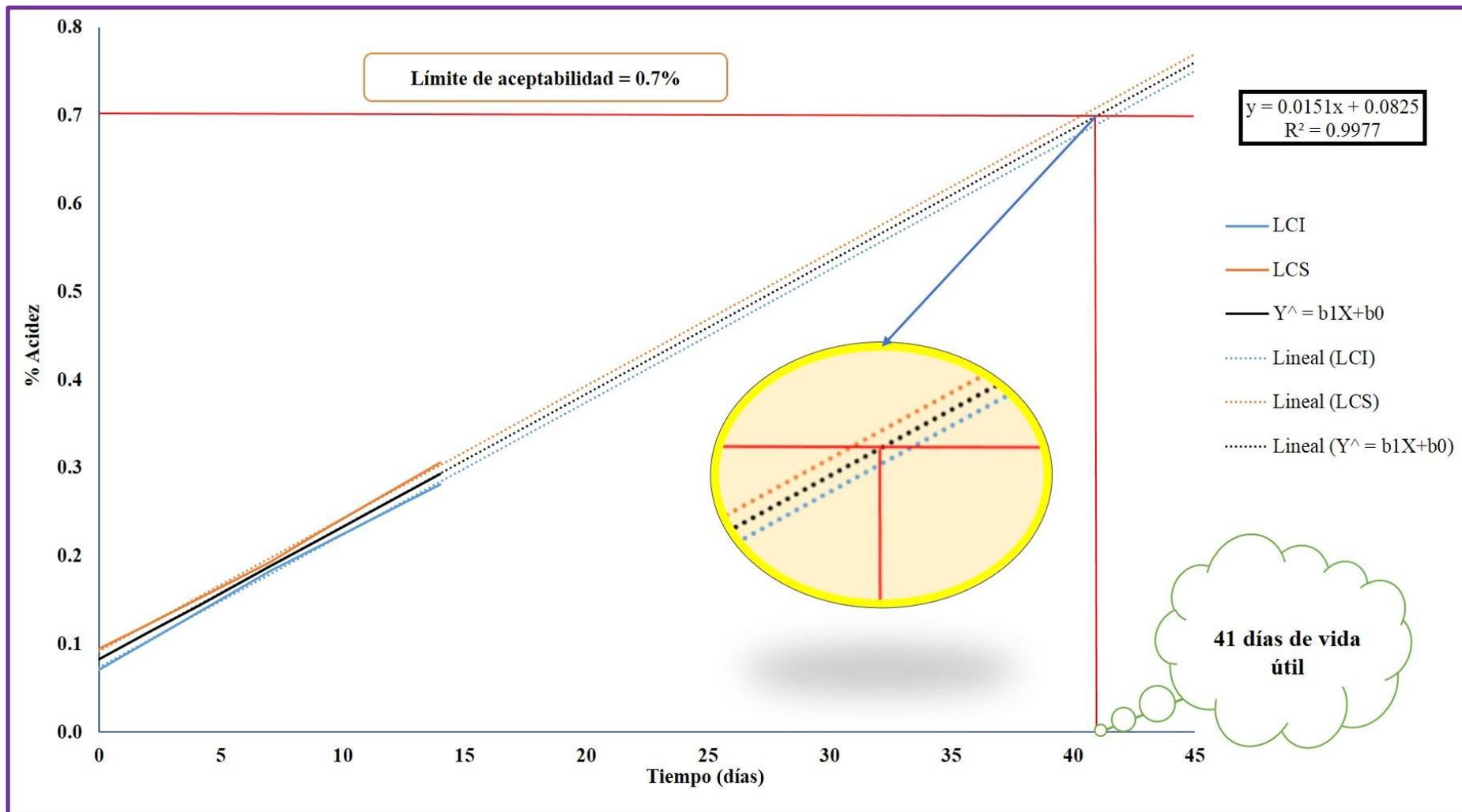


Ilustración 6: Determinación gráfica del tiempo de vida útil del cupcake mejor formulación durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente para el % de acidez.

ANEXO IV

4.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS Y GRASA DE LA HARINA DE ARVEJA



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES
“COLECBI” S.A.C.
REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PRODUCTIVO

Pág. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 2111-16

SOLICITADO POR	ERICKA ANAIS ARELLANO ACUÑA IRVIN ALEXANDER ROJAS ZAVALETA.
DIRECCION	Miraflores III Zona Paje, San Martín Mz. 15 Lt 27
PRODUCTO DECLARADO	HARINA DE ARVEJA
CANTIDAD DE MUESTRA	01 muestra x 150g
PRESENTACION DE LA MUESTRA	En bolsa de polietileno cerrada
FECHA DE RECEPCION	2016-07-12
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	2016-07-12
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO	2016-07-12
CONDICION DE LA MUESTRA	En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	Laboratorio Físico Químico.
CODIGO COLECBI	SS 001167-16

RESULTADOS

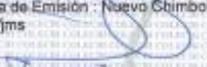
MUESTRA	ENSAYOS	
	Proteínas (% Factor)	Grasa (%)
M - 1	6,25	1,51
	18,66	1,52
	18,70	

METODOLOGIA EMPLEADA
Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2005.
Grasa : UNE 64021 1970

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Diminencia por su perechibilidad y/o muestra única

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Julio 13 del 2016
GVR/jms



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

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2016-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

4.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS Y GRASA DE LA HARINA DE CAMOTE



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

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PERUANO - PRODUCTOS

INFORME DE ENSAYO N° 2110-16

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : ERICKA ANAIS ARELLANO ACUÑA
IRVIN ALEXANDER ROJAS ZAVALETA,
Miraflores III Zona Paja, San Martín Mz. 15 Lte 27.

DIRECCION : **HARINA DE CAMOTE**

PRODUCTO DECLARADO : **01 muestra x 150g**

CANTIDAD DE MUESTRA : **En bolsa de polietileno cerrada.**

PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : **2018-07-12**

FECHA DE RECEPCIÓN : **2018-07-12**

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : **2018-07-12**

FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : **2018-07-12**

CONDICIÓN DE LA MUESTRA : **En buen estado.**

ENSAYOS REALIZADOS EN : **Laboratorio Físico Químico.**

CODIGO COLECBI : **SS 001187-16**

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS	
	Proteínas (% Factor)	Grasa (%)
M - 1	8,25	0,45
	1,86	0,44
	1,89	0,44

METODOLOGIA EMPLEADA

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

Grasa : UNE 64021 1970

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perechibilidad y/o muestra única

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Julio 13 del 2018

GVR/jms

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

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

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

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839*2893 - RPM - # 902995 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

4.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS, GRASA Y FIBRA DEL CUPCAKE MEJOR FORMULACIÓN Y CUPCAKE CONTROL



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES
“COLECBI” S.A.C.
 REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

Pág. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 2764-16

SOLICITADO POR ERICKA ANAIS ARELLANO ACUÑA
 IRVIN ALEXANDER ROJAS ZAVALA

DIRECCION Miraflores III Zona Paje - San Martín Mz. 15 Lte 27.

PRODUCTO DECLARADO CUPCAKE

CANTIDAD DE MUESTRA 06 muestras

PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA En bolsa de polietileno cerrada

FECHA DE RECEPCIÓN 2016-08-31

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO 2016-08-31

FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO 2016-09-01

CONDICIÓN DE LA MUESTRA En buen estado.

ENSAYOS REALIZADOS EN Laboratorio Físico Químico.

CÓDIGO COLECBI SS 001497-16

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA	
	Óptimo	Control
Proteínas (%) Factor 8,25	11,39	11,28
	11,42	11,31
Grasa (%)	12,73	12,85
	12,70	12,89
Fibra (%)	2,84	0,32
	2,87	0,33

METODOLOGIA EMPLEADA

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.
 Grasa : UNE 84021 1970
 Fibra : NMX-F-090-1879

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión - Nuevo Chimbote, Setiembre 02 del 2016

GVR/jms

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

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

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

Urb. Buenos Aires Mz A - Lt 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839-2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe | medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

4.4. DISEÑO DE LA ETIQUETA PARA EL CUPCAKE ELEGIDO COMO MEJOR FORMULACIÓN

P
e
g
a
r

A
q
u
í



Universidad Nacional del Santa

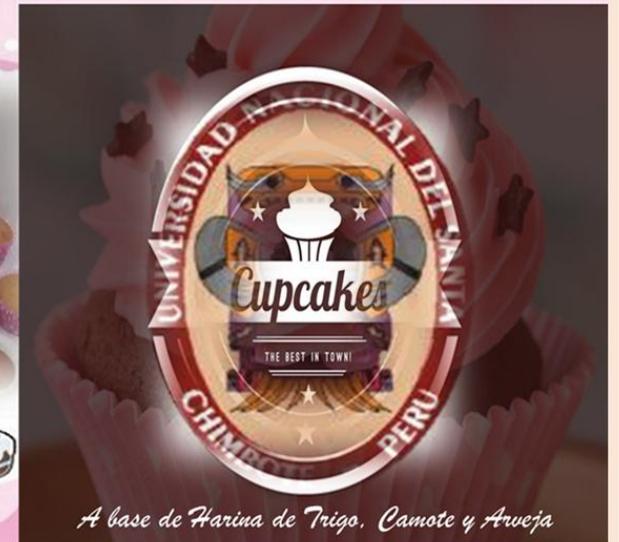
Valor Nutricional

Componentes	%
Humedad	25.21 ± 0.046
Proteína	11.41 ± 0.021
Grasa	12.72 ± 0.021
Ceniza	2.072 ± 0.103
Carbohidratos	45.728
Fibra	2.86 ± 0.021



Peso neto 50 g

Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial



A base de Harina de Trigo, Camote y Arveja