



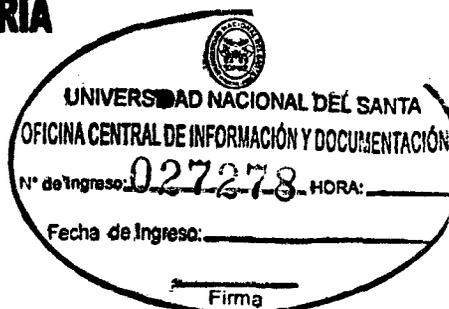
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. AGROINDUSTRIA



**"OPTIMIZACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA
DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*chenopodium quinua wild*)
Y HARINA DE ZAPALLO (*curcubita maxima*) EN LA ELABORACIÓN
DE CUPCAKES"**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

AUTORAS:

Bach. XIOMARA LIDA BELTRÁN FERNÁNDEZ

Bach. GINA MILAGROS SAENZ VILCA

ASESOR:

Dra. ELZA AGUIRRE VARGAS

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2014



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

*“Año de la Promoción de la Industria Responsable
y del Compromiso Climático”*



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente Trabajo de Tesis titulado: **“OPTIMIZACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinua wild.*) Y HARINA DE ZAPALLO (*Curcubita máxima*) EN LA ELABORACION DE CUPCAKES”** ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de Asesor.

Dra. Elza Aguirre Vargas

Asesor



*"Año de la Promoción de la Industria Responsable
y del Compromiso Climático"*



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

**"OPTIMIZACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA
DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinua
wild.*) Y HARINA DE ZAPALLO (*Curcubita máxima*) EN LA
ELABORACION DE CUPCAKES"**

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

Revisada y aprobada por el jurado evaluador

.....
Dra. Luz Paucar Menacho
Presidenta

.....
Dra. Elza Aguirre Vargas
Secretaria

.....
Ms. Jorge Dominguez Castañeda
Integrante

DEDICATORIA

Ante todo, al Ser Supremo.

Como un sencillo gesto de agradecimiento quiero dedicar este trabajo de Tesis a ti padre, Pedro Beltrán G., aunque no te encuentras físicamente a mi lado ni pudiste verme culminar mi carrera, de seguro desde el lugar en donde estés, te sientes feliz por hacer realidad ese sueño que compartíamos juntos.

A mi querida madre Lida, por su infinito amor, dedicación, comprensión y esfuerzo brindados durante todos estos años, contribuyendo de manera incondicional para el logro de mis objetivos y metas trazados.

De manera especial, al que considero como mi segundo padre, Alpy Beltrán G., por siempre haberme apoyado, por sus sabios consejos y enseñanzas motivadoras en el transcurrir de mi vida académica.

A mis hermanos: Zahira, Henry y Mao, por haberme dado su cariño, protección y consejos; muchas gracias!

A mis sobrinos: Joaquín, Génesis y Fabricio, como una sencilla muestra de incentivo para que logren sus sueños.

A Uds. mis fieles compañeros: Camu, Charlie, Latash y Toby.

Xiomara L. B. F

DEDICATORIA

“A DIOS, quien siempre me acompaña en los buenos y malos momentos, dándome la fortaleza para seguir adelante”.

“A mis padres, por su amor incondicional, comprensión, apoyo y dedicación. Por ser siempre un ejemplo de superación”.

“A mis hermanas, por sus grandes consejos y enseñanzas que me brindan día a día, para así poder cumplir con mis metas”.

“A mis amigos, por su amistad sincera y por haber compartido momentos de alegría en todos estos años”.

Gina

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento especial a nuestra asesora Dra. Elza Aguirre Vargas por sus sugerencias, ideas, respaldo y amistad durante estos años académicos.

A la Ing. Berenice Córdova Chang, Ing. Soledad Quezada Berru, Ing. Daniel Sánchez Vaca, por el apoyo brindado en la realización de la parte experimental de este trabajo.

Agradecimiento especial al Ing. Pedro Ayala, por facilitarnos el acceso a la Planta Piloto, por sus sugerencias y apoyo.

A la señorita Silvia Huacacolqui Minaya, por su colaboración al brindarnos el material bibliográfico para la realización del informe de tesis.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	18
ABSTRACT.....	19
I. INTRODUCCIÓN.....	20
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1. La Quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>).....	22
2.1.1. Generalidades de la quinua	22
2.1.2. Taxonomía y morfología.....	22
2.1.2.1. Taxonomía.....	22
2.1.2.2. Morfología	23
2.1.3. Producción nacional.....	24
2.1.4. Composición química.....	25
2.1.5. Saponinas en la quinua.....	28
2.1.6. Desamargado (desaponificado o escarificado).....	29
2.1.7. Harina de quinua	31
2.1.7.1. Obtención de harina de quinua.....	32
2.1.8. Usos de la quinua	33
2.2. El Zapallo (<i>Cucurbita máxima Dutch</i>).....	34
2.2.1. Generalidades del zapallo	34
2.2.2. Taxonomía y Morfología.....	35
2.2.3. Producción Nacional	36
2.2.3.1. Rendimiento.....	36
2.2.4. Composición Química	36
2.2.5. Harina de Zapallo	38
2.2.5.1. Obtención de la harina de Zapallo.....	39
2.2.6. Usos del Zapallo.....	41
2.3. Trigo (<i>Triticum Vulgare</i>)	42
2.3.1. Generalidades del trigo	42
2.3.2. Taxonomía y morfología.....	42
2.3.2.1. Taxonomía.....	42
2.3.2.2. Morfología	42

2.3.3.	Composición química del trigo (<i>Triticum Vulgare</i>)	44
2.3.4.	Clasificación del trigo según su utilización	45
2.3.5.	Harina de trigo	47
2.3.5.1.	Definición	47
2.3.5.2.	Composición Química	48
2.3.5.3.	Principales componentes de la harina	48
2.3.5.4.	Tipos de Harina	50
2.3.5.5.	Harina para productos de pastelería	50
2.4.	Mezclas Alimenticias	52
2.4.1.	Complementación proteica	52
2.4.2.	Computo Químico	52
2.5.	Control de Calidad de las Harinas	54
2.5.1.	Contenido de humedad	54
2.5.2.	Proteína	54
2.5.3.	Prueba de cenizas	54
2.5.4.	Color de la harina	55
2.5.5.	Características reológicas de las harinas	56
2.5.5.1.	Amilografía	56
2.5.5.2.	Farinografía	58
2.5.5.3.	Extensografía	63
2.6.	Generalidades en la Elaboración de Cupcakes	66
2.6.1.	Definición de Cupcake	66
2.6.2.	Características de Calidad de los Cupcakes	66
2.6.3.	Queques enriquecidos	68
2.6.4.	Requisitos	69
2.6.5.	Ingredientes de los cupcakes	69
2.6.6.	Materiales de embalaje	75
2.6.7.	Etapas en la elaboración de Cupcakes	78
2.7.	Evaluación sensorial	80
2.7.1.	Conducción del panel	80
2.7.2.	Método de escala hedónica	81
2.8.	Diseño estadístico de experimentos	82

2.8.1.	Metodología de Superficie de Respuesta	82
2.8.2.	Método de Diseño de Mezclas	84
2.8.2.1.	Diseños Simplex	86
2.8.2.2.	Diseño de Retícula Simplex	87
2.8.2.3.	Optimización	87
2.9.	Análisis Microbiológico	88
2.10.	Vida útil	89
2.10.1.	Factores que afectan la calidad del tiempo de vida útil	90
2.10.2.	Métodos para la Determinación de la Vida Útil	94
2.10.2.1.	Cinética de Deterioro de la Calidad de los Alimentos	94
2.10.2.2.	Cinética de Deterioro de la Calidad de los Alimentos	99
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	104
3.1.	Lugar de Ejecución	104
3.2.	Materia Prima e insumos	104
3.2.1.	Materia Prima	104
3.2.2.	Insumos	105
3.3.	Equipos, materiales y reactivos	105
3.3.1.	En la elaboración de Cupcakes	105
3.3.1.1.	Equipos	105
3.3.1.2.	Utensilios	105
3.3.1.3.	Materiales de empaque	106
3.3.2.	Para la evaluación Tecnológica de los Cupcakes	106
3.3.2.1.	Equipos	106
3.3.2.2.	Materiales de Laboratorio	108
3.3.2.3.	Otros Materiales	108
3.3.2.4.	Reactivos	109
3.4.	Métodos	109
3.4.1.	Obtención de la harina de Zapallo	109
3.4.2.	Análisis de las harinas	110
3.4.2.1.	Caracterización de las harinas de Trigo, Quinoa y Zapallo	
3.4.3.	Producción de los Cupcakes	112

3.4.3.1.	Formulación	112
3.4.3.2.	Diseño Experimental	112
3.4.3.3.	Procedimiento para la elaboración de los cupcakes	116
3.4.4.	Evaluación de los cupcakes	119
3.4.4.1.	Análisis de Proteína	119
3.4.4.2.	Análisis Sensorial.....	119
3.4.4.3.	Análisis del Volumen Específico	119
3.4.5.	Optimización.....	120
3.4.6.	Evaluación del cupcake óptimo	120
3.4.6.1.	Análisis Reológico de las mezclas	120
3.4.6.2.	Caracterización químico-proximal.....	121
3.4.6.3.	Evaluación fisicoquímica	122
3.4.6.4.	Análisis microbiológico.....	123
3.4.7.	Evaluación del tipo de empaque	123
3.4.8.	Vida útil del cupcake.....	124
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	127
4.1.	Obtención de Harina de Zapallo.....	127
4.2.	Análisis de las harinas	133
4.2.1.	Caracterización químico proximal	133
4.2.1.1.	Harina de trigo	133
4.2.1.2.	Harina de Quinoa.....	134
4.2.1.3.	Harina de Zapallo.....	135
4.2.2.	Análisis Fisicoquímico	136
4.2.2.1.	Colorimetría de las harinas de Trigo, Quinoa y Zapallo..	136
4.3.	Producción de los Cupcakes.....	138
4.4.	Evaluación de los cupcakes	144
4.4.1.	Evaluación de la Proteína en los cupcakes	144
4.4.2.	Evaluación del Sabor en los cupcakes.....	150
4.4.3.	Evaluación de la Textura de los cupcakes	156
4.4.4.	Evaluación del Volumen Específico de los cupcakes.....	161
4.5.	Optimización	167
4.5.1.	Evaluación del cupcake óptimo	169

4.5.1.1.	Análisis Reológico	169
4.5.1.2.	Caracterización químico-proximal.....	180
4.5.1.3.	Caracterización físico química.....	186
4.5.1.4.	Análisis microbiológico.....	199
4.5.2.	Evaluación del tipo de envase.....	200
4.5.2.1.	Evaluación de la Pérdida de Peso	200
4.5.2.2.	Evaluación de la Humedad.....	203
4.5.2.3.	Evaluación de la Textura	206
4.5.3.	Vida útil del cupcake.....	208
4.5.3.1.	Método de Cinética de Reacción del % Acidez.....	208
4.5.3.2.	Método de Cinética de Reacción del Análisis Microbiológico para Mohos y Levaduras	211
4.5.3.3.	Método del Análisis de Supervivencia.....	213
V.	CONCLUSIONES	220
VI.	RECOMENDACIONES.....	221
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	222

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción Taxonómica de la Quinoa.....	23
Tabla 2: Composición proximal (%) de quinua y otros granos.....	25
Tabla 3: Contenido de vitaminas en quinua y otros cereales (mg/100g).	26
Tabla 4: Contenido de minerales en quinua y otros cereales (mg/100g).....	26
Tabla 5: Contenido de carbohidratos en tres variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) en %	27
Tabla 6: Contenido de fibra en tres variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) en %	28
Tabla 7: Contenido de antinutrientes en quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) .	28
Tabla 8: Taxonomía del Zapallo	35
Tabla 9: Valor Nutricional del Zapallo macre (<i>Cucurbita máxima Dutch</i>) en 100g de Porción Comestible.....	38
Tabla 10: Características del Zapallo macre (<i>Cucurbita máxima Dutch</i>) seleccionado para la elaboración de la harina	39
Tabla 11: Clasificación taxonómica del trigo	42
Tabla 12: Valor Nutricional (por 100 g de porción aprovechable de trigo).....	45
Tabla 13: Clasificación del trigo con base en sus características generales de calidad y su uso industrial.....	47
Tabla 14: Composición Química de la Harina de Trigo.....	48
Tabla 15: Variación en el contenido de cenizas según el tipo de harina de trigo	55
Tabla 16: Parámetros del farinograma para diferentes productos de panificación y pastelería.....	62
Tabla 17: Parámetros del Extensograma	65
Tabla 18: Parámetros del extensograma para diferentes harinas según su uso	65
Tabla 19: Composición proximal del cupcake (por 100 g)	67
Tabla 20: Composición de micronutrientes del cupcake (mg/100 g).....	67
Tabla 21: Requisitos Fisicoquímicos permitidos en los bizcochos.....	69
Tabla 22: Permeabilidad y propiedades químicas de las películas de envasado	76
Tabla 23: Forma de la función de calidad para reacciones de diferente orden	99

Tabla 24: Formulaci3n control utilizada para la producci3n de cupcake.....	112
Tabla 25: Dise1o de las Mezclas establecidas por el Programa Estadístico Minitab Versi3n 17	113
Tabla 26: Composici3n químico proximal de la Harina de Trigo en 100g de harina	133
Tabla 27: Composici3n químico proximal de la Harina de Quinoa en 100 g de harina.	134
Tabla 28: Composici3n químico proximal de la Harina de Zapallo en 100 g de harina	135
Tabla 29: Colorimetría de las harinas de Trigo, Quinoa y Zapallo	137
Tabla 30: Valores obtenidos para el % Proteína	144
Tabla 31: Coeficientes de regresi3n estimados para % Proteína (proporciones del componente)	144
Tabla 32: Estadísticos de la Regresi3n para la Respuesta % Proteína.....	145
Tabla 33: Análisis de varianza para % Proteína (proporciones del componente)	146
Tabla 34: Valores obtenidos para Sabor	150
Tabla 35: Coeficientes de regresi3n estimados para Sabor (proporciones del componente)	150
Tabla 36: Estadísticos de la Regresi3n para la Respuesta Sabor	151
Tabla 37: Análisis de varianza para Sabor (proporciones del componente)...	152
Tabla 38: Valores obtenidos para Textura.....	156
Tabla 39: Coeficientes de regresi3n estimados para Textura (proporciones del componente)	156
Tabla 40: Estadísticos de la Regresi3n para la Respuesta Textura.....	158
Tabla 41: Análisis de varianza para Textura (proporciones del componente) 158	
Tabla 42: Valores obtenidos para Volumen específico	162
Tabla 43: Coeficientes de regresi3n estimados para el Volumen específico (proporciones del componente)	162
Tabla 44: Estadísticos de la Regresi3n para la Respuesta Volumen específico	163
Tabla 45: Análisis de varianza para Volumen específico (proporciones del componente)	164
Tabla 46: Criterios para la optimizaci3n de las mezclas	168

Tabla 47: Mezcla Óptima	168
Tabla 48: Resumen de los parámetros del análisis de Amilografía para las mezclas control y óptimo.....	170
Tabla 49: Resumen de los parámetros del análisis de farinografía para las mezclas control y óptimo.....	174
Tabla 50: Resumen de los parámetros del análisis de extenografía para las mezclas control y óptimo.....	178
Tabla 51: Composición porcentual (%) del Cupcake Control y. Cupcake Óptimo	180
Tabla 52: Porcentaje de humedad del cupcake Control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	186
Tabla 53: Porcentaje de ceniza del cupcake control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	189
Tabla 54: Variación del % Acidez y pH de los Cupcakes control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	191
Tabla 55: Variación de la textura de los cupcakes control y óptima durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	192
Tabla 56: Variación de la Actividad de Agua de los cupcakes control y óptimo, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	195
Tabla 57: Colorimetría de la corteza del cupcake óptimo durante los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	197
Tabla 58: Colorimetría de la miga del cupcake óptimo durante los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	198
Tabla 59: Requisitos microbiológicos para los productos de panificación, galletería y pastelería.....	199
Tabla 60: Análisis microbiológico del cupcake óptimo, durante los 0, 4, 7, 10, 13, 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	200
Tabla 61: Variación de peso cupcake óptima, envasados en poliepropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	201
Tabla 62: Variación del % de pérdida de peso del cupcake óptimo, envasados en poliepropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	202
Tabla 63: Análisis de Varianza para Peso.....	203

Tabla 64: Variación del % de humedad del cupcake óptima, envasados en polipropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	204
Tabla 65: Análisis de Varianza para Humedad	206
Tabla 66: Análisis de textura del cupcake óptimo, envasados en polipropileno, polietileno y PET, durante los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	206
Tabla 67: Análisis de Varianza para Textura.....	208
Tabla 68: Variación del % Acidez del cupcake óptimo a través de los días ...	209
Tabla 69: Regresión de los datos del porcentaje de acidez del cupcake óptimo para reacción de primer orden.....	209
Tabla 70: Análisis microbiológico del cupcake óptimo, durante los 0, 4, 7,10, 13, 17, 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	211
Tabla 71: Regresión de los datos del recuento microbiológico para mohos y levaduras del cupcake óptimo	211

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Superficie Cosechada (Ha) y Producción (TM) de la Quinua (2003-2011)	24
Figura 2: Diagrama de flujo del desamargado de quinua por vía húmeda.	30
Figura 3: Diagrama de flujo del descarificado de quinua	31
Figura 4: Diagrama de flujo de operaciones para obtener harina de quinua. ...	33
Figura 5: Usos del grano de quinua.....	34
Figura 6: Diagrama de flujo de la elaboración de harina de Zapallo macre (<i>Cucurbita máxima</i>).....	40
Figura 7: Amilógrafo Brabender.....	57
Figura 8: Farinógrafo Brabender.....	59
Figura 9: Farinograma.....	62
Figura 10: Extensógrafo Brabender.....	64
Figura 11: Extensograma.....	64
Figura 12: Primer diseño de superficie de respuesta	83
Figura 13: Segundo diseño de superficie de respuesta- diseño de mezclas	84
Figura 14: Espacio factorial restringido para mezclas con las (a) $p=2$ componentes y (b) $p=3$ componentes.	85
Figura 15: Sistema coordinado trilineal	85
Figura 16: Disminución de un atributo de calidad durante el almacenamiento del alimento, reacción de orden cero.....	97
Figura 17: Disminución de una atributo de calidad durante el almacenamiento del alimento, reacción de primer orden.....	98
Figura 18: Diagrama de flujo para la elaboración de harina de zapallo	110
Figura 19: Gráfico del Diseño Experimental Simplex Reticular.....	114
Figura 20: Diagrama de Flujo para la elaboración de cupcakes	118
Figura 21: Zapallos seleccionados	127
Figura 22: Lavado del Zapallo	127
Figura 23: Cortado de Zapallo	128
Figura 24: Pelado de Zapallo.....	128
Figura 25: Zapallo despulpado	129
Figura 26: Zapallo en trozos	129
Figura 27: Laminado del Zapallo	129

Figura 28: Secado de Zapallo.....	130
Figura 29: Molienda de harina de Zapallo	130
Figura 30: Envasado de la harina de Zapallo.....	131
Figura 31: Diagrama de flujo para la elaboración de harina de zapallo	132
Figura 32: Cremado	139
Figura 33: Mezclado 2.....	140
Figura 34: Mezclado 3.....	140
Figura 35: Dosificado	141
Figura 36: Horneado de los cupcakes	141
Figura 37: Envasado de cupcakes.....	142
Figura 38: (a) Cupcake envasado en bolsa de polietileno de alta densidad. (b) Cupcake envasado en pote termoformado PET.....	142
Figura 39: Almacenamiento de cupcakes.....	142
Figura 40: Diagrama de flujo para la Elaboración del Cupcake	143
Figura 41: Gráfico de Superficie de mezcla para el %Proteína.....	147
Figura 42: Gráfico de Contorno de mezcla para el %Proteína.....	148
Figura 43: Probabilidad Normal de la Variable de Respuesta % Proteína.....	149
Figura 44: Gráfico de Superficie de mezcla para el Sabor.....	153
Figura 45: Gráfico de Contorno de mezcla para el Sabor	154
Figura 46: Probabilidad Normal de la Variable de Respuesta Sabor.....	155
Figura 47: Gráfico de Superficie de mezcla para Textura	159
Figura 48: Gráfico de Superficie de mezcla para Textura	160
Figura 49: Probabilidad Normal de la Variable de Respuesta Textura	161
Figura 50: Gráfico de Superficie de mezcla para el Volumen Específico	165
Figura 51: Gráfico de Superficie de mezcla para Volumen Específico	166
Figura 52: Probabilidad Normal de la Variable de Respuesta Volumen Específico.....	167
Figura 53: Amilograma de la mezcla Control.....	169
Figura 54: Amilograma la mezcla Óptima.....	170
Figura 55: Farinograma para la mezcla Control	173
Figura 56: Farinograma para la mezcla óptima	173
Figura 57: Extensograma de la mezcla Control.....	177
Figura 58: Extensograma de la mezcla Óptima.....	177

Figura 59: Variación del %Humedad de los cupcakes control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	186
Figura 60: Variación del % de cenizas de los cupcakes control y óptimo, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).	189
Figura 61: Variación del %Acidez y pH de los cupcakes control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	191
Figura 62: Variación de la textura de los cupcakes control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	193
Figura 63: Variación de la Actividad de Agua de los cupcakes control y óptima durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	195
Figura 64: Variación de peso del cupcake óptima, envasados en poliepropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	201
Figura 65: Variación del % de pérdida de peso del cupcake óptimo, envasados en poliepropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	202
Figura 66: Variación del % de humedad del cupcake óptima, envasados en polipropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	204
Figura 67: Análisis de textura del cupcake óptimo, envasados en polipropileno, polietileno y PET, durante los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)	207
Figura 68: %Acidez en función al tiempo para reacción de primer orden.....	209
Figura 69: Recuento microbiológico de mohos y levaduras en función al tiempo para reacción de primer orden.....	212
Figura 70: Porcentaje de aceptabilidad de los panelistas vs el tiempo de almacenaje del cupcake óptimo.....	213
Figura 71: Gráfica para la Determinación del Estadístico Anderson-Darlin	214
Figura 72: Gráfica para la Determinación del Estadístico Anderson-Darlin	215
Figura 73: Gráfica de la Función Linearizada de Weibull.....	218

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la optimización de sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinua y harina de zapallo en la elaboración de un producto de pastelería, denominado cupcake, que cumpla con los estándares de calidad, logrando así el diseño de un nuevo producto para el mercado mediante la utilización de harinas sucedáneas. Para cumplir con ello, se partió de una formulación control constituida de: 34.2% de harina de trigo, 20.5% de azúcar, 13.7% huevos, 17.1% de margarina, 13.7% de leche, 0.7% de levadura química, 0.2% de emulsionante y 0.09% de antimoho. Para lograr la optimización se elaboró cupcakes a partir de, 14 mezclas constituidas por proporciones de las 3 harinas (H. Trigo, H. Quinua, H. Zapallo), proporciones que fueron establecidas utilizando un Diseño de Mezclas Simplex Reticular y el programa estadístico Minitab versión 17 y manteniendo el resto de insumos igual a la formulación base; los cuales fueron evaluados en función al porcentaje de proteína, sabor, textura, volumen específico, datos que se analizaron con un nivel de significancia del 95% y utilizando el mismo programa. Estos sirvieron para determinar la mezcla óptima de las harinas con los siguientes porcentajes: 87.475% H. Trigo, 7.525% H. Quinua, 5% H. Zapallo (con respecto a 100% Harina); a ésta se le realizó análisis reológicos para ver su comportamiento versus la harina de trigo. Se elaboró el cupcake con la mezcla óptima, el cual se analizó a través de 13 días de almacenamiento con respecto a los parámetros exigidos por la normas técnicas peruanas (%Acidez, %Humedad y %Cenizas), contrastándolos con los valores reportados por el cupcake "control" (100% H. trigo), obteniendo el primero un % de proteína de 7.89, valor que fue superior al obtenido en el cupcake control. Adicionalmente, se analizaron los cupcakes óptimos almacenados en tres tipos de envases plásticos (polietileno, polipropileno y PET) en función del % de humedad, variación de peso y textura, encontrándose al polipropileno como mejor conservador. Finalmente, se determinó el tiempo de vida útil del producto a temperatura ambiente (26°C aproximadamente), mediante el Método de Cinética de Reacción y el Método de Análisis de Supervivencia, encontrándose un tiempo de vida en anaquel de 11 días para el producto.

ABSTRACT

This research work's main object is to optimize the partial substitution of wheat flour by quinoa flour and squash flour for making cupcakes, which meet with the quality standards and the national technical specifications; to develop a new product for the seller's market through the use of substitute flours.

First, it was start with a control formulation: 34.2% wheat flour; 20.5% sugar, 13.7% eggs, 17.1% margarine, 13.7% milk, 0.7% baking powder, 0.2% emulsifier and 0.09% antimony. To achieve the optimization, it was make cupcakes from fourteen mixtures based on three flours (Wheat flour, Quinoa flour, Squash flour), these mixtures were established by using a Mixture Design Simplex Lattice with the software Minitab 17 and to keep the rest of the ingredients as the control formulation. These cupcakes were evaluated in function of protein percentage, flavor and texture. The information of these analyses was processed with 95% statistics significance.

The optimum mixture was: 87.745% Wheat flour, 7.525% Quinoa flour, 5% Squash flour; then the mixture's rheological characteristics were analyzed.

It was made the "optimum" cupcake (optimum mixture) and the "control cupcake" (100% wheat flour) too. They were compared in function of %Moisture, %Acidity and %Ash during 13 storage days.

The optimum cupcake's percentage protein was 7.89, it was bigger than control cupcake's percentage protein.

Then, three packaging were evaluated and it was determinate that the polypropylene was better than the others. Finally, the useful life of the product a room temperature (26°C.) was determined by the method of Kinetics and Reaction Method Survival Analysis, finding time shelf life of 11 days for the product.

I. INTRODUCCIÓN

La panificación atraviesa por ciertas tendencias, como la que estamos experimentando con los famosos cupcakes, también conocidos como muffins, magdalenas o quequitos. Un cupcake es definido como una pequeña porción de queque para una persona que data desde 1786. Actualmente, los cupcakes se encuentran entre los productos de panificación con mayor popularidad a nivel mundial. (Zolezzi, 2013).

Como en la mayoría de productos de panificación, los cupcakes están tradicionalmente hechos a base de harina de trigo floja, harina que no es muy alta en proteínas. Sin embargo, actualmente el tema de la salud y de los productos nutritivos ha hecho crecer a la demanda de panes especiales. (Caracé, 2013).

Por ello es que se está haciendo uso de las mezclas de harinas que contribuyan al mejoramiento a nivel nutricional de un producto de panificación.

Dentro de este marco ha nacido la idea del uso de la harina de quinua como sustituta parcial de la harina de trigo para los productos de panificación. En la actualidad, la quinua es uno de los granos que ha tenido mayor trascendencia mundial debido a la calidad de su proteína, ahora este pseudo-cereal andino es utilizado no sólo como ingrediente dentro de platos regionales, sino que debido a su aporte nutricional ha sido industrializado obteniéndola en forma de harina.

Diversas investigaciones datan sobre sustituciones parciales de la harina de trigo por harinas de diferentes tipos de cereales, leguminosas y granos como cebada, arveja, soya, etc.; todas éstas conocidas bajo la denominación de "harinas sucedáneas".

Las harinas sucedáneas constituyen una ventaja para los países en desarrollo debido a que la harina podía reducir las importaciones de trigo y el aumento del uso potencial de los cultivos agrícolas cultivados localmente, como es el caso del zapallo. (See, *et. al.* 2007)

Por otro lado el zapallo, sembrado en diversos departamentos de nuestro país incluyendo Ancash, es una de las hortalizas que a lo largo de los años ha tenido una participación sólo en la culinaria nacional. En Ancash, este cultivo

tuvo un crecimiento de 89.2% entre el período 2013-2014 según el INEI. Pero el crecimiento también se ha dado en diferentes departamentos, haciendo que la oferta aumente, pero la demanda siga siendo la misma ocasionando una terrible baja en el precio de este alimento, e incluso pérdidas post-cosecha, debido al limitado uso que se le da. Es por ello que se ha creído conveniente darle un fin industrializado al zapallo, de tal forma que se aproveche sus cualidades nutricionales y llegue a más sectores.

Lo explicado en párrafos anteriores, ha servido de incentivo para el diseño de un nuevo producto de panificación, con un nuevo sabor y con un mejoramiento nutricional. Es así que la presente investigación se titula, Optimización de la Sustitución Parcial de la Harina de trigo por Harina de Quinoa y Harina de Zapallo en la elaboración de cupcakes, tiene como objetivo principal determinar los porcentajes óptimos de harina de trigo, harina de quinoa y harina de zapallo en la elaboración de este producto y como objetivos específicos, realizar la caracterización químico-proximal de la harina de trigo, harina de quinoa y harina de zapallo, determinar la mezcla óptima de harinas empleando el programa estadístico Minitab versión 17, realizar la caracterización químico proximal al cupcake óptimo, establecer el tiempo de vida útil del cupcake óptimo.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)

2.1.1. Generalidades de la quinoa

La quinoa, es un grano andino de la familia Quenopodiáceas, es una especie cultivada y domesticada en el Perú desde tiempos prehispánicos, en la cuenca del Lago Titicaca donde existe la mayor diversidad biológica de este cultivo. (Muro, 2013)

La quinoa es uno de los granos que jugó papel importante en la alimentación de la población indígena asentada en las altiplanicies más altas del continente suramericano, constituyéndose en una de las principales fuentes de proteína de dicha zona. (García, 2011)

La quinoa es uno de los cultivos más difundidos en los países del Área Andina como Bolivia, Ecuador y Perú. Es también uno de los cultivos sobre el cual se han hecho la mayor cantidad de estudios e investigaciones (Romero, 1995).

2.1.2. Taxonomía y morfología

2.1.2.1. Taxonomía

La quinoa pertenece al género *Chenopodium*, familia *Chenopodiaceae*. El género *Chenopodium* es el principal dentro de esta familia y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies. (FAO, 2010).

Dentro de este género existen cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias: *Ch. quinoa* Willd. y *Ch. pallidicaule* Aellen, como productoras de grano en Sudamérica; y *Ch. nuttalliae* Safford y *Ch. ambrosioides* L., como verdura en México. Este género también incluye especies silvestres de amplia distribución mundial: *Ch. album*, *Ch. hircinum*, *Ch.*

murale, *Ch. graveolens*, *Ch. petiolare*, entre otras. (Gandarillas, H., 1997).

Tabla 1: Descripción Taxonómica de la Quinua

División	<i>Fanerógamas</i>
Clase	<i>Angiospermas</i>
Subclase	<i>Dicotiledóneas</i>
Orden	<i>Centrospermales</i>
Familia	<i>Quenopodiáceas</i>
Género	<i>Chenopodium</i>
Sección	<i>Chenopodia</i>
Subsección	<i>Cellulata</i>
Especie	<i>Chenopodium Quinoa Wild</i>

Fuente: Ruales *et al.*, (1992)

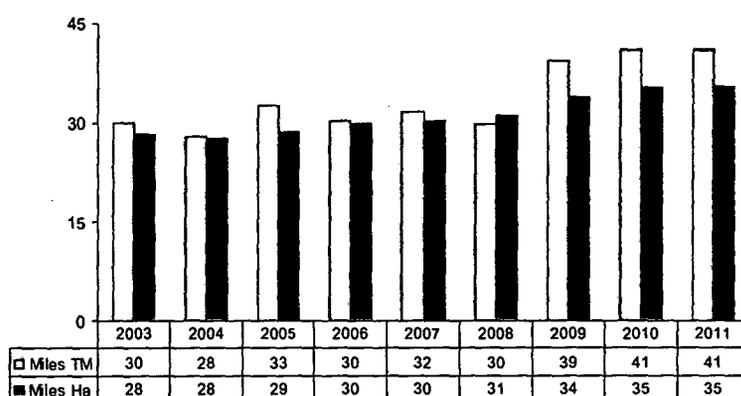
2.1.2.2. Morfología

La quinua es una planta anual, dicotiledónea, usualmente herbácea, que alcanza una altura de 0,2 a 3,0 m. Las plantas pueden presentar diversos colores que van desde verde, morado a rojo y colores intermedios entre estos. Presenta raíces pivotantes y fasciculadas. El tallo principal puede ser ramificado o no, depende del ecotipo, raza, densidad de siembra y de las condiciones del medio en que se cultiven, es de sección circular en la zona cercana a la raíz, transformándose en angular a la altura de las ramas y hojas. Es más frecuente el hábito ramificado en las razas cultivadas en los valles interandinos del sur del Perú y Bolivia, en cambio el hábito simple se observa en pocas razas cultivadas en el altiplano y en una buena parte de las razas del centro y norte del Perú y Ecuador (Mujica, 1993).

Presenta hojas alternas de 3-11cm de largo y de 1-5cm de ancho. La inflorescencia es paniculada y de racimos ascendentes apretados de color púrpura. El fruto es un akenio amarillento aplanado de 2 a 5mm de diámetro en promedio, aunque su color puede variar desde blanco hasta tonalidades amarillo-rojizas. (Fontúrbel, 2006).

2.1.3. Producción nacional

Entre los años 2003-2011 la producción de quinua se incrementó de 30 a 41 miles tm., lo que representa un 37%, esto debido al aumento del área cosechada y a la mayor productividad; en respuesta a la creciente demanda, tanto nacional como internacional. En Puno se concentra el 77% del área cosechada y el 80% de la producción nacional, seguidos por, Cusco, Ayacucho y Junín (4% respectivamente) y otros (8%). (MINAG – OEEE, 2013)



Fuente: MINAG-OEEE/Elaboración: Dirección de Agronegocios, (2013)

Figura 1: Superficie Cosechada (Ha) y Producción (TM) de la Quinoa (2003-2011)

2.1.4. Composición química

El grano de quinua no es un alimento excepcionalmente alto en proteínas, aunque supera en este nutriente a los cereales más importantes. El verdadero valor de la quinua está en la calidad de su proteína, es decir en la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana que le otorga un alto valor biológico (Cardozo, 1979).

En la Tabla 2 se puede observar la ventaja de la proteína de la quinua con respecto a otros granos.

Tabla 2: Composición proximal (%) de quinua y otros granos

Grano	Humedad	Ceniza	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra Cruda
Quinua	10-13	3	12-19	5-10	61-74	2-3
Trigo	13	2	14	2	69	1
Avena	8	2	14	8	68	1
Arroz	15	1	8	1	78	2
Maíz	15	2	13	4	66	3

Fuente: Mujica, (1993)

La quinua es uno de los pocos alimentos de origen vegetal que es nutricionalmente completo, es decir que presenta un adecuado balance de proteínas, carbohidratos y minerales, necesarios para la vida humana. La quinua contiene vitaminas del complejo B: Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Niacina (B3) y Ácido fólico (B9), del complejo A (carotenos) y del complejo C (Ácido ascórbico) (Mujica, 1993).

En la Tabla 3 se observa que la quinua posee Betacaroteno (5300 µg/100 g), rico en Riboflavina (0.2-0.3 mg/100g) y Ácido fólico (78.1 µg/100 g).

Tabla 3: Contenido de vitaminas en quinua y otros cereales (mg/100g).

Vitaminas	Quinua	Trigo	Arroz
Vitamina C	16.4	0.0	3.4-7.2
Tiamina	0.2-0.4	0.5	0.2
Riboflavina	0.2-0.3	0.2	0.1
Niacina	0.5-0.7	5.5	1.9
Ácido Fólico*	78.1	78.0	20.0
Caroteno*	5300	64.0	0.0

(*) Expresado en µg/100g

Fuente: Cardozo *et.al.*, (1979)

En cuanto al contenido de minerales la quinua es rica en Potasio, Calcio, Fósforo, Magnesio y Hierro en comparación con otros cereales como el trigo y el arroz los cuales se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Contenido de minerales en quinua y otros cereales (mg/100g).

Minerales	Quinua	Trigo	Arroz
Potasio	845-1201	370	70-150
Calcio	70-874	29-48	0-40
Fósforo	355-5350	355	160-230
Magnesio	161-2650	128	48-60
Sodio	2.7-22	3	8-9
Hierro	6.3-81	11.5	3
Manganeso	1.9-33	5	2
Zinc	1.2-36	2	2
Cobre	0.7-1	0.5	10.3-07

Fuente: Cardozo *et.al.*, (1979)

Con respecto al contenido de carbohidratos se realizó investigaciones en tres variedades de quinua, notándose la variación en cuanto a la cantidad de almidones presentes en cada variedad, Tabla 5.

Tabla 5: Contenido de carbohidratos en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en %

Carbohidratos	Quinua roja	Quinua amarilla	Quinua blanca
Almidón	59.0	58.0	64.0
Azúcar reductor	2.0	2.0-3.0	2.0
Fibra cruda	2.0	3.0	2.0
Pentosano	3.0	3.0	4.0
Fibra Alimentaria	*ND	9.0	ND

*ND=No determinado

Fuente: Rahnotra *et.al.*, (1993)

La fibra dietaria está compuesta de las fracciones solubles e insolubles. La fibra dietaria insoluble contiene: Celulosa, algunas hemicelulosas y lignina, mientras que la fibra dietaria soluble contiene: gomas, pectinas y partes solubles de hemicelulosas (Ruales, 1994). La fibra soluble es importante por los beneficios que aporta en el proceso de digestión, por su capacidad para absorber agua, captar iones, absorber compuestos orgánicos y formar geles, la Tabla 6 nos detalla el contenido de fibra insoluble, soluble y la fibra dietética total presentes en la quinua.

Tabla 6: Contenido de fibra en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en %

Muestra	Fibra insoluble	Fibra soluble	FDT
Quinua	5.31	2.49	7.8

Fuente: Ruales *et.al.*, (1992)

En cuanto a los componentes antinutricionales la quinua posee saponinas, ácido fítico, taninos y tripsina. En gran medida saponinas en comparación con la soya, Tabla 7.

Tabla 7: Contenido de antinutrientes en quinua (*Chenopodium quinoa Willd*)

Granos	Saponinas (mg/g)	Ácido fítico (mg/g)	Taninos (%)	Tripsina (ppm)
QUINUA	9.0-21.0	10.0	0.50	1.4-5.0

Fuente: Ahamed , *et.al.*, (1998)

2.1.5. Saponinas en la quinua

Las saponinas son sustancias orgánicas de origen mixto, ya que provienen tanto de glucósidos triterpenoides (de reacción ligeramente ácida), como de esteroides derivados de perhidro 1,2 ciclopentano fenantreno. Estas moléculas se hallan concentradas en la cáscara de los granos y representan el principal factor antinutricional en el grano. Las saponinas no tienen una fórmula química bien definida por el origen dual anteriormente explicado, sin embargo, de manera general, se puede sugerir el siguiente esqueleto base: $C_nH_{2n-8}O_{10}$ (con $n \geq 5$). El contenido de saponina en la quinua varía entre 0,1 y 5%. El pericarpio del grano de quinua contiene saponina, lo que le da un sabor amargo y debe ser eliminada para que el grano pueda ser consumido. Las saponinas se caracterizan, además de su sabor amargo, por la formación de espuma en soluciones acuosas. Forman espumas estables en concentraciones muy

bajas, 0,1 %, y por eso tienen aplicaciones en bebidas, shampoo, jabones, etc. (PROINPA-FAO,2011).

2.1.6. Desamargado (desaponificado o escarificado)

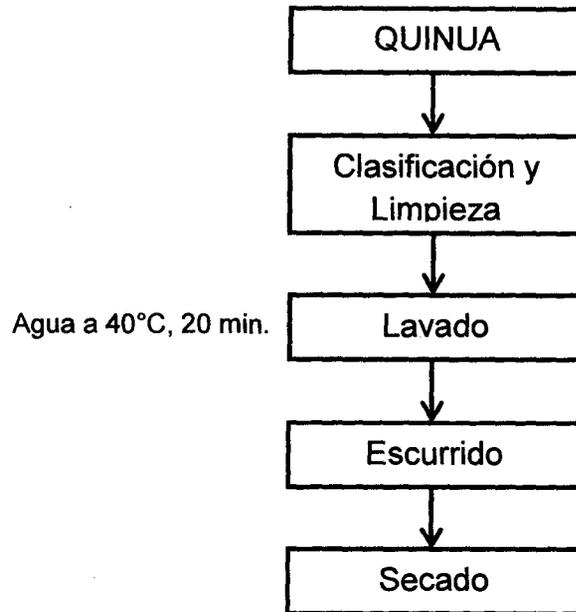
El pericarpio del grano de quinua contiene saponinas, lo que le da un sabor amargo. Estas saponinas hay que eliminarlas antes que el grano pueda ser consumido. (Repo-Carrasco, 1991)

Los métodos de eliminación de saponinas pueden ser clasificados en: métodos húmedos, métodos secos y métodos combinados, que a continuación describiremos:

A) Métodos Húmedos

Son tradicionalmente empleados por los campesinos y las amas de casa, estos consisten en lavar los granos haciendo fricción con las manos o a veces con ayuda de una piedra. A nivel industrial se han diseñado equipos lavadores de quinua. El método húmedo es muy eficiente para la eliminación de saponinas. Sin embargo existen ciertos problemas con como el elevado costo del secado del producto y eliminación de agua con saponina. También existe el riesgo de que el grano empiece germinar durante el proceso de lavado y secado, porque la quinua tiene un poder germinativo muy elevado. En la Universidad Nacional Agraria La Molina se ha diseñado un método de lavado con un equipo experimenta, encontrando las condiciones más favorables para el lavado de quinua: periodo de remojo 30 min., tiempo de agitación 20 min. y temperatura de agua de lavado a 70°C. (Repo-Carrasco ,1991).

En Bolivia han desarrollado también un proceso húmedo para desamargar la quinua (Rodríguez, 1986). El proceso se presenta en el siguiente diagrama de flujo.

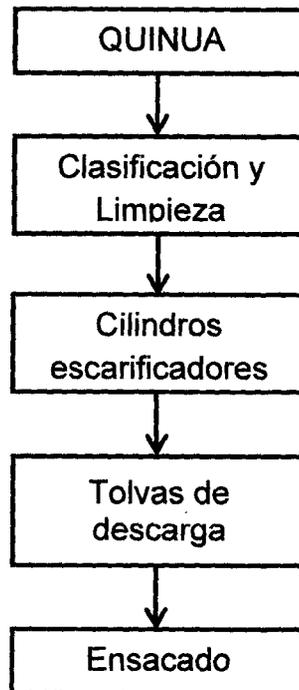


Fuente: Rodríguez, (1986)

Figura 2: Diagrama de flujo del desamargado de quinua por vía húmeda.

B) El método seco o escarificado

Consisten en la utilización de máquinas pulidoras de cereales para eliminar la saponina. Este método es más económico que el anterior pero su desventaja es que no logra eliminar toda la saponina. Si se aumenta la eficiencia, o sea se pule más intensamente el grano, se pierden nutrientes, como la proteína que se encuentra principalmente en la capa superior del grano. (Repo-Carrasco, 1991).



Fuente: Repo-Carrasco, (1991)

Figura 3: Diagrama de flujo del descarificado de quinua

C) El método combinado

Es el método más recomendable, y consiste primero en descarificar ligeramente la quinua y después lavarla brevemente. Con el lavado breve los costos de secado son menores y, con el descarificado previo, la concentración de saponina en el agua de lavado es menor. (Repo-Carrasco, 1991)

2.1.7. Harina de quinua

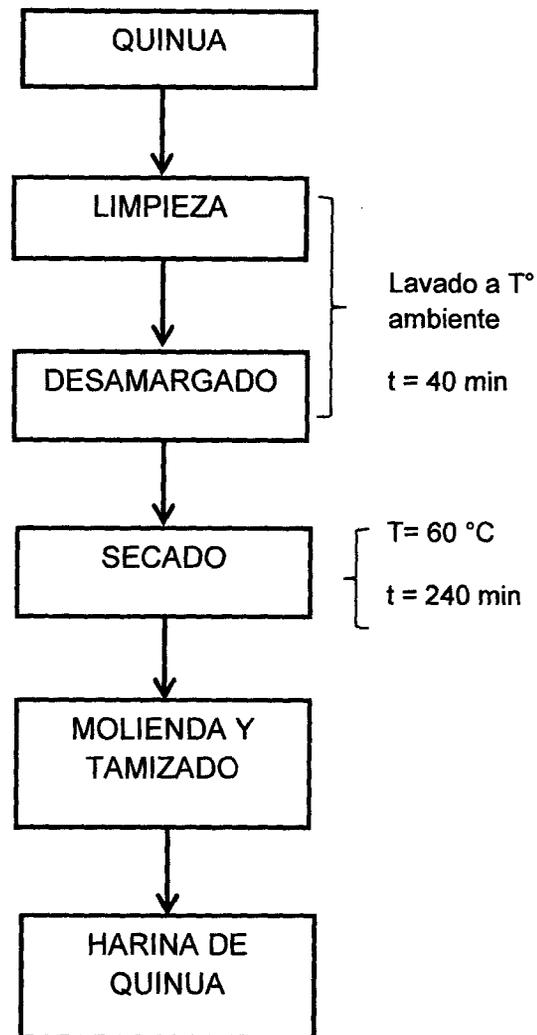
La harina de quinua, es el resultado del proceso donde la quinua desaponificada es molida a presión y fricción y luego sometida a un ventilado para obtener elevado nivel de pulverización y obtener una materia de calidad panificable. Varias referencias indican que de granos enteros y de harina de quinua se prepara casi todos los productos de la industria harinera. Diferentes pruebas en la zona andina, y fuera de ella, han mostrado la

factibilidad de adicionar 10, 15, 20 y hasta 40% de harina de quinua en el pan, 40% en las pastas, 60% en bizcochos y hasta 70% en galletas. (Jacobsen, 2006)

2.1.7.1. Obtención de harina de quinua

Para elaborar harina de quinua es necesario seguir el siguiente proceso: (Calla & Cortez, 2011).

- **Limpieza**, después de la cosecha, los granos son sometidos a una limpieza para eliminar piedras, vidrio, trozos de metales, pajillas, etc.
- **Acondicionamiento**, posteriormente la quinua se desamarga (eliminación de la saponina); mediante el lavado en tanque con un secado posterior.
- **Secado** La semilla húmeda se coloca en la bandeja con un espesor no superior a 2 cm para optimizar el secado, el cual se realiza en una estufa de aire forzado con circulación de aire a una temperatura de 50°C hasta alcanzar una humedad del 15% ± 2.
- **Molienda**, para reducir el tamaño de los granos a partículas que correspondan a la de harina. Esta operación se realiza con un molino de martillo con zarandas o mallas para obtener harinas.
- **Envasado**, de las harinas en bolsas de polietileno de alta densidad hasta su utilización.

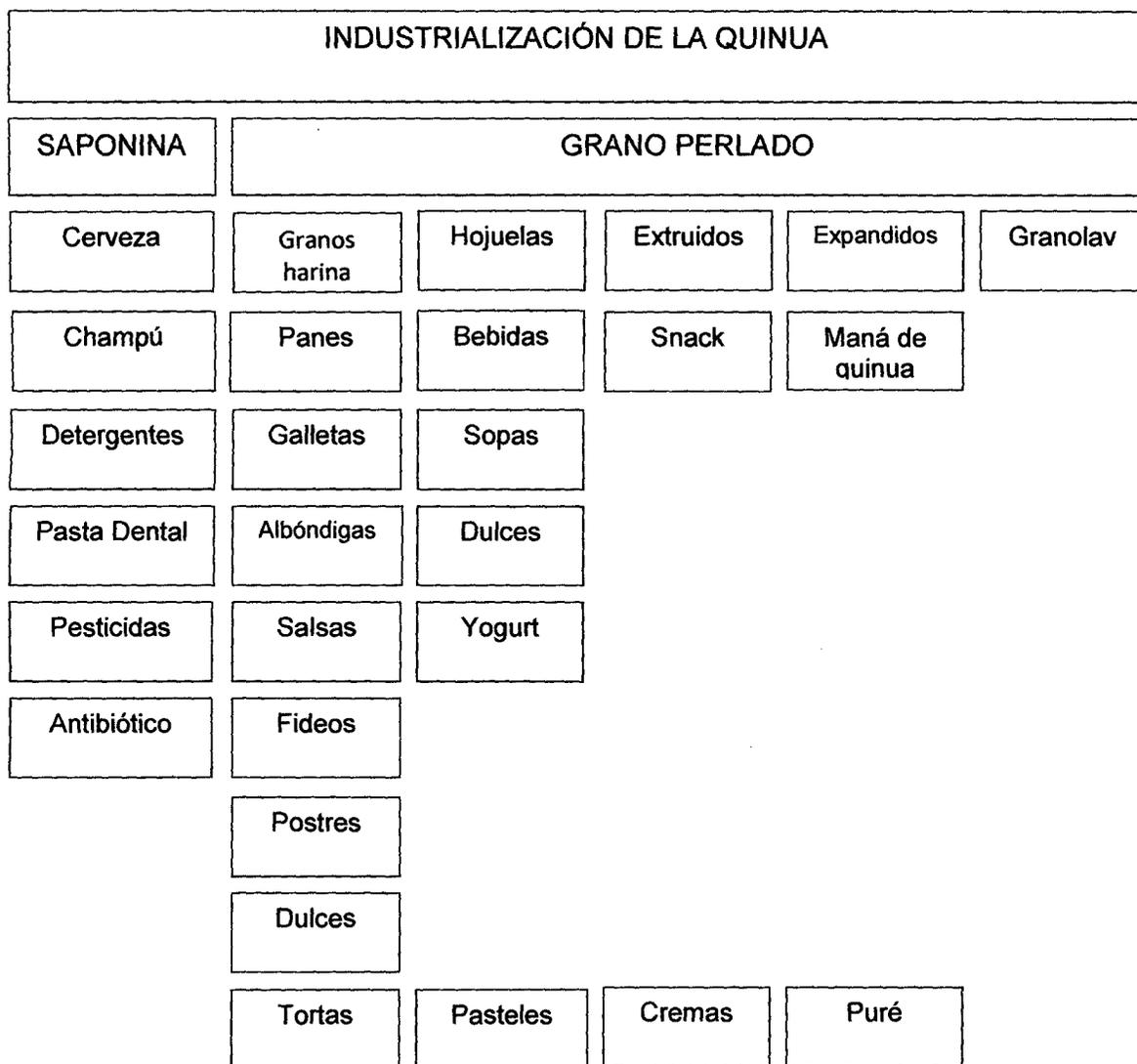


Fuente: Calla & Cortez, (2011)

Figura 4: Diagrama de flujo de operaciones para obtener harina de quinua.

2.1.8. Usos de la quinua

La quinua es un producto del cual se puede obtener una serie de subproductos de uso alimenticio, cosmético, farmacéutico y otros como se muestra en la Figura 5.



Fuente: Montoya *et al.*, (2005)

Figura 5: Usos del grano de quinua

2.2. El Zapallo (*Cucurbita máxima Dutch*)

2.2.1. Generalidades del zapallo

El zapallo pertenece a la familia *Cucurbitaceae* y al género *Curcubita*. El género *Curcubita* está compuesto por 12-14 especies, distribuidas desde Norte América hasta Argentina. Desde el punto de vista socio-económico, el género *Cucurbita* es importante por formar parte de la alimentación básica en muchas regiones de América, Asia y Europa. (Vallejo Cabrera, 2004)

El nombre científico del zapallo, *Cucurbita maxima*, hace alusión al tamaño de su fruto que puede pesar hasta 70 kg. Es rico en vitaminas A y C, calcio, hierro y fósforo, y es muy usado en la gastronomía peruana como ingrediente base de ricos potajes

como el locro y los picarones. Las semillas del zapallo tienen proteínas, vitaminas y minerales, se comen tostadas, se usan en el tratamiento de la próstata y se le atribuyen propiedades afrodisíacas (Vallejo *et al.*, 2004).

2.2.2. Taxonomía y Morfología

Tabla 8: Taxonomía del Zapallo

Descripción botánica	
Reino	Vegetal
Sub-Reino	Fanerógamas
División	Angiospermas
Clase	Dicotiledónea
Sub Clase	Metaclamidias
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitácea
Género	Cucurbita
Especie	Cucurbita máxima Dutch

Fuente: Huanca Apaza, (2010)

Nombres vulgares: calabaza, zapallo, Calabacera, abóbora", "gerinum", "moranga", "cabotya" (portugués), "pumpkin" (inglés). Planta herbácea de tallo trepador, provisto de zarcillos, existiendo los tipos rastrero y arbustivo. Los tallos y el follaje presentan pubescencia suave; las espículas alternan con pelos finos (León. J. 1987).

Las hojas son redondeadas o con lóbulos poco desarrollados, con los bordes ligeramente dentados. La cara superior de la hoja presenta manchas descoloridas, de aspecto plateado, cáliz y corola de cinco piezas cada uno. Planta monoica, con cáliz de color verdoso y corola amarilla a blanca. El fruto es una baya

grande cuyas paredes externas endurecen y las más internas permanecen suaves y carnosas. La forma del pedúnculo en *C. máxima* es cónica o cilíndrica, sin surcos ni expansión basal, suave y casi esponjosa, con estrías finas longitudinales. La forma, tamaño y color del fruto son muy variables. Los cultivares de frutos elipsoidales y ovoides son comunes, con frutos gigantescos hasta de un metro de longitud (León. J. 1987).

2.2.3. Producción Nacional

El Zapallo es una hortaliza que se cultiva los 12 meses del año. En cuanto a la producción nacional de zapallo macre y loche ha mostrado por lo general una tendencia de comportamiento regular, con periodos de importantes crecimientos y disminuciones cíclicas cada tres años a partir de 1997. El último importante crecimiento se ha registrado en el año 2003 con 101,206 TM un 17% mayor al año 2002. Para el año 2005 la producción de zapallo ha tenido el nivel más bajo en el último quinquenio, registrándose 82,074 TM un 10% menor que el año 2004. (Collazos C. *et. al.* 1997).

2.2.3.1. Rendimiento

El zapallo variedad Macre tiene un rendimiento de 10 a 20 toneladas (10.000 a 20.000 kg.) por hectárea. Variedades italianas, 3.000 a 4.000 docenas por hectárea. El rendimiento oscila entre 4000-5000 unidades por Ha. Comercializándolos generalmente por unidad o por kilo (Collazos C. *et. al.* 1997).

2.2.4. Composición Química

En la composición del zapallo cabe destacar su elevado contenido en carotenoides con actividad provitaminínica A, sobre todo en beta-carotenos. Los beta-carotenos, además de transformarse en vitamina A en nuestro organismo, son

responsables de muchos de los efectos saludables de este alimento, ya que se ha sugerido que actúan como antioxidantes y potenciadores del sistema inmune, asociándose su ingesta elevada con un menor riesgo de cáncer y enfermedad cardiovascular. También contiene una cantidad apreciable de otras vitaminas entre las que destaca la vitamina C (con 100 gramos de calabaza, se cubre un 20% de las ingestas diarias recomendadas de la vitamina). Al igual que en otras frutas y hortalizas, entre los minerales de la calabaza, destaca su alto contenido en potasio y su escaso aporte de sodio, por lo que su consumo resulta beneficioso en relación con la hipertensión y con otras enfermedades relacionadas con ella como la trombosis arterial o la apoplejía. Los aportes de otros minerales como calcio, fósforo, magnesio son muy inferiores (Quaglia, G. 1991).

El zapallo contiene igualmente, una cantidad apreciable de fibra, tanto soluble como insoluble, que mejora el tránsito intestinal, previniendo el estreñimiento y protege frente al cáncer de colon y la enfermedad cardiovascular. Los frutos y semillas del zapallo contienen también aminoácidos poco frecuentes como la cucurbitina. Así, las semillas se han usado como antihelmínticas, principalmente contra la tenía pero también contra otros parásitos intestinales, siendo esta actividad atribuida a dicho aminoácido. Estas semillas también presentan una fracción lipofílica con un complejo de valiosas sustancias biológicamente activas que pueden resultar recomendables en el tratamiento de disfunciones leves del tracto urinario, vejiga irritable y molestias miccionales asociadas a hiperplasia benigna de próstata (Quaglia, G. 1991).

Tabla 9: Valor Nutricional del Zapallo macre (*Cucurbita máxima Dutch*) en 100g de Porción Comestible

Nutriente	Cantidad
Humedad (%)	92.6
Proteína (g)	1.9
Grasa (g)	0.1
Carbohidratos (g)	4.3
Fibra (g)	1.1
Calcio (mg)	14
Fósforo (mg)	22
Hierro (mg)	6.4
Energía (Kcal.)	26
Ceniza (g)	0.7
Vitamina A (ug)	16.0
Tiamina (mg)	0.08
Riboflavina (mg)	0.08
Ácido ascórbico (mg)	9.0
Niacina (mg)	0.6

Fuente: Muñoz *et al.*, (2002)

2.2.5. Harina de Zapallo

Para obtener harina es necesario seleccionar la materia prima más conveniente para el proceso, una vez seleccionada, se realizará el proceso experimental que consiste en determinar las isoterms, definir humedades, parámetros de proceso, curvas de secado, tiempos de secado y granulometría. Posteriormente se caracterizará la harina y con ella, la elaboración de subproductos con sus respectivas formulaciones, diagramas de proceso y el nivel de aceptación a través de análisis sensorial (Alava P.,

2007). En la tabla 10 se muestra las características del zapallo seleccionado para la elaboración de la harina.

Tabla 10: Características del Zapallo macre (*Cucurbita máxima Dutch*) seleccionado para la elaboración de la harina

Tipo	Semi-maduro
Solidos Totales	9,38
Humedad	90,62
pH	6,8

Fuente: Alava P., (2007)

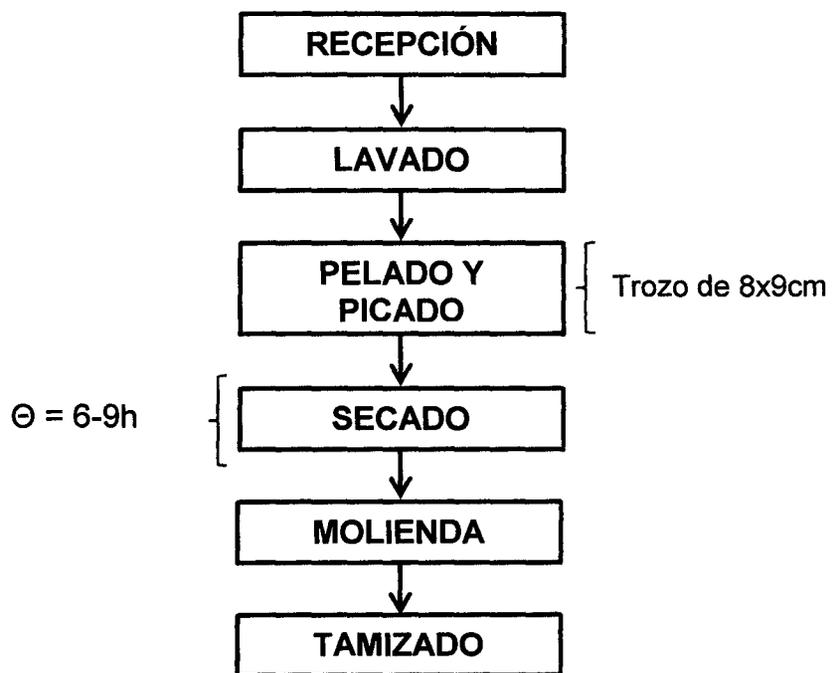
2.2.5.1. Obtención de la harina de Zapallo

Para la obtención de la harina de zapallo se debe seguir el siguiente proceso. (Armijo B., 2012)

- **RECEPCIÓN:** La materia prima (Zapallo) serán transportadas en gavetas y en la planta se pesó la cantidad de zapallo a secar.
- **LAVADO:** Se realizará en la planta con abundante agua y cepillo para eliminar las impurezas como hojas, tierra entre otras.
- **PELADO Y TROZADO:** Se extrajo la corteza con un cuchillo y luego se troceó en dimensiones 8 x 9 cm aproximadamente.
- **LAMINADO:** Los trozos del zapallo serán ingresados en una laminadora con el fin de obtener láminas con un grosor aproximado de 3mm.
- **SECADO:** Se realiza en un secador de bandejas Industrial de 6 a 8 horas a 70°C respectivamente hasta obtener un secado uniforme.
- **MOLIENDA:** Es el proceso que se realiza al zapallo para obtener una harina fina. Generalmente las

harinas de acuerdo a las Normas AOAC 965, deben cumplir con un parámetro físico importante como es la granulosis o granulometría, que consiste en obtener en el producto un grado de finura a través de tamices especificados.

- **TAMIZADO:** Es el proceso que nos permitió separar las partículas más grandes de las pequeñas o algunas partículas que se pudieron adherirse en la harina, para darle la textura al producto (Armijo B., 2012).



Fuente: Armijo B., (2012)

Figura 6: Diagrama de flujo de la elaboración de harina de Zapallo macre (*Cucurbita máxima*).

2.2.6. Usos del Zapallo

El zapallo tradicionalmente ha tenido reputación de buen alimento, medicina y cosmético. Ha servido para la preparación de locros y comidas de dulce.

Sus semillas una vez sometidas a un proceso de deshidratación, se han empleado como condimento para la elaboración de salsas o se han comido fritas o confitadas.

En cosmética, se ha preconizado popularmente el uso del líquido que emana de la superficie del zapallo tierno, al hacerle una incisión, como depilatorio. (Leighton, M., 2005 citado por Constante V. *et al.*, 2011).

El zapallo transformado en harina tiene una vida útil más larga comparada con otras harinas de cereales. La harina de zapallo es usada debido a su sabor agradable, dulzor y color. Estudios demuestran que la harina de zapallo es utilizada para complementar harinas de cereal en productos de panadería, para sopas, salsas, fideo inmediato y especial; también como colorante natural en mezclas de harina y pastas. El zapallo es rico en caroteno, vitaminas, minerales, pectina y fibra alimenticia. La harina de zapallo como suplemento mejoraría la calidad alimenticia del pan. La harina de semilla de zapallo estriada ha estado usada como un suplemento de proteína en una variedad de alimentos (See *et al.*, 2007 citado por Manasés Ruíz H., 2011).

La harina de zapallo como aditivo alimentario es utilizada en la elaboración del pan debido que aumenta el volumen y mejora las características sensoriales del producto (Ptitchkina *et al.*, 2000 citado por Manasés Ruíz H., 2011).

2.3. Trigo (*Triticum Vulgare*)

2.3.1. Generalidades del trigo

La palabra trigo designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles, tal y como ocurre con los nombres de otros cereales (Aykrod et.al, 1970). El trigo es uno de los tres cereales más producido globalmente, y el más ampliamente consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. El grano de trigo es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios (Forero, 2000).

2.3.2. Taxonomía y morfología

2.3.2.1. Taxonomía

Tabla 11: Clasificación taxonómica del trigo

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

Fuente: Mateo, (2005)

2.3.2.2. Morfología

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

- **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. (Potts, 1983).

- **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. (Mateo, 2005).

- **Hojas**

Las hojas del trigo tienen una forma linear-lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas. (Potts, 1981)

- **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. (Mateo, 2005)

- **Granos**

Los granos son cariósides 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. En el fondo del surco hay una zona vascular fuertemente pigmentada. El pericarpio y la testa, juntamente con la capa aleurona, conforman el salvado de trigo. 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. (Mateo, 2005).

2.3.3. Composición química del trigo (*Triticum Vulgare*)

El grano maduro del trigo está formado por: hidratos de carbono, compuestos nitrogenados, ácidos grasos, sustancias minerales y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas, enzimas y otras sustancias como pigmentos. (De la Vega, 2009)

Dentro de las proteínas que contiene el trigo la más importante en la industria de panificación es el gluten que es un complejo de proteínas de color blanco grisáceo, duro y elástico, presente en el trigo; esta proteína da a la masa de pan el tacto viscoso o pegajoso que retiene el gas cuando sube por acción de la levadura. (De la Vega, 2009)

El gluten se forma cuando se combinan con agua las proteínas glutenina y gliadina, presentes en la harina. Al cocerse el pan, el gluten de la masa se expande debido al dióxido de carbono producido por acción de la levadura, dando a la masa una textura esponjosa y elástica. Los panes con gluten tienen mayor contenido en proteínas y menor contenido en almidón que otros panes. (De la Vega, 2009)

Tabla 12: Valor Nutricional (por 100 g de porción aprovechable de trigo)

Nutrientes	Cantidad	Unidad
Humedad	14,2	g.
Proteínas	13,0	g.
Carbohidratos		
totales	69,6	g.
Extracto		
etéreo	1,7	g.
Fibra	2,9	g.
Ceniza	1,5	g.
Calcio	54,0	g.
Tiamina	0,56	mg.
Riboflavina	0,05	mg.
Niacina	4,96	mg.
Caroteno	0,01	mg.
Hierro	3,7	mg.
Fósforo	340	mg.
Energía	354	cal.

Fuente: De la Vega (2009)

2.3.4. Clasificación del trigo según su utilización

Son varios los tipos de trigo que se cultivan alrededor del mundo; de acuerdo a su hábito de crecimiento éstos se clasifican en trigos invernales, primaverales e intermedios o facultativos. El trigo hexaploide (*Triticum aestivum*), comúnmente conocido como harinero, también se clasifica con base en el color de su grano en rojo y blanco. El trigo tetraploide (*Triticum durum*) es comúnmente conocido como durum o cristalino y tiene color ámbar. (Calaveras, 1996).

Un ejemplo de clasificación del trigo, con base en su uso o procesamiento, es de acuerdo a su textura y características de fuerza de gluten (Tabla 13). Los trigos de gluten fuerte y

extensible (grupo 1) son necesarios en los procesos mecanizados de panificación (pan de molde en general) en los cuales las masas deben tolerar el trabajo intenso al cual son sometidas. Estos trigos también son utilizados como correctores de trigos de menor fuerza de gluten. Los trigos con gluten medio fuerte y extensible (grupo 2) son aptos para la producción semi-mecanizada y manual de pan a partir de masas fermentadas (pan blanco, pan de masa hojaldrada y pan dulce, moldeados manualmente y horneado sin molde) y no fermentadas (pan plano como el árabe, tortilla de harina, etc.). Por otro lado, los trigos de endospermo suave (o blando) y gluten débil (grupo 3), son requeridos en la industria galletera y de repostería. Estos trigos deben poseer un contenido de proteína menor que el de los trigos de los grupos 1 y 2. Los trigos de gluten tenaz (poco extensibles), del grupo 4, son altamente indeseables en la industria panificadora, ya que producen masas de panificación que, por el hecho de tener extensibilidad muy limitada, presentan poca tolerancia al sobremezclado, deficiente capacidad de expansión durante la fermentación y el horneado, y pobres características de manejo y moldeado. El trigo cristalino o durum (grupo 5) produce semolina (harina gruesa) de color amarillo y posee un gluten medio fuerte a fuerte y tenaz, adecuado para elaborar pastas alimenticias muy densas y resistentes. (Calaveras, 1996).

Tabla 13: Clasificación del trigo con base en sus características generales de calidad y su uso industrial

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

Fuente: Peña *et al.*, (1991)

2.3.5. Harina de trigo

2.3.5.1. Definición

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

un grado adecuado de finura (Codex Alimentarius 152, 1985)

2.3.5.2. Composición Química

Los compuestos químicos que componen la harina son los mismos que los del trigo, aunque con una modificación porcentual debido a la eliminación de parte de ellos en el proceso de molienda. (Calaveras, 1996).

Tabla 14: Composición Química de la Harina de Trigo

Componente	Harina 100% extracción
Proteínas	12-13.5%
Lípidos	2.2%
Almidón	67%
Cenizas (materia mineral)	1.5%
Vitaminas (B y E)	0.12%
Humedad	13-15%
Fibra (Salvado)	11%
Azúcares	2-3%

Fuente: Calaveras, (1996)

2.3.5.3. Principales componentes de la harina

- **Carbohidratos:** se llama así a ciertos compuestos químicos formados por carbono, hidrogeno y oxígeno. Constituyen la parte mayor del endospermo del trigo. El principal componente de la harina que

contribuye en el poder de absorción gracias a que es muy ávido de agua es el **almidón**. (Primo, 1998).

Dada su higroscopicidad, existe una competencia directa entre las proteínas y el almidón al añadir el agua al amasado. La constitución del almidón viene dada por dos componentes que son la amilasa (parte interna) y la amilopectina (parte externa), unidos entre sí por enlaces de hidrógeno. (Primo, 1998).

- **Proteínas:** Son macromoléculas que contienen nitrógeno. Sus complejos compuestos de naturaleza coloidal, al contacto con el agua son los responsables de la formación del gluten que es bien conocido por el sector de panificación. (Primo, 1998).

La cantidad de proteína determina las propiedades de panificación de la harina, y sus características generales y naturaleza coloidal determinan su calidad. (Primo, 1998).

- **Humedad:** La humedad de la harina oscila alrededor del 14%. La harina con mucha humedad se puede poner mohosa. Al utilizar la harina que perdió humedad se debe compensar echándole más agua en el mezclado. (Primo, 1998).
- **Cenizas:** Es la cantidad de material mineral que tiene la harina. Depende de la clase de trigo y de la extracción. Las harinas patentes tienen menos cenizas que las claras. (Primo, 1998).

2.3.5.4. Tipos de Harina

Las harinas pueden dividirse en dos grandes grupos:

- **Harinas Duras:** Son aquellas que tienen un alto contenido de proteínas como el trigo rojo duro de invierno y rojo duro de primavera.
- **Harinas Suaves:** Son aquellas que tienen bajo contenido de proteínas y se extraen de trigos de baja proteína como el trigo blando rojo de invierno. Se utiliza para bizcochos, queques y galletas. En algunos sistemas de molienda, es posible obtener del mismo trigo un tipo de harina con alto contenido de proteína y otro tipo de harina con baja proteína. A este sistema de molienda se denomina molienda o separación por impacto (Primo, 1998).

2.3.5.5. Harina para productos de pastelería

Para elegir la harina ideal para pastelería hay que distinguir entre los tipos de pasteles ya que en la pastelería existen una gran variedad de artículos, de tal manera que para elaborar en condiciones óptimas cada uno de estos productos, es preciso disponer de harinas de las características requeridas en cada caso, que a continuación se describe:

- **Para pastas secas y mantecados:** Para la fabricación de dulces compactos y pastas secas en las que se emplea alto contenido en grasa y azúcares, la harina ha de ser bastante floja, puesto que en el caso de que se empleen harinas más fuertes las piezas serían demasiado tenaces y no desarrollarían bien en el horno. (Calaveras, 1996).

- **Para Bizcochos:** En algunos bizcochos es necesario que resista un cierto grado de fractura y dejarse aplanar en capas o enrollar sin que llegue a quebrar. Las harinas típicas de bizcochos son aquellas que poseen entre 7,5 y 8,5% de proteínas, de gluten extensible y poco tenaz, por lo tanto una harina galletera o micronizada sería lo ideal. (Calaveras, 1996)
- **Para Masas Batidas:** En el caso de productos con masas batidas tal es el caso de los quequitos, cupcakes o magdalenas se recomienda el uso de las harinas denominadas *Harina Micronizada*, ya que han sido trituradas nuevamente reduciéndole el tamaño de la partícula. Una harina panificable, normal tiene entre 110 y 180 micras de granulometría, las harinas micronizadas son las que tienen una granulometría entre 40 y 80 micras. Este tipo de harina, al tener reducido el tamaño de la partícula, el granulo queda mucho más hidratado, durante el batido de la masa, y por tanto el desarrollo y la esponjosidad de la magdalena y de todas aquellas masas batidas es mayor en comparación con los productos elaborados con harina normal. Otra gran ventaja es que aumenta el rendimiento, puesto que en el proceso de micronización pierde humedad siendo más seca. Al mismo tiempo la absorción es de 1,5% mayor que la harina normal. (Calaveras, 1996).

2.4. Mezclas Alimenticias

Las mezclas alimenticias son combinaciones de diferentes alimentos: cereales, cultivos andinos, leguminosas, leche, etc., que se efectúan a fin de obtener un producto final comestible de alta calidad nutricional, con un balance adecuado de AA esenciales en una dieta. Las mezclas se destinan principalmente a la población infantil en riesgo de desnutrición a fin de cubrir mejor sus necesidades nutricionales. (Mataix, et. al., 2003)

2.4.1. Complementación proteica

Aunque la calidad de una proteína sea la adecuada en términos de alimentación habitual, no se puede considerar la proteína de un alimento aislado, puesto que usualmente se mezclan alimentos con distintos tipos de proteínas. Así, si la combinación de dos alimentos suministra proteínas que se complementan en sus aminoácidos deficitarios, el resultado es una proteína de mejor calidad que si se considera por separado. En general los cereales tienen cierta deficiencia en lisina. (Mataix, et. al., 2003)

2.4.2. Computo Químico

Los métodos más comunes para determinar la calidad de las proteínas alimenticias se dividen en químicos y biológicos. Dentro de los métodos químicos se encuentra el método de cómputo químico, conocido como puntaje químico, número químico o score químico propuesto por Mitchell y Block (1946), este método se basa en calcular el porcentaje de presencia de los aminoácidos esenciales, con respecto al patrón de referencia de aminoácidos esenciales para niños mayores de un año y adultos g/100 g (FAO/OMS, 1985). El porcentaje del aminoácido esencial, que está en menor proporción indica el aminoácido limitante al cual se le denomina score químico (SQ), cuando no hay déficit de ningún aminoácido esencial el SQ es 100% y equivale al de una proteína ideal o de referencia: por el contrario,

si una proteína es carente en un aminoácidos esenciales su SQ es cero. (Soriano del Castillo, 2006).

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

$$\text{C\acute{o}mputo qu\acute{im}ico} = \frac{g. AAE. Alimento o mezcla}{g. AAE. Prote\acute{i}na patr\acute{o}n}$$

El c\acute{o}mputo aminoac\acute{i}dico califica las prote\acute{i}nas, estableciendo una comparaci\acute{o}n porcentual entre la composici\acute{o}n aminoac\acute{i}dica de una prote\acute{i}na patr\acute{o}n que garantiza una \acute{o}ptima s\acute{i}ntesis proteica y la composici\acute{o}n aminoac\acute{i}dica de la prote\acute{i}na o mezcla proteica a evaluar. Las prote\acute{i}nas son compuestos que participan en una serie de reacciones org\acute{a}nicas en forma permanente a fin de permitir mantener la vida. En forma continua se producen procesos de construcci\acute{o}n y destrucci\acute{o}n de componentes nitrogenados. El \acute{u}ltimo objetivo de la ingest\acute{i}o)n de prote\acute{i}nas es la provisi\acute{o}n de amino\acute{a}cidos, componentes responsables de la s\acute{i}ntesis proteica de todo ser vivo. El organismo para cubrir la demanda de amino\acute{a}cidos hace uso del pool de amino\acute{a}cidos provenientes de las v\acute{i}as ex\acute{o}genas y end\acute{o}genas. No todas las prote\acute{i}nas presentan la misma capacidad de aportar amino\acute{a}cidos \acute{u}tiles para favorecer la s\acute{i}ntesis proteica (Soriano del Castillo, 2006).

2.5. Control de Calidad de las Harinas

2.5.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad de la harina es una característica muy importante en relación a un almacenamiento seguro. Según la norma del Instituto de Investigación Tecnológica e Industrial (INTITEC, 1981), la harina no debe tener más del 15% de humedad. (Repo-Carrasco, 1998).

2.5.2. Proteína

Tanto la calidad como la cantidad de la proteína son importantes cuando queremos determinar el uso apropiado para una harina. La cantidad de proteína cruda de una harina está relacionada con el nitrógeno total, mientras la evaluación de su calidad se relaciona, especialmente, con las características físico-químicas de los componentes del gluten.

La cantidad de la proteína se estima mediante el método de Kjeldahl que, en realidad, determina el contenido de nitrógeno y mediante la multiplicación con un factor se halla el contenido de proteína. (Repo-Carrasco, 1998).

2.5.3. Prueba de cenizas

La prueba de cenizas se utiliza para medir el grado de extracción de la harina porque el endospermo puro contiene muy pocas cenizas, mientras el salvado, capa aleurona y germen contienen mucho más. Esta prueba se ha utilizado durante mucho tiempo como una medida importante de la calidad de la harina.

En este método se incinera la harina en una mufla a una temperatura de 600-400°C durante 6 horas. Al finalizar este

tiempo se pesa y se calcula como porcentaje de materia original. (Repo-Carrasco, 1998).

Según ITINTEC (1981) la harina se clasifica según su contenido de cenizas de la siguiente manera:

Tabla 15: Variación en el contenido de cenizas según el tipo de harina de trigo

Harina	Contenido de cenizas %
Especial	0.64 máximo
Extra	0.65-1.0
Corriente	1.01-1.20
Semi-integral	1.21-1.40
Integral	1.41 mínimo

Fuente: Repo-Carrasco, (1998)

2.5.4. Color de la harina

La prueba del color de la harina informa también sobre el grado de extracción, tal como la prueba de cenizas.

El color de la harina se deriva principalmente de su contenido de carotenoides, proteínas, fibras y la presencia de impurezas en la rutina. Harina de trigo para la panadería debe ser amarillenta o levemente amarilla, sin manchas negras (salvado). El color de una comida especial fusiones pueden estar relacionadas con el contenido de cenizas que esta harina cuando ha comparado con otro de la misma combinación de comida. Esto significa que usted no puede asociar diferentes mezclas harinas, es decir, usted no puede relacionar el color con el contenido de cenizas de pertenecientes a distintas mezclas de harina. El color se puede controlar de diversas maneras, entre ellas podemos mencionar los estándares de pekar y colorímetros. Colorímetro Minolta es un método fácil de lectura directa sin necesidad de

preparación de la muestra, dando el resultado en distintas bandas de color, en el L * a * b sistema, interpretado como sigue: l: luminosidad, mide intensivo y oscila entre 0 y 100. Cuanto más cerca del valor es 100, la más clara es la harina; a+ indica tonalidad predominante para el rojo, a-, tonalidad predominante para el verde, mientras b+ indica tonalidades amarillas y b-, tonalidades azules. Normalmente se utiliza también la prueba de Pekar o el Método Kent-Jones & Martin. En la prueba de Pekar se coloca la harina sobre una placa de vidrio, se la humedece y compara con patrones establecidos. En el método fotoeléctrico de Kent-Jones & Martin se mide el poder de reflexión de la luz de la harina. Este instrumento está proyectado para medir el grado de color o brillantez de una harina y no está influido por pigmentos naturales o artificiales, como la prueba de Pekar. Últimamente ambos métodos están reemplazando a las determinaciones rutinarias de cenizas. (Repo-Carrasco, 1998).

2.5.5. Características reológicas de las harinas

2.5.5.1. Amilografía

La amilografía es una técnica de gran utilidad, sirve para probar harinas para las distintas formas de preparación como sopas, purés, emulsiones, etc. Para cuyo destino una característica importante es la viscosidad del producto después de la gelificación y para ajustar la adición de malta a las harinas de panificación (Kent, 1971).

Un amilograma nos indica etapas bien marcadas: la de calentamiento a temperatura constante y de enfriamiento, lo que nos permite una evaluación de la viscosidad, gelatinización y el fenómeno de retrogradación de las harinas (Kent, 1971).

Los puntos más importantes de este ciclo de calentamiento y enfriado son la temperatura de gelatinización, la viscosidad máxima en el calentamiento, la viscosidad final después de la cocción, el aumento de la viscosidad en el enfriamiento y la viscosidad de la pasta fría. Todos estos puntos se pueden medir con un viscoamilografía (Repo-Carrazco, 1998).

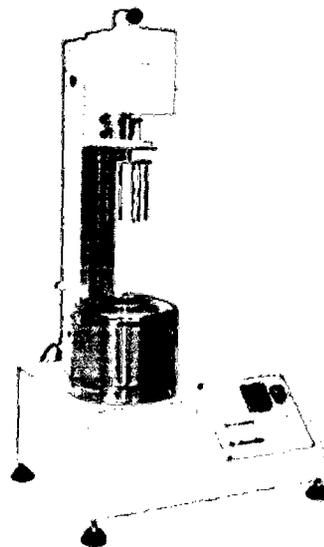


Figura 7: Amilografo Brabender

Al mencionar los cinco puntos importantes durante el ciclo, se obtiene información sobre las características del almidón:

- A) Viscosidad máxima:** esta viscosidad es importante para el usuario porque, en la mayoría de los casos, tiene que calentar el almidón hasta el punto. Algunos almidones dan picos muy altos y diferenciables, mientras otros, como algunos almidones modificados, no tiene este pico.
- B) Viscosidad cuando alcanza la temperatura de 95°C:** Algunos almidones, como del maíz cereo, presentan una disminución drástica de viscosidad en este punto, mientras el almidón

de maíz común presenta solo una disminución leve de viscosidad. Esto refleja la fragilidad de los gránulos de almidón y muestra que los gránulos de almidón de maíz céreo son más frágiles que los del maíz común. Algunos almidones modificados tienen gránulos muy fuertes y no se presentan la disminución de viscosidad de este punto.

- C) Viscosidad después de cocción a 95°C por 30 minutos:** Este punto ilustra la estabilidad de una pasta durante la cocción. Los almidones modificados demuestran tenerla.
- D) Viscosidad después del enfriamiento hasta 50°C.** Este punto demuestra la tendencia del almidón a la retrogradación. El almidón de maíz tiene una marcada tendencia de retrogradación.
- E) Viscosidad después de 30 minutos a 50°C.** Los cambios de viscosidad durante este periodo indican la estabilidad de la pasta cocida (Repo-Carrasco, 1998)

2.5.5.2. Farinografía

Es el control importante en las harinas a fin de medir la plasticidad y movilidad de la masa cuando se la somete a amasado continuo a temperatura constante, es realizado con el farinógrafo Brabender.

Esquemáticamente el farinógrafo Brabender registra en forma de banda ancha la fuerza que se requiere para accionar las palas de un mezclador que gira a velocidad constante a través de una masa de consistencia inicial fija. En el curso del ensayo dicha fuerza varía según la naturaleza de la harina, produciéndose por consiguiente bandas o gráficos de

distinta forma que reciben el nombre de farinogramas. (Brabender, 2011).

El aparato registra los cambios que sufre la masa durante un cierto periodo de tiempo y la apreciación de las características de la masa no queda limitada a un determinado momento. En general se puede decir que cuanto más tiempo resiste una harina al proceso de amasado, tanto más fuerte es. (Kent, 1971).

El farinógrafo es muy útil para registrar las características de la masa de una harina adecuada ciertos fines especiales, ya que otras harinas destinadas al mismo fin particular deben dar farinogramas similares. (Kent, 1971).

El farinograma puede utilizarse para efectuar distintos ensayos, pero generalmente se emplea para obtener la curva de una suspensión harina - agua, empleándose el farinógrafo también puede obtenerse una curva de fermentación que refleja la debilitación de las masas durante este proceso. (Kent, 1971).

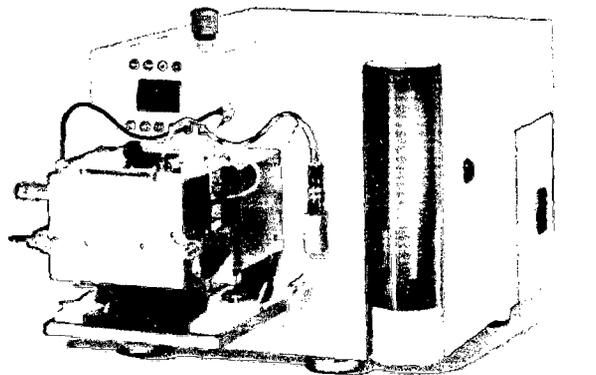


Figura 8: Farinógrafo Brabender

En el farinograma, como se muestra en la Figura 9, se describen parámetros muy importantes que a continuación detallamos:

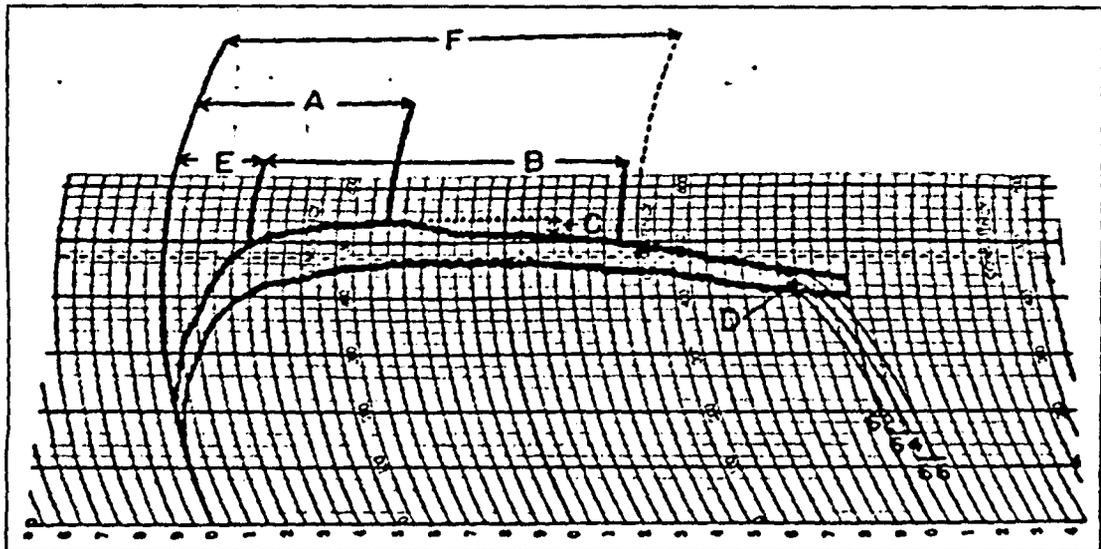
- **Tiempo de llegada (E):** El tiempo de llegada es el tiempo necesario para que el borde superior de la curva alcance la línea de 500UB después de que ha empezado el mezclado y adición del agua. Este valor es la medida de la velocidad en que la harina absorbe el agua. En general, en una variedad dada de trigo, el tiempo de llegada aumenta cuando el contenido de proteína aumenta. (Repo-Carrasco, 1998)
- **Tiempo de desarrollo o mezclado (A):** El tiempo entre la adición del agua y el desarrollo de la máxima consistencia de la masa es definido como el tiempo de desarrollo de la masa. También es llamado tiempo de mezclado o tiempo de pico (peak time). Ocasionalmente se pueden presentar 2 picos, en este caso el segundo debe ser considerado como el tiempo de desarrollo. (Repo-Carrasco, 1998)
- **Estabilidad (B):** La estabilidad es definida como el tiempo entre el punto donde la curva, por primera vez, intercepta la línea de 500UB (tiempo de llegada) y el punto donde el borde superior de la curva se aleja de la línea de 500UB (tiempo de salida). Este valor en general da unas indicaciones sobre la tolerancia de la harina para el mezclado. (Repo-Carrasco, 1998)
- **Tiempo de salida (E+B):** Es el tiempo transcurrido desde la adición del agua hasta que el borde superior de la curva deja la línea de 500 UB. Es igual a la suma del tiempo de llegada y la estabilidad. Tiempos mayores indican harinas fuertes. (Repo-Carrasco, 1998)

- **Debilitamiento de 20 minutos:** la diferencia en unidades Brabender entre la altura del centro de la curva en el punto máximo (pico) y la altura del centro de la curva 20 minutos después de la adición del agua se llama debilitamiento de 20 minutos. Este valor da información sobre la ruptura y fuerza de una masa: a mayor valor, más débil la harina. (Repo-Carrasco, 1998)
- **Índice de tolerancia al mezclado (ITM) (C):** El valor de ITM es, en unidades de Brabender, la diferencia entre el máximo de la curva (medida en el borde superior) y la misma después de 5 minutos del pico. En general las harinas que tienen una buena tolerancia al mezclado tienen ITM bajo y, a mayor valor de ITM, más débil la harina. (Repo-Carrasco, 1998)
- **Valor valorimétrico (D):** el valor valorimétrico es un índice de calidad empírico. Está basado en el tiempo de desarrollo y tolerancia al mezclado y se deriva del farinograma con un accesorio especial proporcionado por la empresa que manufactura los equipos.

El valor valorimétrico depende de 2 características de la curva farinográfica: el tiempo de desarrollo y el grado en que la masa rompe después del pico. El valor valorimétrico permite al analista reportar un solo valor para el farinograma; sin embargo no permite visualizar la curva exacta. (Repo-Carrasco, 1998)

- **Tiempo de rotura (F):** el tiempo de rotura es el tiempo desde el inicio del mezclado hasta el punto en que la consistencia ha disminuido 30 unidades

de Brabender. Se determina dibujando una línea horizontal a través del centro de la curva en el punto más alto y otra paralela 30 unidades más abajo. El tiempo desde el inicio del mezclado hasta que el centro de la curva descendente cruza esta línea inferior, es el tiempo de rompimiento. Este tiempo nos cuenta sobre la fuerza y resistencia de la masa al mezclado. (Repo-Carrasco, 1998)



Fuente: Repo-Carrasco, (1998)

Figura 9: Farinograma

Tabla 16: Parámetros del farinograma para diferentes productos de panificación y pastelería

Parámetros	Masa	Panes	Queques	Galletas fermentadas	Bizcochos dulces
Absorción de agua (%)	60-64	> 55	-	< 55	< 55
Desarrollo (min)	8-13	4-9	1-2	3-6	1-3
Estabilidad (min)	> 15	12-18	2-4	6-12	2-4

Fuente: Nitzke, (2008)

2.5.5.3. Extensografía

La medición de la extensibilidad de una masa es importante para poder definir los usos finales de una harina.

La extensografía es un método, complementando a la farinografía, para medir la extensibilidad y resistencia de una harina. La determinación se hace en la siguiente manera: en la amasadora del farinografo se hace una masa de consistencia estándar (500BU en farinografo) con 300g de harina, 5g de sal y agua según la absorción farinográfica, amasando durante un minuto. Se deja reposar cinco minutos y se amasa nuevamente durante dos minutos, para luego dividirla en trozos de 150 g. Estos trozos se moldean con un redondeador o formadora de cilindro que les da forma de barra. Estos se colocan en la cámara de reposo donde maduran durante 45 minutos. Posteriormente se les coloca en el extensógrafo de modo que un brazo desplazable estira la masa hasta que se rompa. La fuerza necesaria para estira y romper se registra automáticamente en un gráfico junto con la longitud que ha estirado. La maduración y estiramiento se repite 3 veces, obteniendo así tres curvas con tres tiempos de maduración (30, 60, 90), siendo el último utilizado para la evaluación. (Repo-Carrasco, 1998). (Ver Figura 10)

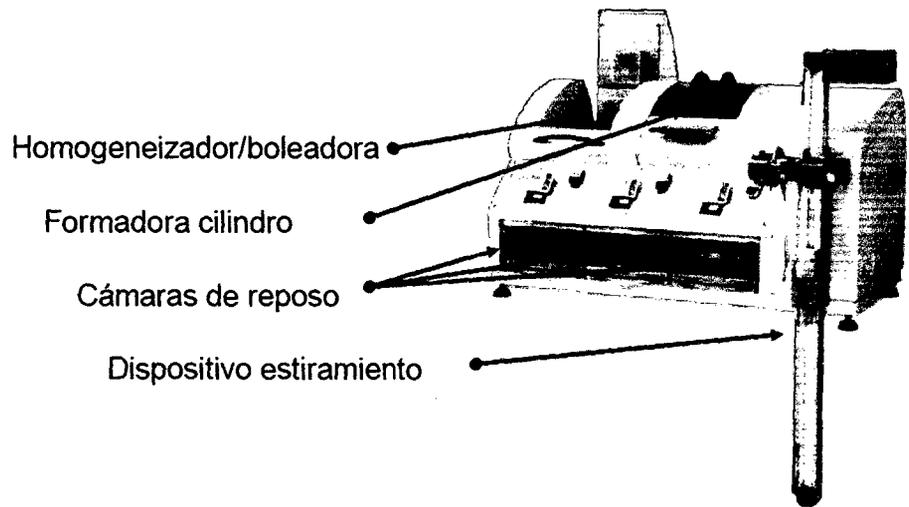
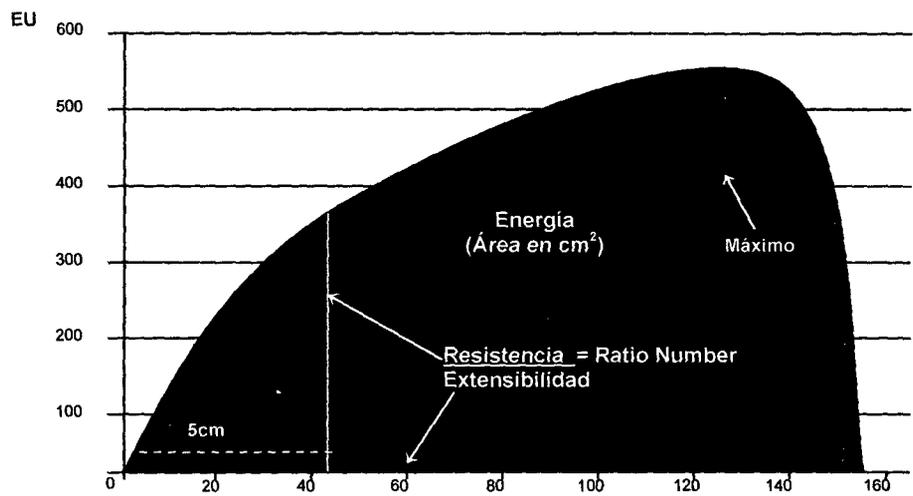


Figura 10: Extensógrafo Brabender

Finalmente se obtienen los parámetros, tal como lo muestra la Tabla 17, mediante la gráfica del Extensograma como en la figura 11.



Fuente: Stanley, *et al.*, (2002)

Figura 11: Extensograma

Tabla 17: Parámetros del Extensograma

Valor de medición	Medido como	Significado
Energía	Superficie bajo la curva en (cm ²)	Medida para la calidad de la masa
Resistencia al estiramiento	Alto de la curva 5cm luego del inicio de la elevación de la curva (EU)	Muestra la fuerza que se le opone a la elasticidad de la masa
Elasticidad	Largo de la curva en (mm) desde el inicio de la elevación de la curva hasta el máximo (rotura de la muestra)	Muestra las propiedades de elasticidad del gluten
Máximo	Punto más alto de la curva en (EU)	Fuerza en el punto de rotura
Relación de tensión	Cociente a partir de resistencia al estiramiento y extensibilidad	Medida para la calidad de la masa
Relación de tensión	Cociente a partir del máximo y la extensibilidad	Medida para la calidad de la masa

Fuente: Repo-Carrasco, (1998)

Tabla 18: Parámetros del extensograma para diferentes harinas según su uso

Parámetro	Masa	Panes	Queque	Galletas fermentadas	Galletas
Resistencia al estiramiento (R) (U.E.)	300-500	250-350	150-200	200-250	150-200
Extensibilidad (E) (cm)	120-160	140-180	120-160	160-200	120-160
Energía (cm ²)	>150	130-180	<100	100-150	<100

Fuente: Repo-Carrasco, (1998)

2.6. Generalidades en la Elaboración de Cupcakes

2.6.1. Definición de Cupcake

Un queque, pastel o torta 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. (DRAE, 2001)

Los cupcakes (pastel o queque de taza) son pequeños queques individuales hechos a base de harina, margarina o mantequilla, huevo y azúcar, y cuya denominación parte del tamaño en partes iguales de cada ingrediente y la forma de distribuirlos en moldes pequeños el cuál ahorra mucho tiempo en la cocina, presentan una base cilíndrica y una superficie más ancha, con forma de hongo. La parte de abajo suele estar envuelta con papel especial de repostería o aluminio, y aunque su tamaño puede variar presentan un diámetro inferior al de la palma de la mano de una persona adulta. (Bardón Iglesias, R. *et al.*, 2010).

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

2.6.2. Características de Calidad de los Cupcakes

Los cuatro ingredientes básicos (harina, grasa, azúcar y huevos) son los que determinan su valor energético y nutricional. Son alimentos que aportan hidratos de carbono complejos, fibra, vitaminas y minerales y otros nutrientes de gran valor nutricional, además de ser una buena fuente de energía. En general, y en comparación con el pan común, todos estos productos (bollería y pastelería industrial) son mucho más calóricos, contienen menos fibra dietética (salvo si se elaboran con harina integral, con

preparados prebióticos o con elevado contenido de frutos secos); más proteínas de alto valor biológico, debido a la adición de huevo o leche; más grasa y generalmente de peor calidad (grasas saturadas y trans); menos almidón y más azúcares. La cantidad de vitaminas y minerales es muy variable de unos productos a otros y depende de los ingredientes empleados en su elaboración. (Mijan, 2007).

Tabla 19: Composición proximal del cupcake (por 100 g)

Componentes	Cantidad
Agua (g)	24.23
Calorías (kcal)	377
Proteína (g)	4.54
Lípidos (g)	15.85
Carbohidratos (g)	53.98
Fibra (g)	1.00

Fuente: USDA, (2009)

Tabla 20: Composición de micronutrientes del cupcake (mg/100 g)

Componentes	Cantidad
Potasio (mg)	115
Calcio (mg)	46
Fósforo (mg)	145
Magnesio (mg)	10
Sodio	339
Hierro (mg)	1.26
Vitamina C (mg)	0.9
Tiamina (mg)	0.161
Riboflavina (mg)	0.166
Niacina (mg)	1.330

Fuente: USDA, (2009)

2.6.3. Queques enriquecidos

En este grupo, sobre todo en la línea de productos dirigidos al público infantil, se ofertan también productos enriquecidos con vitaminas y minerales y otras sustancias beneficiosas. Esto debe ir acompañado de mejoras generales de los productos en cuanto a contenido calórico total, azúcares simples y grasas saturadas y grasas *trans*, lo que quedará delimitado a efectos normativos por el establecimiento de los llamados “perfiles nutricionales”. (Bardón Iglesias, R. *et al.*, 2010).

Estos ingredientes deben encontrarse en las proporciones requeridas para aportar una cantidad significativa y por tanto para poder ejercer su efecto beneficioso a partir de las cantidades de producto que se consumen normalmente.

En estos casos, es especialmente importante cuidar que el enriquecimiento sea significativo y el ingrediente biodisponible, pues de lo contrario no ofrecen ninguna ventaja al consumidor y pueden inducirle a error en su elección. Por otro lado, el enriquecimiento en oligoelementos debe de tener en cuenta otras fuentes de la dieta y el estado nutricional de la población a la que van dirigidos, ya que se podría incurrir en posibles sobredosificaciones de determinados nutrientes (ejemplo vitaminas liposolubles) con un efecto opuesto al pretendido (Bardón Iglesias, R. *et al.*, 2010).

2.6.4. Requisitos

Según la Norma técnica peruana (NTP. 206.002:1981, revisada el 2011), los requisitos para los bizcochos son los siguientes:

A) Requisitos físico-químicos

Tabla 21: Requisitos Físicoquímicos permitidos en los bizcochos

Requisitos físico-químicos	Máximo valor permitido
Humedad	40%
Acidez (como ácido láctico)	0.7%
Cenizas	3%

Fuente: NTP. 206.002:1981

B) Requisitos microbiológicos

Deberán estar exentos de microorganismos patógenos.

2.6.5. Ingredientes de los cupcakes

A) Harina de trigo

Según la Legislación peruana, harina es el producto resultante de la molienda del grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) con o sin separación parcial de la cáscara (ITINTEC, 1982). La designación "harina" es exclusiva del producto obtenido de la molienda de trigo. A los productos obtenidos de la molienda de otros granos (cereales y menestras), tubérculos y raíces le corresponde la denominación de "harina" seguida del nombre del vegetal de que provienen. A este tipo de harinas se les denomina sucedáneas según ITINTEC (1976).

Influencia de la harina en la elaboración de cupcakes

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

B) Margarina

Es una grasa comestible compuesta esencialmente de aceite vegetal, agua, colorante, sabor especial a leche.

- **Influencia de la margarina en la elaboración de cupcakes**

El principal efecto de la grasa en los productos horneados, sobre todo en los cupcakes, es la formación de una textura cremosa. Esto significa una textura blanda, agradable y desmenuzable que se forma no permitiendo que se forme gluten a partir de la proteína de la harina. De hecho la grasa, si se encuentra en cantidad suficiente, recubrirá totalmente las partículas de harina y de esa forma se evitará que el agua llegue hasta las proteínas. De este modo no se formará gluten y los ingredientes no estarán fuertemente ligados entre sí con lo que la textura será mantecosa y desmenuzable (Dendy, 2001).

C) Azúcar

Con el nombre específico de azúcar (sacarosa), se designa exclusivamente el producto obtenido industrialmente de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*, L. var.rapa), o de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*, L.). (ASEMAC, 2012)

El azúcar concede ternura y fineza a las masas de los cupcakes, dan color a las cortezas, y actúan como agentes

de cremado durante el batido junto con la margarina y los huevos. Asimismo prolonga la duración de los cupcakes, ya que retienen la humedad. Son el alimento de la levadura y/o polvo de hornear. Si bien existen numerosos tipos de azúcares, el más empleado en la elaboración de cupcakes es la sacarosa o azúcar común. (Dendy, 2001).

- **Influencia del azúcar en la elaboración de cupcakes**

El azúcar le confiere firmeza al producto, debido al comportamiento de la primera durante el horneado. El azúcar se disuelve en el agua de la masa hasta formar una solución altamente concentrada. Cuando el producto se enfría des pues del horneado, esta solución solidifica, no retornando a su forma primitiva de cristales, sino que se trata de un material duro y amorfo que le da al alimento una textura un tanto crujiente (Dendy, 2001).

El azúcar también tiene capacidad de colorear los productos horneados gracias a las distintas reacciones químicas, que tienen lugar en el alimento durante la fase de la cocción. Los productos azucarados pueden combinarse con las proteínas procedentes de ingrediente como la leche para dar origen a un atractivo color oscuro así como a agradables características de flavor y de aroma de los productos recientemente horneados. De forma conjunta estas reacciones se conocen como "Reacción de Maillard". Estas reacciones ocurren predominantemente en la superficie del producto en donde las temperaturas son más altas. La extensión del color producido depende de la cantidad de azúcar añadida, de la composición química del alimento y de la temperatura del horno durante la cocción (Dendy, 2001).

D) Huevos

Los huevos son ingredientes importantes en la composición de casi todos los productos de pastelería. Poca importancia se les da; la forma más correcta de conservarlos, así como los problemas que acarrearán la mala práctica de su manipulación y las enfermedades de las que son portadores, es de gran importancia para el pastelero. (Dendy, 2001).

- **Influencia del huevo en la elaboración de cupcakes**

En las cupcakes, la yema permite obtener una buena miga, permitiendo mayor emulsión al aumentar el volumen del batido, lo que repercutirá en un mayor esponjamiento. También las partes ricas en huevo se conservan blandas durante más tiempo (Dendy, 2001).

La importancia del huevo como ingrediente en productos de pastelería se debe a su contribución al valor nutritivo así como a su influencia sobre la mejora de la apariencia y calidad del consumo del producto final. En la elaboración de los cupcakes, el huevo tiene una acción ligante con otros ingredientes y un efecto emulgente que contribuye a incrementar la mantecosisidad del producto. También el huevo tiene un efecto leudante ya que es capaz de retener aire cuando se bate. Este aire se expandirá durante la cocción, que al estar retenido en la fina estructura que forma la proteína del huevo (albúmina) y las de la harina, no puede escapar y de esa forma permanece dentro de las celdillas para contribuir al esponjamiento del producto final (Dendy, 2001).

E) Leche

La leche mejora el valor nutritivo y el sabor de los productos de pastelería, pues todos los componentes de la leche tienen influencia en la masa y productos terminados se utiliza principalmente en la elaboración de masas

(bizcochos) y otros. En los productos de pastelería mejora su gusto produciendo una corteza más dorada y crujiente. (Dendy, 2001).

- **Influencia de la leche en la elaboración de cupcakes**

En la elaboración de cupcakes, la leche se comporta de la misma manera que el agua (es decir, como solvente, ayuda a distribuir los sabores y se vaporiza durante la cocción colaborando con la textura final del producto). La lactosa en la leche se carameliza y crea color en la superficie, a su vez, ayuda en el desarrollo de una corteza firme. La grasa y las proteínas de la leche y de otros productos lácteos contribuyen con sabor y volumen. El ácido láctico de la leche aumenta la estabilidad del gluten. El resultado es un producto con una textura interior fina. (Moreno E, 2006 citado por Ronquillo, 2012).

F) Polvo de hornear

El polvo de hornear también conocido como *leudante* o *levadura química*, es un producto químico que permite dar esponjosidad a una masa (harina + agua), debido a la capacidad de liberar dióxido de carbono al igual que las levaduras en los procesos de fermentación alcohólica. Se trata de una mezcla de un ácido no tóxico (como el cítrico o el tartárico) y una sal de un ácido o base débil, generalmente carbonato o bicarbonato, para elevar una masa confiriéndole esponjosidad. Se emplea con frecuencia en repostería. Se distingue de la levadura de panadería en que su efecto es mucho más rápido y no hace falta esperar a que las masas leuden. (Gianola, 1995)

- **Composición química**

Aunque su composición química es variable, la mayoría de polvos de hornear comerciales están constituidos de: 1 álcali o base (bicarbonato de sodio), 2 sustancias ácidas (sulfato de aluminio y fosfato monocálcico) y almidón: mantiene el polvo en estado seco.

Para actuar, el polvo de hornear requiere la presencia de un líquido y calor. Por la presencia de dos ácidos en su composición se dice que el polvo de hornear es una leudante de “doble acción” (double acting): el fosfato monocálcico se activa al entrar en contacto con la humedad de la masa, y el sulfato de aluminio se activa con el calor del horno. (Dendy, 2001).

- **Mecanismo de acción**

El mecanismo de reacción es el siguiente: El ácido reacciona con el bicarbonato produciendo burbujas de CO₂, y dando volumen a la masa. Se diferencia de la levadura biológica en que el efecto de esta última es mucho más lenta, mientras que la levadura química actúa de inmediato y es perceptible a la vista. (Gianola, 1995).

- **Influencia en la elaboración de los cupcakes**

La función que cumple el polvo de hornear en la elaboración de los cupcakes es hacer que el nivel de altura de la masa se incremente durante el horneado.

Para una mejor distribución se tamiza junto con la harina. La dosis promedio es del 3% del peso de harina, es decir que para 500 g de harina se utilizan 15 g de polvo leudante. (Gianola, 1995).

G) Antimoho

Es el producto por excelencia utilizado en la conservación de productos panificados, evitando el desarrollo de hongos y

por ende de la síntesis de metabolitos potencialmente tóxicos. (Gianola, 1995).

- **Composición Química**

Químicamente está compuesto de sales de Calcio y Sodio del ácido propiónico el cual es un eficiente inhibidor de moho y filamentación que prolonga la vida útil de los productos. (Gianola, 1995).

- **Mecanismo de Acción**

El ácido propiónico cuando esta protonado puede penetrar fácilmente la pared celular de hongos y bacterias. Una vez dentro de la célula actúa como un potente inhibidor de varias enzimas intracelulares esenciales para el metabolismo de hidratos de carbono. De esta manera se logra inhibir el crecimiento y duplicación de los mismos. (Gianola, 1995).

- **Influencia en la elaboración de los cupcakes**

El antimoho se utiliza en los cupcakes, como en cualquier producto de bollería y/o panificación, para evitar la proliferación de mohos sobre el producto. (Gianola, 1995).

2.6.6. Materiales de embalaje

De los pocos miles de plásticos que se han sintetizado, solamente unos veinte se emplean en el envasado de alimentos. Sin embargo, estos 20 polímeros se combinan en tales variedades de formas, que se dispone comercialmente de cientos de estructuras diferentes de plásticos utilizables en el envasado de alimentos. Entre los más importantes de los usados para películas y recipientes semirrígidos, se encuentran los poliésteres (PET, Mylar), polietileno y polipropileno. En la tabla 22 muestra la Permeabilidad y propiedades químicas de las películas de estos materiales (Potter, 1999).

Tabla 22: Permeabilidad y propiedades químicas de las películas de envasado

Material de la Película	Velocidad de Transmisión de Gases (cm ³ /100pulg. ² /24h/m) temp. 25°C			Velocidad de transferir vapor de agua (g/100pulg. ² /24h/m) 90%hr	% Absorción de agua en 24h
	O2	N2	CO2		
	Poliéster	3-4	0.7-1		
Polietileno de baja densidad	500	180	2.700	1-1.5	<0.01
Polietileno de alta densidad	185	42	580	0.3	Nulo
Polipropileno no orientado	150-240	40-48	500-800	0.7	<0.005
Polipropileno orientado	160	20	540	0.25	<0.005

Fuente: Potter, (1999)

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

A) Polietileno (PE)

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

El polietileno de baja densidad es la película plástica de uso más corriente en el envasado. Es resistente, transparente y tiene una permeabilidad relativamente baja al vapor de agua. El polietileno de alta densidad es dos veces más impermeable al vapor de agua y a los gases que el polietileno de baja densidad, y ofrece también mayor resistencia al paso de olores y aroma. (Heiss, 1978)

B) Polipropileno (PP)

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

Las características ópticas de este material son óptimas por su brillantez y por su facilidad para la impresión, tiene alta resistencia a los ácidos y álcalis, además está calificada en las normas europeas para estar en contacto con los alimentos (Matckovich, 2009).

C) Polietilen Tereftalato (PET)

Es un polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol. Es un polímero lineal, con un alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado. (Heiss, 1978).
Presenta como características más relevantes:

- Cristalinidad y transparencia, aunque admite cargas de colorantes
- Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes
- Alta resistencia al desgaste
- Muy buen coeficiente de deslizamiento
- Buena resistencia química
- Buenas propiedades térmicas
- Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- Totalmente reciclable
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

2.6.7. Etapas en la elaboración de Cupcakes

Para elaborar los cupcakes, en primer lugar, se debe precalentar el horno a 180°C. Luego, se procede a batir las yemas con el azúcar y la mantequilla hasta que se forme una crema. Posteriormente se añade los huevos y se sigue batiendo hasta formar una mezcla homogénea. A esta mezcla se le añade la harina (previamente cernida), el polvo de hornear y la esencia del sabor deseado.

A) Mezclado

El mezclado o batido de una masa para queques es un riguroso proceso. El objetivo en el caso de los cupcakes, es evitar que la proteína de la harina se transforme en gluten y por ello se trata de tener la harina lo más alejada posible de los ingrediente que contienen agua. Tradicionalmente, la grasa y el azúcar se mezclan hasta conseguir una crema ligera y aireada a la que se le añade en una segunda etapa el huevo. Es de vital importancia que esta etapa se lleve a

cabo correctamente o de lo contrario el batido final puede romperse y separarse el agua del huevo o de la margarina. Esta ruptura se conoce como cuajado y lleva implícito la pérdida de aireación, cierto endurecimiento de la proteína y un queque denso y con poco volumen. La última adición de esta fase de mezclado es la harina. En este momento también es costumbre adicionar el polvo de hornear. La operación de mezclado lleva como objetivo conseguir la máxima homogeneidad de los ingredientes. Particularmente es importante un grado de aireación y la formación de burbujas de aire finamente divididas y uniformes para que se expandan durante la cocción y proporcionen un buen volumen y una estructura adecuada en el producto final. Después del mezclado, el producto se transfiere a las bandejas de cocción lo antes posible al objeto de no permitir que el aire se vaya arriba y haga que la distribución de las burbujas de aire no sea uniforme (Dendy, 2001).

B) Dosificado

Esta operación consiste en colocar en pequeños moldes la masa de los cupcakes para que adquieran su forma característica. (Dendy, 2001).

C) Horneado

El queque debería tener, desde el punto de vista del consumidor, un color uniforme y atractivo, una superficie lustrosa y miga húmeda y ligera. De forma general los fabricantes cuecen los productos a la más alta temperatura posible para lograr las características deseadas pero sin quemar la superficie. (Dendy, 2001).

Durante el tiempo de permanencia en el horno, la masa crece a medida que se expanden las burbujas de aire y se liberan gases producto de la acción del polvo de hornear o levadura química. La estructura final se vuelve firme al

participar la gelificación del almidón y la proteína de la harina y la coagulación del huevo; a continuación se produce el aumento de la coloración de los productos y cierta pérdida de humedad. (Dendy, 2001).

D) Empaquetado

El empaquetado y presentación comercial de estos productos es una actividad muy diversa ya que cubre desde la envoltura con película flexible individual de pasteles, hasta las cajas de expendio (Dendy, 2001).

2.7. Evaluación sensorial

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

2.7.1. Conducción del panel

Para conducir o llevar a cabo las evaluaciones en los paneles sensoriales se deben tener en cuenta ciertas condiciones deseables; Una sala libre de olores extraños (perfumes, cigarrillos y otros) y ruidos, contarse con un área de preparación de las muestras (Mackey *et al.*, 1984).

A fin de eliminar la distracción y prevenir la comunicación entre panelistas se usan cabinas individuales eliminando así la distracción, la iluminación debe ser uniforme y no debe influenciar la aparición de la muestra y los miembros del panel. Si están enfermos no deben participar en la evaluación (Larmond, 1977).

Instruir en forma específica a los panelistas como registrar la información y que se está buscando, permitiendo así mayor variedad de respuesta. Todos los preparativos del panel deben hacerse un día antes de la reunión y si fuera necesario llamarlo

de nuevo el día de la prueba. Es recomendable proveer al catador de agua para que después de hacer su degustación pueda suprimir el sabor entre una muestra y otra. (Mackey *et al.*, 1984).

2.7.2. Método de escala hedónica

- A. Objetivo:** Localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Se evalúa de acuerdo a una escala no estructurada (también llamada escala hedónica); sin mayores descripciones que los extremos de la escala, en la cual se puntualiza las características de agrado. Esta escala debe contar con un indicador del punto medio, a fin de facilitar al juez consumidor la localización de un punto de indiferencia de la muestra (Espinoza A., 2003).
- B. Muestras:** Se presentan unas o más muestras, según la naturaleza del estímulo, para que cada una se ubique por separado en la escala hedónica. Es recomendable que estas muestras se presenten de una manera natural tal como se consumiría habitualmente, procurando evitarle la sensación de que se encuentra en una circunstancia de laboratorio o bajo análisis (Espinoza A., 2003).
- C. Jueces:** La población elegida para la evaluación debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto en estudio. Estas personas no deben conocer la problemática del estudio, solamente entender el procedimiento de la prueba y responder a ella. Se recomienda un número de 8-25 jueces (Espinoza A., 2003).

Las ventajas consisten en que es una prueba sencilla de aplicar y no requiere entrenamiento o experiencia por parte de los consumidores. Esta prueba permite detectar el nivel de agrado que una muestra representa para una población en particular. Las limitaciones constituyen en que se requiere de un gran número de evaluaciones para considerar a los

resultados como representativos de las tendencias de los gustos de una población o mercado (Reyes, 1996).

2.8. Diseño estadístico de experimentos

2.8.1. Metodología de Superficie de Respuesta

La metodología de superficie de respuesta (MSR) es una colección de técnicas matemáticas y estadísticas útiles en el modelado y el análisis de problemas en los que una respuesta de interés recibe la influencia de diversas variables y donde el objetivo es optimizar esta respuesta (Montgomery, 2002).

El método de Superficie de Respuesta permite formular y desarrollar productos, habiendo demostrado ser una excelente herramienta para simplificar diseños experimentales, permitiendo trabajar simultáneamente con diferentes variables. (Villarreal *et al.* 2000).

Experimentación tradicional frente al método de Superficie de Respuesta

La experimentación tradicional o “uno a la vez” consiste en mantener constantes los valores de todos los factores excepto uno de ellos, siendo éste el que se analiza. Este método es sencillo y permite representar sus resultados gráficamente. La utilización del mismo es una buena alternativa cuando se presentan circunstancias fuera de lo común, como las siguientes:

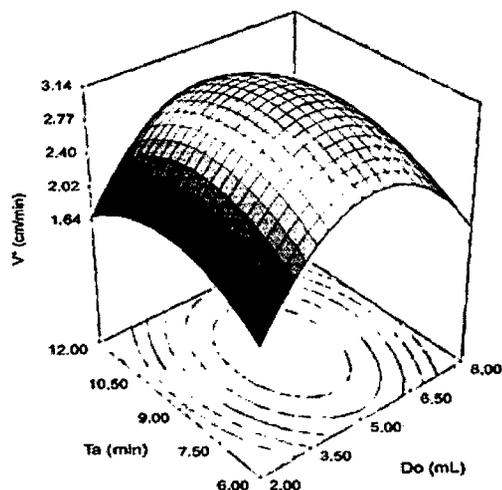
- El resultado es una función compleja del factor x (quizá multimodal) lo cual hace necesario emplear varios niveles del mismo factor para interpretar su efecto.
- Los efectos son aditivos y no existen interacciones, esto es, el efecto de un factor no está influenciado por los niveles de los otros factores (Madrigal *et al.* 1992, citado por Pinto 1995).

El método de experimentación tradicional es ineficiente por tres razones:

- a) Se requiere un gran número de experimentos, lo que puede ser costoso y consume mucho tiempo.
- b) La variable de respuesta óptima no puede ser determinada por estos procedimientos porque el experimentador debe aceptar las suposiciones formadas para especificar los niveles.
- c) Ninguno de estos procedimientos establece una ecuación que describa la relación entre las variables y la respuesta de éstas (variable control) (Giovanni 1983, citado por Pinto 1995).

Primer diseño de superficie de respuesta

Considera que los niveles de cada factor son independientes de los niveles de los otros factores (Montgomery 1991).



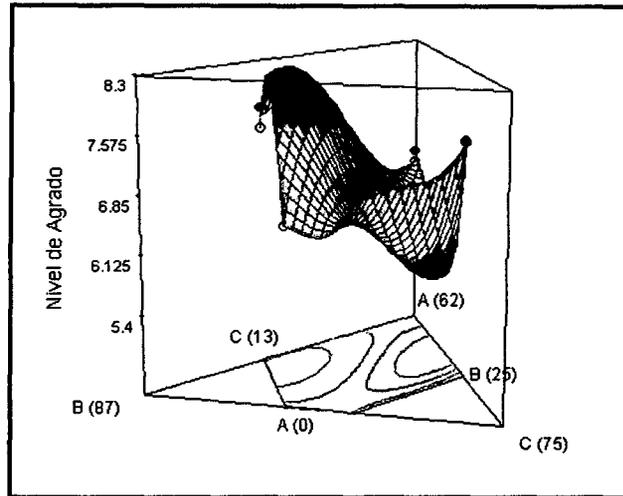
Fuente: Ayala, (1995).

Figura 12: Primer diseño de superficie de respuesta

Segundo diseño de superficie de respuesta (Diseño de Mezclas).

Considera que los niveles de los factores no son independientes de los niveles de los otros. Los experimentos de Diseño de Mezclas, los factores son los componentes o ingredientes de

una mezcla y, en consecuencia, sus niveles no son independientes. Si baja el nivel de uno de los componentes el nivel del otro(s) tendrá que subir para que la suma total de los componentes sea igual a uno o al cien por ciento (Montgomery 1991).



Fuente: Ayala, (1995)

Figura 13: Segundo diseño de superficie de respuesta- diseño de mezclas

2.8.2. Método de Diseño de Mezclas

En experimentos de mezcla, los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla, y en consecuencia sus niveles no son independientes. Por ejemplo, si x_1, x_2, \dots, x_p denota las proporciones de p componentes de una mezcla, entonces:

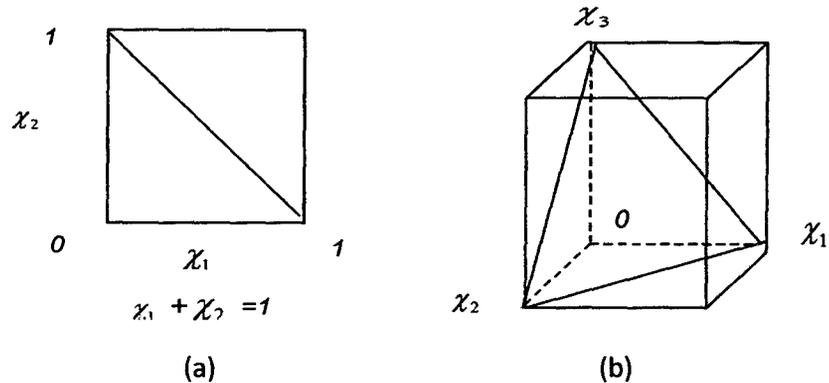
$$0 \leq x_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (\text{Ecuación 01})$$

y

$$x_1 + x_2 + \dots + x_p = 1 \quad (\text{es decir, 100\%}) \quad (\text{Ecuación 02})$$

Estas restricciones se ilustran gráficamente en la Figura 14 para $p = 2$ y $p = 3$ componentes. Para dos componentes, el espacio de los factores del diseño incluye los valores que están sobre el segmento de la recta $x_1 + x_2 = 1$, cada componente acotado por 0 y 1. Con tres componentes, el espacio de la mezcla es un

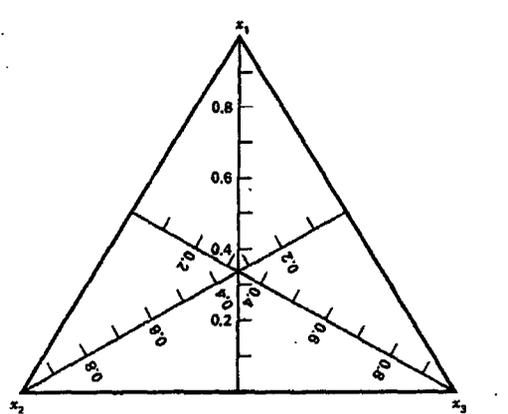
triángulo con vértices correspondientes a las formulaciones que son mezclas puras (100% de un solo componente).



Fuente: Montgomery, (1991).

Figura 14: Espacio factorial restringido para mezclas con las (a) p=2 componentes y (b) p=3 componentes.

Cuando hay tres componentes de una mezcla, la región experimental restringida puede representarse de manera conveniente en papel de coordenadas *trilineales*, como se muestra en la Figura 15. Cada uno de los tres lados de la gráfica de esa figura representa una mezcla que carece en absoluto de uno de los tres componentes (el componente indicado en el vértice opuesto). Las nueve líneas de malla en cada dirección indican incrementos de 10% en los componentes respectivos.



Fuente: Montgomery, (1991).

Figura 15: Sistema coordenado trilineal

2.8.2.1. Diseños Simplex

(Kuelh, 2001) menciona que los diseños simplex se emplean para estudiar los efectos de componentes de mezclas en la variable de respuesta. Un diseño reticular simplex $\{p, m\}$ para p componentes consiste en puntos definidos por las siguientes condiciones de coordenadas (las proporciones asumidas por cada componente toman los valores equi-espaciados $m+1$ (desde 0 hasta 1):

$$x_i = 0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

(Ecuación 03)

y se emplean todas las posibles combinaciones (mezclas) de las proporciones de la Ecuación 03. Por ejemplo, sean $p = 3$ y $m = 2$. Entonces

$$x_i = 0, \frac{1}{2}, 1 \quad i = 1, 2, 3$$

(Ecuación 04)

y la red simplex consiste en las seis corridas siguientes:

$$\begin{aligned} &(x_1, x_2, x_3) \\ &= (1,0,0), (0,1,0), (0,0,1), (1/2, 1/2, 0), (1 \\ & \quad /2, 0, 1/2), (0, 1/2, 1/2) \end{aligned}$$

El diseño se muestra en la Figura 15. Los tres vértices $(1,0,0)$, $(0,1,0)$ y $(0,0,1)$ son los componentes puros, mientras que los puntos $(1/2,1/2,0)$, $(1/2,0,1/2)$ y $(0,1/2,1/2)$ son mezclas binaria o de dos componentes, localizadas en los puntos centrales de las tres aristas del triángulo. (Kuelh, 2001).

2.8.2.2. Diseño de Retícula Simplex

El arreglo formado por una distribución uniforme de coordenadas de diseño en un sistema simplex, se conoce como retícula. Los diseños de retícula simplex se componen de una malla de coordenadas de diseño construidas de manera que permiten estimar las ecuaciones polinomiales de la superficie de respuesta. La designación (k,m) se usa en un diseño de retícula simplex con k componentes para estimar una ecuación polinomial de superficie de respuesta de grado m. Por ejemplo el diseño de retícula simplex tiene 3 componentes en la mezcla para estimar una ecuación de superficie de respuesta cuadrática. (Kuehl, 2001).

2.8.2.3. Optimización

La optimización de un proceso por medio de diseño experimentales requieren del uso de una metodología o estrategia adecuada que nos lleve por el camino seguro y rápido para encontrar los valores óptimos de un proceso bajo estudios; encontrando así una combinación de factores que maximicen o minimicen una función objetivo (Nuñez, 2000)

Cuando la respuesta de un sistema analítico depende de 2 factores que son variables continuas, la relación entre la respuesta y los niveles de los 2 factores se puede representar por una superficie tridimensional llamada superficie de respuesta. Una representación más conveniente es el diagrama de curvas de nivel, muy parecido a los mapas topográficos, siendo su forma desconocida para el investigador. Para describir la relación cuantitativa existente entre las respuestas de los factores se utilizan modelos matemáticos que

deben ser capaces de describir tanto superficie de respuesta lineales como no lineales (Cornell, 1990).

2.9. Análisis Microbiológico

El análisis microbiológico en la industria pastelera se constituye en una herramienta básica para el control de materias primas, procesos, productos y manipuladores, ya que permite establecer el valor grado de contaminación biológica de estos, por esta razón el control microbiológico es parte fundamental en todo proceso. (Carrascal *et al.*, 2003).

A) Placas Petrifilm

Método microbiológico que consiste en una familia de placas listas para usarse diseñadas para ofrecer ahorro de tiempo, incremento de productividad, fiabilidad y eficiencia. Su diseño tiene una película rehidratante cubierta con nutrientes y agentes gelificantes. Proporciona resultados en tres pasos: inoculación, incubación y recuento. (Catálogo 3M microbiología, 2006).

a) Placas Petrifilm para el recuento de mohos y levaduras

Las placas Petrifilm de recuento de mohos y levaduras es un medio de cultivo listo para usar, que contiene nutrientes enriquecidos con antibióticos, un agente gelificante soluble en agua fría y un indicador para proporcionar contraste y facilitar el recuento. Un pigmento indicador colorea las colonias de levadura y mohos. Las levaduras son colonias típicamente pequeñas, con relieve, de color verde azulado y con bordes delimitados. Los mohos son, a menudo, colonias planas más grandes, de diversos colores, con bordes no definidos y focos centrales. (Catálogo 3M microbiología, 2006).

Estas placas determinan la población de mohos y levaduras en un periodo de 3 a 5 días y necesitan una temperatura de incubación de 25 a 27 °C. (Catálogo 3M microbiología, 2006).

2.10. Vida útil

La vida útil de un alimento representa aquel periodo de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables (Hough *et al.*, 2003).

El tiempo de vida útil depende de 4 factores principales: formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento. La formulación involucra la selección de las materias primas más apropiadas e ingredientes funcionales que permiten incrementar la aceptación y lograr la seguridad e integridad del producto. El procesamiento somete las materias e ingredientes formulados a condiciones que son desfavorables o inhibitorias para las reacciones de deterioro y promueven cambios físicos y químicos favorables que dan al alimento su forma y características finales. Una vez que el alimento abandona la etapa de procesamiento sigue manteniendo sus características y el periodo en que el alimento retiene dichos atributos está en función del microambiente del empaque. Los parámetros más importantes son: composición del gas (oxígeno, dióxido de carbono, gases inertes, etileno, etc.), humedad relativa, presión ó estrés mecánico, luz y temperatura. Estos parámetros son dependientes tanto del empaque como de las condiciones de almacenamiento (Labuza, 2000)

Dado que los productos alimenticios tienen una vida finita y variable, se deben tomar precauciones para maximizar el mantenimiento de la calidad, que se traduce en costos y patrones de manipuleo.

La vida del producto debe exceder el tiempo mínimo de distribución requerido, hasta que llegue al consumidor y que este, como usuario final, someta a un periodo razonable de almacenamiento al producto (Dethmers, 1979; citado por Chao, 2003).

En general, el final de la vida en anaquel del producto alimenticio se define como el tiempo en el cual las muestras almacenadas son percibidas como diferentes en alguna medida (Chao, 2003).

2.10.1. Factores que afectan la calidad del tiempo de vida útil.

La vida en anaquel de un producto está determinada por los componentes del sistema, el proceso de elaboración, el método de empaçado, el tiempo y la humedad relativa durante el transporte y almacenamiento. En forma general, estos factores pueden ser caracterizados en factores intrínsecos y extrínsecos (Kilcast y Subramanian, 2000; citado por Chao, 2003). Los factores intrínsecos están constituidos por las propiedades del producto final, como son:

- Contenido de humedad
- pH y acidez
- Potencial redox
- Oxígeno disponible
- Contenido de nutrientes
- Microflora natural y recuento de microorganismos supervivientes
- Bioquímica de la formulación del producto (reactivos químicos, enzimas, etc.)
- Uso de preservantes en la formulación del producto
- Los factores intrínsecos se encuentran influenciados por variables como, tipo y calidad de la materia prima, formulación del producto y su estructura.

Los factores extrínsecos son aquellos que el producto tiene que enfrentar durante la cadena de distribución del mismo, estos incluyen los siguientes:

- Perfil tiempo – temperatura durante el procesamiento, presión del espacio de cabeza.
- Control de la temperatura durante el almacenamiento y distribución.

- Humedad relativa durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- Exposición a la luz (UV e IR) durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- Contaminación microbiana durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- Composición de la atmósfera dentro del empaque.
- Tratamiento térmico subsecuente (es decir, recalentamiento o cocción del producto antes de que sea consumido)
- Manipulación del consumidor.

Estos factores operan comúnmente en forma conjunta e impredecible, por lo que debe investigarse la posibilidad de interacción entre ellos. Un tipo de interacción particular muy útil ocurre cuando los factores como, reducción de la temperatura, tratamiento térmico, acción antioxidante y empaque en atmósfera controlada, operan con la finalidad de inhibir el crecimiento microbiano, en el llamado “efecto de barrera”. Esta forma de interacción de los factores, los cuales, de forma individual, no podrían prevenir el crecimiento microbiano, en combinación, permiten a los productores usar técnicas de procesamiento más moderadas de tal manera que permitan una mayor retención de las propiedades sensoriales y nutricionales (Kilcast y Subramanian, 2000; citado por Chao, 2003).

La interacción de los factores intrínsecos y extrínsecos puede inhibir o estimular procesos que ponen fin a la vida en anaquel. Estos procesos pueden ser clasificados de la siguiente manera:

A) Cambios de deterioro químicos

Pueden ocurrir muchas reacciones de deterioro como resultado de las reacciones dentro del alimento y de los componentes del mismo con agentes externos, tales como el

oxígeno. El desarrollo de la rancidez es un factor importante en los alimentos ricos en grasa y ocurre a través de diversos mecanismos, como por ejemplo, reacciones lipolíticas/hidrolíticas, reacciones de oxidación y reacciones de reversión de aromas. Los procesos enzimáticos limitan la vida en anaquel de frutas y vegetales y las reacciones de oxidación limitan la vida en anaquel de las carnes. Los cambios químicos pueden deberse también a la exposición a la luz, produciendo pérdida de color, rancidez, desarrollo de sabores indeseables en la leche y en los bocaditos (Chao, 2003).

B) Cambios de deterioro microbiológicos

Los alimentos que consumimos, raramente por no decir nunca, son estériles sino que contienen asociaciones microbianas cuya composición depende de que organismos llegan a él y de cómo se multiplican, sobreviven e interaccionan en el alimento en el transcurso del tiempo. Los microorganismos existentes en un alimento procederán tanto de la microflora propia de la materia prima como de los microorganismos introducidos durante las operaciones de recolección/sacrificio, tratamiento, almacenamiento y distribución (Adams, 1997).

El crecimiento de ciertos microorganismos durante el almacenamiento depende de varios factores como el recuento microbiano al inicio del almacenamiento, propiedades fisicoquímicas del alimento como el pH, contenido de humedad, potencial de oxido-reducción, contenido de nutrientes y preservantes; el método utilizado para el procesamiento del alimento y condiciones de almacenamiento del producto (James, 2002).

La patogenicidad de ciertos microorganismos es la mayor preocupación del procesamiento y manejo de los alimentos. Además de indigestión, los microorganismos tales como las

especies de *Salmonella* y las cepas de *Escherichia coli* causan infección mientras que otras tales como *Aspergillus flavus*, *Clostridium botulinum* y *Staphylococcus aureus* producen químicos en los alimentos que son tóxicos para los humanos. La presencia de mohos y su crecimiento podría ocasionar apariencias y sabores indeseables (Man y Jones, 1997).

C) Cambios de deterioro físicos

La pérdida de humedad es la mayor causa del deterioro físico en los alimentos. Esta pérdida puede darse tanto en productos frescos (donde se pierde humedad), como en productos secos ó deshidratados (donde se gana humedad). Otro fenómeno de migración, especialmente en alimentos complejos, es el de la grasa de un componente a otro. Los cambios físicos de los materiales en empaque, pueden también limitar la vida en anaquel (Kilcast y Subramanian, 2000; citado por Chao, 2003).

D) Cambios de deterioro relacionado con la temperatura

El deterioro puede producirse tanto a temperaturas bajas como a temperaturas altas. El incremento de la temperatura generalmente incrementa la velocidad de las reacciones químicas. En alimentos con contenido graso, la grasa sólida se vuelve líquida y actúa como solvente para las reacciones en la fase oleosa. El incremento de la temperatura puede también cambiar las características de cristalización de los alimentos con contenido en azúcares. La desestabilización del sistema de emulsión puede ocurrir bajo condiciones de variación en la temperatura y agitación mecánica. Las temperaturas fluctuantes producen formación de cristales en los alimentos congelados, como los helados. En contraste, el incremento de la temperatura reduce el endurecimiento de

los panes (Kilcast y Subramanian, 2000; citado por Chao, 2003).

2.10.2. Métodos para la Determinación de la Vida Útil

2.10.2.1. Cinética de Deterioro de la Calidad de los Alimentos

Singh (1999), indica que la cinética química involucra el estudio de la velocidad y mecanismos por el cual una especie química se convierte a otro. La velocidad de una reacción química es determinada por la masa de un producto producida o el reactante consumido por unidad de tiempo. En general, las velocidades de reacciones pueden ser determinadas conociendo la concentración de los reactantes o los productos de las reacciones. El mecanismo de una reacción, por otro lado, es más difícil determinar dado que involucra la secuencia de pasos que producen el resultado global. Una forma general del modelo cinético puede obtenerse considerando la reacción química siguiente:

Donde A y B son los compuestos que reaccionan; C y D son los productos de la reacción; a, b, c y d son los coeficientes estequiométricos; k_f y k_b son las constantes de velocidad, en ambos sentidos, de la reacción.



La variación de la concentración con respecto al tiempo del producto A que interviene en la reacción, se podrá expresar de la forma siguiente:

$$\frac{-d[A]}{dt} = k_f[A]^{\alpha}[B]^{\beta} - k_b[C]^{\gamma}[D]^{\delta} \dots (2)$$

Donde [A], [B], [C] y [D] son las concentraciones de los compuestos que intervienen en la reacción y α , β , γ y δ

son los órdenes de las reacciones de cada compuesto obtenido o consumido.

Como no es posible la resolución de forma directa de ecuaciones tan complejas como las mencionadas anteriormente, ya que incluye demasiadas incógnitas, es necesario emplear algunas simplificaciones para su resolución. Por ejemplo elegir las condiciones de trabajo de forma que sea predominante uno de los sentidos de la reacción. Si hacemos que la concentración del compuesto B sea muy alta, su variación podrá ser considerada como despreciable, y en consecuencia la constante de la reacción hacia la izquierda será considerablemente muy pequeña que hacia la derecha. En este caso la ecuación (2) se convertirá en:

$$\frac{-d[A]}{dt} = k'_f [A]^n \dots (3)$$

Donde k_f es la pseudo constante de velocidad y n el pseudo orden de la reacción. La velocidad de reacción es descrita principalmente por la concentración de una especie. Debido a la naturaleza compleja de los alimentos, es difícil determinar mecanismos de las reacciones intermedias que llevan a un particular cambio en la calidad.

Una expresión general de la velocidad puede escribirse como sigue para un atributo de calidad Q .

$$\pm \frac{dQ}{dt} = kQ^n \dots (4)$$

Donde \pm se refiere al valor decreciente o creciente del atributo Q , k es la pseudo constante de velocidad hacia adelante, n es el orden de reacción observado. Se asume que los factores medioambientales como la temperatura, humedad y luz y las concentraciones de otros componentes se mantienen constantes.

Los órdenes y las constantes aparentes de velocidad de reacción se determinan experimentalmente, midiendo las variaciones de $[Q_d]$ y $[Q_i]$ con respecto al tiempo.

Representando gráficamente los valores obtenidos, se podrán trazar las correspondientes curvas o bien ajustar los datos por mínimos cuadrados a la ecuación apropiada.

A) Orden de reacción

Labuza, (1982) citado por Hough *et al.*, 2003 (1982), menciona que es sumamente complejo reconocer un sistema alimentario con respecto a las pérdidas de calidad que es representada por la pérdida de un factor deseable de calidad A (ejemplo, el sabor) o el aumento de un factor indeseable B (ejemplo, valor de peróxido). Las velocidades de pérdida de A, r_A y de formación de B, r_B es dado por las siguientes ecuaciones:

$$r_A = \frac{-d[A]}{dt} = k[A]^n \dots (5)$$

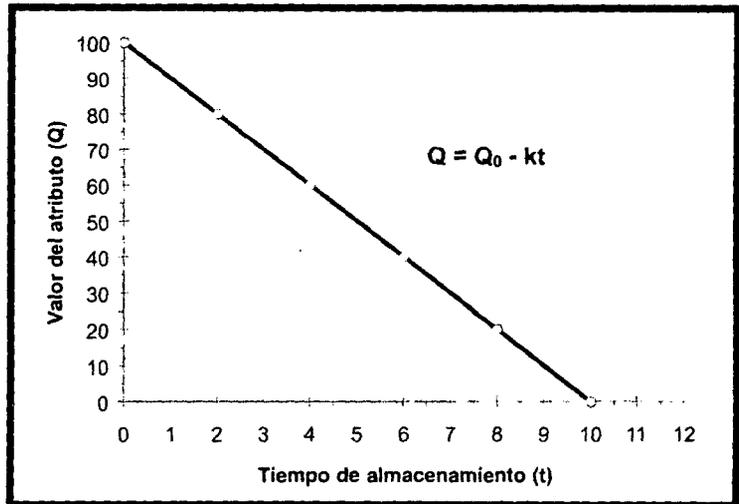
$$r_B = \frac{-d[B]}{dt} = k'[B]^{n'} \dots (6)$$

Los factores $[A]$ y $[B]$ pueden medirse como un parámetro químico, físico, microbiológico o sensorial. k y k' son las constantes de velocidad de reacción y n , n' los órdenes de la reacción. Las ecuaciones de velocidad que permiten resolver analíticamente la expresión de la concentración A o B están en función del tiempo.

• Reacción de Orden Cero

Consideremos un atributo de calidad Q que disminuye de forma lineal durante el periodo de

almacenamiento, como se representa en la Figura 16.



Fuente: Aillón, (2013)

Figura 16: Disminución de un atributo de calidad durante el almacenamiento del alimento, reacción de orden cero.

Una disminución lineal del atributo implica que su variación con respecto al tiempo es constante, y que, por lo tanto, la pérdida de dicho atributo no depende de su concentración. La relación lineal entre atributo y tiempo se obtiene cuando la reacción es de orden cero, por lo tanto si en la ecuación se hace $n = 0$, tendremos:

$$Q_f = Q_o - kt_u \dots (7)$$

En consecuencia, la vida útil t_u será:

$$t_u = \frac{Q_o - Q_f}{k} \dots (8)$$

- **Reacción de Primer Orden**

Consideremos ahora la Figura 17, en el que el atributo de calidad Q disminuye de forma exponencial durante el periodo de almacenamiento. En este caso, el ritmo de

pérdida del atributo de calidad depende de la cantidad que queda del mismo y esto implica que a medida que el tiempo avanza y el atributo de calidad disminuye la velocidad de reacción es cada vez menor. La relación exponencial entre el atributo de calidad y el tiempo se puede explicar con una reacción de primer orden, $n = 1$, por lo tanto la ecuación (5) quedará:

$$-\frac{d[Q]}{dt} = kQ \dots (9)$$

Integrando se obtiene:

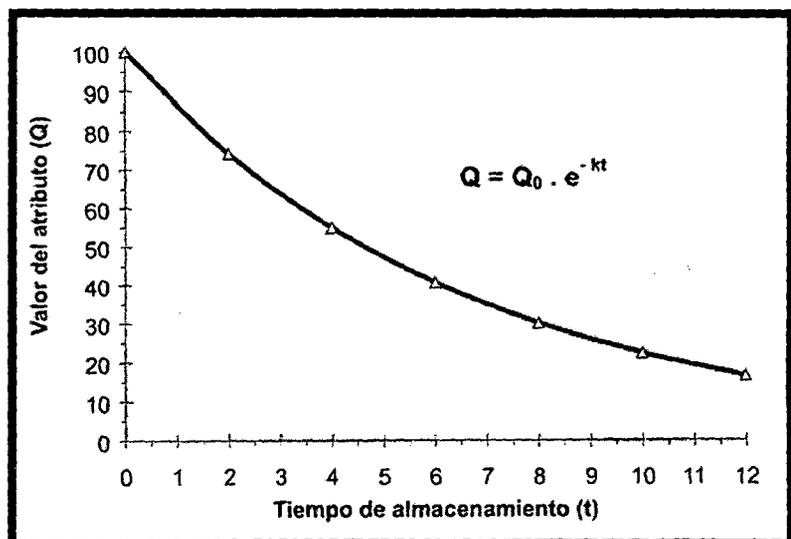
$$\ln\left(\frac{Q}{Q_0}\right) = kt \dots (10)$$

Donde Q es la cantidad de atributo que queda en el tiempo t.

$$\ln Q = \ln Q_0 - kt \dots (11)$$

Que en la forma exponencial será:

$$Q = Q_0 e^{-kt} \dots (12)$$



Fuente: Aillón, (2013)

Figura 17: Disminución de un atributo de calidad durante el almacenamiento del alimento, reacción de primer orden.

El final de la vida útil, t_u , se alcanza cuando el atributo de calidad toma un cierto valor, llamado Q_f , tendremos:

$$\ln Q_f = \ln Q_0 - kt_u \dots (13)$$

Para otros órdenes, puede calcularse para los otros órdenes como se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 23: Forma de la función de calidad para reacciones de diferente orden

Orden aparente de la reacción	Función de calidad
0	$Q_0 - Q_f$
1	$\ln\left(\frac{Q_0}{Q_f}\right)$
2	$\frac{1}{Q_f} - 1/Q_0$
$n(n \neq 1)$	$\frac{1}{n-1}(Q_f^{1-n} - Q_0^{1-n})$

2.10.2.2. Cinética de Deterioro de la Calidad de los Alimentos

La vida útil o vida en anaquel es determinada para cada alimento en particular (Kennt *et al.*, 1999 citado por Chao, 2003) y el hecho de incorporar nuevos ingredientes en el diseño de nuevos producto, puede traer consigo variación de la vida de anaquel del alimento. El alimento es intrínsecamente perecedero y, en función de sus características físicas y químicas, de sus propiedades y las condiciones de almacenamiento, llegará un momento en que cualquiera de sus cualidades de calidad no serán aceptables o se convertirá en perjudicial para el consumidor (Kilcast y Subramaniam, 2001 citado por Chao, 2003).

Una metodología que se está aplicando a estudios de

vida en anaquel o vida útil de alimentos, es el análisis de supervivencia. Esta técnica comprende un conjunto de procedimientos estadísticos para analizar datos que incluyen el tiempo que media entre dos sucesos como variable respuesta. Se caracteriza por la presencia de información proporcionada por consumidores y porque la distribución normal no es aplicable en la mayoría de los casos, sino más bien la variable tiempo a menudo tiene una distribución asimétrica (Gómez, G., 2002). El tiempo de rechazo de cada individuo está sujeto a variaciones aleatorias y, por lo tanto "t" es una variable aleatoria continua, no negativa, cuya función de probabilidad puede especificarse de varias maneras. El modelo para la distribución "t" queda caracterizado por la función de supervivencia $S(t)$ que puede ser definida como la probabilidad de que un consumidor acepte el producto más allá del tiempo t y su complemento, la función de fallo $F(t) = 1 - S(t)$. En estudios de vida útil es más adecuada la interpretación de la función de fallo $F(t)$ que puede ser definida como la probabilidad de que un consumidor rechace un producto antes del tiempo t (Garitta, *et al.*, 2003 citado por Chao, 2003).

En el análisis de supervivencia, el análisis de los datos se puede realizar utilizando técnicas paramétricas y no paramétricas. El uso de modelos paramétricos proporciona estimaciones más precisas de la función de supervivencia que los estimadores no paramétricos (Gómez, 2001). Entre las funciones de distribución más utilizadas está la de Weibull. Generalmente se utiliza el percentil 50 como el término de la vida útil, y corresponde al tiempo en el cual el 50% de los consumidores rechaza el producto (Cardelli y Labuza 2001, citado por Hough *et al.*, 2003).

Prabhakar *et al.* (2004), menciona que la literatura sobre los modelos de Weibull es amplia, desarticulada y dispersa a través de muchas y diferentes revistas. Klein & Moschenberger (1997), reporta una fórmula para asegurar el ajuste de una distribución de Weibull y estimar sus parámetros:

$$\ln H(t) = -\beta \ln \alpha + \beta \ln t$$

Este método de estimación es llamado "Rectificación Lineal" en ingeniería mecánica (Tobías y Trinidad, 1995), ecuación que los científicos alimentarios normalmente la rearreglan estimando el tiempo, bajo la forma de:

$$\ln t = -\ln \alpha + \left(\frac{1}{\beta}\right) \ln H(t)$$

y que Larsen (2006) llama, método Gacula.

Larsen (2006), en base a los trabajos de Freitas *et al.* (2003), de Klein y Moeshcenberger (1997); así como, de Gacula y Singh (1984), presenta la deducción de la ecuación anterior:

Función de supervivencia o de confiabilidad de t:

$$S(t) = 1 - F(t) \dots (14)$$

$$S(t) = e^{-H(t)} \dots (15)$$

Función de distribución acumulativa o función de fallo:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \dots (16)$$

Donde:

α = parámetro de escala.

β = parámetro de forma.

Reemplazando (16) en (14) y el resultado igualándolo a (15):

$$\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta = H(t) \dots (17)$$

Sacando logaritmo natural y ordenando:

$$\ln H(t) = -\beta \ln \alpha + \beta \ln t \dots (18)$$

Despejando el tiempo y reordenando:

$$\ln t = -\ln \alpha + \left(\frac{1}{\beta}\right) \ln H(t) \dots (19)$$

Otras funciones importantes también son definidas:

Función de densidad probabilística $f(t)$:

$$f(t) = \left(\frac{\beta}{\alpha^\beta}\right) t^{(\beta-1)} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \dots (20)$$

$$f(t) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{(\beta-1)} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \dots (21)$$

Función riesgo, coeficiente de riesgo o índice instantáneo al fracaso.

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} \dots (22)$$

Mide la probabilidad de que un producto que ha sobrevivido hasta un tiempo "t", fracase posteriormente.

Función acumulativa de riesgo:

$$H(t) = \int_0^\infty h(t) dt \dots (23)$$

El p^{th} percentil es:

$$F^{-1}p = e^{\ln \alpha [-\ln(1-p)]^{\frac{1}{\beta}}} \dots (24)$$

Ocampo (2003), menciona que a partir de los parámetros encontrados en la función anterior, se puede establecer el valor esperado $E(t)$ y la Varianza σ^2 :

$$E(t) = \alpha \Gamma\left[1 + \frac{1}{\beta}\right] \dots (25)$$

$$\sigma^2 = \alpha \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right] \dots (26)$$

Donde Γ es la función gamma definida por:

$$\Gamma(t) = \int_0^{\infty} t^{(p-1)} e^{-t} dt \text{ para } t > 0 \dots (27)$$

Gakula y Kubala (1975), propusieron un método por medio del cual se puede hallar los parámetros α y β de la función Weibull:

1. Para cada valor observado se toma el tiempo, marcando aquellos valores para los cuales el producto falla.
2. Se anota el orden del suceso en el que se suministra el tiempo, tanto para las muestras que fallan, como para las que no fallan.
3. Este proceso genera una serie de observaciones ordenadas, luego se invierte el orden del suceso y se obtiene el rango inverso, denominado como k.
4. Los valores de riesgo $h(t)$ para las muestras que fallan se calculan por la siguiente expresión:

$$h(t) = \frac{100}{k} \dots (28)$$

5. Para cada tiempo de fallo se calcula el riesgo acumulado $H(t)$ sumando al riesgo actual el valor precedente.
6. Con estos datos y teniendo en cuenta que la función (19) se puede hallar los parámetros de la función de la distribución de Weibull.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes ambientes:

- Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Escuela de Agroindustria - Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la Escuela de Agroindustria - Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la Escuela de Agroindustria - Universidad Nacional del Santa.
- Instalaciones del área de Panificación de la Planta Piloto Agroindustrial - Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio COLECBI – Nuevo Chimbote.

3.2. Materia Prima e insumos

3.2.1. Materia Prima

Para la producción de cupcakes, se utilizó como materia prima:

- **Harina de trigo**

Se ha utilizado 5 kg de harina pastelera, marca Nicollini, lote N° 111 0025, adquirido en el comercial D'GOBA E.I.R.L. (Nuevo Chimbote)

- **Harina de Quinua**

Se ha utilizado 1 kg de harina de quinua, marca Renacer, lote N° 3 A013, adquirido en el centro comercial Plaza vea.

- **Harina de zapallo**

El zapallo (*Curcubita máxima Dutch.*) de la variedad macre, fue obtenida en el Mercado La Perla. Se ha utilizado 0.5 Kg de harina de zapallo.

La harina de zapallo fue obtenida en forma experimental, siguiendo la metodología de Armijo (2012).

3.2.2. Insumos

Para la producción de cupcakes, se utilizó los siguientes insumos:

- Azúcar rubia, marca San Jacinto.
- Margarina, marca Sello de oro.
- Huevos adquiridas en el supermercado Plaza Vea (Nuevo Chimbote)
- Emulsionante en pasta, marca MIXO T500 Puratos.
- Leche Fresca marca Gloria, presentación en caja de 1L.
- Antimoho, marca Fleishman.
- Polvo de hornear, marca Fleishman.

Todos los insumos fueron adquiridos en centros comerciales de Nuevo Chimbote.

3.3. Equipos, materiales y reactivos

3.3.1. En la elaboración de Cupcakes

3.3.1.1. Equipos

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

3.3.1.2. Utensilios

- Batidor manual tipo globo
- Cernidores.
- Espátula
- Moldes de aluminio

- Recipientes de aluminio (Cuencos)

3.3.1.3. Materiales de empaque

- Pirotones de papel especial para hornear, número 7.
- Bolsas de polipropileno de densidad #2.
- Bolsas de polietileno densidad #2.
- Bolsas negras de polietileno.
- Pote termoformado PET.

3.3.2. Para la evaluación Tecnológica de los Cupcakes

3.3.2.1. Equipos

- Agitador magnético. Marca: THERMOLYNE. Modelo: S-130815. Serie: 120110. País: E.E.U.U.
- Amylograph-E, BRABENDER. Modelo: 800250. Serie: 192588. País: Alemania.
- Autoclave. Marca: SELECTA. Serie: 117968. E.E.U.U.
- Balanza Analítica. Marca: PRECISA GRAVIMETRICS A G. Serie: 321LX. Modelo: LX320A. Desviación: 0.001g. País: Suiza.
- Balanza gramera. Marca: PRECISA. Modelo: XB4200C. Desviación: 0.01g. País: Suiza.
- Cámara de bioseguridad, BIOHAZARD SAFETY CABINET. Marca: CHC. Modelo: CHC -777A2-04. Tipo: Clase II. Serie: 777A2-04-BF19-026. País: Corea.
- Cocina a gas, FADIC. País: Perú.
- Cocina Eléctrica. Marca: KESSEN. Modelo: HP-Y6870-26. Serie: 46804273. País: China.
- Colorímetro, KONIKA MINOLTA. Modelo: CR-400. País: E.E.U.U.

- Determinador de Humedad. Marca: PRECISA. Modelo: XM-50. Desviación: 0.001g. País: Suiza.
- Equipo de Actividad de Agua. Marca: ROTRONIC. Modelo: HydroLab2. Perú: Perú.
- Estufa. Marca: POL-EKO APARATURA. Modelo: SW-17TC. Serie: SW-1990. País: E.E.U.U.
- Extensograph – E. Marca: BRABENDER. Modelo: 860723. Serie: 1925035. País: Alemania.
- Farinograph – AT. Marca: BRABENDER. Modelo: 810161.001. Serie: 1925864. País: Alemania.
- Incubadora. Marca: MRC. Modelo: DP-600WT/RS232. Serie: 931014006C. País: Israel.
- Vernier Calipers. Marca: SOMET. País: China
- Módulo de Molienda y Tamizado. Marca: TORRH. Modelo: MDMT-60XL. Serie: JP0011112. País: Perú.
- Mufla. Marca: THERMOLYNE. Serie: 34703484. País: Alemania.
- pH metro digital. Marca: TERMOCIENTIFIC. Modelo: Orion Star A21. Serie: ORION 8302BNUND. País: E.E.U.U
- Refrigeradora. Marca: BOSCH. Modelo: KSV44. Serie: 0200148448. País: Suiza.
- Secador de Bandejas. Marca: TORRH. Modelo: SBT-10X10. Serie: JP0010113. País: Perú.
- Selladora. Marca: TEW. Modelo: TISH-200. Serie: E82163. País: Taiwan.
- Soxhlet. Marca: FOSS. Modelo: 207-MCSX. Serie: 20460047. Marca: China.
- Texturómetro. Marca: BROOKFIELD. Modelo: CT34500. Serie: 8555940. País: E.E.U.U.
- Viscosímetro de BROOKFIELD. Modelo: B15-01-LCC. País: UK.

3.3.2.2. Materiales de Laboratorio

- Bureta
- Crisoles de porcelana
- Desecador
- Embudo de vidrio
- Espátula
- Matraces Erlenmeyer (250 y 500 ml).
- Mortero
- Papel filtro
- Pastilla de agitación
- Pera succionadora
- Pinzas de metal y de madera
- Pipetas (1, 5 y 10 ml).
- Placas Petri
- Probetas (50, 100 y 500ml).
- Termómetro
- Varilla de vidrio.
- Vasos precipitados (50 y 100ml)

3.3.2.3. Otros Materiales

- Cuchillos
- Cubetas
- Jarras plásticas
- Marcadores
- Ollas
- Papel aluminio
- Papel toalla
- Material para prueba sensorial: cabinas de degustación, formatos, lapicero, platos descartables y marcador.
- Material para pruebas microbiológicas: placas petrifilm 3M, mechero, algodón, alcohol, fosforo y gasa.

3.3.2.4. Reactivos

- Agua destilada.
- Acido sulfúrico (0.05N)
- Eter de Petróleo.
- Fenolftaleína.
- Hexano puro 98%
- Solución de hidróxido de sodio (0.1N).

3.4. Métodos

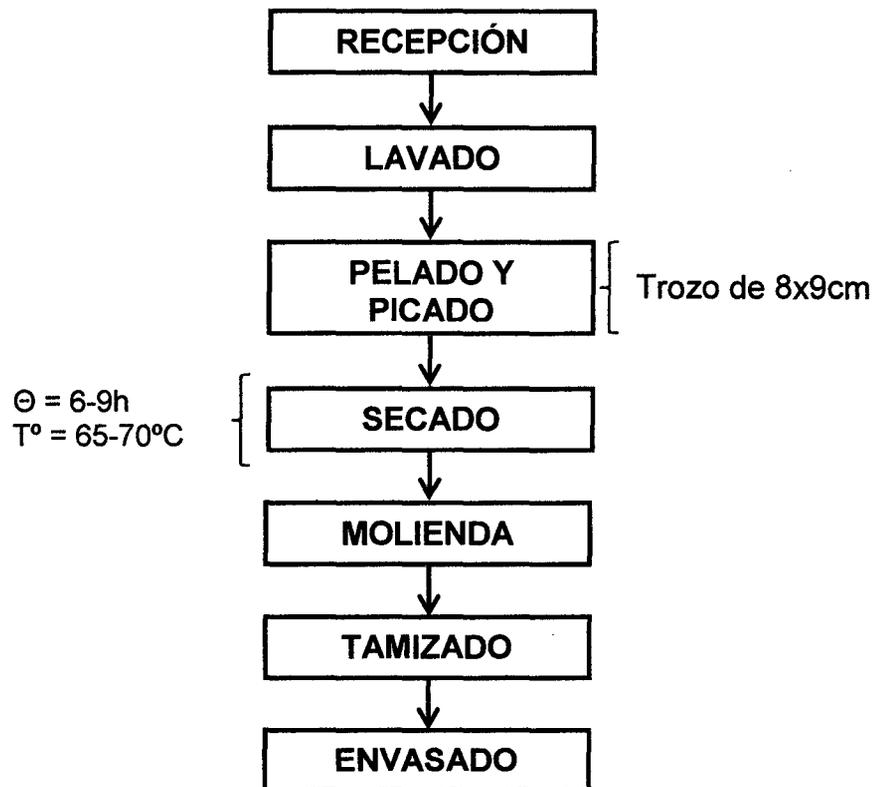
3.4.1. Obtención de la harina de Zapallo

Para la elaboración de la harina de zapallo se siguió la metodología de Armijo B. (2012). En la figura 18 se muestra el flujo de operaciones para la elaboración de la harina de zapallo.

- **RECEPCIÓN.** La materia prima (Zapallo) serán transportadas en gavetas y en la planta se pesó la cantidad de zapallo a secar.
- **LAVADO.** Se realizará en la planta con abundante agua y cepillo para eliminar las impurezas como hojas, tierra entre otras.
- **PELADO Y TROZADO:** Se extrajo la corteza con un cuchillo y luego se troceó en dimensiones 8 x 9 cm aproximadamente.
- **LAMINADO:** Los trozos del zapallo serán ingresados en una laminadora con el fin de obtener láminas con un grosor aproximado de 3mm.
- **SECADO:** Se realiza en un secador de bandejas Industrial de 6 a 8 horas a 70°C respectivamente hasta obtener un secado uniforme.
- **MOLIENDA:** Es el proceso que se realiza al zapallo para obtener una harina fina. Generalmente las harinas de acuerdo a las Normas AOAC 965, deben cumplir con un parámetro físico importante como es la granulosisidad o granulometría, que

consiste en obtener en el producto un grado de finura a través de tamices especificados.

- **TAMIZADO.** Es el proceso que nos permitió separar las partículas más grandes de las pequeñas o algunas partículas que se pudieron adherirse en la harina, para darle la textura al producto.



Fuente: Armijo B. (2012).

Figura 18: Diagrama de flujo para la elaboración de harina de zapallo

3.4.2. Análisis de las harinas

3.4.2.1. Caracterización de las harinas de Trigo, Quinua y Zapallo

La caracterización se realizó individualmente a la harina de trigo, harina de quinua, harina de zapallo y a las formulaciones de las pastas alimenticias. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación

y desarrollo de productos agroindustriales de la Escuela de Agroindustria.

A) Humedad: se determinó por el método estufa, AOAC (1990).

B) Proteína: la determinación de la proteína total se realizó según el método UNE – EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.

C) Grasa: se utilizó el equipo Soxhlet, usando hexano como solvente. Metodología de la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC) 963.15 2005, método Soxhlet.

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

E) Fibra: se determinó después de una hidrólisis ácida y luego hidrólisis alcalina; siguiendo la metodología por la AOAC (930 -10).

F) Carbohidratos: se obtuvo por diferencia, restando del 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G) y proteínas (P). Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) señalada por Collazos *et al.* (1993).

Usando la fórmula:

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

G) Color: Para la determinación del color de la harina de trigo, quinua y zapallo fue utilizado el colorímetro (Marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/Blanco 100), a* (verde-/rojo+) y b* (azul-/amarillo+). La cromacidad (C*) y el ángulo

de tonalidad (h^*), fue calculado según Minolta (1993).

3.4.3. Producción de los Cupcakes

3.4.3.1. Formulación

La formulación para la elaboración de los cupcakes, es aquella que utilizó (Bhat et. al, 2003), modificada en el % de leche.

Tabla 24: Formulación control utilizada para la producción de cupcake

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

Fuente: Bhat *et al.*, (2003)

*Cabe decir que el porcentaje total de harina de trigo fue sustituida por harina de quinua y harina de zapallo.

Con esta formulación base, se elaboró el cupcake control, el cual fue analizado para contrastar datos obtenidos con el cupcake óptimo.

3.4.3.2. Diseño Experimental

Para determinar la mezcla óptima de las harinas para el cupcake, y así cumplir con el objetivo principal de esta investigación, se procedió a realizar las siguientes etapas que se detallan a continuación:

1. Determinación de las Proporciones de Harinas

Este proceso consistió en obtener mezclas de las 3 harinas (H. Trigo, H. Quinoa, H. Zapallo), para ello se utilizará un Diseño de Mezcla Simplex reticular y con el uso del programa estadístico Minitab 17 se establecerá las mezclas. Las cantidades de los insumos (Margarina, Huevos, etc.) se fijaron como la formulación base (Ver Tabla 24).

En la Tabla 25 se observa las 14 mezclas, porcentajes de las harinas para el Diseño Experimental de Mezclas Simplex Reticular propuesto por el Programa Estadístico Minitab 17, indicándose la repetición de una de las mezclas (punto central).

Tabla 25: Diseño de las Mezclas establecidas por el Programa Estadístico Minitab Versión 17

N° Mezcla	% H.	% H.	% H.
	Trigo	Quinoa	Zapallo
1	83.333	8.333	8.333
2	80.000	11.667	8.333
3	80.000	5.000	15.000
4	86.667	8.333	5.000
5	83.333	5.000	11.667
6	81.667	6.667	11.667
7	90.000	5.000	5.000
8	80.000	15.000	5.000
9	83.333	11.667	5.000
10	81.667	11.667	6.667
11	80.000	8.333	11.667
12	86.667	6.667	6.667
13	83.333	8.333	8.333
14	86.667	5.000	8.333

Asimismo en la Figura 19 se observa la el diseño Simplex Reticular delimitada por los 3 componentes (% H. Trigo, % H. Quinoa, % H. Zapallo), junto con los puntos del diseño, el cual está formado por 1 punto central (repetición), 3 puntos vértices, 3 puntos axiales y 6 puntos medio borde. El punto central corresponde a la mezcla en la que las proporciones de los componentes son los promedios de las proporciones de los vértices correspondientes; el punto vértice representa las esquinas de los espacios donde los valores de uno de los componentes son máximos y/o mínimos; el punto axial corresponde a la mezcla en la que las proporciones de los componentes son los promedios de las proporciones de punto central y las proporciones de un vértice mientras que el punto medio borde se encuentra en el medio de un borde del espacio de diseño. Estos puntos corresponden a mezclas en las cuales las proporciones de los componentes son las proporciones promedio de los dos vértices que definen el borde.

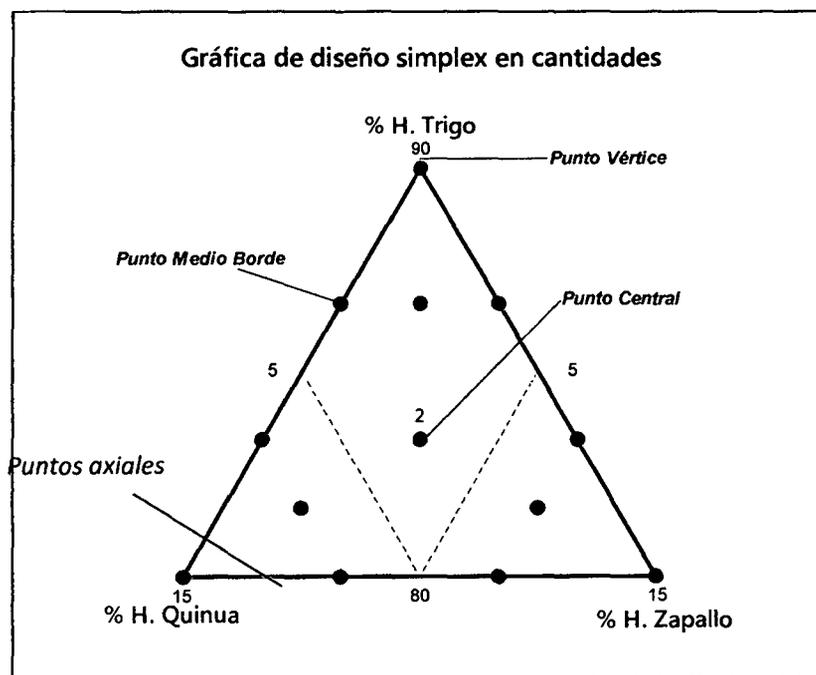


Figura 19: Gráfico del Diseño Experimental Simplex Reticular

2. Elaboración de los Cupcakes

Los cupcakes se elaborarán considerando las cantidades para las mezclas de las harinas anteriormente determinadas, y manteniendo el resto de insumos igual que para la formulación control. (Ver figura 20)

3. Evaluación de los Cupcakes

Una vez obtenidos los cupcakes de las 14 mezclas, se procedió a su evaluación en función a las siguientes variables de respuesta: Porcentaje de Proteína, Textura, Sabor y Volumen específico, análisis que son detallados más adelante.

4. Optimización

Este proceso se realizó con el fin de determinar las proporciones de las harinas (h. trigo, h. quinua y h. zapallo), mediante la maximización del % de proteína, sabor y textura. Para ello se utilizará el programa estadístico Minitab 17.

5. Evaluación del Cupcake Óptimo

Con el fin de comprobar si el cupcake óptimo, cumplía con las especificaciones estipuladas en las normas técnicas peruanas para este tipo de producto, se procedió a evaluar el % Humedad, % Acidez, % Cenizas y análisis de recuento de mohos y levaduras, y aerobios mesófilos a través de los días (1, 4, 7, 10, 13), los cuales serán comparados con las mismas evaluaciones que se realizarán al cupcake control (100% Harina de trigo).

6. Evaluación de Envases

Los cupcakes con la formulación óptima fueron envasados en tres tipos diferentes de envases: bolsas de polietileno, bolsas de polipropileno (ambas de densidad #2) y potes termoformados PET; con el fin de determinar cuál es el menos permeable y conserva mejor sus características físicas. Es así, que estos durante varios días se evaluó el porcentaje de humedad, textura y peso de los cupcakes.

7. Determinación del tiempo de Vida útil

Una vez determinado el mejor envase, se procederá a determinar el tiempo de vida útil del producto.

3.4.3.3. Procedimiento para la elaboración de los cupcakes

Para la elaboración de los cupcakes se tomó como referencia la metodología establecida por (Ronquillo, 2012).

Recepción: Se recibe la materia prima en las debidas condiciones de higiene y calidad sensorial y organoléptica.

Pesado: Todos los ingredientes según la formulación indicada.

Batido: Consiste en batir el azúcar y la mantequilla hasta que presente una coloración casi blanca (cremar).

Mezclado 1: Se mezcla en un recipiente todos los ingredientes secos (harinas, levadura química, antimoho).

Mezclado 2: Se incorpora la mezcla 1 en el batido hasta tener una mezcla homogénea.

Mezclado 3: Consiste en adicionar la leche, los huevo en la mezcla 2, hasta obtener una masa homogénea.

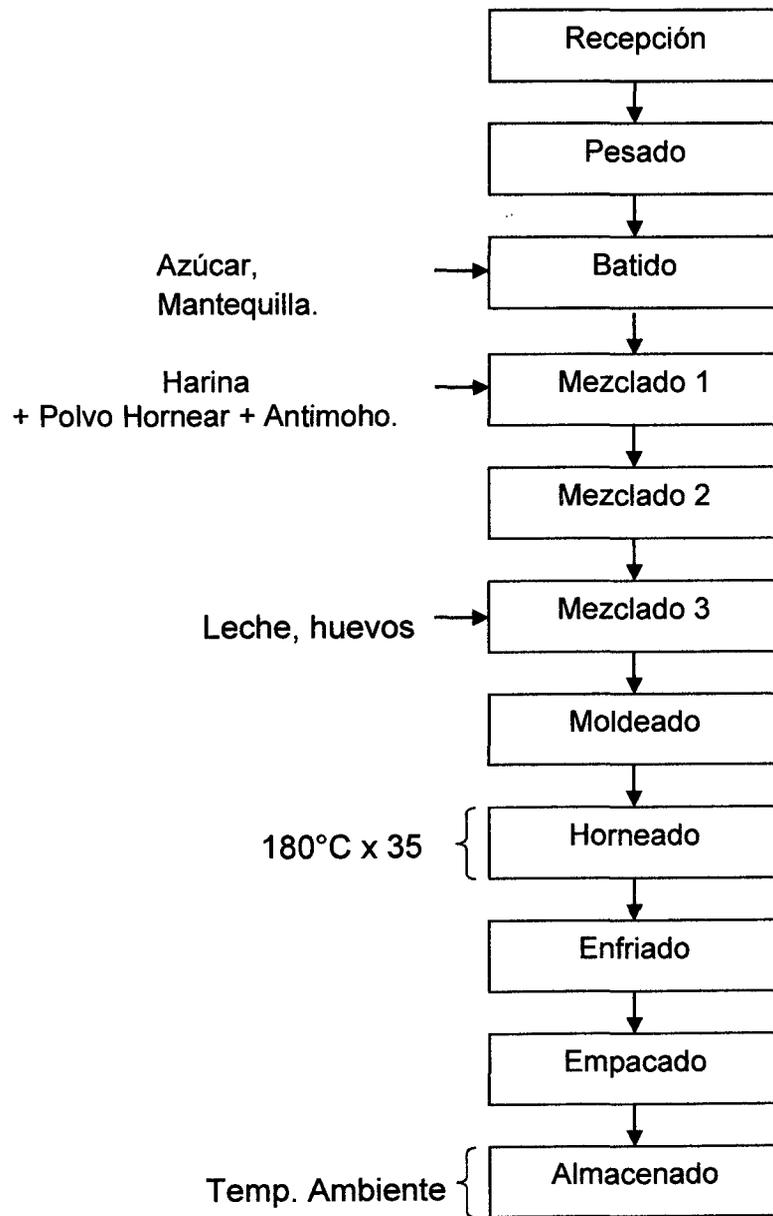
Moldeado: en un molde para cupcake de 5cm de diámetros por 3 de alto se coloca los capacillos o pirotines y se vacía la mezcla hasta la mitad.

Horneado: Se hornea a 180°C durante 35 minutos. Se desmolda y se deja enfriar.

Enfriado: Una vez sacad del horno se deja enfriar hasta que estén a temperatura ambiente.

Empacado: Una vez alcanzada la temperatura de la operación anterior, se envasan los cupcakes en fundas plásticas.

Almacenado: Serán almacenados a temperatura ambiente en un lugar seco y fuera del alcance de los rayos del sol.



Fuente: Ronquillo, (2012)

Figura 20: Diagrama de Flujo para la elaboración de cupcakes

3.4.4. Evaluación de los cupcakes

Las 14 formulaciones fueron evaluadas según los siguientes análisis:

3.4.4.1. Análisis de Proteína

Para la determinación del % de proteína se evaluaron todas formulaciones de los cupcakes en estudio mediante el método UNE-EN ISO 5983-2 (Parte 2 Dic, 2006 – Colecbi).

3.4.4.2. Análisis Sensorial

Los cupcakes fueron evaluados por 30 panelistas semi entrenados, de ambos sexos y diferentes grupos de edad, pertenecientes a la Universidad Nacional del Santa (E.A.P de Ingeniería Agroindustrial), a fin de conocer el grado de aceptación de los cupcakes. Las características evaluadas fueron: sabor y textura.

La prueba se realizará a las 10:00 am en los paneles de degustación de la Planta Piloto de Agroindustria de la Universidad nacional del Santa.

Por otro lado, las fichas de evaluación sensorial fueron realizadas teniendo en cuenta una escala hedónica de 5 puntos, siendo las alternativas de respuesta las siguientes: 1=me disgusta mucho, 2=me disgusta, 3=ni me gusta ni me disgusta, 4=me gusta, 5=me gusta mucho. La ficha utilizada para la evaluación se encuentra en el Anexo 5.2.1. Las muestras estuvieron codificadas con números de tres cifras.

3.4.4.3. Análisis del Volumen Específico

Para la determinación del Volumen Específico se evaluaron todas formulaciones de los cupcakes en

estudio por el método de desplazamiento de semilla de baja densidad (alpiste).

3.4.5. Optimización

La optimización consistió en determinar la mezcla óptima (proporciones de las 3 harinas), para ello se utilizó el paquete estadístico Minitab 17, el cual nos ofrece una opción para maximizar respuestas en función a pesos y a ponderaciones que se asigne según el criterio de la investigación, en función a lo que quiera priorizar. Para esta investigación nos enfocaremos en maximizar el nivel de porcentaje de proteína, importante desde el punto de vista nutricional, y el sabor, crucial para la aceptación del producto por los consumidores, con respecto a la variable textura, haciendo la salvedad de su importancia, no le asignaremos una ponderación mayor al del porcentaje de proteína o sabor. Finalmente el programa, contraponiendo todos estos requisitos determinará una mezcla que permita cumplir con todos ellos.

3.4.6. Evaluación del cupcake óptimo

3.4.6.1. Análisis Reológico de las mezclas

A) Análisis Amilográfico

Los métodos estándares para los test con el Amylograph están basados en una muestra con el 14% de Humedad. No obstante como la humedad de la muestra real puede apartarse ligeramente de este valor, es necesario medir el contenido de humedad de la muestra real para determinar el peso correcto de la muestra y la cantidad de agua para el test. Los parámetros a evaluar fueron: tiempo de gelatinización y máximo gelatinización.

B) Análisis Farinográfico

La capacidad de absorción de agua y las propiedades de la mezcla a base de harina de trigo se determinara por Brabender farinógrafo, el segundo método en la AACC 54-21 (1995). Los parámetros a evaluar a partir de farinograma: son absorción de agua, tiempo de ruptura y consistencia.

C) Análisis Extensográfico

Las propiedades de las mezclas a base de harina de trigo se determinaron de acuerdo con el método de la AACC 54-10 (1995), utilizando el extensografo Brabender. Los parámetros a evaluar fueron: resistencia de la extensión y extensibilidad.

3.4.6.2. Caracterización químico-proximal

La caracterización químico proximal se realizó tanto al cupcake de formulación óptima como al control.

- A) Humedad:** Se realizó utilizando el procedimiento descrito en la norma técnica peruana N.T.P. 206.011:1981 (Revisada el 2011) para bizcochos, galletas, pastas y fideos.
- B) Proteína:** Se realizó según el método UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic.2006.
- C) Grasa:** Se realizó según el método UNE 64021 1970.
- D) Ceniza:** Se realizó utilizando el procedimiento descrito en la norma técnica peruana N.T.P. 206.007:1976 (Revisada el 2011) para productos de panadería.

E) Fibra: Se realizó según el método NMX-F-090-1978.

F) Carbohidratos: se obtuvo por diferencia, restando del 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G) y proteínas (P). Siguiendo la metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) señalada por Collazos *et al.*, (1993). Usando la fórmula:

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

3.4.6.3. Evaluación fisicoquímica

Se evaluaron en función de los requisitos de la norma técnica peruana NTP:

A) Acidez: Se determinó según el método indicado por la N.T.P. 206.013:1981 (Revisada el 2011): bizcochos, galletas, pastas y fideos. Determinación de la acidez; basada en la neutralización de la acidez de la muestra, mediante titulación con una solución de hidróxido de sodio (NaOH 0.1 N), en presencia de fenolftaleína como indicador. El resultado se expresó en % de ácido láctico.

B) Textura: Para este análisis se utilizó el Texturómetro de marca BROOKFIELD.

C) Actividad de agua: Se utilizó el equipo de Actividad de Agua, ROTRONIC.

D) pH: Se determinó por el método de la Norma Técnica Peruana 209.059 (1974). Determinación del pH (Método potenciométrico).

E) Color de la corteza y la miga: Para la determinación del color de la corteza y la miga de los cupcakes fue utilizado el colorímetro marca KONICA MINOLTA, siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de *L luminosidad

(negro 0/blanco 100), a^* (verde-/rojo+) y b^* (azul-/amarillo+). La cromacidad C^* y el ángulo de tonalidad (h^*), fue según Minolta, 1993.

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

La cromacidad fue determinada utilizando la siguiente ecuación:

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

El ángulo de tonalidad fue determinado por:

$$\text{Ángulo de tonalidad} = \arctg (b^*/a^*)$$

3.4.6.4. Análisis microbiológico

A) Determinación de mohos y levaduras

Se realizó en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la UNS. Para este análisis se utilizó las placas Petrifilm 3M para recuento de mohos y levaduras (2008), se siguió la metodología de la guía de interpretación 3M Petrifilm Placas para recuento de mohos y levaduras.

3.4.7. Evaluación del tipo de empaque

Para la evaluación del tipo de empaque se realizara al cupcake de formulación óptima los siguientes análisis:

- A) Humedad:** Se realizará utilizando el procedimiento descrito en la norma técnica peruana N.T.P. 206.011:1981 (Revisada el 2011) para bizcochos, galletas, pastas y fideos.
- B) Textura:** Para este análisis se utilizará el Texturómetro de marca BROOKFIELD.
- C) Control de peso:** Este análisis se realizará por medio de una balanza analítica PRECISA GRAVIMETRICS.

3.4.8. Vida útil del cupcake

Para la determinación de la vida útil del cupcake óptimo se utilizó una evaluación sensorial para saber el porcentaje de aceptabilidad de los panelistas para cupcakes con diferentes días de almacenamiento, datos que fueron procesados utilizando la Distribución de Weibull. A continuación se describe las etapas en la distribución de la vida útil del cupcake óptimo.

- 1. Almacenamiento de los cupcakes:** Los cupcakes fueron almacenados en bolsas de polipropileno a temperatura ambiente (26°C aproximadamente). Para la degustación se tuvo que volver a preparar los cupcakes según el día de almacenamiento que se deseaba tener.
- 2. Evaluación Sensorial:** Para realizar la evaluación sensorial se convocó a 30 estudiantes desde el séptimo ciclo al décimo de la E.A.P. de Ingeniería Agroindustrial. Los panelistas tuvieron que decidir sobre la aceptación o rechazo de cada una de las muestras contestando a la siguiente pregunta: "Ud. normalmente consumiría este producto", mediante respuestas positivas, con un "Sí"; o negativas, con un "No". Se les explicó a los consumidores que la pregunta se refiere a que si ellos consumirían el cupcake, ya sea si lo comprarán o les fuera servido. (Ver Anexo 7.5.2)
- 3. Identificación preliminar de la distribución de ajuste:** Se determinó gráficamente y mediante el análisis del mejor índice de Anderson Darling. Para la identificación de la distribución de mejor ajuste se obtuvo, en el programa de Minitab versión 17, el índice de Anderson Darling de cuatro distribuciones: Weibull, Lognormal, Exponencial y Loglogística.

4. Determinación de los parámetros de la distribución

Weibull: Para la determinación de los parámetros α y β de la función de Weibull se utilizó la función linealizada de la distribución acumulativa de Weibull:

$$\ln(t) = \ln\alpha + \left(\frac{1}{\beta}\right) \ln H(t)$$

Siguiendo las recomendaciones de Gacula y Kubala (1975) con pequeñas modificaciones que consistieron en el asignar valores de "0" para la aceptación de los consumidores y "1" para el rechazo.

Para estimar la vida en anaquel del cupcake, los tiempos de rechazo fueron ajustados a una distribución de Weibull y se definió la variable aleatoria "t" como el tiempo de almacenaje al cual el consumidor rechaza la muestra. La función de distribución acumulativa o función de fallos F(t) fue definida como la probabilidad de que el consumidor rechace el producto antes del tiempo t, tal que $F(t) = P(Tt)$.

5. Determinación del valor esperado: Se realizó mediante la aplicación de la Ecuación 12 descrita en la Revisión Bibliográfica.

6. Determinación del Intervalo de Confianza: Para la determinación del intervalo de confianza fue necesario determinar la desviación estándar de los datos, asimismo el nivel de significancia y el tamaño de la muestra; esto se logró con la utilización del programa Excel 2013 y Minitab 17. Para esta investigación se ha trabajado a un 95% de confianza.

7. Bondad de Ajuste: El test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) es recomendado para determinar la bondad de ajuste (Gacula and Singh, 1984) y se realizó esta prueba a un nivel de confiabilidad del 95% (Gacula and Singh, 1984). Al respecto (Nist, 2006) menciona que una característica atractiva de esta

prueba es que no depende de la función de distribución acumulada que se está probando. Se realizó una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov.

Para realizar la bondad de ajuste se determinó la diferencia máxima obtenida de comparar las distintas diferencias, percibidas de la resta de la frecuencia esperada con la frecuencia observada; este dato fue contrastado con el valor tabular de Kolmogorov-Smirnov a un nivel de significancia del 95%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Obtención de Harina de Zapallo

Los zapallos a utilizar para la obtención de harina se encontraban en un estadio de madurez 4 (semi-maduro). El peso inicial de zapallos empleado fue de 65.5 Kg. En la figura 31, se muestra el flujo de operaciones para la obtención de harina de zapallo.

A) Selección

Se seleccionaron zapallos en estadio de madurez 4 (semi-maduros). Se descartaron aquellos atacados por enfermedades o con daños mecánicos acentuados.

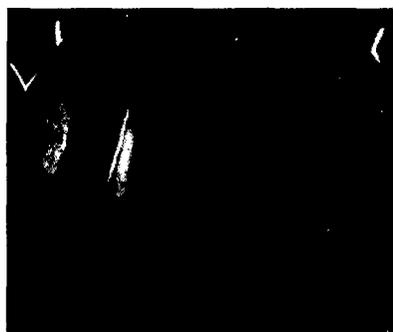


Figura 21: Zapallos seleccionados

B) Lavado y Sanitizado

Esta operación se realizó manualmente utilizando agua potable a chorro y a temperatura de ambiente con el fin de eliminar restos de residuos de la cáscara de los zapallos. Luego fueron sanitizadas con una solución de hipoclorito de sodio (lejía comercial) a 50 ppm, mediante el método de inmersión por un tiempo de 10 minutos.



Figura 22: Lavado del Zapallo

C) Cortado

Se cortó el zapallo para facilitar la operación de pelado. Esta operación se realizó manualmente con el empleo de cuchillos.



Figura 23: Cortado de Zapallo

D) Pelado

Se realizó manualmente con la ayuda de un pelador. La cascara representa el 6.20% del zapallo. La cáscara afecta negativamente en la textura y aspecto de los cupcakes, por lo cual debe ser eliminada.

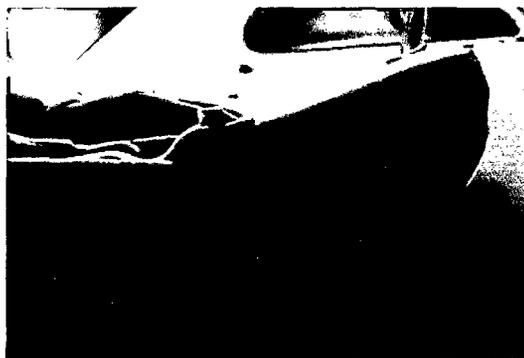


Figura 24: Pelado de Zapallo

E) Despulpado

Esta operación consistió en quitar las pepas del zapallo. Esta etapa también fue realizada manualmente y con el empleo de cuchillos. Las pepas representan un 6.60% del zapallo.

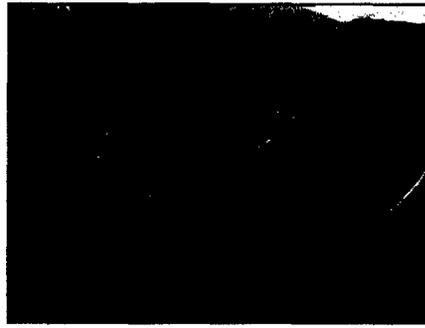


Figura 25: Zapallo despulpado

F) Trozado

Esta operación se realizó para facilitar el laminado del zapallo. Se realizó manualmente con el uso de cuchillos.



Figura 26: Zapallo en trozos

G) Laminado

El secado se realizó en el equipo Laminador del IITA. Las láminas tienen un espesor aproximado de 3mm. Esta operación facilita la transferencia de calor durante el secado del zapallo.



Figura 27: Laminado del Zapallo

H) Secado

El secado se realizó en el secador de bandejas del IITA; esta etapa dura 9 horas a 70°C. El color de las láminas del zapallo cambiaron a un amarillo ligeramente más oscuro. El rendimiento de esta operación fue de 14.98%.

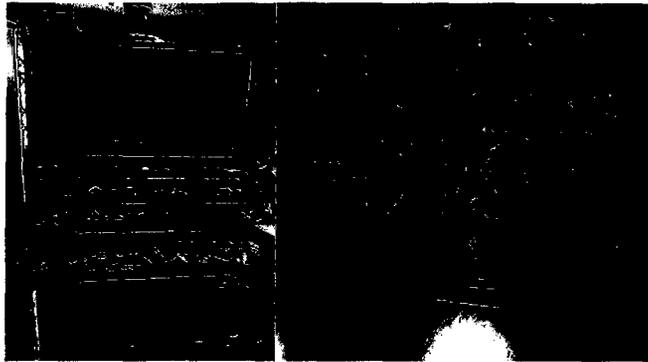


Figura 28: Secado de Zapallo

I) Molienda

Esta operación se realizó en el módulo de molienda del ITTA; a través de un molino de martillos. Durante la molienda se empezaron a formar algunos grumos de harina de zapallo, esto debido al contenido de azúcares de la materia prima. El rendimiento de esta operación fue de 11.46%.

J) Tamizado

Para esta operación, se utilizaron tamices ASTM con mallas N° 10, N° 18 y N° 60 y los granos se redujeron hasta un diámetro de 0.05.



Figura 29: Molienda de harina de Zapallo

K) Envasado

Finalmente la harina obtenida fue envasada en bolsas de polipropileno de alta densidad. Estas fueron almacenadas en un lugar oscuro y a temperatura ambiente.



Figura 30: Envasado de la harina de Zapallo

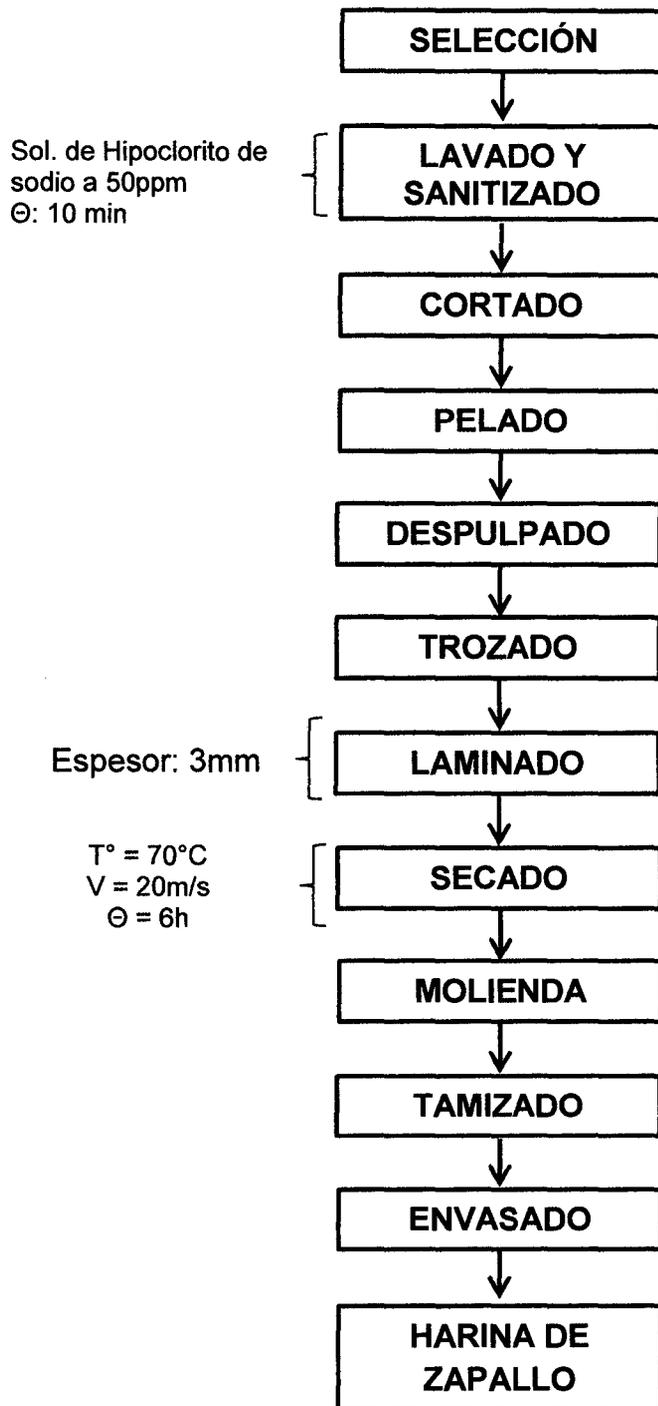


Figura 31: Diagrama de flujo para la elaboración de harina de zapallo

4.2. Análisis de las harinas

4.2.1. Caracterización químico proximal

4.2.1.1. Harina de trigo

Los resultados del análisis de la composición porcentual de la harina de trigo se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26: Composición químico proximal de la Harina de Trigo en 100g de harina

Componentes	(%)
Humedad	13.2±0.2
Proteína	11.02±0.02
Ceniza	1.01±0.3
Grasa	0.6±0.35
Carbohidratos	74.17
Fibra	1.46±0.2

Los resultados mostrados en la tabla 26 muestran que la humedad asciende a los 13.2±0.2%, valor que es inferior al 15% de humedad, que es el máximo permitido por la N.T.P. 205.027:1986.

El contenido de proteína de la harina es de 11,02%, siendo mayor al 7,0% referido en el CODEX Alimentarius 152-1985.

Con respecto al contenido de ceniza se obtuvo 1.01±0.3%, lo cual cumple con la N.T.P. 205.027:1986, para harina de trigo enriquecida.

El contenido de carbohidratos en la harina fue de 74.17%, valor cercano a (Bilbao, 2007), el cual menciona que la harina de trigo tiene alrededor de 70% de carbohidratos.

También (Bilbao, 2007) menciona que el contenido de fibra de una harina de trigo como máximo es de 1.5%, lo cual quiere decir que nuestro resultado se encuentra

dentro de los parámetros ya que se reportó una cantidad de fibra del $1.46\pm 0.02\%$.

4.2.1.2. Harina de Quinua

Los resultados del análisis de la composición porcentual de la Harina de Quinua se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27: Composición químico proximal de la Harina de Quinua en 100 g de harina.

Componentes	(%)
Humedad	6.36 ± 0.4
Proteína	13.03 ± 0.02
Ceniza	1.53 ± 0.2
Grasa	3.42 ± 0.32
Carbohidrato	75.65
Fibra	3.1 ± 0.31

Los resultados mostrados en la tabla 27 muestran que la humedad de la harina de quinua asciende a los $6.36\pm 0.4\%$, valor que es inferior al 15% de humedad, que es el máximo permitido por la N.T.P. 011.451:2013. Según (Cheftel, 1976) menciona que a humedades inferiores a 11,00% se evitan deterioros en el almacenamiento prolongado, a temperaturas de 20 °C.

El contenido de proteína de la harina de quinua fue de 13.03%, el cual fue mayor que el de las tablas peruanas de composición de alimentos (2009), que reportan un valor 9.1% de proteínas para la harina de quinua. En general este parámetro variará según la variedad y el tratamiento de limpieza que haya tenido el grano (Molina, 1970).

Con respecto al contenido de ceniza se obtuvo $1.53 \pm 0.2\%$, el cual se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles por la Norma Técnica Peruana 011.451:2013.

El contenido de grasa de la harina de quinua fue de $3.42 \pm 0.32\%$, la cual se encuentra dentro del rango de 1.8% a 9.3%, citados por (Jacobsen y Sherwood, 2002), quienes indican que el contenido de grasa de la quinua tiene un alto valor debido a su alto porcentaje de ácidos grasos insaturados.

El contenido de carbohidratos y fibra fue de 75.65% y $3.1 \pm 0.31\%$ respectivamente, valores similares al que se menciona en tablas peruanas de composición de alimentos (2009), el cual reportan valores de 72.1% de carbohidratos y 3.1% de fibra.

4.2.1.3. Harina de Zapallo

Los resultados del análisis de la composición porcentual de la Harina de Zapallo se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28: Composición químico proximal de la Harina de Zapallo en 100 g de harina

Componentes	(%)
Humedad	6.34 ± 0.25
Proteína	8.99 ± 0.04
Ceniza	5.85 ± 0.21
Grasa	0.86 ± 0.3
Carbohidrato	77.95
Fibra	5.13 ± 0.45

El contenido de humedad de la harina de zapallo asciende a los $6.34 \pm 0.25\%$ y el contenido de ceniza fue de 5.85 ± 0.21 ; valor que se encuentran dentro de los

Límites Máximos Permisibles por La Norma Técnica Nacional 205.043 (1976), donde indica que los requisitos para las harinas sucedáneas procedentes de tubérculos y raíces, deberán tener valores que no excedan de los siguientes límites fisicoquímicos: humedad 15% y ceniza 2.5%

El contenido de proteína de la harina es de 8.99%.

El contenido de carbohidrato fue de 77.95%; resultados similares son reportados por (Alava, 2007), en su investigación *caracterización fisicoquímica de la harina de pulpa de zapallo (Cucurbita maxima)*, determinando un 76% de carbohidratos; dicho cálculo incluye el almidón, azúcares, fibras y otros polisacáridos.

El contenido de fibra fue de 5.13%; resultados similares son reportados por (Manasés, 2011), en su investigación *efecto del tipo de harina de zapallo macre (Cucurbita maxima) sobre el volumen específico, firmeza sensorial y aceptabilidad general en el pan de molde durante su almacenamiento*

4.2.2. Análisis Fisicoquímico

4.2.2.1. Colorimetría de las harinas de Trigo, Quinua y Zapallo

Los resultados del análisis del color de las harinas de trigo, quinua y zapallo se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29: Colorimetría de las harinas de Trigo, Quinua y Zapallo

ANALISIS DE COLOR DE LAS HARINAS					
MUESTRA	a*	b*	L* Luminosidad	C* Cromacidad	h* Angulo de Tonalidad
Harina de Trigo	-1.41±0.01	12.38±0.06	99.70±0.35	12.46	96.50
Harina de Quinua	0.24±0.02	20.88±0.1	90.65±0.05	20.88	89.36
Harina de Zapallo	1.74±0.22	38.28±0.5	83.96±0.15	38.31	87.40

En la tabla 29 podemos observar que la harina de trigo el valor presentado de b* (12.38±0.06), el cual muestra una tendencia al color amarillo y en a* (-1.41±0.01) una ligera tendencia al color verde. L* presento un valor de 99.70±0.35 que nos indica que tiene una alta tendencia al color blanco. El ángulo de tonalidad presento un valor de 96.50 que corresponde al segundo cuadrante de las coordenadas de color (verde- amarillo), con una tendencia más al amarillo. La cromacidad presento un valor de 12.46.

Con respecto a la harina de quinua, podemos observar que el valor presentado de b* (20.88±0.1), el cual muestra una tendencia al color amarillo y en a* (0.24±0.02) una ligera tendencia al color rojo. El valor de L* (90.65±0.05) nos indica que tiene una tendencia al color blanco. El ángulo de tonalidad presento un valor de 89.36 que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color (rojo- amarillo), con una tendencia más al amarillo. La cromacidad presento un valor de 20.88.

Con respecto a la harina de Zapallo observamos que el valor presentado de b^* (38.28 ± 0.5), el cual muestra una tendencia al color amarillo mayor que en las harinas de trigo y quinua, esto se le atribuye a la presencia de carotenos en le zapallo. El valor de a^* (1.74 ± 0.22) tiene tendencia al color rojo. El valor de L^* (83.96 ± 0.15) indica una harina clara. El ángulo de tonalidad presento un valor de 87.40 que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color (rojo- amarillo), con una tendencia más al amarillo. La cromacidad presentó un valor de 38.31.

4.3. Producción de los Cupcakes

A) Recepción de Materia Prima

- **Harina de trigo**

Se empleó Harina de trigo marca Nicollini Premium de uso industrial, que cumple con la Norma Técnica Peruana 205.027:1986. El porcentaje utilizado, según mezclas de la tabla 25.

- **Harina de Quinua**

Se empleó Harina de Quinua marca Renacer, que cumple con la Norma Técnica Peruana NTP 011.451:2013 destinada al consumo humano, lista para la venta y/o para su procesamiento posterior. El porcentaje utilizado, según mezclas de la tabla 25.

- **Harina de zapallo**

Aunque todavía no existe norma técnica peruana para la harina de zapallo, ésta cumplió con los estándares de humedad establecidos en la NTP 205.043:1976. El porcentaje utilizado, según mezclas de la tabla 25.

B) Recepción de Insumos

Se recepcionó los siguientes insumos:

- Azúcar rubia
- Margarina
- Leche Entera
- Huevo
- Antimoho
- Emulsionante en pasta
- Polvo de hornear

C) Pesado

En esta operación se pesaron las materias primas e insumos según las formulaciones de cada ensayo. Operación que se realizó en una balanza de marca PRECISA. Esta operación permitió determinar la cantidad de materia prima que ingresa; además podemos determinar el rendimiento final y cuanto se va perdiendo en cada proceso

D) Cremado

Se añadió la margarina junto con el azúcar y se batió durante 15 minutos, hasta formar una pasta homogénea.

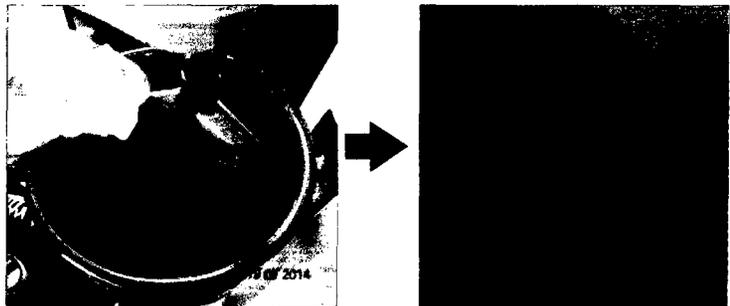


Figura 32: Cremado

E) Mezclado 1

Esta operación consistió en agregar 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.

F) Mezclado 2

El segundo mezclado consistió en agregar la leche, batiéndose por 2 minutos para lograr su completa integración a la masa.



Figura 33: Mezclado 2

G) Mezclado 3

En esta operación se procedió a agregar la mezcla de harinas según corresponda a la formulación, previamente cernida, asimismo se agregó el polvo y el antimoho. Se mezcló manualmente hasta que se obtenga una masa homogénea.



Figura 34: Mezclado 3

H) Moldeado

El dosificado se realizó en pirotines #7, colocados previamente en moldes de acero inoxidable, y en cada uno se agregó 55g. de masa. Esta operación se realizó de manera manual.



Figura 35: Dosificado

I) Horneado

Se llevó a cabo en el horno rotatorio por convección, a una temperatura de 120°C durante 15 minutos y 140°C por 10 minutos.

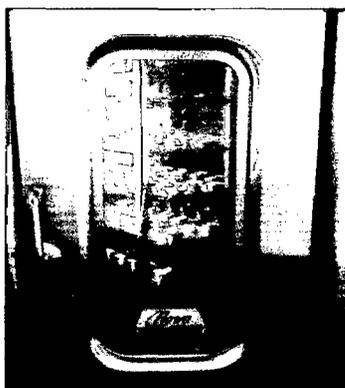


Figura 36: Horneado de los cupcakes

J) Enfriado

Se realizó a temperatura de ambiente aproximadamente por 45 minutos.

K) Envasado

Los cupcakes fueron empacados en bolsas de polipropileno de alta densidad, luego las bolsas fueron selladas herméticamente.



Figura 37: Envasado de cupcakes

Asimismo también hubo algunos cupcakes que fueron envasados en bolsas de polietileno de densidad #2, bolsas de polipropileno también de la misma densidad y en potes termoformados PET, para estudiar el efecto del tipo de empaque en función de la humedad, textura, y peso.

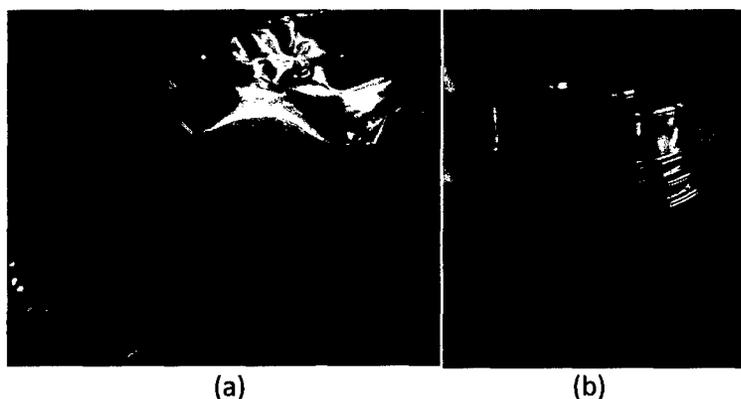


Figura 38: (a) Cupcake envasado en bolsa de polietileno de alta densidad. (b) Cupcake envasado en pote termoformado PET

L) Almacenamiento

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



Figura 39: Almacenamiento de cupcakes

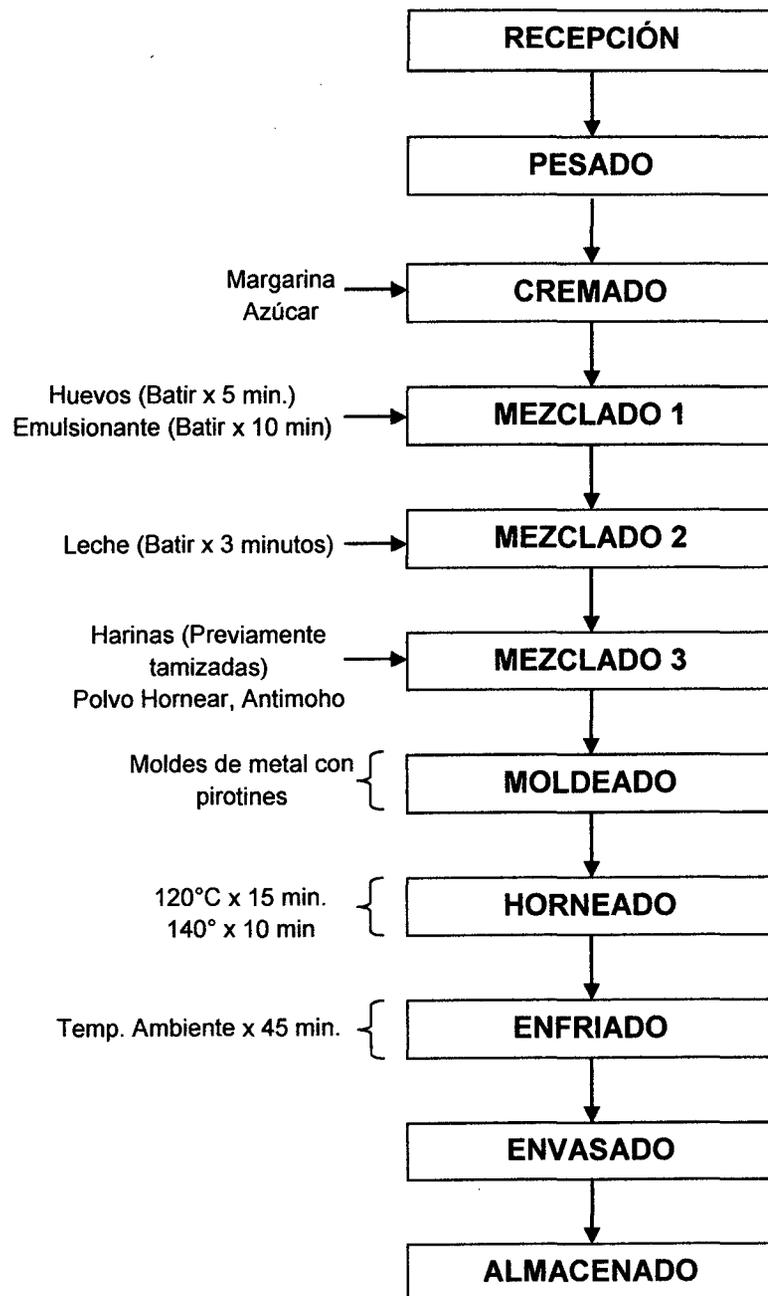


Figura 40: Diagrama de flujo para la Elaboración del Cupcake

4.4. Evaluación de los cupcakes

4.4.1. Evaluación de la Proteína en los cupcakes

Se determinó el porcentaje de proteína utilizando un factor de 6.25 para cada una de las 14 formulaciones (Tabla 30).

Tabla 30: Valores obtenidos para el % Proteína

N° Mezcla	% H. Trigo	% H. Quinua	% H. Zapallo	% Proteína
1	83.333	8.333	8.333	7.72
2	80.000	11.667	8.333	8.09
3	80.000	5.000	15.000	7.52
4	86.667	8.333	5.000	8.09
5	83.333	5.000	11.667	7.58
6	81.667	6.667	11.667	7.62
7	90.000	5.000	5.000	7.72
8	80.000	15.000	5.000	7.98
9	83.333	11.667	5.000	8.15
10	81.667	11.667	6.667	8.12
11	80.000	8.333	11.667	7.65
12	86.667	6.667	6.667	7.74
13	83.333	8.333	8.333	7.74
14	86.667	5.000	8.333	7.65
Control	100%	0	0	7.23

Tabla 31: Coeficientes de regresión estimados para % Proteína (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P
X ₁	4	1.65	*	*
X ₂	-269	107.20	*	*
X ₃	-188	107.20	*	*
X ₁ *X ₂	366	140.78	2.60	0.036
X ₁ *X ₃	257	140.78	1.82	0.111
X ₂ *X ₃	4089	1897.69	2.15	0.068
X ₁ *X ₂ *X ₃	-5040	2348.45	-2.15	0.069

X₁: % H. Trigo

X₂: % H. Quinua

X₃: % H. Zapallo

En la Tabla 31 se aprecia los coeficientes para cada componente y también para sus mezclas, que han sido determinados por el programa luego de haber ajustado los datos al Modelo Cúbico especial.

También se puede observar que dos combinación de una mezcla (% H. Trigo, % H. Quinoa y % H. Zapallo) poseen un efecto de combinación binario significativo, es decir, el porcentaje de proteína para la combinación de dos mezclas difiere de la media simple de los dos componentes individuales. Estos efectos corresponden a las siguientes entradas en la tabla de regresión. De igual manera para la interacción de 3 componentes.

La ecuación de regresión para los datos de % Proteína, es:

$$\text{PROTEÍNA} = 4(X_1) - 269(X_2) - 188(X_3) + 366(X_1X_2) + 257(X_1 * X_3) + 4089(X_2 * X_3) - 5040(X_1 * X_2 * X_3)$$

Tabla 32: Estadísticos de la Regresión para la Respuesta % Proteína

Estadísticos	Valor
S	0.0919949
PRESS	0.509199
R-cuad	90.85%
R-cuad.(pred.)	64.7%
R-cuad.(ajustado)	83.01%

En la tabla 32 se presentan los estadísticos de la regresión del % Proteína junto con sus respectivos valores. En ella, se observa el estadístico "S" que es definido como el error estándar de lo estimado, que hace referencia a las diferencias entre los valores reales reales del modelo y los valores pronosticados; debido a que el valor de éste es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado. En cuanto a la suma de cuadrados del error de predicción, indica si el modelo elegido es apropiado

o no. El valor de R^2 indica que el modelo se ajusta a un 90.85% a los datos; R^2 (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 64.7% datos futuros.

Tabla 33: Análisis de varianza para % Proteína (proporciones del componente)

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Regresión	6	0.588394	0.588394	0.098066	11.59	0.002
Lineal	2	0.502342	0.077420	0.038710	4.57	0.054
Cuadrático	3	0.047074	0.084434	0.028145	3.33	0.086
X₁* X₂	1	0.036451	0.057094	0.057094	6.75	0.036
X₁* X₃	1	0.008635	0.028119	0.028119	3.32	0.111
X₂* X₃	1	0.001988	0.039302	0.039302	4.64	0.068
Cúbico especial	1	0.038979	0.038979	0.038979	4.61	0.069
X₁* X₂* X₃	1	0.038979	0.038979	0.038979	4.61	0.069
Error residual	7	0.059241	0.059241	0.008463		
Falta de ajuste	6	0.059041	0.059041	0.009840	49.20	0.109
Error puro	1	0.000200	0.000200	0.000200		
Total	13	0.647636				

X₁: % H. Trigo X₂: % H. Quinoa X₃: % H. Zapallo

En la Tabla 33 se presenta el ANVA para el % Proteína, en donde se observa un valor $p < 0.05$ (0.002) para la regresión, es decir, por lo menos uno de los términos en la ecuación de regresión tiene un impacto sobre la respuesta media.

También se observa que el valor p obtenido para el modelo cúbico es menor que para el lineal y el cuadrático lo cual acredita que el modelo que se ha elegido es el más indicado. Asimismo se observa que la combinación entre algunos de los componentes es significativa, explicado anteriormente.

El valor p para la falta de ajuste fue mayor que 0.05, es decir es no significativa, validando también el buen ajuste de los datos al modelo cúbico especial.

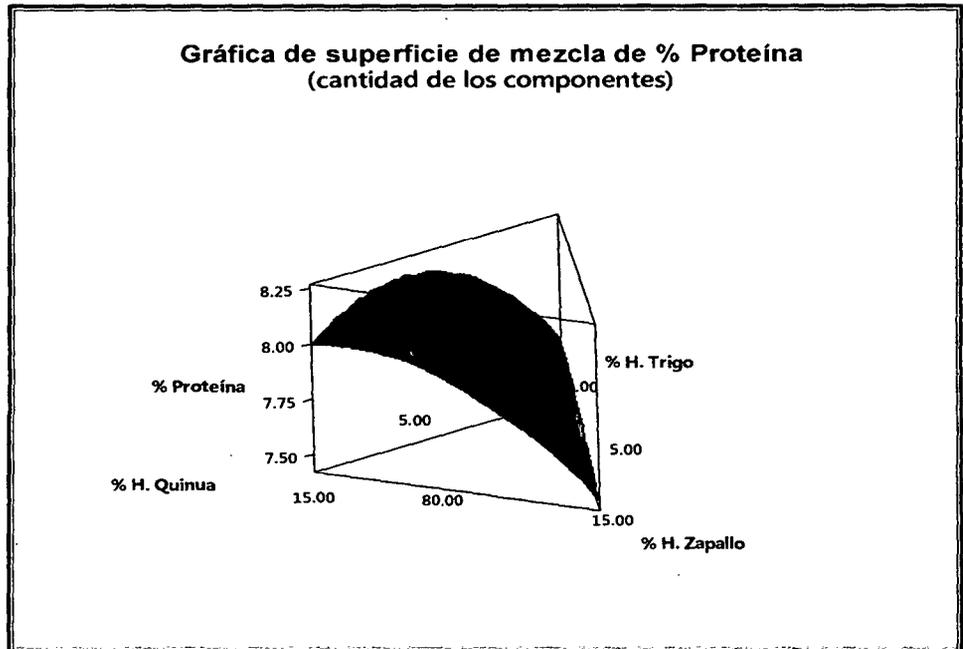


Figura 41: Gráfico de Superficie de mezcla para el %Proteína

En la Figura 41 podemos observar la superficie de respuesta para el porcentaje de proteína, en el cual cada eje representa el porcentaje de cada una de las harinas. Se puede notar que a medida que el porcentaje de Harina de Zapallo aumento y el porcentaje de Harina de Quinoa y trigo disminuye en la mezcla el nivel de proteína baja considerablemente. Asimismo el color más acentuado en una de las esquinas de la superficie revela el nivel de proteína más alto alcanzado dentro de las 14 formulaciones fue de 8.15%.

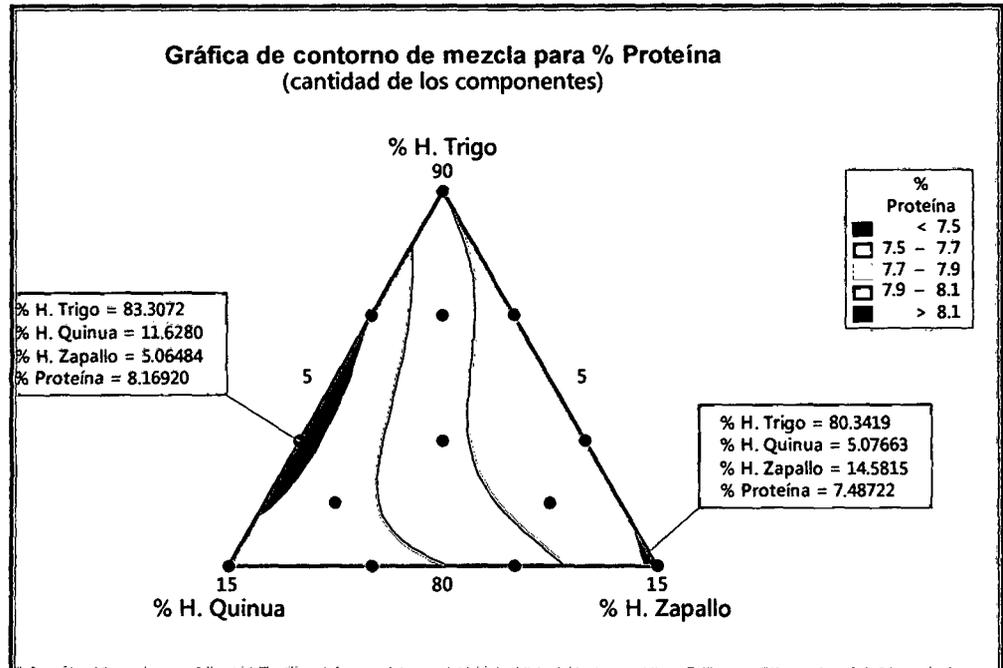


Figura 42: Gráfico de Contorno de mezcla para el %Proteína

En la Figura 42, a modo más detallado, se observa el Gráfico de Contorno para las mezclas de harinas en cuanto al %Proteína. La región azul oscura representa mezclas para la cual se obtienen datos de %Proteína inferiores a 7.5, mientras que la región roja oscura aquellas con un valor mayor a 8.1. Cabe indicar que a mayor cantidad de zapallo el porcentaje de proteína disminuye y aumenta en función al porcentaje de harina de quinua.

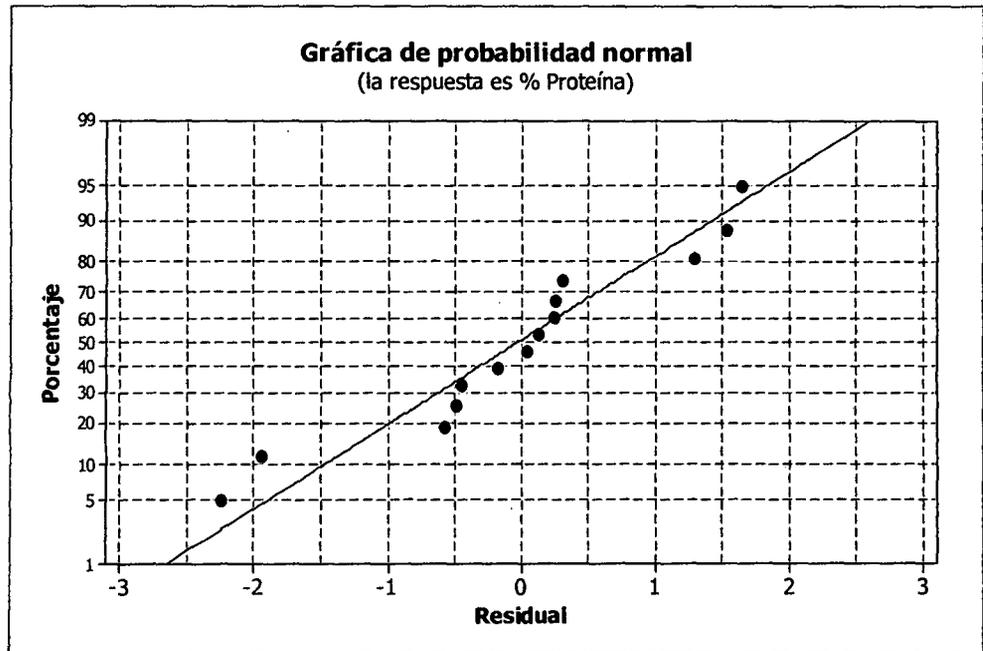


Figura 43: Probabilidad Normal de la Variable de Respuesta % Proteína

La representación entre los residuos vs. sus valores esperados cuando la distribución es normal es observada en la Figura 43. De ellos podemos decir que la mayoría de los puntos se sitúa sobre la línea, indicando que los datos son relativamente normales.

4.4.2. Evaluación del Sabor en los cupcakes

Se determinó el sabor mediante una escala hedónica de 5 puntos con 30 panelistas. En la tabla 34 se presenta los promedios de los puntajes del análisis sensorial para cada una de las 14 formulaciones.

Tabla 34: Valores obtenidos para Sabor

Nº Mezcla	% H. Trigo	% H. Quinua	% H. Zapallo	Sabor
1	83.333	8.333	8.333	3.333
2	80.000	11.667	8.333	3.733
3	80.000	5.000	15.000	4.5
4	86.667	8.333	5.000	3.8
5	83.333	5.000	11.667	4.417
6	81.667	6.667	11.667	4.367
7	90.000	5.000	5.000	3.9
8	80.000	15.000	5.000	3.100
9	83.333	11.667	5.000	3.200
10	81.667	11.667	6.667	3.267
11	80.000	8.333	11.667	3.867
12	86.667	6.667	6.667	3.867
13	83.333	8.333	8.333	3.383
14	86.667	5.000	8.333	4.383
Control	100	0	0	3.4

Tabla 35: Coeficientes de regresión estimados para Sabor (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P
X_1	-3	3.46	*	*
X_2	-500	225.55	*	*
X_3	-577	225.55	*	*
$X_1 * X_2$	656	296.20	2.21	0.062
$X_1 * X_3$	769	296.20	2.60	0.036
$X_2 * X_3$	10772	3992.72	2.70	0.031
$X_1 * X_2 * X_3$	-13439	4941.13	-2.72	0.030

X_1 : % H. Trigo

X_2 : % H. Quinua

X_3 : % H. Zapallo

En la Tabla 35 se aprecia los coeficientes para cada componente y también para sus mezclas, que han sido determinados por el programa luego de haber ajustado los datos al Modelo Cúbico especial. También se puede observar que tres combinación de una mezcla binaria (% H. Trigo y % H. Quinua; % H. Quinua y % H. Zapallo, %H. Quinua y %H. Zapallo) poseen un efecto de combinación binario significativo, es decir, la calificación de sabor para la combinación de dos mezclas difiere de la media simple de los dos componentes individuales. Estos efectos corresponden a las siguientes entradas en la tabla de regresión. De igual manera para la interacción de 3 componentes. El coeficiente positivo (656) en la interacción binaria de los componentes %H. Trigo y % H. Quinua indica que los dos componentes actúan sinérgicamente o son complementarios, es decir, la puntuación de aceptación media para la mezcla es mayor a la que obtendría al calcular la media simple de las dos puntuaciones de aceptación para cada mezcla pura, mientras que los coeficientes negativos como el de la interacción %H. Trigo, %H. Quinua y %H.Zapallo (-13439), el cual señala que los tres componentes son antagonista entre sí, es decir, que la aceptación media para la mezclar es menor para la que se obtendría al calcular la media simple de las tres puntuaciones de aceptación para cada mezcla pura. La ecuación de regresión para los datos de Sabor, es:

$$\text{SABOR} = 3(X_1) - 500(X_2) + 577(X_3) + 656(X_1 * X_2) + 769(X_1 * X_3) - 10772(X_2 * X_3) - 13439(X_1 * X_2 * X_3)$$

Tabla 36: Estadísticos de la Regresión para la Respuesta Sabor

Estadísticos	Valor
S	0.193557
PRESS	1.07354
R-cuad	91.49%
R-cuad.(pred.)	65.09%
R-cuad.(ajustado)	84.19%

En la tabla 36 se presentan los estadísticos de la regresión de Sabor junto con sus respectivos valores. En ella, se observa el estadístico “S” que es definido como el error estándar de lo estimado, que hace referencia a las diferencias entre los valores reales del modelo y los valores pronosticados; debido a que el valor de éste es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado. En cuanto a la suma de cuadrados del error de predicción, indica si el modelo elegido es apropiado o no. El valor de R^2 indica que el modelo se ajusta a un 9149% a los datos; R^2 (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 65.09% datos futuros.

Tabla 37: Análisis de varianza para Sabor (proporciones del componente)

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Regresión	6	2.81809	2.818088	0.469681	12.54	0.002
Lineal	2	2.40821	0.256184	0.128092	3.42	0.092
Cuadrático	3	0.13275	0.359934	0.119978	3.20	0.093
X₁*X₂	1	0.08638	0.183666	0.183666	4.90	0.062
X₁* X₃	1	0.00004	0.252624	0.252624	6.74	0.036
X₂* X₃	1	0.04635	0.272695	0.272695	7.28	0.031
Cúbico especial	1	0.27712	0.27712	0.27712	7.4	0.030
X₁*X₂* X₃	1	0.27712	0.27712	0.27712	7.4	0.030
Error residual	7	0.26225	0.262249	0.037464		
Falta de ajuste	6	0.26100	0.260999	0.043500	34.80	0.129
Error puro	1	0.00125	0.00125	0.00125		
Total	13	3.08034				

X₁: % H. Trigo X₂: % H. Quinua X₃: % H. Zapallo

En la Tabla 37 se presenta el ANOVA para Sabor, en donde se observa un valor $p < 0.05$ (0.002) para la regresión, es decir, por

lo menos uno de los términos en la ecuación de regresión tiene un impacto sobre la respuesta media.

También se observa que el valor p obtenido para el modelo cúbico (0.030) es menor que 0.05, mientras que para los modelos lineal y cuadrático todo lo contrario, esto acredita que el modelo que se ha elegido como el más indicado. Asimismo se observa que la combinación entre algunos de los componentes es significativa, explicado ya anteriormente.

El valor p para la falta de ajuste fue mayor que 0.05, es decir no es significativa, validando también el buen ajuste de los datos al modelo cúbico especial.

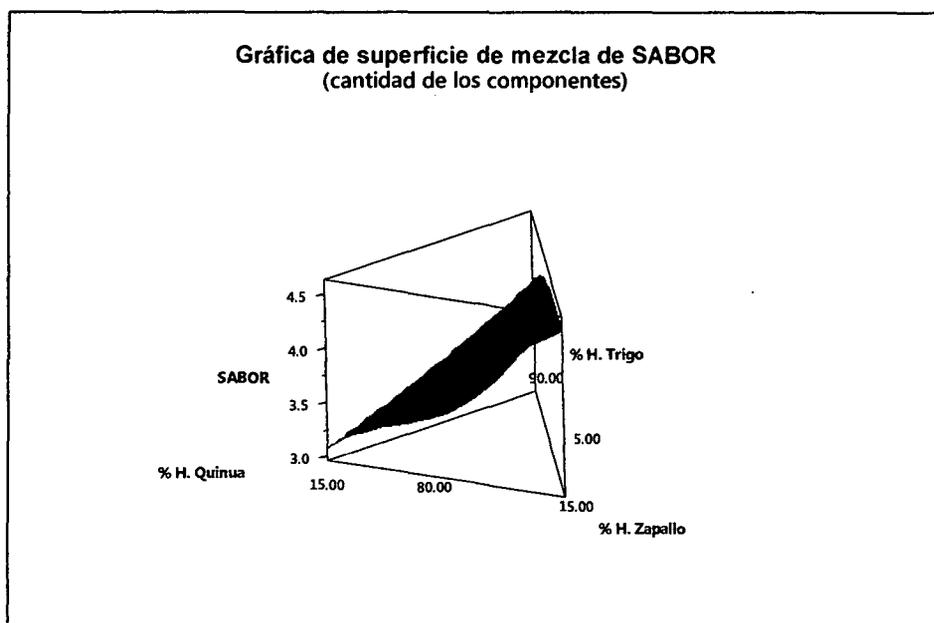


Figura 44: Gráfico de Superficie de mezcla para el Sabor

En la Figura 44 se observa la superficie de respuesta para la variable de respuesta Sabor, en ella se observa las mezclas constituidas por las 3 harinas. La inclinación de la curva hacia el límite superior (15%) de la harina de quinua indica que el aumento del porcentaje de harina de quinua en la mezcla disminuye el nivel de aceptación del sabor, lo contrario ocurre en el ápice de la curva, que muestra que cuando el porcentaje de

harina de zapallo llega a su valor superior (15%) y el porcentaje de harina de trigo se mantiene en valores mayores al 80% dentro de la mezcla, aumenta considerablemente la aceptación con respecto al sabor del cupcake.

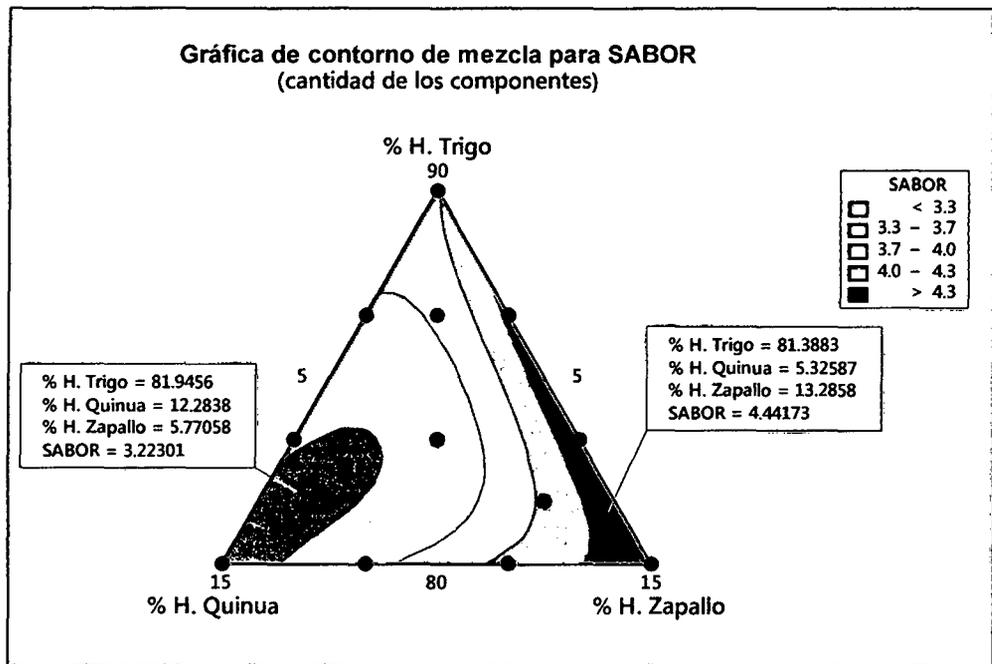


Figura 45: Gráfico de Contorno de mezcla para el Sabor

En la Figura 45 se muestra de una manera más clara la superficie de respuesta de la Figura 44. En ésta se muestra que a medida que el nivel de porcentaje de harina de zapallo en la muestra aumenta, mientras que el de harina de quinua disminuye y el de la harina de trigo aumenta ligeramente, se obtiene una mayor aceptación del sabor del cupcake, mientras que si hay un incremento excesivo en el porcentaje de harina de quinua el puntaje para el sabor decae rápidamente.

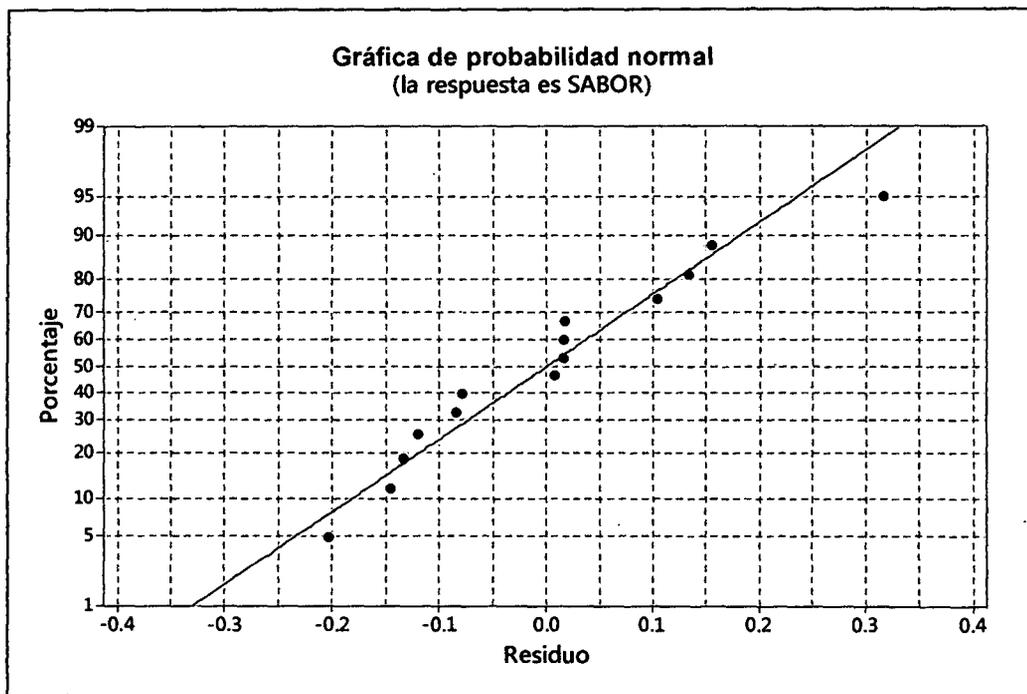


Figura 46: Probabilidad Normal de la Variable de Respuesta Sabor

La representación entre los residuos vs. sus valores esperados para la variable de respuesta Sabor cuando la distribución es normal es observada en la Figura 46. De ellos podemos decir que la mayoría de los puntos describen una trayectoria casi recta, lo cual indica que los datos para sabor son moderadamente normales.

4.4.3. Evaluación de la Textura de los cupcakes

Se determinó el sabor mediante una escala hedónica de 5 puntos con 30 panelistas. En la tabla 38 se presenta los promedios de los puntajes del análisis sensorial para textura de cada una de las 14 formulaciones.

Tabla 38: Valores obtenidos para Textura

N° Mezcla	% H. Trigo	% H. Quinoa	% H. Zapallo	Textura
1	83.333	8.333	8.333	3.592
2	80.000	11.667	8.333	3.938
3	80.000	5.000	15.000	3.405
4	86.667	8.333	5.000	4.612
5	83.333	5.000	11.667	4.025
6	81.667	6.667	11.667	3.973
7	90.000	5.000	5.000	4.715
8	80.000	15.000	5.000	3.495
9	83.333	11.667	5.000	4.058
10	81.667	11.667	6.667	3.998
11	80.000	8.333	11.667	3.922
12	86.667	6.667	6.667	4.453
13	83.333	8.333	8.333	4.042
14	86.667	5.000	8.333	4.495
Control	100	0	0	4.730

Tabla 39: Coeficientes de regresión estimados para Textura (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P
X_1	-1	2.90	*	*
X_2	-549	189.11	*	*
X_3	-535	189.11	*	*
$X_1 * X_2$	704	248.34	2.83	0.025
$X_1 * X_3$	686	248.34	2.76	0.028
$X_2 * X_3$	9799	3347.59	2.93	0.022
$X_1 * X_2 * X_3$	-11966	4142.76	-2.89	0.023

X_1 : % H. Trigo

X_2 : % H. Quinoa

X_3 : % H. Zapallo

En la Tabla 39 se aprecia los coeficientes para cada componente y también para sus mezclas, que han sido determinados por el programa luego de haber ajustado los datos al Modelo Cúbico especial para la variable de respuesta Textura.

También se puede observar que tres combinación de una mezcla binaria (% H. Trigo y % H. Quinua; % H. Quinua y % H. Zapallo, %H. Quinua y %H. Zapallo) poseen un efecto de combinación binario significativo, siendo ésta última la de menor valor p es decir, la calificación de textura para la combinación de dos mezclas difiere de la media simple de los dos componentes individuales. Estos efectos corresponden a las siguientes entradas en la tabla de regresión. De igual manera para la interacción de 3 componentes.

El coeficiente positivo (704) en la interacción binaria de los componentes %H. Trigo y % H. Quinua indica que los dos componentes actúan sinérgicamente o son complementarios, es decir, la puntuación de aceptación media para la mezcla es mayor a la que obtendría al calcular la media simple de las dos puntuaciones de aceptación para cada mezcla pura, mientras que los coeficientes negativos como el de la interacción %H. Trigo, %H. Quinua y %H.Zapallo (-11966), el cual señala que los tres componentes son antagonista entre sí, es decir, que la aceptación media para la mezclar es menor para la que se obtendría al calcular la media simple de las tres puntuaciones de aceptación para cada mezcla pura.

La ecuación de regresión para los datos de Textura, ajustado al modelo cúbico especial es:

$$\text{TEXTURA} = (X_1) - 549(X_2) - 535(X_3) + 704(X_1 * X_2) + 686(X_1 * X_3) + 9799(X_2 * X_3) - 11966(X_1 * X_2 * X_3)$$

Tabla 40: Estadísticos de la Regresión para la Respuesta Textura

Estadísticos	Valor
S	0.162283
PRESS	0.504995
R-cuad	91.18%
R-cuad.(pred.)	75.85%
R-cuad.(ajustado)	83.62%

En la tabla 40 se presentan los estadísticos de la regresión de Textura junto con sus respectivos valores. En ella, se observa el estadístico "S" que es definido como el error estándar de lo estimado, que hace referencia a las diferencias entre los valores reales del modelo y los valores pronosticados; debido a que el valor de éste es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado. En cuanto a la suma de cuadrados del error de predicción, indica si el modelo elegido es apropiado o no. El valor de R^2 indica que el modelo se ajusta a un 91.18% a los datos; R^2 (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar un 75.85% datos futuros.

Tabla 41: Análisis de varianza para Textura (proporciones del componente)

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	p
Regresión	6	1.90638	1.90638	0.31773	12.06	0.002
Lineal	2	1.57381	0.23098	0.11549	4.39	0.092
Cuadrático	3	0.11286	0.22735	0.07578	2.88	0.093
X₁* X₂	1	0.00002	0.21157	0.21157	8.03	0.062
X₁* X₃	1	0.00183	0.20119	0.20119	7.64	0.036
X₂* X₃	1	0.11101	0.22566	0.22566	8.57	0.031
Cúbico especial	1	0.21971	0.21791	0.21791	8.34	0.030
X₁* X₂* X₃	1	0.21971	0.21791	0.21791	8.34	0.030
Error residual	7	0.18435	0.18435	0.02634		
Falta de ajuste	6	0.08310	0.08310	0.01385	0.14	0.965
Error puro	1	0.10125	0.10125	0.10125		
Total	13	2.09073				

X₁: % H. Trigo X₂: % H. Quinua X₃: % H. Zapallo

En la Tabla 41 se presenta el ANOVA para Textura, en donde se observa un valor $p < 0.05$ (0.002) para la regresión, es decir, por lo menos uno de los términos en la ecuación de regresión tiene un impacto sobre la respuesta media.

También se observa que el valor p obtenido para el modelo cúbico (0.030) es menor que 0.05, mientras que para los modelos lineal y cuadrático todo lo contrario, esto acredita que el modelo que se ha elegido como el más indicado. Asimismo se observa que la combinación entre algunos de los componentes es significativa, explicado ya anteriormente.

El valor p para la falta de ajuste fue mayor que 0.05, es decir es no significativa, validando también el buen ajuste de los datos al modelo cúbico especial.

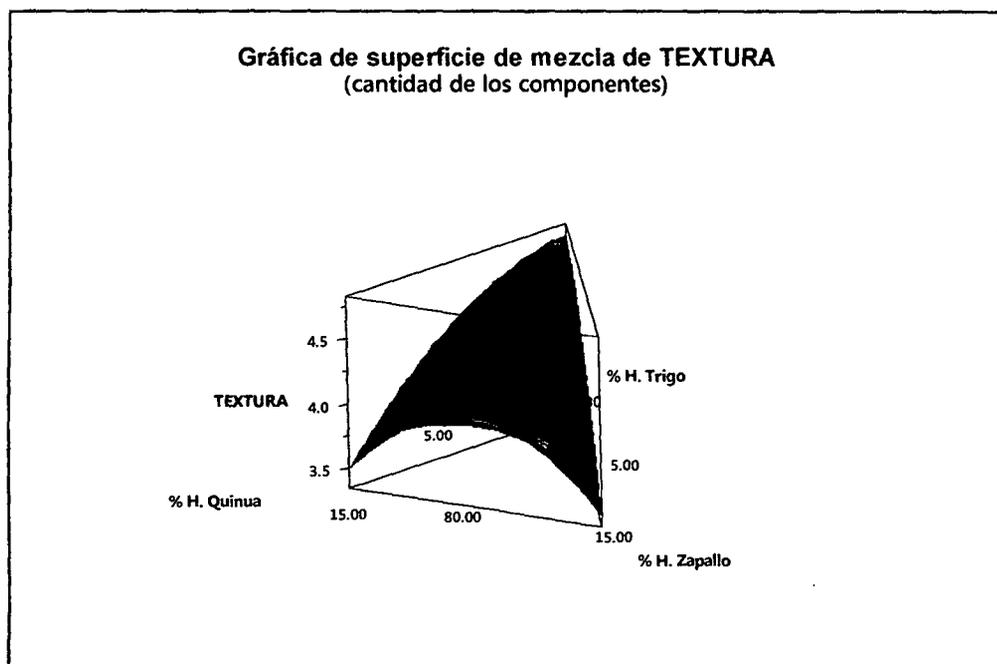


Figura 47: Gráfico de Superficie de mezcla para Textura

En la figura 47 podemos observar la superficie de respuesta para la variable Textura; en ella se puede observar que la inclinación ascendente que demuestra hacia el nivel mayor (90%) de porcentaje de harina de trigo en la mezcla, demuestra la influencia positiva que éste tiene en el aumento del nivel de

aceptación de la textura del cupcake. También se puede apreciar que el aumento en los porcentajes de harina de quinua como en la de zapallo no contribuyen a obtener mejores valores de aceptación para la textura en el producto.

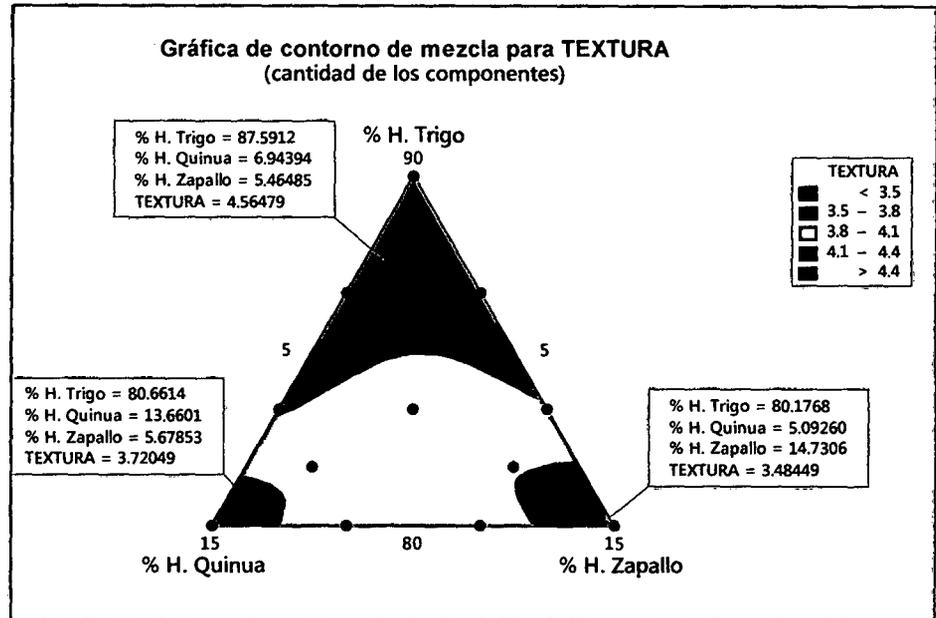


Figura 48: Gráfico de Superficie de mezcla para Textura

De la misma manera en la figura 48, se observa la gráfica de contornos para la variable de respuesta Textura, donde se observa de manera concordante con lo mostrado en la figura anterior, que el nivel de aceptación de la textura para el cupcake disminuye cuando los porcentajes de harina de quinua y de zapallo en la mezcla aumentan, esto se observa en las zonas de color azul; lo contrario ocurre cuando aumenta el porcentaje de la harina de trigo en la mezcla, haciendo que el nivel de aceptación de textura aumente considerablemente, apreciándose esto en la zona roja oscura.

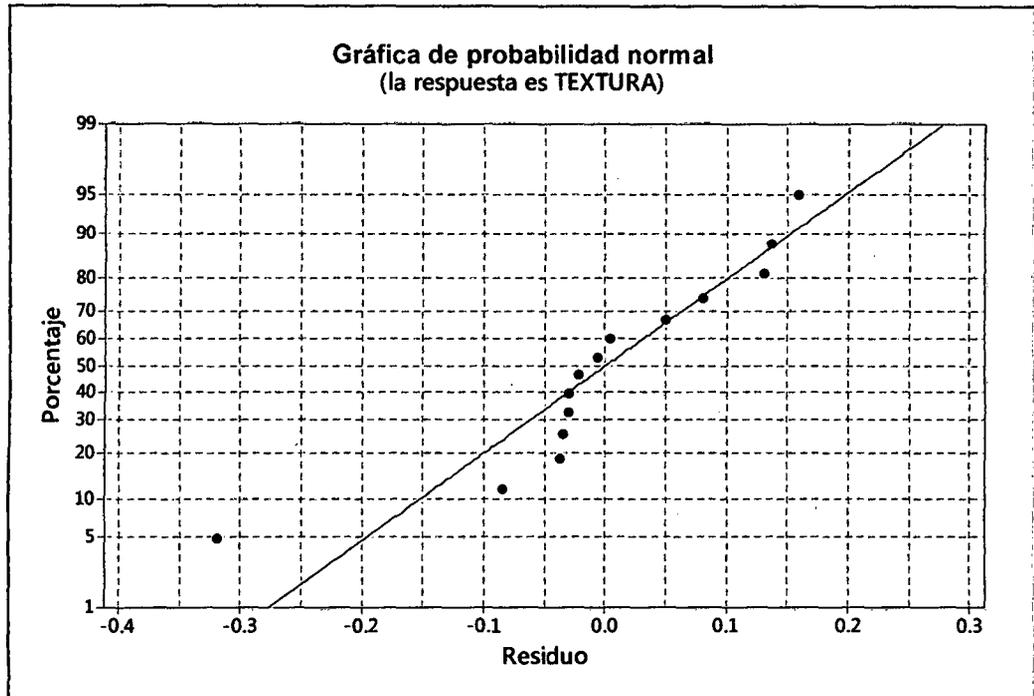


Figura 49: Probabilidad Normal de la Variable de Respuesta Textura

La representación entre los residuos vs. sus valores esperados para la variable de respuesta Sabor cuando la distribución es normal es observada en la Figura 49. De ellos podemos decir que la mayoría de los puntos describen una trayectoria casi recta, aunque también se observa una ligera curvatura lo que indica una leve asimetría; esto indica que los datos para textura son moderadamente normales.

4.4.4. Evaluación del Volumen Específico de los cupcakes

Se determinó el Volumen Específico por el método de desplazamiento de semilla de baja densidad (alpiste). En la tabla 42 se presenta el volumen específico de cada una de las 14 formulaciones.

Tabla 42: Valores obtenidos para Volumen específico

N° Mezcla	% H. Trigo	% H. Quinoa	% H. Zapallo	Volumen Específico
1	83.333	8.333	8.333	1.9086
2	80.000	11.667	8.333	1.6659
3	80.000	5.000	15.000	1.7826
4	86.667	8.333	5.000	1.9785
5	83.333	5.000	11.667	1.9080
6	81.667	6.667	11.667	1.7980
7	90.000	5.000	5.000	2.1240
8	80.000	15.000	5.000	1.6062
9	83.333	11.667	5.000	1.8030
10	81.667	11.667	6.667	1.7831
11	80.000	8.333	11.667	1.7426
12	86.667	6.667	6.667	2.0143
13	83.333	8.333	8.333	1.9080
14	86.667	5.000	8.333	2.0923
Control	100	0	0	2.1310

Tabla 43: Coeficientes de regresión estimados para el Volumen específico (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P
X_1	2.4	0.476	*	*
X_2	3.1	31.022	*	*
X_3	-7.8	31.022	*	*
X_1*X_2	-6.4	40.739	-0.16	0.880
X_1*X_3	9.2	40.739	0.23	0.828
X_2*X_3	-280.4	549.150	-0.51	0.625
$X_1*X_2*X_3$	357.2	679.592	0.53	0.615

X_1 : % H. Trigo

X_2 : % H. Quinoa

X_3 : % H. Zapallo

En la Tabla 43 se aprecia los coeficientes para cada componente y también para sus mezclas, que han sido determinados por el programa luego de haber ajustado los datos al Modelo Cúbico especial.

También se puede observar que las combinaciones de las mezclas (% H. Trigo, % H. Quinoa y % H. Zapallo) no poseen ningún efecto de combinación significativo.

La ecuación de regresión para los datos de Volumen específico, es:

$$\text{SABOR} = 2.4(X_1) + 3.1(X_2) - 7.8(X_3) - 6.4(X_1 * X_2) + 9.2(X_1 * X_3) - 280.4(X_2 * X_3) + 357.2(X_1 * X_2 * X_3)$$

Tabla 44: Estadísticos de la Regresión para la Respuesta Volumen específico

Estadísticos	Valor
S	0.0266214
PRESS	0.0221613
R-cuad	98.38%
R-cuad.(pred.)	92.79%
R-cuad.(ajustado)	97.00%

En la tabla 44 se presentan los estadísticos de la regresión del Volumen específico junto con sus respectivos valores. En ella, se observa el estadístico "S" que es definido como el error estándar de lo estimado, que hace referencia a las diferencias entre los valores reales reales del modelo y los valores pronosticados; debido a que el valor de éste es bajo nos indica que el modelo seleccionado es adecuado. En cuanto a la suma de cuadrados del error de predicción, indica si el modelo elegido es apropiado o no. El valor de R² indica que el modelo se ajusta a un 98.38% a los datos; R² (pred) nos señala que el modelo puede pronosticar a un 92.79% datos futuros.

**Tabla 45: Análisis de varianza para Volumen específico
(proporciones del componente)**

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Regresión	6	0.302198	0.302198	0.050366	71.07	0.000
Lineal	2	0.295210	0.000640	0.000320	0.45	0.654
Cuadrático	3	0.006793	0.006578	0.002193	3.09	0.099
X₁* X₂	1	0.000861	0.000017	0.000017	0.02	0.880
X₁* X₃	1	0.005504	0.000036	0.000036	0.05	0.828
X₂* X₃	1	0.000427	0.000185	0.000185	0.26	0.625
Cúbico especial	1	0.000196	0.000196	0.000196	0.28	0.615
X₁* X₂* X₃	1	0.000196	0.000196	0.000196	0.28	0.615
Error residual	7	0.004961	0.004961	0.000709		
Falta de ajuste	6	0.004961	0.004961	0.000827	4593.24	0.011
Error puro	1	0.000000	0.000000	0.000000		
Total	13	0.307159				

X₁: % H. Trigo X₂: % H. Quinoa X₃: % H. Zapallo

En la Tabla 45 se presenta el ANOVA para Volumen Específico, en donde se observa un valor $p < 0.05$ (0.000) para la regresión, es decir, por lo menos uno de los términos en la ecuación de regresión tiene un impacto sobre la respuesta media.

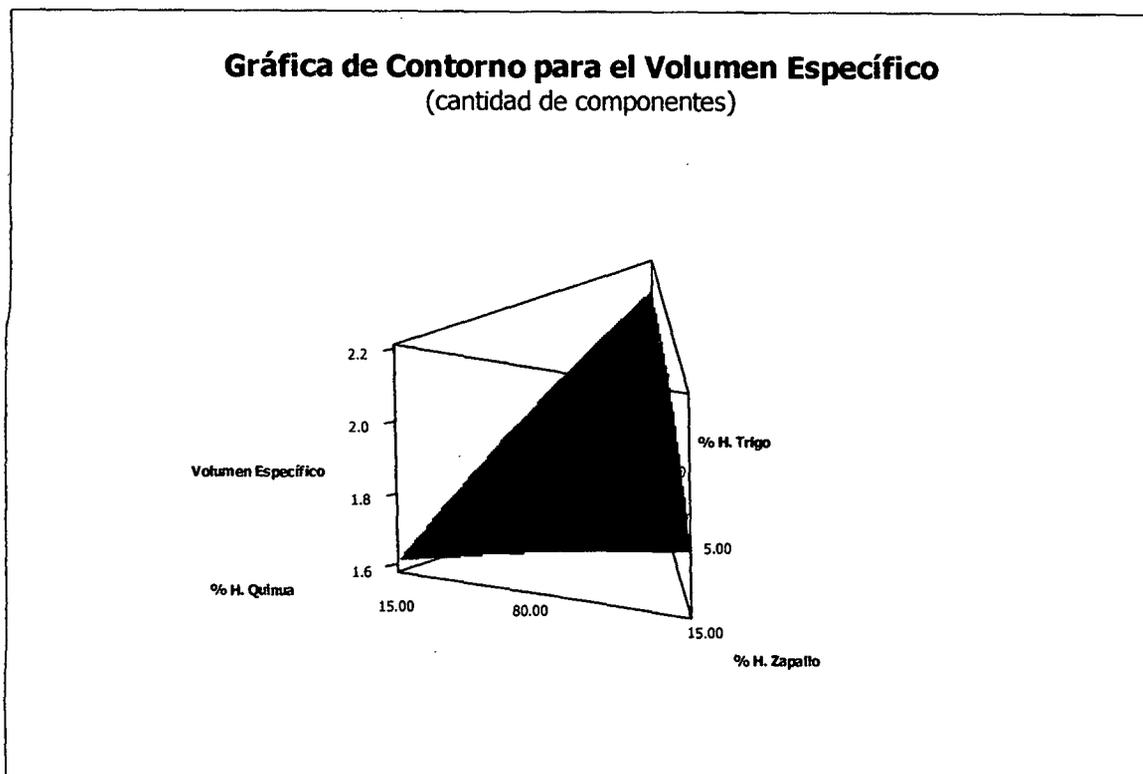


Figura 50: Gráfico de Superficie de mezcla para el Volumen Específico

En la Figura 50 podemos observar la superficie de respuesta para el Volumen específico, en el cual cada eje representa el porcentaje de cada una de las harinas.

Se puede notar que a medida que el porcentaje de Harina de Trigo aumento, el nivel de Volumen Específico aumenta considerablemente, siendo el valor más alto alcanzado dentro de las 14 formulaciones 2.124cc/g. También se puede apreciar que el aumento en los porcentajes de harina de quinua no contribuye a obtener mejores valores en el Volumen Específico del cupcake.

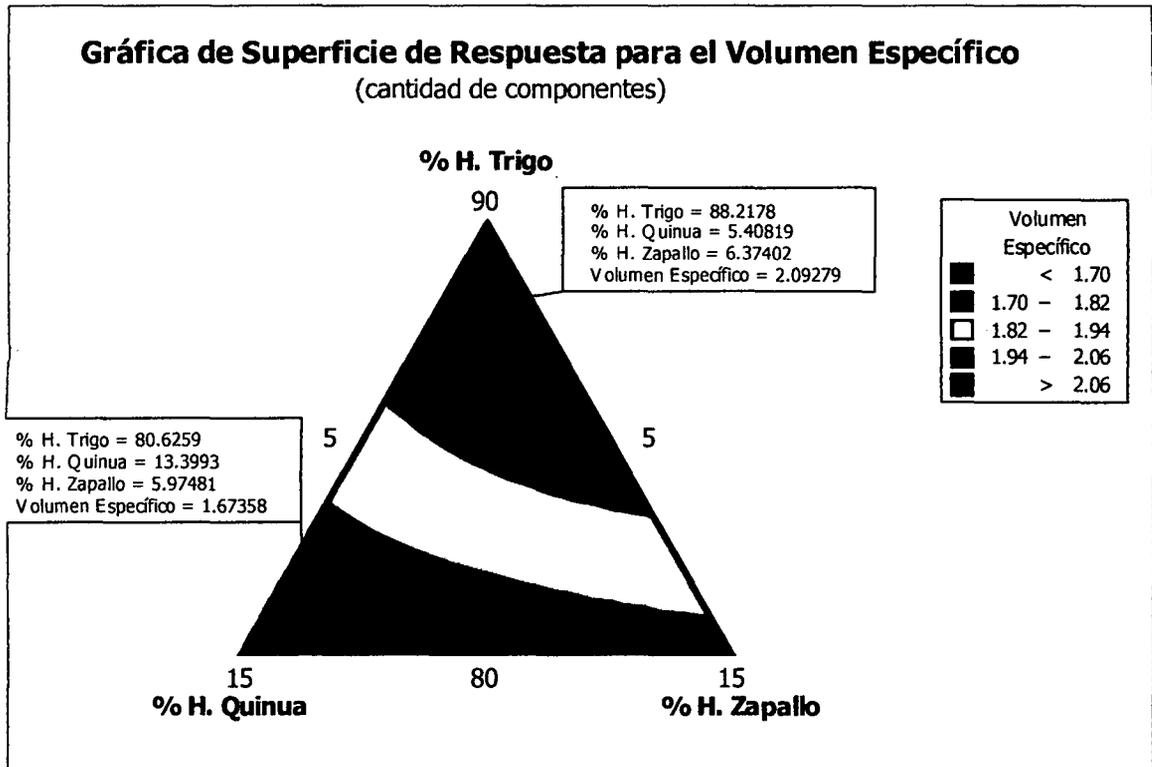


Figura 51: Gráfico de Superficie de mezcla para Volumen Específico

En la Figura 51, a modo más detallado, se observa el Gráfico de Contorno para las mezclas de harinas en cuanto Volumen Específico. La región azul oscura representa mezclas para la cual se obtienen datos de Volumen Específico inferiores a 1.70 cc/g, mientras que la región roja oscura aquellas con un valor mayor a 2.06 cc/g. Cabe indicar que a mayor cantidad de harina de trigo, el porcentaje de Volumen Específico aumenta.

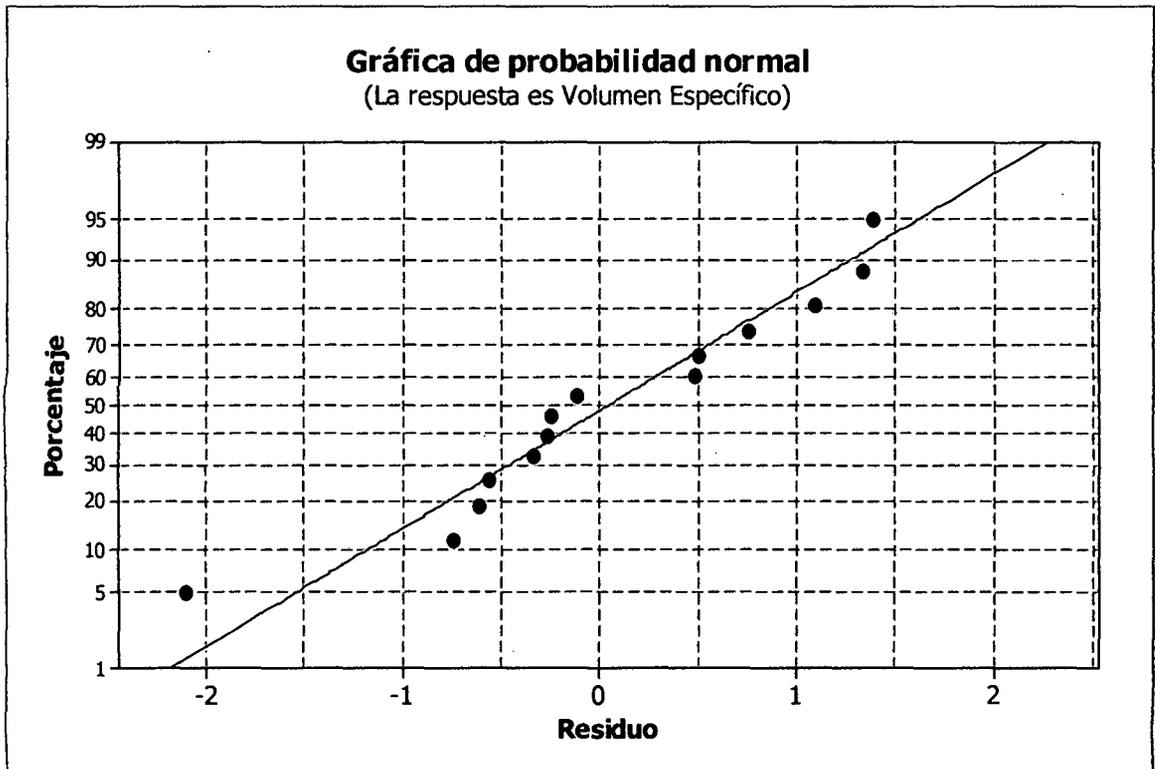


Figura 52: Probabilidad Normal de la Variable de Respuesta Volumen Específico

La representación entre los residuos vs sus valores esperados cuando la distribución es normal es observada en la Figura 52. De ellos podemos decir que la mayoría de los puntos se sitúa sobre la línea, indicando que los datos son relativamente normales.

4.5. Optimización

De acuerdo a las conclusiones del análisis de %Proteína, Sabor, Textura y Volumen Específico, podemos decir que, si bien la cantidad de quinua cuanto más alta sea se obtendrá un valor mucho mayor para el porcentaje de proteína, pero el sabor disminuye constantemente; de forma contraria ocurre para la cantidad de harina de zapallo. La textura aumenta conforme es mayor la cantidad de harina de trigo en la mezcla, pero mientras aumenta la cantidad de harina de zapallo ésta disminuya. Con respecto al análisis del

volumen específico se pudo apreciar que cuanto mayor era la cantidad de harina de trigo en la mezcla, se obtuvo valores más altos de esta variable; sin embargo estadísticamente no se encontraron diferencias significativas, por ende no fue incluida para la optimización.

Entonces para estas contradicciones, el programa Minitab 17 nos ofrece la posibilidad de contraponer estos datos y buscar el nivel óptimo para las variables de estudio analizadas en las 14 corridas del Diseño de Mezcla Simplex Reticular, por ello se procedió a determinar la formulación óptima, maximizando las variables de respuesta.

Tabla 46: Criterios para la optimización de las mezclas

	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
% Proteína	Máximo	7.516	8.153	8.153	1.0	1.0
SABOR	Máximo	3.100	4.500	4.500	1.0	1.0
TEXTUR A	Máximo	3.405	4.715	4.715	0.7	0.7

En la Tabla 46 se muestra los valores inferiores, objetivo y superiores para cada una de las variables dependientes, dando la misma ponderación (1) tanto para %Proteína como para Sabor por ser consideradas las más importantes y un tanto menos para textura, de la misma manera para la importancia.

Tabla 47: Mezcla Óptima

Componentes	%
%H. Trigo	87.475
% H. Quinoa	7.525
% H. Zapallo	5

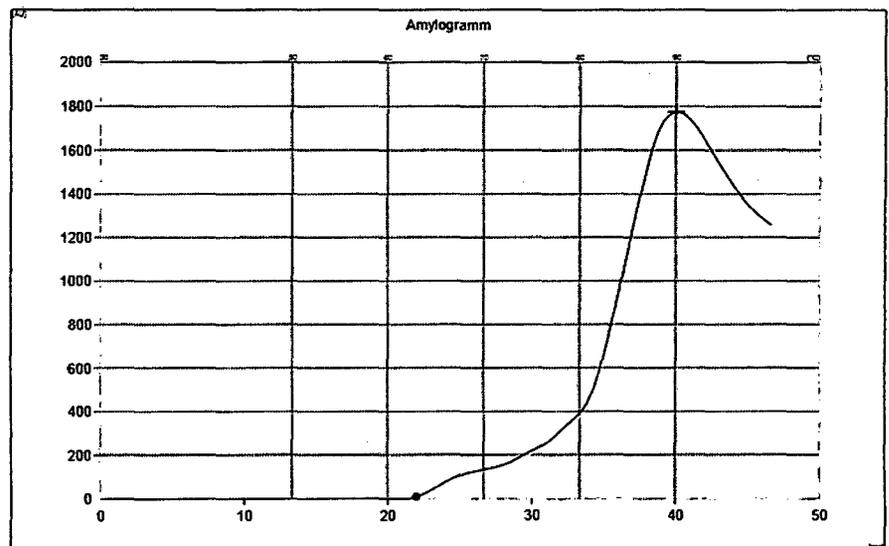
La tabla 47 muestra los porcentajes de cada uno de los componentes de la mezcla óptima.

4.5.1. Evaluación del cupcake óptimo

4.5.1.1. Análisis Reológico

A) Análisis Amilográfico

La amilografía es utilizada para la determinación de la actividad diástica de una harina, principalmente de la harina de trigo y centeno. Del amilógrafo se obtiene la altura de la curva, la cual indica el grado de gelatinización. Una curva baja indica mala gelatinización la cual quiere decir que el almidón no se une con el agua y esto permanece libre. Una curva elevada demuestra un alto grado de gelatinización y buena capacidad para mantener el agua, de modo que no quede libre. (Watanabe y Col, 1998).



Test: noname

Figura 53: Amilograma de la mezcla Control

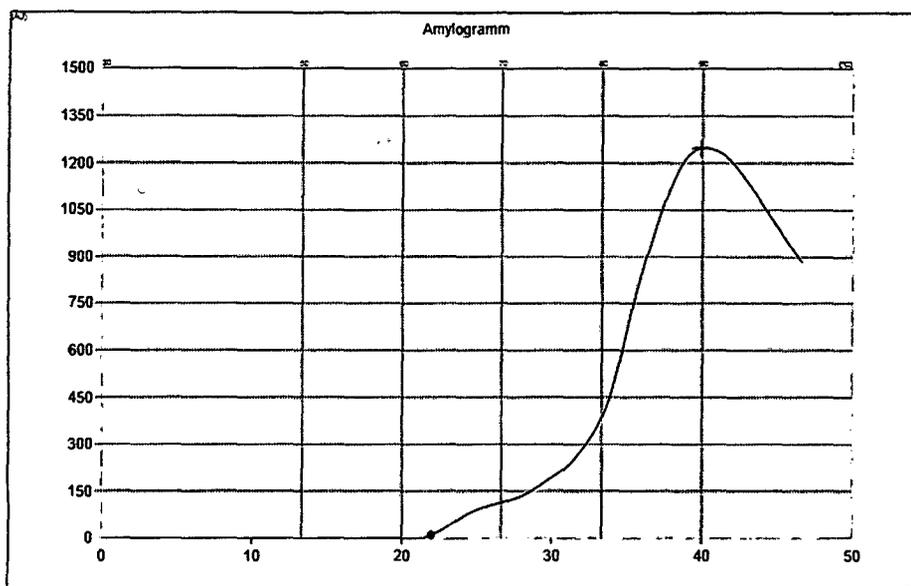


Figura 54: Amilograma la mezcla Óptima

En la figura 53, se observa el inicio de la temperatura de gelatinización la cual se dio a 63°C llegando a un pico máximo de gelatinización de 1774 AU (Unidades Amilográficas) a una temperatura de 90 °C.

En la figura 54, se observa el inicio de la temperatura de gelatinización la cual se dio a 63°C llegando a un pico máximo de gelatinización de 1248 AU (Unidades Amilográficas) a una temperatura de 89.9 °C.

Tabla 48: Resumen de los parámetros del análisis de Amilografía para las mezclas control y óptimo

Mezcla	Humedad (%)	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Gelificación (°C)	Máximo grado de Gelificación (AU)
Control	15.1	63	90	1774
Óptimo	13.7	63	89.9	1248

La temperatura de gelatinización es un índice del ordenamiento (asociación) intragranular, por lo que mientras mayor sea este valor, mayor será el grado de asociación entre las macromoléculas en el interior del gránulo de almidón (Calcáneo, 1991). La mezcla Control (100% H. trigo) tiene una temperatura de gelatinización ligeramente mayor que la mezcla Óptima (87.475% H. de trigo, 7.525% H. de quinua y 5% H. de zapallo).

El punto máximo de gelatinización fue observada en la mezcla control con 1774 AU, mientras que la mezcla óptima fue de 1248 AU. Esto se debe al contenido de quinua en la mezcla óptima, ya que la estructura de la amilopéctina del almidón de la quinua es similar a la de los cereales, pero su bajo contenido de almidón hace que la pasta de quínoa sea menos viscosa que la del trigo (Herencia, 1998).

B) Análisis Farinográfico

Antes de analizar el farinograma se debe tener en cuenta que la calidad de la harina de trigo está definida por la cantidad y calidad de sus proteínas funcionales: la gliadina y la glutenina. Estas proteínas, al combinarse con el agua y recibir trabajo mecánico en el amasado, forman una red viscoelástica conocida como gluten y que es característica de cada tipo de trigo (Bravo, 1999).

El farinograma mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y también mide la absorción de agua necesaria para alcanzar dicha consistencia. Para realizar el análisis se toma una pequeña cantidad de harina, se mezcla con agua y se permite que la masa se desarrolle a la vez que se mide la estabilidad y tolerancia al amasado. Como una nota aparte hay que decir que este porcentaje es ligeramente superior al real debido a que los otros ingredientes influyen en la absorción final de la harina (Bravo, 1999).

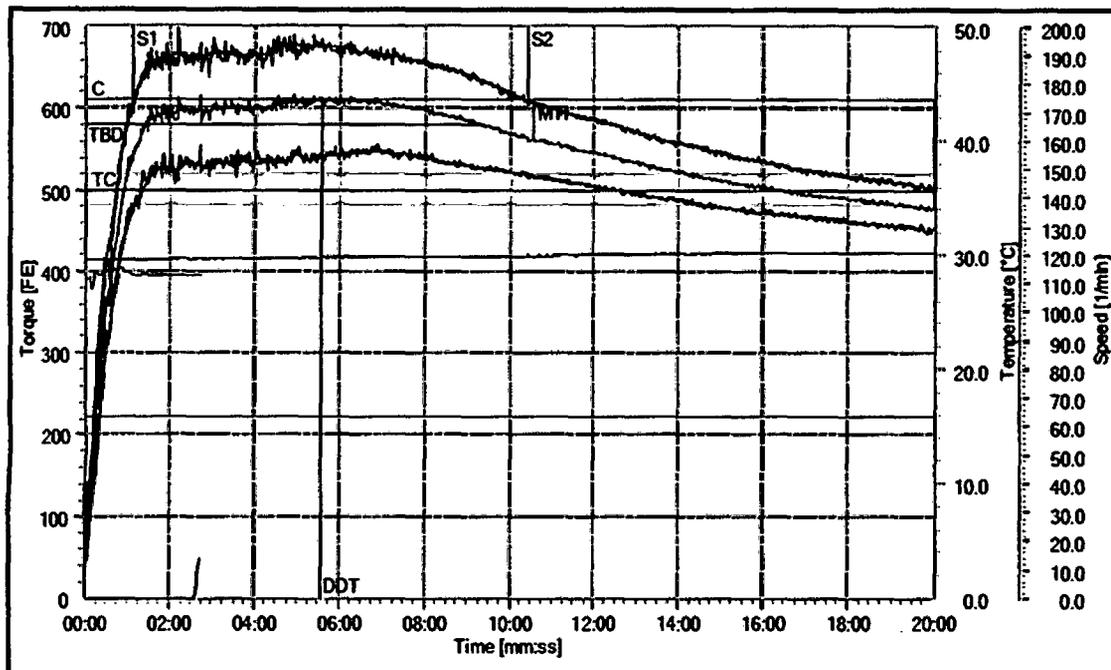


Figura 55: Farinograma para la mezcla Control

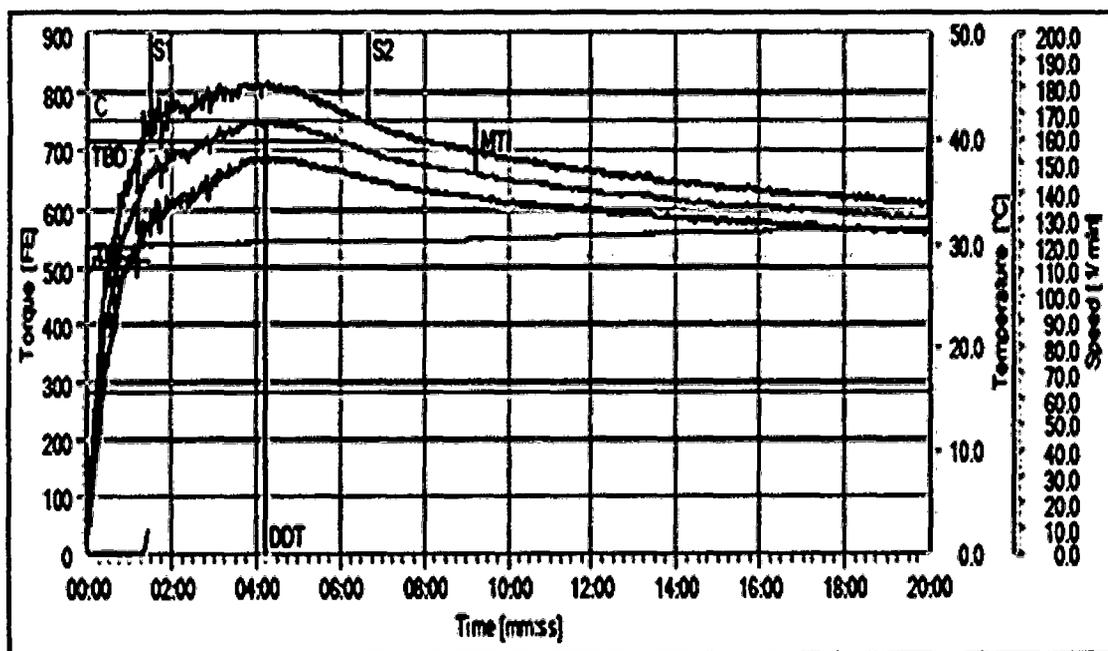


Figura 56: Farinograma para la mezcla óptima

Tabla 49: Resumen de los parámetros del análisis de farinografía para las mezclas control y óptimo

Mezcla	C (FE)	%ABS	S		MTI(FE)
			DDT(min:ss)	(min:ss)	
Control	611	53	5:33	8:57	49
Óptima	748	56	4:14	5:14	88

C= Consistencia, ABS= Absorción de agua, DDT= Tiempo óptimo de desarrollo, S= Estabilidad, MTI= Índice de tolerancia

En la Tabla 49 se indica los valores correspondientes a la consistencia, absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad e índice de tolerancia en la mezcla control (100% Harina de Trigo) y la mezcla óptima (87.475% H. Trigo, 7.525% H. Quinoa, 5% H. Zapallo). La absorción del agua representa la cantidad necesaria de este elemento para alcanzar una consistencia en el amasado de 500 Unidades Brabender "UB" (Pantanelli, 2009). La absorción de agua para la mezcla óptima fue mayor a la obtenida por la mezcla control, esto es muy probable ya que la mezcla óptima por presentar en su composición harina de zapallo, los azúcares de éste absorben también agua. Si bien es cierto que para elaborar la masa, esta requiere la adición de una cierta cantidad variable de agua según las diversas harinas, con el fin de obtener la consistencia óptima requerida para la elaboración de panes o pastas, en el caso de los queques éste parámetro es mucho menor, según (Repo-Carrasco, 1998) afirma que una buena absorción de agua para la

elaboración de queques oscila entre 48 y 52%, valor que es cercano a la muestra control ya que ésta es 100% Harina de trigo pastelera.

El tiempo de desarrollo es el tiempo que tarda la harina para llegar a su máxima consistencia en forma de masa cuando ha absorbido agua (De La Llave, 2004). En las figuras 55 y figura 56, se observan que la mezcla control presentó un tiempo de desarrollo de 5:33 minutos, mayor a los 4 minutos y 14 segundos. Según (Repo-Carrasco, 1998) afirma que el tiempo de desarrollo recomendado para harinas destinadas a la elaboración de queques debe oscilar entre 1-2 minutos; valores menores a los obtenidos en nuestros farinogramas.

Como se observa en la Tabla 49 la estabilidad fue mucho mayor también para la harina control que para la mezcla óptima; según (Calaveras, 1996), la estabilidad es un parámetro importante para establecer si una harina se califica como fuerte o débil, de ello podemos inferir que por tratarse la harina control (100% Harina de trigo), tiene mucho más disponibilidad para trabajos más largos en panificación que comparado con la de la mezcla. Empero (Repo-Carrasco, 1998) dice que la estabilidad para los queques nos debe ser muy larga, debido a que el trabajo en queques no es muy exigente ni largo como en el caso de otros productos de panificación.

El Índice de Tolerancia, es la diferencia expresada en unidades farinográficas entre la parte superior del pico y la curva superior de la curva de medición

5 minutos después de la máxima. Este índice proporciona información sobre la mayor o menor tolerancia de la mezcla de masa, y de acuerdo a las formulaciones es que hubo una oscilación de 49 FE a 88 FE. El índice de tolerancia o grados de ablandamientos elevados indican que la red de gluten es mala o que la harina posee mucho almidón dañado; este almidón se rompe en el proceso de molienda y es capaz de absorber el doble de agua que un almidón intacto (Bravo, 1999), en el caso de la muestra óptima que fue la que presentó un valor alto para el índice de tolerancia, esto se puede deber a la composición de la harina de zapallo, por el contenido de azúcares y también porque contiene mucha mayor fibra que la mezcla control, asimismo también la granulometría de las harinas presentes en ella.

C) Análisis Extensográfico

El análisis de Extensografía determina los cambios en la tenacidad y elasticidad de la masa con respecto al tiempo, principalmente en la etapa de fermentación. Se basa en el grado de fermentación que resiste una harina la que decide la calidad de este. Es la estabilidad más que la fuerza lo que una harina necesita puesto que debe formarse una masa suficientemente estable para conservar su forma después de ser moldeada. (Stanley, 1998).

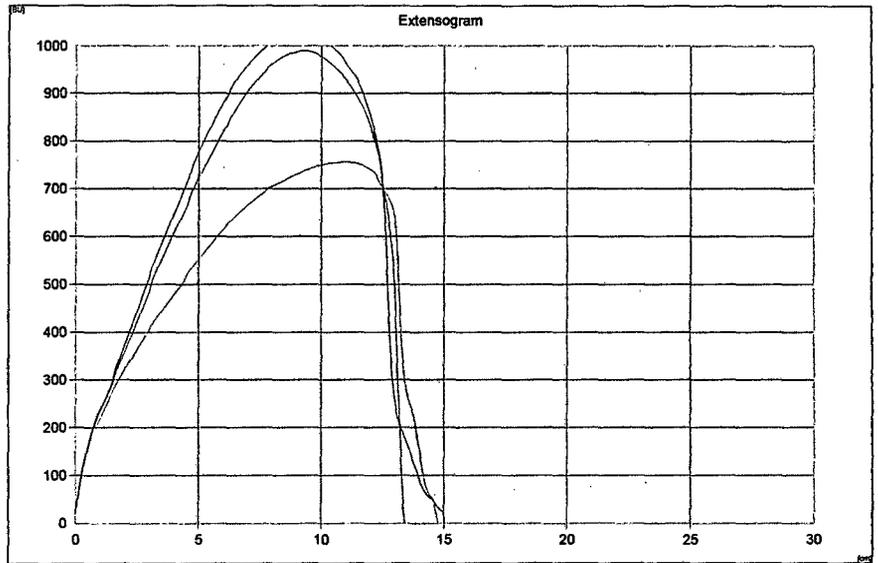


Figura 57: Extensograma de la mezcla Control

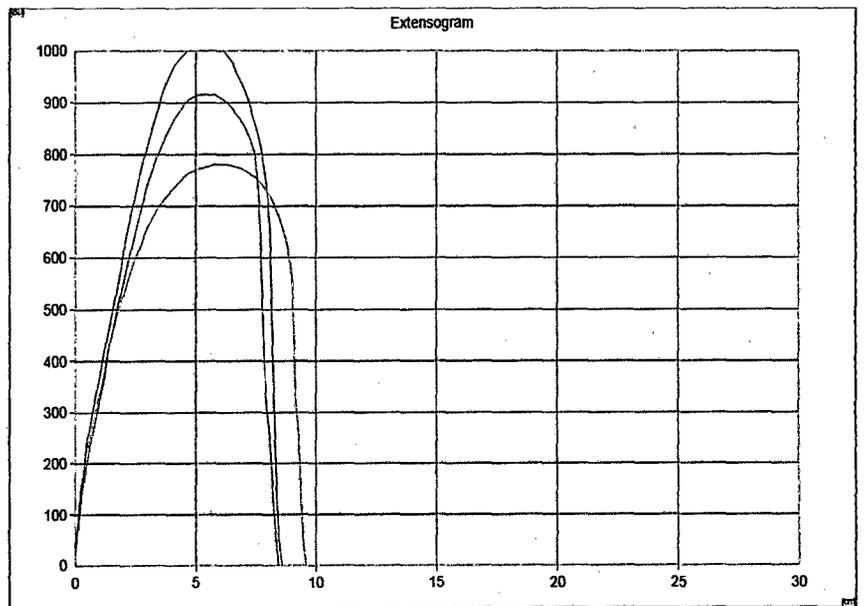


Figura 58: Extensograma de la mezcla Óptima

Tabla 50: Resumen de los parámetros del análisis de extenografía para las mezclas control y óptimo

Mezcla (Harina)	Tiempo	R (BU)	E (mm)	M (BU)	ENERGIA (cm²)
Mezcla Control (100% H. Trigo)	30 min	556	148	756.00	137
	60 min	728	134	990.00	165
	90 min	783	151	1032.00	173
Mezcla Óptima	30 min	771.00	96.00	781.00	103.00
	60 min	914.00	85.00	916.00	98.00
	90 min	1016.00	86.00	1021.00	113.00

R= Resistencia a la Extensión (UB), E=Extensibilidad (mm), M= Maximo (BU)

La tabla 50 muestran los valores de los parámetros del Análisis de Extensografía para las formulaciones control y óptima donde el valor de “Energía”, medida como la superficie bajo la curva en cm², indica la calidad de la masa; “La resistencia a la extensión” está medida como el alto de la curva, 5 cm luego del inicio de la elevación de la curva en BU, lo que demuestra la fuerza que se le opone a la elasticidad de la masa; “La elasticidad medida” como el largo de la curva en [mm] desde el inicio de la elevación de la curva hasta el máximo (= rotura de la muestra) lo que demuestra las propiedades del gluten, “Máximo” que es el punto más alto en la curva en [BU], este valor puede alcanzar máximo 1000 BU lo que significa la fuerza en el punto de rotura. En la tabla 50 observa que la mezcla óptima presentó valores más altos para la resistencia, durante los tres tiempos (30, 60,90), esto debido a que por posee la

primera harinas como la quinua y la de zapallo en su composición, el nivel de gluten presente es menor entonces como carece de poca elasticidad se puede inferir que presenta mayor resistencia al estiramiento. Asimismo se comprueba que la mezcla control presentó valores de extensibilidad más altos que la de la óptima, también como se explicó anteriormente, por estar la primera constituida de 100% harina de trigo, hay mayor presencia de gliadina y glutenina. Con respecto a la energía la mezcla control también reportó valores mayores en los tres tiempos de fermentación, lo cual es indicativo de una mejor formación de red de gluten. De igual manera la formulación control presentó valores más altos tanto para la extensibilidad como la energía con respecto a lo reportado para la mezcla de las harinas de la formulación óptima; lo cual indica que la formulación control está conformada por una harina fuerte (Stanley, 1998), lo cual es evidente al estar la formulación conformada al 100% H. Trigo. En la figura 57 se muestra la forma del extensograma para la formulación control, donde se aprecia que posee un punto máximo en BU mayores a 1000, lo que indica también la característica de una harina mucho más trabajable y fuerte que la de la formulación control, también al comparar con la Figura 58, extensograma para la formulación óptima, también podemos notar que la extensibilidad de éste última fue más corta lo que indica una estructura de la masa algo correosa, con extensibilidad un tanto insatisfactoria, haciendo muy probable que la masa se leve con cierta dificultad. (Stanley, 1998).

4.5.1.2. Caracterización químico-proximal

En la tabla 51 se observa la caracterización químico-proximal tanto del cupcake control como el cupcake óptimo.

Tabla 51: Composición porcentual (%) del Cupcake Control y. Cupcake Óptimo

Componentes (%)	Cupcake Control	Cupcake Óptimo
Humedad	20.53 ± 0.15	20.84 ± 0.15
Proteína	7.23±0.02	7.89±0.01
Cenizas	0.93 ± 0.01	1.58 ± 0.01
Grasa	16.06±0.04	15.53±0.03
Carbohidratos	55.16	54.16
Fibra	0.3 ± 0.02	1.21 ± 0.02

La humedad es un parámetro sumamente importante para los productos de panificación y bollería, según la norma técnica peruana NTP 206.011, 1981 (revisada el 2011) y la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería por RM N° 1020-2010/MINSA, la humedad máxima permisible en este tipo de productos es 40%, por ende según la tabla 51, se puede observar que tanto el cupcake con la mezcla óptima como control cumplieron con este requisito.

Según (Pongjanta, et. al., 2006) en la investigación *Utilización de harina de zapallo en productos de panificación*, reportaron un valor de 34.02% de humedad para un queque (80% H. de trigo pastelera, 20% H. zapallo%; y 8% leche en polvo, 4% polvo de hornear, 0.2% vainilla, 80% azúcar, 1% sal, 100%

yema, 170% clara, 75% agua, 50% aceite de arroz, 0.5% crémor tártaro), que si lo comparamos con la humedad tanto del cupcake óptimo como el control resulta ser éste mucho mayor.

Otros investigadores como (Bhaduri, 2013) en su investigación *Estudio sobre las propiedades físicas de dos harinas sin gluten en quequitos*, reportó un valor de 26.61% de humedad para un queque elaborado a base de 100% harina de quinua (35.25% Harina, 15.42% azúcar blanca, 0.13% sal, 1.29% polvo de hornear, 13.88% aceite vegetal, 25.31% leche descremada, 8.72% huevos), resultado que es ligeramente mayor al obtenido en la Tabla 51 para el cupcake control como óptimo. Asimismo (Bhat, et. al., 2013) investigaron las características fisicoquímicas de un queque con harina de zapallo, en el cual obtuvieron un 19.55% de humedad para un queque a base de 100% harina de trigo, 19.62% para un queque con 90% H. de trigo, 10% H. de zapallo, (** 25.32% Harina), 25.32% azúcar, 12.66% mantequilla, 10.13% leche descremada, 0.76% polvo de hornear, 0.51% bicarbonato de sodio, 25.32% agua), 19.70 % para un queque 80% H. de trigo, 20% H. de zapallo, 19.90% para un queque 70% H. de trigo, 30% H. de zapallo, (porcentajes de los demás insumos constantes), evidenciando así que a medida que el porcentaje de harina de zapallo aumentaba, también lo hacía el porcentaje de humedad, lo cual también se observa en la Tabla 51 en donde el contenido de humedad es mayor que para el cupcake óptimo que para el control.

Asimismo se observa en la tabla 51 que el contenido de proteína para el cupcake óptimo fue mayor al del control, esto debido principalmente al porcentaje de

harina de quinua que presenta dentro de la formulación del primero. Cabe decir que en los productos de pastelería se utiliza la harina de trigo floja, la cual presenta un bajo contenido de proteínas, como lo detalla (Pylar, 1988) quien nos dice que la harina para la elaboración de bizcochos es obtenida de la molienda de trigos suaves de invierno, rojos o blancos. La harina de trigo suave destinada a la producción de bizcochos usualmente contiene una combinación de aquellos pasajes de molienda con menor contenido de proteínas y cenizas. También (Villanueva, 2012) hace mención que la harina de un trigo duro se caracteriza, a su vez, por poseer mayor cantidad de proteínas, mayor absorción de agua y granulometría más gruesa que la harina de un trigo suave; de ahí la importancia de realizar sustituciones con harina con mayor contenido proteico en los bizcochos y queques. Según (Pongjanta, et. al., 2006), reportaron un valor de 8.47% de proteína para un queque (80% H. de trigo pastelera, 20% H. zapallo%; 8% leche en polvo, 4% polvo de hornear, 0.2% vainilla, 80% azúcar, 1% sal, 100% yema, 170% clara, 75% agua, 50% aceite de arroz, 0.5% crémor tártaro), que si comparamos con el obtenido por nosotros resulta ser mayor. También, (Bath, et. al., 2013), reportaron valores de 14.64% de proteína para un queque a base de sólo harina de trigo (25.32% H. de trigo, 25.32% azúcar, 12.66% mantequilla, 10.13% leche descremada, 0.76% polvo de hornear, 0.51% bicarbonato de sodio, 25.32% agua) y un valor 12.87%, para un quequito reforzado con harina de zapallo (20.25% H. de trigo, 5.06% H. de zapallo, 25.32% azúcar, 12.66% mantequilla, 10.13% leche descremada, 0.76% polvo de hornear, 0.51% bicarbonato de sodio, 25.32% agua); evidenciando que

al agregar la harina de zapallo no se mejoró el contenido proteico. Empero, es importante mencionar que si bien la harina de zapallo contiene menor cantidad de % proteico, éste es complementado por la harina de quinua; es así que (García, 2011) en su investigación *Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua*, reportó un valor de 9% para un pan molde elaborado a base de harina de quinua (10% H. de quinua, 90% H. de trigo, 4.2% levadura fresca, 2% sal, 8.2% azúcar, 0.3% antimoho, 8% margarina), logrando aumentar en 2.2% el valor proteico con respecto a un pan hecho solo con 100% H. de trigo.

El porcentaje de cenizas observado en el cupcake óptimo fue mayor que para el cupcake control esto debido a que el primero está hecho a base no solo de harina de trigo sino de harina de zapallo y de quinua, las cuales son superiores, en cuanto al contenido de cenizas, sobre todo la de zapallo con respecto a la harina de trigo floja empleada para el cupcake control. (Bhaduri, 2013), reportó valores de 2.74% para un queque con 100% H. de trigo, 3.12% para uno con 90% H. de trigo, 10% H. de zapallo, 3.57% para un queque con 80% H. de trigo y 20% H. de zapallo y 4.01% con 70% H. de trigo, 30% H. de zapallo, concluyendo que el contenido de ceniza se incrementaba debido al alto contenido de cenizas de la harina de zapallo. (García, 2011) obtuvo un valor de 2% de cenizas para un pan con 90% H. de trigo, 10% H. de quinua, y 2.1% para uno con 80% H. de trigo y 20% H. de quinua, concluyendo que el porcentaje de quinua no influyó significativamente en el porcentaje de cenizas del pan.

En cuanto al porcentaje de grasa, el cupcake control presentó un mayor porcentaje que el cupcake óptimo,

esto debido al reemplazo de la harina de trigo por la harina de quinua y zapallo. El valor obtenido por el cupcake óptimo fue menor al reportado (Bhat, et. al., 2013), quien obtuvo un valor de 28.07% en un quequito (17.72% H. trigo, 7.59% H. zapallo, 25.32% azúcar, 12.66% mantequilla, 10.13% leche descremada, 0.76% polvo de hornear, 0.51% bicarbonato de sodio, 25.32% agua) y 29.68% grasa para un quequito con pura harina de trigo; valor que también es mayor al cupcake control. Según (El-Demery, 2011), observó que mientras el porcentaje de sustitución de harina de zapallo era mayor el porcentaje de grasa disminuía, es así que en su investigación sobre panes fortificados con harina de zapallo obtuvo los siguientes valores: 5% H. zapallo + 95% H. trigo = 2.60, 10% H. zapallo + 90% H. trigo = 2.46, 15% H. zapallo + 85% H. trigo = 2.41, 20% H. zapallo + 80% H. trigo = 2.20; resultados que comparados con los obtenidos por nosotros son mucho menores, y esto debido a que El-Demery no utilizó mantequilla para la elaboración de los panes.

Con respecto al contenido de fibra se puede observar que el cupcake óptimo presentó un mayor porcentaje, esto debido a la sustitución de la harina de trigo principalmente por la harina de zapallo, ya que ésta contiene un considerable porcentaje de fibra. (Bhat, et.al., 2013) en su investigación *Estudio de las características fisicoquímicas de un quequito de zapallo*, reportaron valores de 0.83% de fibra para un quequito con 100% harina de trigo, 1.85% de fibra para un quequito con 70% harina de trigo y 30% harina de zapallo, resultado que se aproxima al obtenido en nuestro cupcake óptimo. Asimismo, (El-Demery, 2011), observó que mientras el porcentaje de sustitución de

harina de zapallo era mayor el porcentaje de fibra aumentaba también, es así que en su investigación sobre panes (harina de trigo, harina de zapallo, 500 g of flour blend, 9 g de levadura, 5 g de NaCl, 13 g de azúcar , 10 g fortificados con harina de zapallo obtuvo los siguientes valores: 5% H. zapallo + 95% H. trigo= 2.57, 10% H. zapallo + 90% H. trigo = 2.86, 15% H. zapallo + 85% H. trigo = 3.12, 20% H. zapallo + 80% H. trigo = 3.23; resultados que comparados con los obtenidos por nosotros son más altos.

Como es sabido, el contenido de fibra en un alimento esencial en la dieta del ser humano esto, La fibra dietética presenta muchas cualidades funcionales, entre ellas la habilidad de captar agua, y algunas reducen el contenido de glucosa en sangre, esto corroborado por Badui (2006), La importancia de la fibra en la dieta fue puesta de manifiesto en la década de los setenta; a raíz de esto se han efectuado muchos estudios que relacionan la ausencia de fibra con diversos problemas de salud, tales como constipación, diverticulosis, colitis, hemorroides, cáncer en el colon y en el recto, diabetes *mellitus*, aterosclerosis y otros. Su función principal es que tiene la capacidad de hincharse al absorber agua y, por lo tanto, de aumentar el volumen de la materia fecal; esto provoca un incremento en los movimientos peristálticos del intestino y facilita el tránsito, la distensión intestinal y, consecuentemente, la defecación; es decir, su acción primaria se lleva a cabo precisamente en el colon del ser humano.

Con respecto al porcentaje de carbohidratos la Tabla 51 muestra que para el cupcake óptimo el valor fue

menor (54.26%) frente al valor obtenido por el cupcake control (55.16%).

4.5.1.3. Caracterización físico química

A. Humedad

En la tabla 52 y en la figura 59, se muestran los resultados de los análisis de humedad de los cupcakes.

Tabla 52: Porcentaje de humedad del cupcake Control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

TIEMPO (Días)	% HUMEDAD	
	CONTROL	ÓPTIMO
1	21.8112±1.2622	22.0812±0.1172
4	20.5314±0.7537	21.8256±0.2399
7	20.3671±0.2575	20.8364±1.1321
10	20.1730±0.2531	20.6523±0.1834
13	19.8849±2.4621	20.4600±0.1662

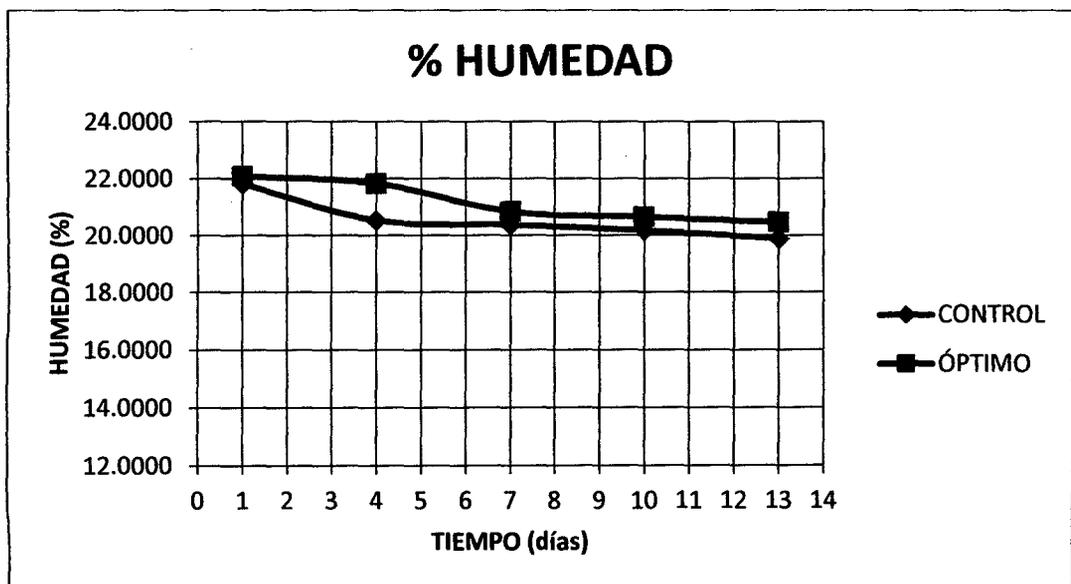


Figura 59: Variación del %Humedad de los cupcakes control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

En la tabla 52 notamos que al inicio del almacenamiento, el cupcake control presentó una humedad de $21.8112 \pm 1.2622\%$ y el cupcake óptimo una humedad de $22.0812 \pm 0.1172\%$. Paulatinamente este valor fue disminuyendo a medida que avanzaban los días de almacenamiento, hasta el día 13, el cual los valores de humedad en el cupcake control y óptimo fueron $19.8849 \pm 2.4621\%$ y $20.4600 \pm 0.1662\%$ respectivamente.

Según (Dendy, 2001) menciona que la pérdida de humedad en los pasteles ocurre cuando se exponen en el ambiente, pero también dentro de la propia miga la humedad puede reabsorberse entre los ingredientes. De esta forma su status cambia lentamente con el tiempo. El almidón en particular experimenta estos cambios y contribuye a dar las características de endurecimiento de la miga que se asocia con el envejecimiento

En la figura 59 podemos notar que el cupcake óptimo contiene mayor humedad que el cupcake control, esto es debido al contenido de harina de zapallo en el cupcake óptimo. Según (El-Demery, 2011) en su investigación "*Evaluación de las propiedades físico-químicas de los panes enriquecidos con harina tostada de zapallo*", observó que cuando el nivel de harina de zapallo aumentaba, el contenido de humedad también (21,35 a 26,05%). Este resultado de acuerdo con la de (Ptitchkina *et al.*, 1998), quien encontró que la adición de polvo de calabaza en una concentración de hasta ~ 10 g / kg de harina también provocó un aumento en el contenido de humedad del pan.

De la misma manera, (See *et al.*, 2007) en su investigación *Evaluación Fisicoquímico y sensorial de Panes complementado con harina de zapallo*, también observo que el al aumentar el nivel de harina de zapallo, también aumentaba el contenido de humedad (100% H. Trigo = 32.02%, 95% H. Trigo + 5% H. zapallo = 32,63% de humedad, 90% H. Trigo + 10% de H. zapallo =34.25% de humedad y 85% H. Trigo + 15% de H. de zapallo =35.32% de humedad). Esto podría atribuirse a la capacidad de absorción de agua más alto en la harina de material compuesto en comparación con la harina de trigo que estaba de acuerdo con los resultados de (Sunday, 1992) .

En el último día de almacenamiento de los cupcakes, presentaron una humedad que se encontraba dentro de los límite máximo (40%) de humedad permitido por la NTP. 206.002:1981, revisada el 2011.

Según (De Escalada *et al.*, 2005), la pérdida de humedad durante el proceso de amasado, cocción y almacenamiento; es un proceso muy desfavorable para la frescura en los productos de panadería. La alta capacidad de retención de agua por parte de la fibra presente en la harina de zapallo, actúa como agente humectante permitiendo así mantener la miga más fresca durante el tiempo de almacenamiento.

B. Ceniza

En la tabla 53 y la figura 60, se muestran los resultados de los análisis realizados a los cupcakes control y óptimo.

Tabla 53: Porcentaje de ceniza del cupcake control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

Tiempo (Días)	CENIZAS (%) CONTROL	CENIZAS (%) ÓPTIMO
1	0.994 ± 0.003	1.580 ± 0.02
4	0.983 ± 0.051	1.562 ± 0.02
7	0.975 ± 0.003	1.567 ± 0.006
10	0.961 ± 0.005	1.548 ± 0.004
13	0.955 ± 0.005	1.545 ± 0.005

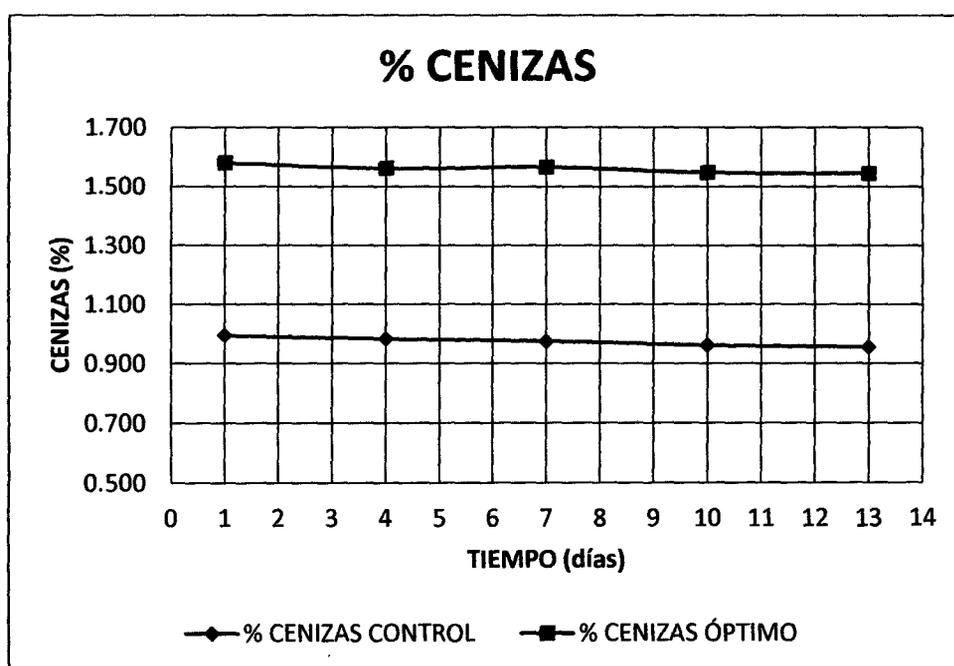


Figura 60: Variación del % de cenizas de los cupcakes control y óptimo, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).

Como se observa el contenido de ceniza fue mayor para el cupcake óptimo esto debido a la sustitución de harina de trigo por las harinas de quinua y zapallo, contiendo sobre todo ésta última mayor cantidad de cenizas. Asimismo se puede observar que el contenido de cenizas fue disminuyendo ligeramente conforme el transcurrir de los días.

Según (Bhat, et. al., 2013), reportaron un valor de 2.74% para un quequito elaborado solo a partir de harina de trigo, y un valor de 4.08% para un quequito elaborado a partir de harina de trigo y harina de zapallo (70% harina de trigo, 30% harina de zapallo), horneados a 160°C por 30 min., señalando también que durante el almacenamiento el contenido de cenizas de los quequitos disminuyó.

De la misma manera, (El-Demery, 2011), observó que mientras el porcentaje de sustitución de harina de zapallo era mayor también se incrementaba el contenido de cenizas, es así que en su investigación sobre panes fortificados con harina de zapallo obtuvo los siguientes valores: 5% H. zapallo + 95% H. trigo = 2.65, 10% H. zapallo + 90% H. trigo = 2.98, 15% H. zapallo + 85% H. trigo = 3.14, 20% H. zapallo + 80% H. trigo = 3.39

C. Acidez y pH

En la Tabla 54 y en la figura 61, se presentan la variación en almacenamiento de acidez titulable y el pH tanto del cupcake óptimo como del control. El porcentaje de acidez esta expresado en Meq-ácido láctico.

Tabla 54: Variación del % Acidez y pH de los Cupcakes control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

Tiempo (Días)	ACIDEZ (%)		pH	
	Control	Óptimo	Control	Óptimo
1	0.093 ± 0.009	0.096 ± 0.005	7 ± 0.00	7 ± 0.00
4	0.121 ± 0.011	0.124 ± 0.011	6.67 ± 0.12	6.63 ± 0.10
7	0.133 ± 0.022	0.171 ± 0.007	6.57 ± 0.03	6.55 ± 0.08
10	0.168 ± 0.015	0.243 ± 0.024	6.52 ± 0.03	6.49 ± 0.03
13	0.294 ± 0.029	0.439 ± 0.051	6.51 ± 0.02	6.45 ± 0.02

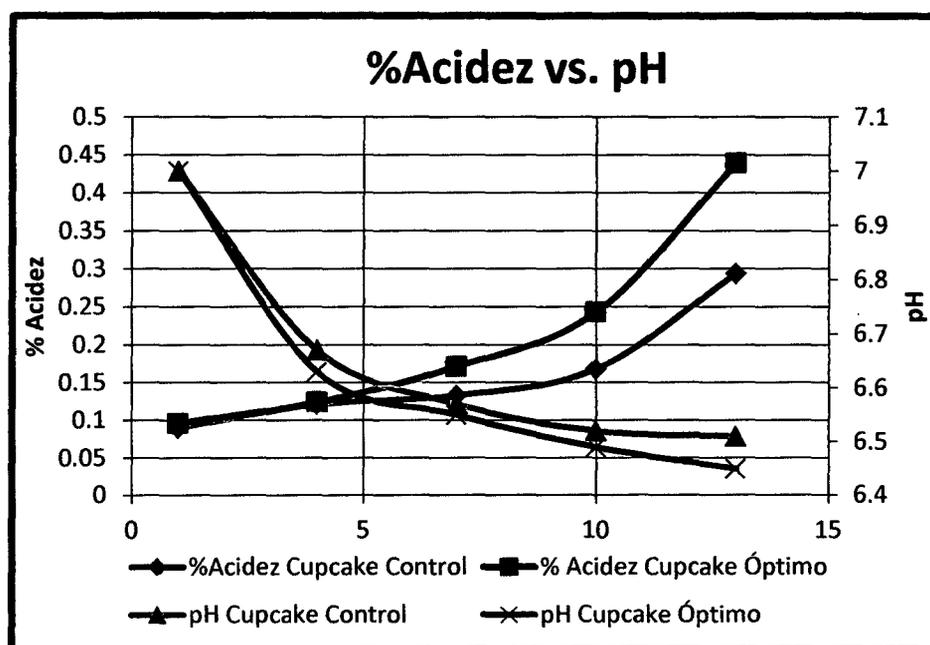


Figura 61: Variación del %Acidez y pH de los cupcakes control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

Al inicio del almacenamiento los cupcakes, presentaron una acidez de: cupcake control = 0.093 ± 0.009 , cupcake óptimo = 0.096 ± 0.005 , cumpliendo así el límite máximo permisible por la norma técnica peruana NTP 206.013, 1981 (revisada el 2011), la cual nos informa que un bizcocho debe tener como máximo 0.70% (expresada en ácido láctico). Al observar la figura 61, se demuestra que

durante el transcurrir el tiempo de almacenamiento de los cupcakes, el porcentaje de acidez expresado en porcentaje de ácido láctico fue aumentando, teniendo así dos curvas ascendentes, con pendientes positivas. En ninguno de los días de almacenamiento para ambas formulaciones se reportó valores de acidez mayores a los estipulados por la norma técnica peruana.

El pH de ambos cupcakes como se observa en el tabla 54, disminuyen con el pasar de los días; observando así en la figura 61 las curvas con pendiente negativa. Es decir que la variación de la acidez fue proporcionalmente inversa a la del pH. Asimismo el valor del pH del cupcake óptimo

D. Textura

En la tabla 55 y la figura 62, se muestran los valores y las curvas obtenidas con el texturómetro para el análisis del perfil de textura de los cupcakes, formulación control y óptima, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).

Tabla 55: Variación de la textura de los cupcakes control y óptima durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

TIEMPO (Días)	TEXTURA (mJ)	
	Control	Optimo
1	138.32±2.9	143.27±2.96
4	141.07±7.19	148.83±10.77
7	165.36±6.18	155.27±8.81
10	175.31±10.14	166.39±4.98
13	178.15±10.84	167.11±12.89

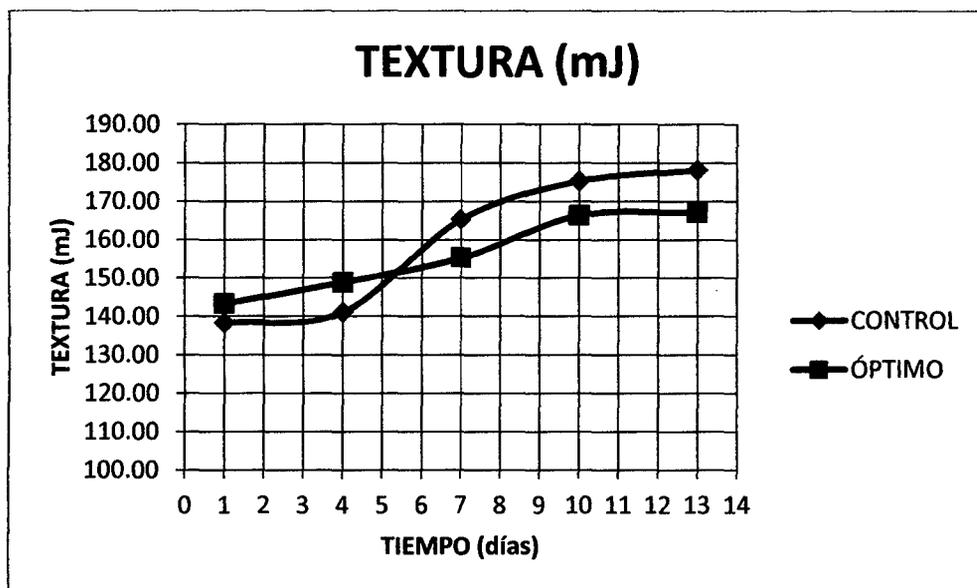


Figura 62: Variación de la textura de los cupcakes control y óptimo durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

Como se observa en la tabla 55, al comparar los valores de textura obtenidos en los cupcakes, se observó que el trabajo necesaria para fracturar los cupcakes control y cupcake óptimo fueron inicialmente de $138.32 \pm 2.9 \text{mJ}$ y $143.27 \pm 2.96 \text{mJ}$ respectivamente, notándose así que el cupcake control es ligeramente más duro que el cupcake óptimo.

Según (Claude, 2004), la composición de las masas bizcocheras puede tener un efecto importante sobre la textura del producto acabado. Por ejemplo, el contenido de agua provoca en la masa modificaciones en el alisado de la superficie del bizcocho, de la crocantes y de la densidad.

También (Magaña *et al.*, 2011) menciona que la firmeza en el pan está definida como el grado de fuerza requerida para penetrar la miga y/o corteza. El incremento de la firmeza del pan durante su almacenamiento está

relacionado con la pérdida de humedad y la retrogradación del almidón

Como se observa en la figura 62, existe un aumento en la dureza del cupcake a medida que pasan los días de almacenamiento, esto está asociado principalmente con el endurecimiento de la miga. Según (Cauvain *et al.*, 2002) durante el almacenamiento, la miga generalmente se vuelve más dura, seca y desmenuzable y la corteza se ablanda y se vuelve correosa. El proceso global de envejecimiento está compuesto de 2 subproductos separados: el efecto del endurecimiento provocado por la transferencia de la humedad de la miga hacia la corteza y el endurecimiento intrínseco del material de las paredes de los alveolos, que está asociado con la recristalización del almidón durante el almacenamiento.

En el último día de almacenamiento, la textura del cupcake control fue de 178.15 ± 10.84 mJ y del cupcake óptimo fue de 167.11 ± 12.89 mJ.

Podemos notar que, el cupcake control presento mayor dureza en comparación con el cupcake óptimo, puesto que se empleaba mayor fuerza para romperlas. Esto debido a la presencia de harina de zapallo en la muestra óptima. En investigaciones similares, (De Escalada *et al.*, 2005) donde utilizaron 5, 10 y 15% (p/p) de harina de calabaza y evaluaron el efecto de la fibra de calabaza en el envejecimiento del pan de molde, observándose una tendencia a la reducción de la velocidad de endurecimiento de la miga en presencia de todas las fracciones de fibra utilizadas.

E. Actividad de Agua

En la tabla 56 y la figura 63, se muestran los resultados del análisis de actividad de agua de los cupcakes, Control y Óptimo.

Tabla 56: Variación de la Actividad de Agua de los cupcakes control y óptimo, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

TIEMPO (Días)	ACTIVIDAD DE AGUA	
	Control	Optimo
1	0.666±0.001	0.676±0.001
5	0.665±0.003	0.674±0.001
9	0.664±0.004	0.669±0.001
10	0.663±0.001	0.667±0.003
13	0.661±0.001	0.666±0.002

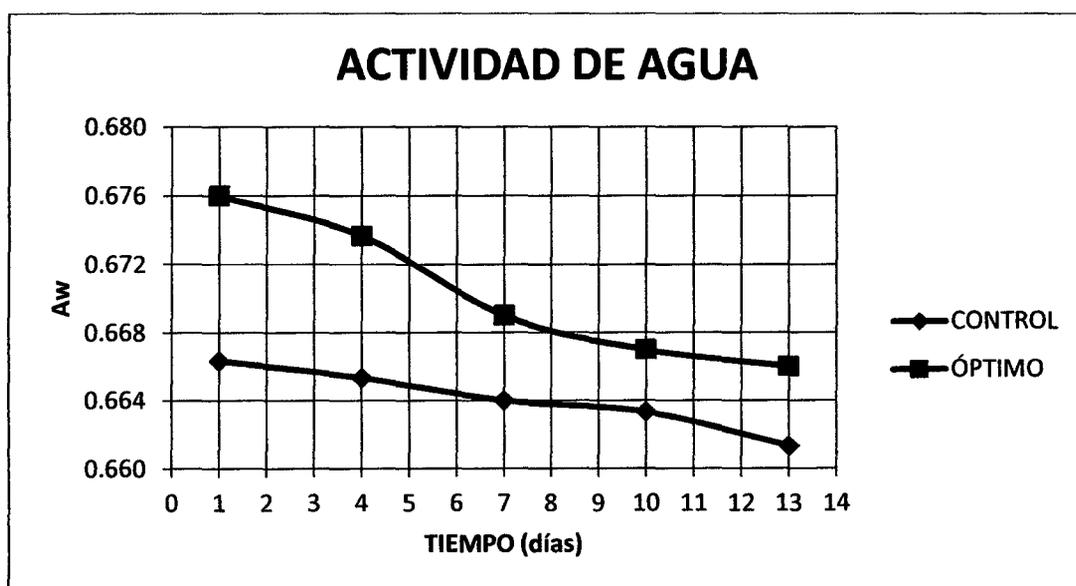


Figura 63: Variación de la Actividad de Agua de los cupcakes control y óptima durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

Según (Potter, 1999) menciona que, la actividad de agua es la medida del agua no ligada o libre de un sistema disponible para permitir las reacciones biológicas y químicas. La actividad de agua, no el contenido absoluto

del agua, es lo que encuentra y afecta a las bacterias, enzimas y reactantes químicos a nivel microambiental en los materiales alimenticios. Dos alimentos con el mismo contenido de agua pueden tener valores muy diferentes de a_w , dependiendo del grado con el que el agua este libre o unida a los constituyentes alimenticios.

En la tabla 56 observamos que al inicio del almacenamiento, los cupcakes control y óptimo presentaron una actividad de agua de 0.666 ± 0.001 y 0.676 ± 0.001 respectivamente. Según (Dendy, 2001) menciona que los productos horneados son muy secos y tienen una baja actividad de agua.

En la Figura 63 observamos que, al transcurrir los 13 días de almacenamiento, la actividad de agua va disminuyendo, hasta valores de 0.661 ± 0.001 y 0.666 ± 0.002 en el cupcake control y cupcake óptimo respectivamente. Este comportamiento coincide con lo reportado por (Perez, 2008). Por otro lado (Coello, 2010), en su investigación *Influencia de la Sustitución de Ingredientes en las Características Reológicas, Calóricas y Sensoriales en un Cake Tipo Magdalena*, también observo una disminución de la a_w (0.935 a 0.906) durante el tiempo de almacenamiento en el estudio de un queque tipo magdalena.

Según (Gray *et al.*, 2003), la disminución de a_w en el producto durante el tiempo de almacenamiento se debe a la migración de agua de la miga hacia la corteza del producto, debido a las 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 a_w de las muestras. A medida que la a_w es reducida, atributos indeseables aparecen como dureza, resequedad, "viejo",

etc. Por lo tanto, la disminución en la a_w refuerza la teoría del endurecimiento del producto en el almacenamiento.

F. Colorimetría de la miga y la corteza

En la tabla 57, muestra los valores obtenidos de la colorimetría de la corteza del cupcake óptimo, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 57: Colorimetría de la corteza del cupcake óptimo durante los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

TIEMPO (Días)	Colorimetría de la Corteza				
	a*	b*	L*	C*	h*
1	15.91±0.06	45.90±0.16	67.02±0.13	48.58	70.88
4	14.52±0.05	44.24±0.16	62.28±0.09	46.56	71.83
7	13.04±0.03	42.30±0.13	57.42±0.06	44.26	72.87
10	11.56±0.04	40.31±0.08	52.56±0.07	41.93	74.00
13	10.08±0.02	38.36±0.09	47.73±0.05	39.66	75.28

En la tabla 57 podemos observar al transcurrir los días, los parámetros a^* , b^* , L^* y C^* van disminuyendo, mientras que h^* va aumentando. Con respecto al valor presentado por b^* , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 45.90 ± 0.16 , el cual muestra una tendencia al amarillo, esto debido a la presencia de harina de zapallo. En el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 38.36 ± 0.09 , lo cual indica que la tonalidad amarilla, al transcurrir los días de almacenamiento va disminuyendo. Con respecto al valor presentado por a^* , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 15.91 ± 0.06 , el cual muestra una tendencia al rojo. En el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 10.08 ± 0.02 , lo cual indica que la tonalidad rojiza, al transcurrir los días de almacenamiento va disminuyendo. Con respecto al valor presentado por L^* , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 67.02 ± 0.13 y en el último día de

almacenamiento, obtuvo un valor de 47.73 ± 0.05 , lo cual nos muestra que el cupcake al transcurrir los días de almacenamiento va perdiendo luminosidad. El valor h^* (ángulo de tonalidad) presento un valor de 70.88 en el primer días de almacenamiento, y en el último días 75.28, lo cual nos indica que estos valores están dentro del primer cuadrante (rojo-amarillo), con tendencia más al amarillo. El valor C^* (cromacidad) fue 48.58 el primer días, y el ultimo día fue de 39.66, notándose una disminución de este valor al trascurrir los días de almacenamiento.

Tabla 58: Colorimetría de la miga del cupcake óptimo durante los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

TIEMPO (Días)	Colorimetría de la Miga				
	a^*	b^*	L^*	C^*	h^*
1	-1.32 ± 0.04	39.70 ± 0.13	84.59 ± 0.12	39.72	91.90
4	-1.38 ± 0.03	39.25 ± 0.09	83.06 ± 0.08	39.27	92.01
7	-1.45 ± 0.04	38.70 ± 0.07	81.53 ± 0.09	38.73	92.15
10	-1.51 ± 0.01	38.41 ± 0.03	79.88 ± 0.05	38.44	92.25
13	-1.57 ± 0.02	37.88 ± 0.05	78.45 ± 0.03	37.91	92.37

En la tabla 58 podemos observar al transcurrir los días, los parámetros a^* , b^* , L^* y C^* van disminuyendo, mientras que h^* va aumentando. Con respecto al valor presentado por b^* , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 39.70 ± 0.13 , el cual muestra una tendencia al amarillo y en el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 37.88 ± 0.05 , lo cual indica una tonalidad amarilla que al transcurrir los días de almacenamiento va disminuyendo. La tonalidad amarilla presentada en la miga fue menor que la que se presentó en la corteza. Con respecto al valor presentado por a^* , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de -1.32 ± 0.04 , el cual muestra una ligera tendencia al color azul. En el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de -1.57 ± 0.02 , lo cual indica que la tonalidad azul, al transcurrir los días se va

acentuando un poco más. Con respecto al valor presentado por L*, el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 84.59 ± 0.12 y en el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 78.45 ± 0.03 . En este caso, la luminosidad de la miga es mayor que la que presentó la corteza. El valor h* (ángulo de tonalidad) presentó un valor de 91.90 en el primer días de almacenamiento, y en el último día 92.37, lo cual nos indica que estos valores están dentro del primer cuadrante (rojo-amarillo. El valor C* (cromacidad) fue 39.72 el primer días, y el ultimo día fue de 37.91, notándose una disminución de este valor al transcurrir los días de almacenamiento.

4.5.1.4. Análisis microbiológico

La N.T.P. 206.002, 1981(Revisada el 2011); establece que los cupcakes deben estar exentos de microorganismos patógenos y la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería insta con respecto a Mohos, se detalla en la Tabla 59.

Tabla 59: Requisitos microbiológicos para los productos de panificación, galletería y pastelería.

Productos que no requieren refrigeración, con o sin relleno y/o cobertura (pan, galletas, panes enriquecidos o fortificados, tostadas, bizcochos, panetón, queques, obleas, pre-pizzas, otros).

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	C	Límite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10^2	10^3

Fuente: RM N° 1020-2010/MINSA.

En la tabla 60 se presentan los resultados de los análisis microbiológicos realizados al cupcake óptimo durante los días 0, 4, 7, 10, 13, 17, 20 de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).

Tabla 60: Análisis microbiológico del cupcake óptimo, durante los 0, 4, 7, 10, 13, 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

TIEMPO (días)	UFC/g
0	0
4	10
7	10
10	20
13	40
17	130
20	350

En la tabla 60 se observa que a medida que transcurrían los días de almacenamiento para el cupcake óptimo se encontraron mayor número de colonias de mohos; y que hasta el día 13vo el producto cumplió con lo estipulado por la RM N° 1020-2010/MINSA.

4.5.2. Evaluación del tipo de envase

4.5.2.1. Evaluación de la Pérdida de Peso

En la tabla 61 y figura 64, se muestran los resultados del análisis de pérdida de peso del cupcake óptimo, que fueron envasados en bolsa de Polietileno de densidad dos, bolsa de polietileno de densidad dos y potes termoformados PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 61: Variación de peso cupcake óptima, envasados en poliepropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

TIEMPO (Días)	VARIACION DE PESOS (g)		
	POLIPROPILENO	POLIETILENO	PET
1	51.3083±0.0001	53.0212±0.0003	55.4398±0.0002
4	51.2871±0.0001	52.9920±0.0002	55.1572±0.0003
9	51.2516±0.0001	52.9420±0.0003	55.0382±0.0002
10	51.2356±0.0001	52.8572±0.0002	54.8955±0.0002
13	51.2178±0.0001	52.8042±0.0002	54.8318±0.0003

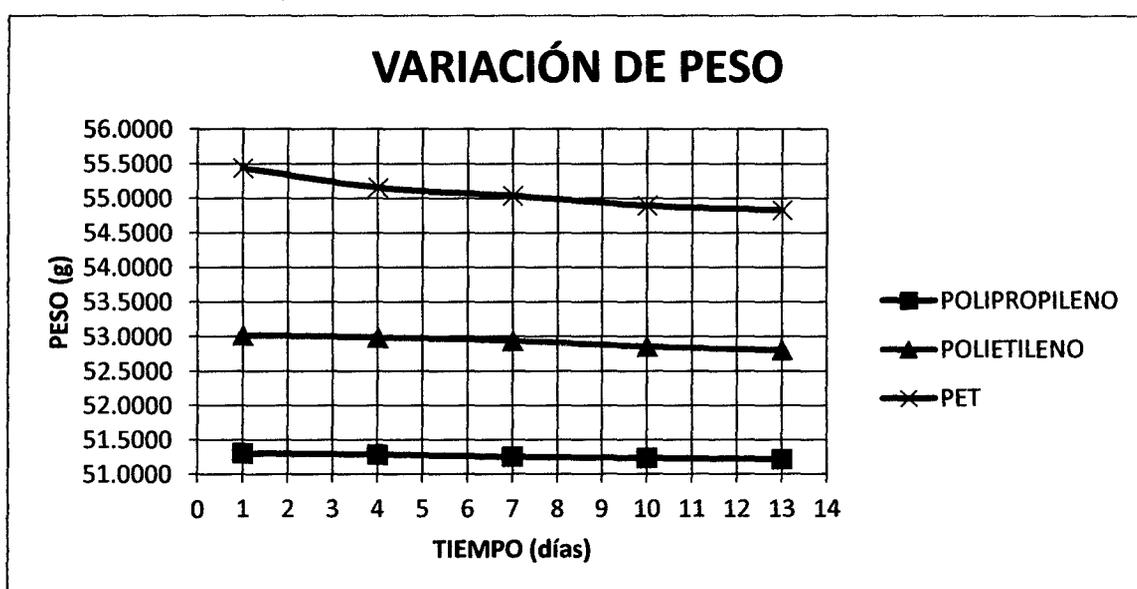


Figura 64: Variación de peso del cupcake óptima, envasados en poliepropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

En la Figura 64 podemos observar que, en el transcurso de los días de almacenamiento, los cupcakes van disminuyendo su peso. Esto puede ser debido a la pérdida de humedad. Según (Primo-Martín, *et al.*, 2006), los cambios en el peso de los productos de panificación durante el almacenamiento son consecuencia de la redistribución del agua dentro del producto, así como las pérdida de agua por la

evaporación al ambiente, esto ocurre a diferentes velocidades dependiendo de las condiciones de almacenamiento del producto.

Tabla 62: Variación del % de pérdida de peso del cupcake óptimo, envasados en polipropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

TIEMPO (Días)	VARIACION DEL % DE PÉRDIDA DE PESOS		
	POLIPROPILENO	POLIETILENO	PET
1	0.000	0.000	0.000
4	0.041	0.055	0.510
7	0.111	0.149	0.724
10	0.142	0.309	0.982
13	0.176	0.409	1.097

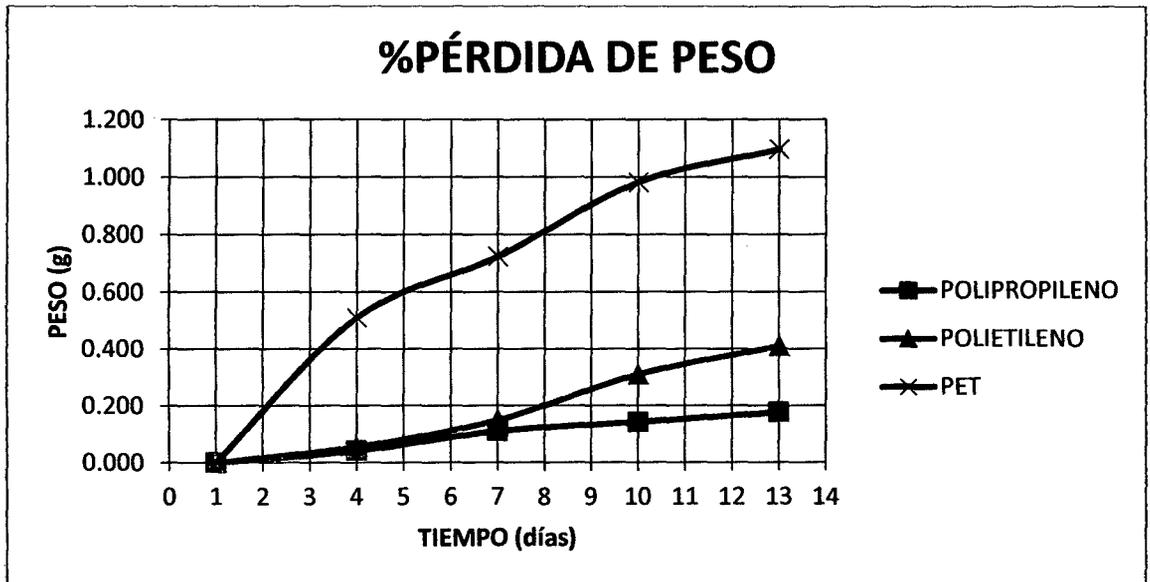


Figura 65: Variación del % de pérdida de peso del cupcake óptimo, envasados en polipropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

En la figura 65 podemos notar que, los cupcakes envasados en potes PET, fueron los que obtuvieron mayor pérdida de peso (1.097%), puesto que su peso

decrece mucho más rápido en comparación con los demás. Caso contrario a los cupcakes envasados en las bolsas de polipropileno, en el cual su pérdida de peso fue menor (0.176%).

- **Análisis estadístico**

Tabla 63: Análisis de Varianza para Peso

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Envase	0.587063	2	0.466794	12.50	0.0035
B:Dias	0.49604	4	0.149225	3.99	0.0454
Residuos	0.249902	8	0.0373561		
Total (corregido)	1.82934	14			

En la tabla 63 se observa el análisis de varianza para la variable peso; donde se estableció que si existen diferencias significativas entre los envases y también existen diferencias significativas entre los días, en los cupcakes envasado en polietileno, polipropileno y pet, al 5% de significancia.

4.5.2.2. Evaluación de la Humedad

En la tabla 64 y figura 66, se muestran los resultados del análisis de % de humedad del cupcake óptimo, que fue envasado Bolsa de Polipropileno de densidad dos, bolsa de polietileno de densidad dos y potes termoformados PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 64: Variación del % de humedad del cupcake óptima, envasados en polipropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

TIEMPO (Días)	%HUMEDAD EN DIFERENTES TIPOS DE ENVASE		
	POLIPROPILENO	POLIETILENO	PET
1	22.0812±0.1172	22.3264±0.1190	20.8363±1.6010
4	21.8256±0.2299	21.2818±0.1181	19.9572±0.1459
7	20.8364±1.1321	20.5314±0.7537	19.8202±0.4931
10	20.6523±0.1824	20.4249±0.6301	19.7854±0.5622
13	20.4600±0.1662	20.1828±0.0700	19.4329±0.4754

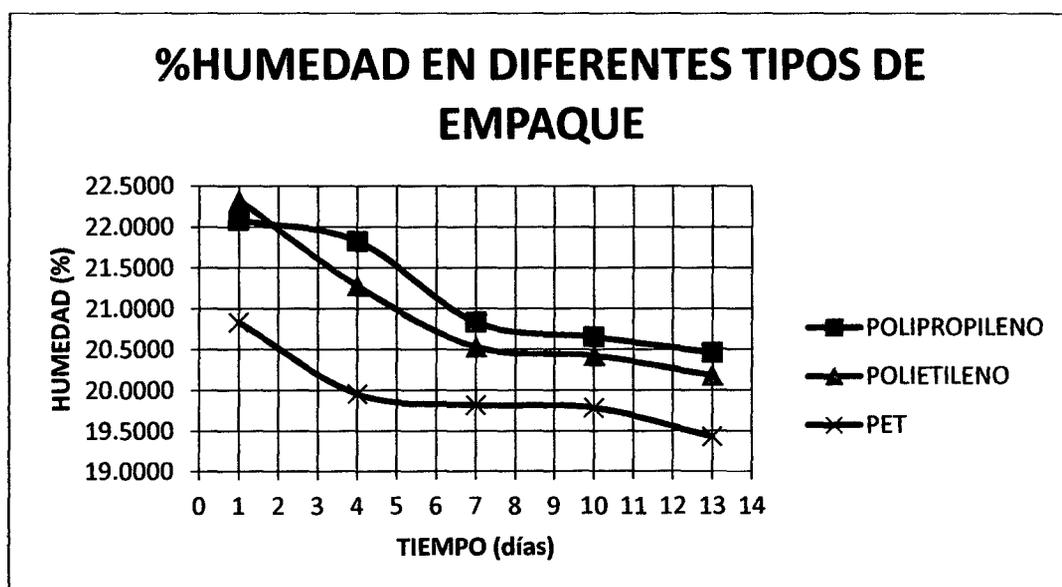


Figura 66: Variación del % de humedad del cupcake óptima, envasados en polipropileno, polietileno y PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

En general, los empaques se dividen en dos clases: Primarios (bolsas) y Secundarios (cajas). Los Primarios son los que hacen contacto directo con el producto y los Secundarios rodean o envuelven el interior o primario. (Matckovich, 2009) Para el caso de productos de panificación, el empaque utilizado es el Primario, más específicamente las bolsas, pues una vez que el

producto se enfría hasta los 13° C, es embolsado con la finalidad de protegerlo contra la pérdida de humedad y contra la acción del medio ambiente. La bolsa sirve para mantener una atmósfera con presión de vapor equilibrado con la presión de vapor del producto, también para mantener las características organolépticas del producto final. La bolsa debe tener características de hermeticidad y de baja permeabilidad al vapor de agua como al oxígeno (Matckovich, 2009).

En la figura 66 podemos observar que, en el transcurso de los días de almacenamiento, la humedad de los cupcakes van decreciendo.

Según (Dendy, 2001) menciona que los recubrimientos plásticos pueden prevenir la pérdida de humedad pero también dan lugar a otro problema de almacenamiento como es el desarrollo de mohos. La pérdida de humedad desde el producto condensaría en la superficie interior de la película plástica que ocasiona que se humedezca la superficie del dulce y comiencen los mohos a crecer.

Según Beltrán Orozco (2007), en su investigación *Cinetica de las características físicas de mantecadas bajas en grasa almacenadas en dos tipos de material de empaque durante su vida de anaquel*, también observo que la menor pérdida de humedad se registró en el envase de polipropileno.

Esto se debió a la menor permeabilidad del polipropileno al vapor de agua en comparación con otras películas, puesto que los materiales con barrera selectiva de humedad y de gases como el polipropileno, protegen de la pérdida de humedad a los productos (Smith, 2004).

- **Análisis estadístico del % de humedad**

Tabla 65: Análisis de Varianza para Humedad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Envase	4.11139	2	2.05569	31.32	0.0002
B:Días	5.75813	4	1.43953	21.93	0.0002
Residuos	0.525045	8	0.0656307		
Total (corregido)	10.3946	14			

En la tabla 65 se observa el análisis de varianza para la variable Humedad; donde se estableció que si existen diferencias significativas entre los días y entre los envases, en los cupcakes envasado en polietileno, polipropileno y pet, al 5% de significancia.

4.5.2.3. Evaluación de la Textura

En la tabla 66 y figura 67, se muestran los resultados del análisis de textura del cupcake óptimo, que fue envasado en bolsa de Polietileno de densidad dos, bolsa de polietileno de densidad dos y potes PET, durante 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 66: Análisis de textura del cupcake óptimo, envasados en polipropileno, polietileno y PET, durante los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

TIEMPO (Días)	TEXTURA (mJ)		
	Polipropileno	Polietileno	PET
1	143.27±2.96	140.50±4.40	139.40±3.30
4	148.83±10.77	162.50±8.30	158.30±5.10
7	155.27±8.81	165.23±5.71	161.11±6.00
10	166.39±4.98	166.70±5.10	166.11±6.90
13	167.11±12.89	172.49±7.50	167.85±2.70

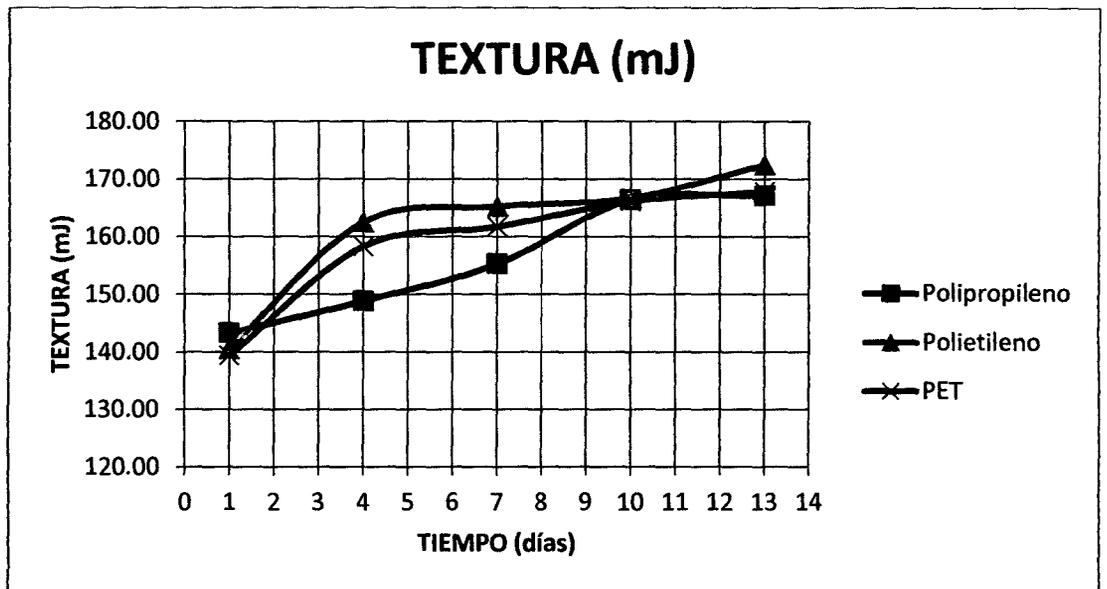


Figura 67: Análisis de textura del cupcake óptimo, envasados en polipropileno, polietileno y PET, durante los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

En la figura 67 podemos observar que, a medida que pasan los días, los cupcakes presentaron una mayor dureza.

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

En la Figura 67 también podemos observar que, los cupcakes envasado en polipropileno mantuvieron una textura más suave, en comparación con los demás.

Según (Duncan, 1989), las ventajas del polipropileno están en su fortaleza, resistencia al desgarramiento,

resistencia al pinchazo y no es afectado por la baja temperatura o alta temperatura en el almacenamiento como son con las demás películas de células.

- **Análisis estadístico para Textura**

Tabla 67: Análisis de Varianza para Textura

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Envase	70.7423	2	35.3712	2.76	0.1226
B:Días	1463.39	4	365.848	28.54	0.0001
Residuos	102.549	8	12.8187		
Total (corregido)	163.68	14			

En la tabla 67 se observa el análisis de varianza para la variable textura; donde se estableció que si existen diferencias significativas entre los días y no existe diferencias significativas entre los envases, de los cupcakes envasados en polietileno, polipropileno y PET, al 5% de significancia.

Podemos concluir entonces que, el mejor material para empacar los cupcakes serán las bolsas de polipropileno de alta densidad, pues conservo mejor la textura y humedad del cupcakes, también no hubo una gran variabilidad en su peso en el transcurso de los días de almacenamiento.

4.5.3. Vida útil del cupcake

4.5.3.1. Método de Cinética de Reacción del % Acidez

Para determinar el orden de la cinética de reacción se procedió a realizar los respectivos ajustes de regresión con los datos del % Acidez obtenidos durante la evaluación del Cupcake Óptimo. Se probó diferentes ajustes (Ver Anexo 7.5.1.1), siendo el ajuste para una reacción de primer el que más se ajustó.

Tabla 68: Variación del % Acidez del cupcake óptimo a través de los días

TIEMPO (Días)	%ACIDEZ
1	0.096± 0.005
4	0.124± 0.011
7	0.171± 0.007
10	0.243± 0.024
13	0.439± 0.051

Tabla 69: Regresión de los datos del porcentaje de acidez del cupcake óptimo para reacción de primer orden

TIEMPO (Días)	LN%ACIDEZ
1	-2.3434
4	-2.0875
7	-1.7661
10	-1.4147
13	-0.8233

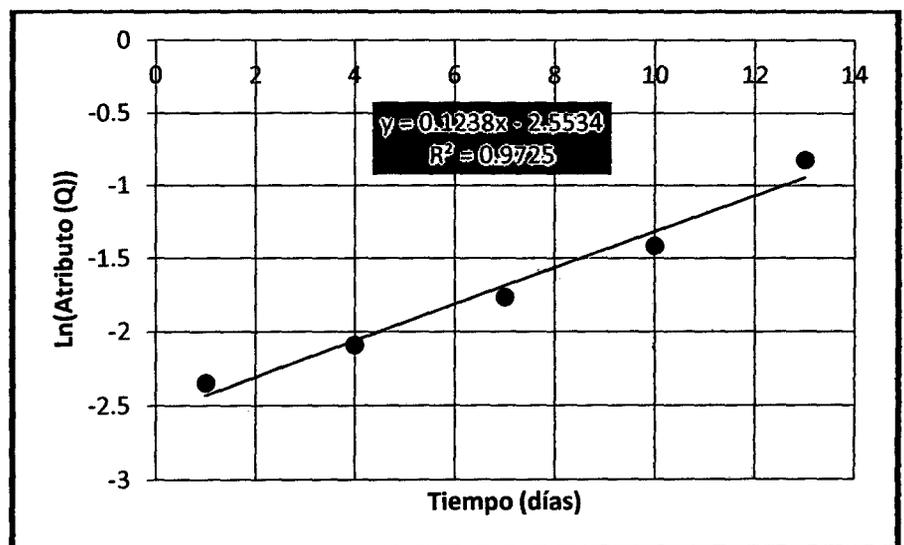


Figura 68: %Acidez en función al tiempo para reacción de primer orden

En la figura 68 se puede apreciar el ajuste lineal de los datos resultantes al haber aplicado logaritmo natural a los porcentajes de acidez del cupcake óptimo versus el tiempo, expresado en días de análisis. Como se puede apreciar el coeficiente de determinación obtenido fue mayor al resto de ajustes, lo que quiere decir que la variación del porcentaje de acidez (atributo) es una reacción de primer orden; por ende se utilizará la ecuación de regresión para el cálculo del tiempo de vida útil.

Asimismo asumimos que el límite máximo de porcentaje de acidez es según lo expresa la .T.P. 206.002, 1981(Revisada el 2011).

$$\% \text{ Acidez máximo} = 0.7$$

Aplicando Logaritmo natural a este valor se obtiene:

$$\text{Ln}(\% \text{Acidez máximo}) = -0.3567$$

Entonces de la ecuación de regresión de la Figura 68, se observa lo siguiente:

$$Y = 0.1238x - 2.5534$$

Despejando "x" de esta ecuación se tiene:

$$x = \frac{(Y + 2.5534)}{0.1238}$$

Reemplazando "Y" como el valor máximo de Ln(%Acidez máximo permitido), se tiene:

$$x = 17.44$$

Entonces el tiempo de vida útil según el porcentaje de acidez para el cupcake óptimo a 26°C es de 17 días.

4.5.3.2. Método de Cinética de Reacción del Análisis Microbiológico para Mohos y Levaduras

Para determinar el orden de reacción del recuento microbiológico de mohos y levaduras no se necesitó probar ajustes, sino que simplemente se asumió como de primer orden debido a la extensa bibliografía que sustenta esto.

Tabla 70: Análisis microbiológico del cupcake óptimo, durante los 0, 4, 7, 10, 13, 17, 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

TIEMPO (días)	UFC/g
0	0
4	10
7	10
10	20
13	40
17	130
20	350

Tabla 71: Regresión de los datos del recuento microbiológico para mohos y levaduras del cupcake óptimo

TIEMPO	Ln(UFC/g)
4	2.303
7	2.303
10	2.996
13	3.689
17	4.868
20	5.858

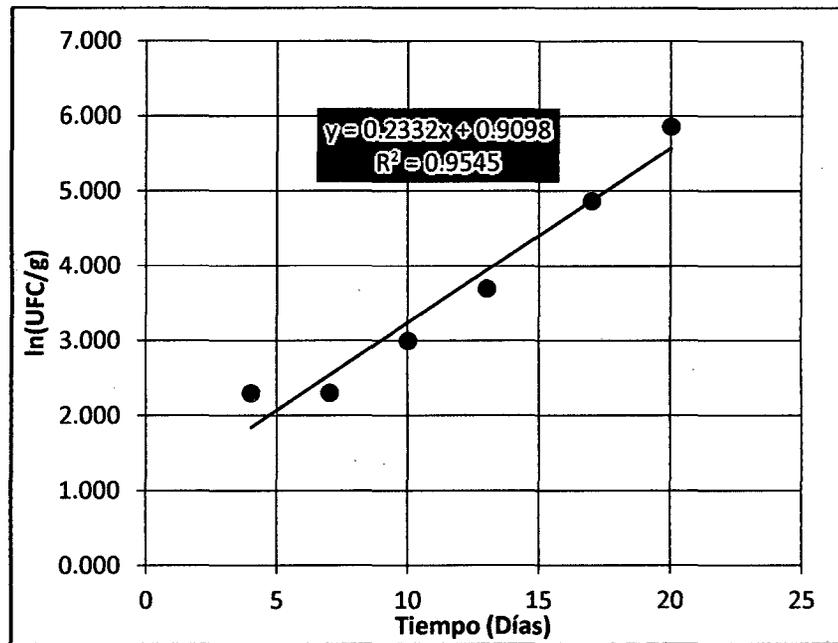


Figura 69: Recuento microbiológico de mohos y levaduras en función al tiempo para reacción de primer orden

Asimismo asumimos que el límite máximo de UFC/g según lo expresa la RM N° 1020-2010/MINSA es de 100.

$$\text{UFC/g máximo} = 100$$

Aplicando Logaritmo natural a este valor se obtiene:

$$\text{Ln(UFC/g máximo)} = 4.6052$$

Entonces de la ecuación de regresión de la Figura 69, se observa lo siguiente:

$$Y = 0.2332x + 0.9098$$

Despejando "x" de esta ecuación se tiene:

$$x = \frac{(Y - 0.9098)}{0.2332}$$

Reemplazando "Y" como el valor máximo de Ln(%Acidez máximo permitido), se tiene:

$$x = 15.85$$

Entonces el tiempo de vida útil según el análisis microbiológico para mohos y levaduras del cupcake óptimo a 26°C es de 15 días.

4.5.3.3. Método del Análisis de Supervivencia

Los resultados de la evaluación sensorial del cupcake óptimo se muestran en el Anexo 7.5: Tabla A-11. Dichos datos se utilizaron para hallar el tiempo de vida útil sensorial mediante el Método del Análisis de Supervivencia.

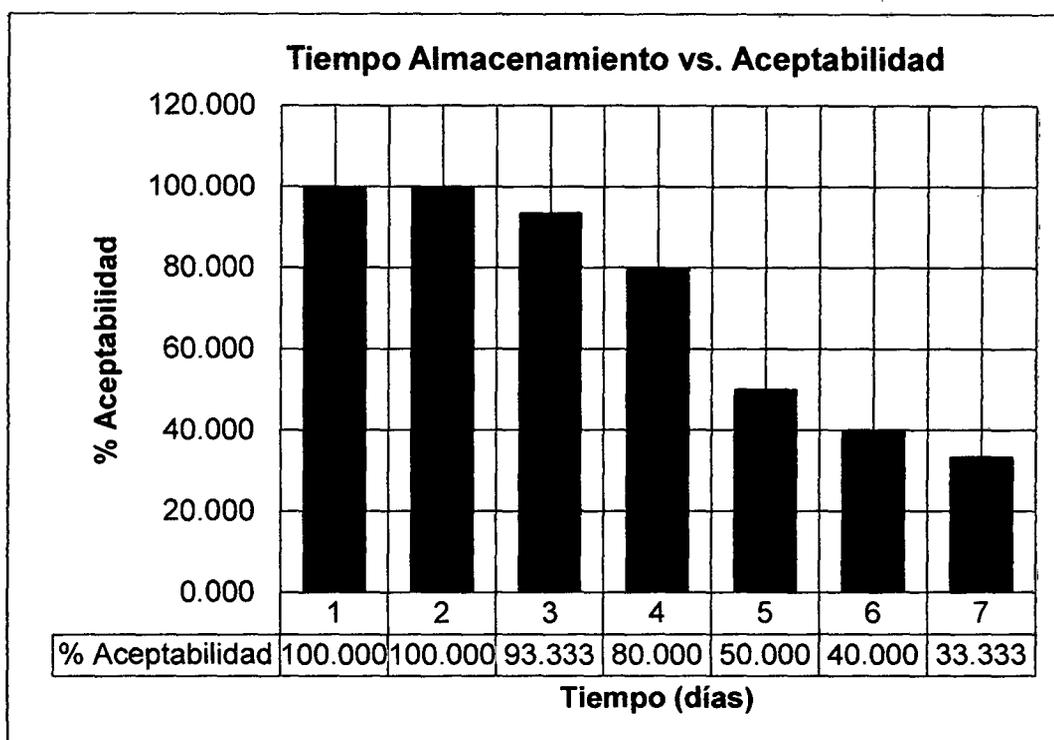


Figura 70: Porcentaje de aceptabilidad de los panelistas vs el tiempo de almacenaje del cupcake óptimo

En la figura 70 se puede observar gráficas de barras para el porcentaje de aceptación que tuvo el producto a diferentes días de almacenamiento, notándose que tanto para el primer y cuarto día el porcentaje de aceptabilidad fue de 100, el cual fue decayendo con respecto a los cupcakes con mayores días de

almacenamiento, esto debido muy probablemente a los cambios en la textura por la retrogradación del almidón.

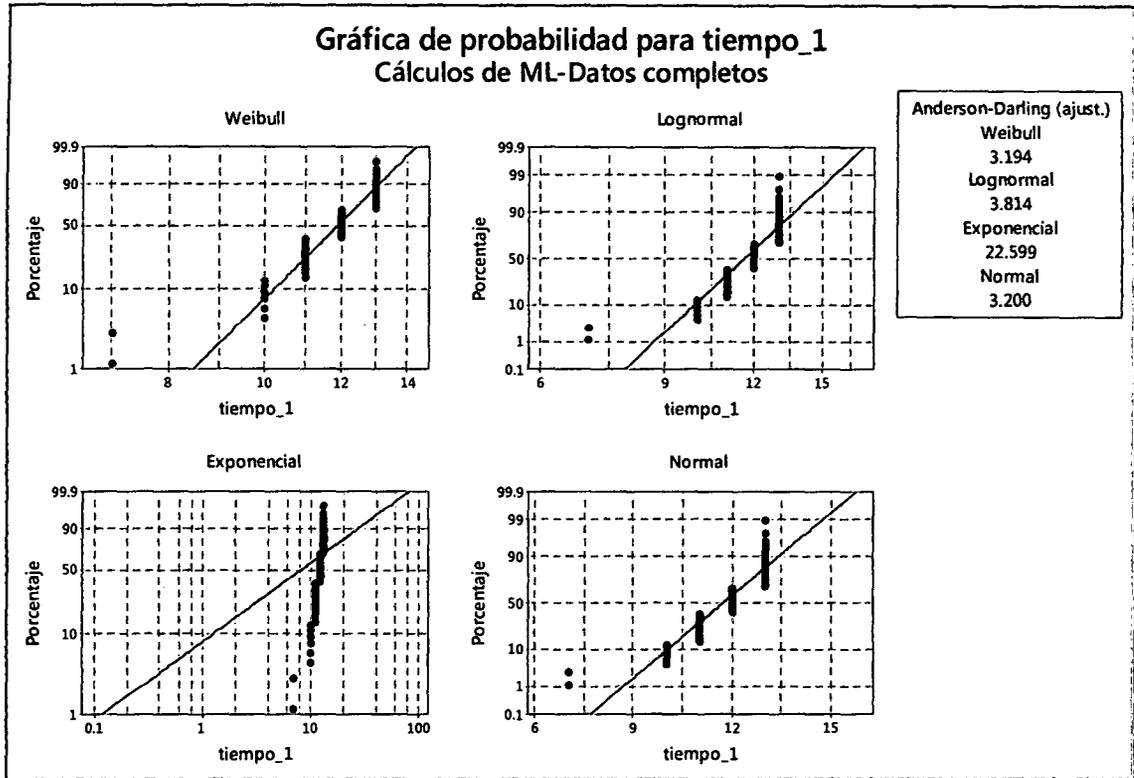


Figura 71: Gráfica para la Determinación del Estadístico Anderson-Darlin

En forma gráfica se puede apreciar en la Figura 71 que los datos se ajustan mejor a una distribución Weibull debido a su menor valor para el estadístico Anderson-Darlin. Al respecto (Juan, 2010) menciona que el estadístico Anderson-Darling ajustado es un reflejo de cuán lejos se encuentran los puntos respecto de la recta. Por tanto, cuanto menor sea el valor de dicho estadístico, tanto mejor será la bondad del ajuste. De los valores de dicho estadístico, se desprende nuevamente que la Weibull ($AD = 3.194$) y la Normal ($AD = 3.2$) proporcionan un mejor ajuste a las observaciones.

Esta afirmación también es fortalecida mediante los coeficientes de correlación que se aprecian en la Figura 72, cuyo mayor valor corresponde a la distribución Weibull.

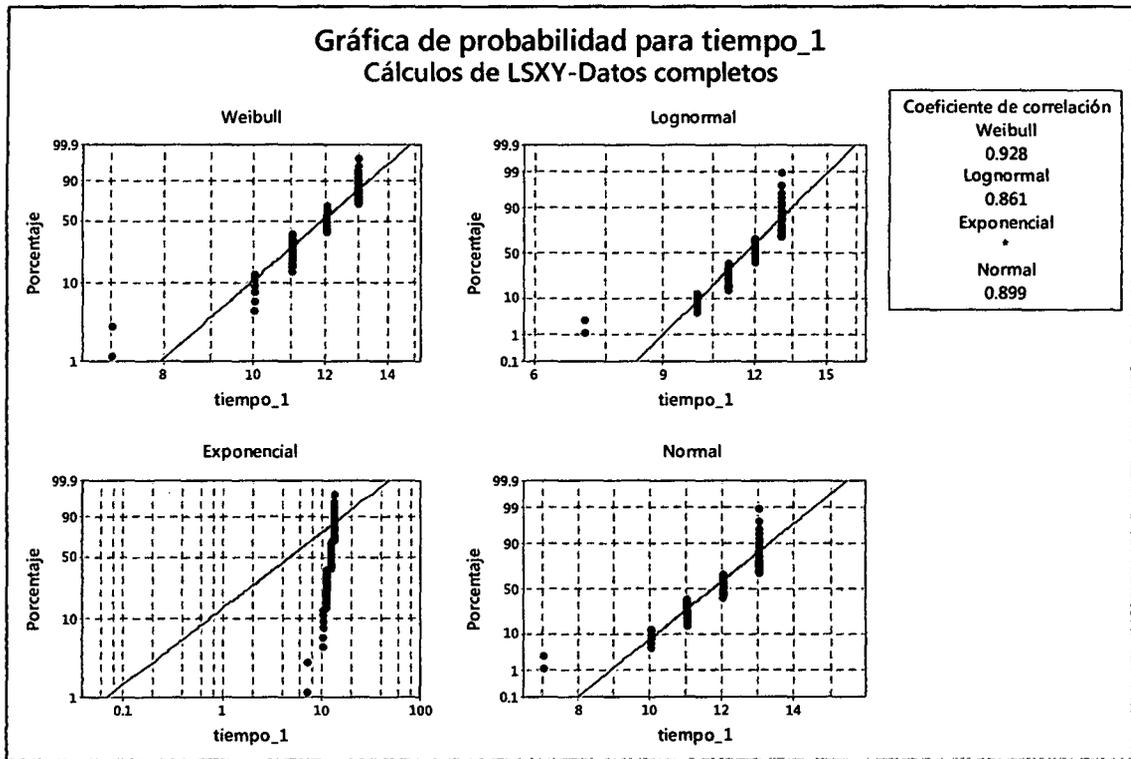


Figura 72: Gráfica para la Determinación del Estadístico Anderson-Darlin

Determinación de los parámetros de Weibull

Como se puede observar en la Figura 73, la función linealizada de la distribución acumulativa de Weibull fue:

$$\ln(t) = 0.0975 \ln H(t) + 2.5063$$

Siendo la intersección "a" igual a 2.5063 y la pendiente "b" igual a 0.097 a partir de los cuales se obtuvieron los parámetros α y β :

$$\alpha = 12.259 \text{ y } \beta = 10.256$$

Determinación del tiempo de vida útil

Para ello reemplazaremos los datos encontrados de los parámetros de forma y escala en la siguiente ecuación:

$$E = \alpha * \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$$

Al reemplazar los valores obtenemos un valor de 11.7 días. Esto quiere decir que pasados 11.70 días de almacenamiento a 20 °C, el cupcake empacado en bolsas de polipropileno tendrá una probabilidad del 50 % de ser rechazado por los consumidores. Al respecto, (Hough *et al.*, 2003) afirmaron que los productos alimenticios no tienen una vida en anaquel sensorial por ellos mismos; esta depende de la interacción del alimento con el consumidor. (Baixauli *et al.*, 2007) reportaron en su trabajo de investigación que el porcentaje de rechazo de cupcakes con almidón resistente por los consumidores fue de 50% a los 20 días de vida en anaquel para los consumidores españoles. Mientras que (Ronquillo, 2012) determinó el tiempo de vida útil para quequitos con enzima alfa amilasa, encontrando un valor de 26 días. Sin embargo, (Villarroel, *et. al.* 2000) determinó 13 días como tiempo de vida en anaquel a 21°C de queques sustituidos también con almidón resistente encontrado en este una aceptación el 75% del total de encuestados. Dentro de este marco, nuestros resultados se asemejan a uno de los datos de las investigaciones, cabe decir también que la temperatura de almacenamiento del cupcake fue mayor al reportado por otras investigaciones, debido a que la ejecución de este trabajo se realizó en tiempos de verano; y asimismo el almidón resistente tiene la propiedad de no retrogradarse tan rápido.

Bondad de ajuste

La mayor diferencia absoluta encontrada entre la frecuencia observada y la esperada fue de 0.1618 y la del dato tabular de Kolmogorog-Smirnof fue de 0.1708 con un alfa de 5%.(Ver

Anexo7.5: Tabla A-13). Debido a que la diferencia mayor encontrada es menor que el dato tabular se deduce que la distribución se ajusta a la de Weibull, lo que confirma que nuestros datos se ajustan a este tipo de distribución

Función Linearizada de Weibull

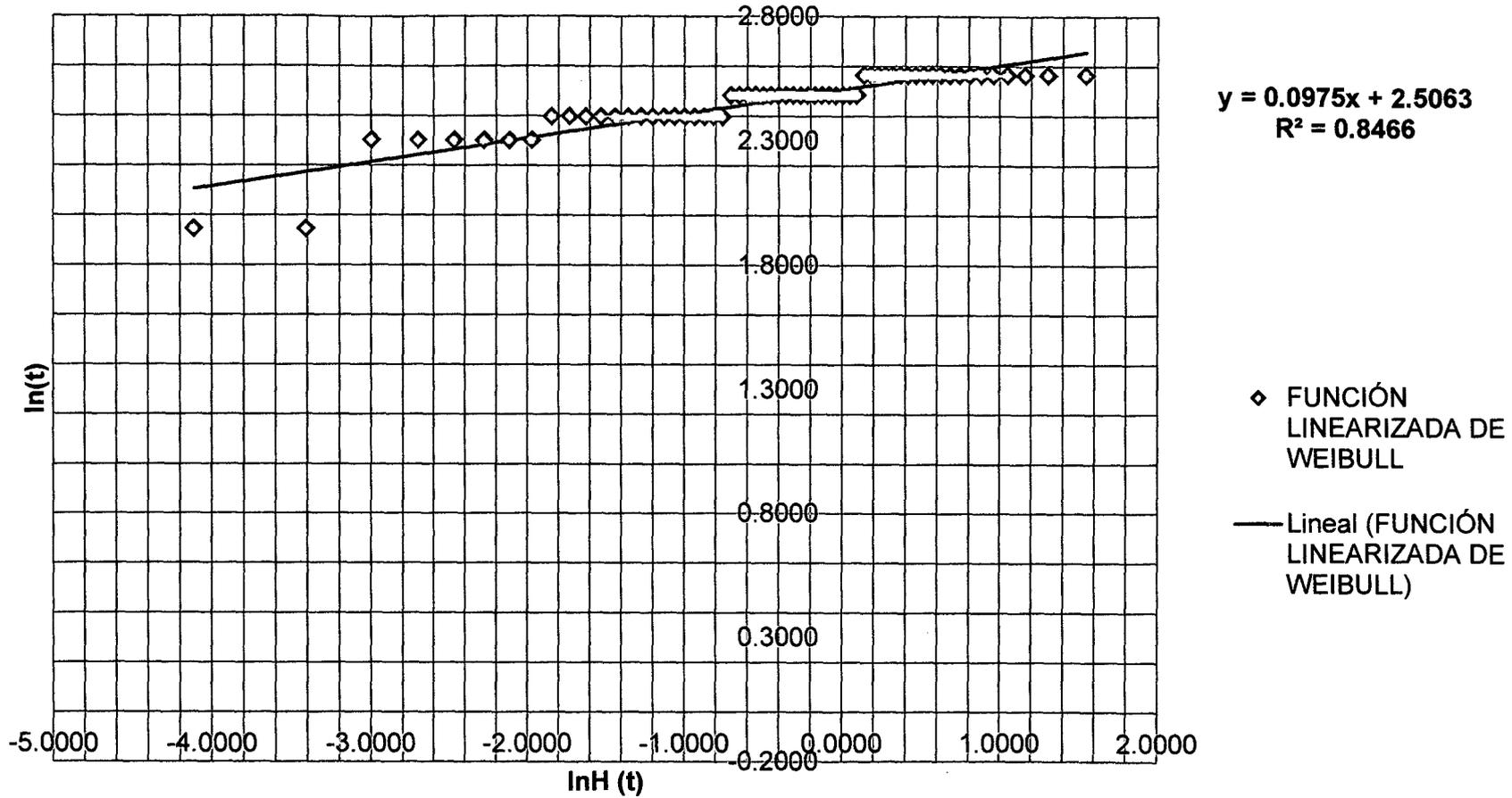


Figura 73: Gráfica de la Función Linearizada de Weibull

Luego de haber aplicado dos tipos de métodos para la determinación de la vida útil se obtuvieron diferentes tiempos, para el método de Cinética de Reacción del % Acidez se determinó 17 días de vida útil, para el método de Reacción del Análisis Microbiológico para Mohos y Levaduras, 15 días y finalmente para el método de análisis de supervivencia, 11 días. Por ende se tomará como tiempo de vida útil máximo el obtenido en el análisis de supervivencia debido a que si bien el producto desde un punto de vista de inocuidad podría durar más días, los consumidores ya no lo comprarían porque organolépticamente nos les parecería atractivo.

V. CONCLUSIONES

5.1. La composición química proximal de la harina de trigo para la elaboración de cupcakes: Proteína (11.02%), Humedad (13.2%), Cenizas (1.01%), Grasa (0.6%), Fibra (1.46%) y Carbohidratos (74.17%).

La composición química proximal de la harina de quinua es: Proteína (13.03%±0.004), Humedad (6.36%), Cenizas (1.53%), Grasa (3.42%), Fibra (3.1%) y Carbohidratos (75.65%).

La composición química proximal de la harina de zapallo es: Proteína (8.99%), Humedad (6.34%), Cenizas (5.85%), Grasa (0.86%), Fibra (5.13%) y Carbohidratos (77.97%).

5.2. Se determinó los porcentajes óptimos de harina de trigo, harina de quinua y harina de zapallo, siendo estos: 87.475%, 7.525% y 5% respectivamente.

5.3. La composición química proximal del cupcake con la mezcla óptima de harinas fue de: 20.84% Humedad, 7.89% Proteína, 1.58% Cenizas, 15.53% Grasa, 1.21% Fibra, 54.16% Carbohidratos.; y del cupcake control fue de: 20.53% Humedad, 7.23% Proteína, 0.93% Cenizas, 16.06% Grasa, 0.30% Fibra, 55.25% Carbohidratos.

5.4. Se determinó que el tiempo de vida útil para el cupcaké óptimo fue de 11 días.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1.** Se recomienda realizar más investigaciones sobre harinas sucedáneas, sobre todo harinas provenientes de hortalizas, o de otra fuente diferente a cereales o legumbres.
- 6.2.** Realizar más investigaciones dirigidas a reducir el porcentaje de calorías y grasa en productos de panificación.
- 6.3.** Complementar el estudio, realizando un análisis de aminoácidos al cupcake óptimo mediante un aminograma.
- 6.4.** Realizar pruebas biológicas en la evaluación del cupcake óptimo como digestibilidad aparente in vivo (DA), relación de eficiencia proteica (PER) y utilización neta proteica (NPU).
- 6.5.** Llevar a cabo un estudio de factibilidad para la elaboración del cupcake con la mezcla óptima.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✘ Aguirre E. y Rodríguez G. (1997). Industria de cereales y panificación. Universidad Nacional del Santa. Departamento Académico de Agroindustria. Única Edición. Chimbote-Perú
- ✘ Ahamed, N.; Singhal, R.; Kulkarni, P. y Pal, M. (1998). A lesser – known grain, *Chenopodium quinoa*: Review of the chemical composition of its edible parts. *Food and Nutrition Bulletin*. 19: 61-70.
- ✘ Alava Pincay, C. (2007). Desarrollo del proceso y caracterización de la harina de zapallo y formulación de subproductos. Guayaquil, Ecuador: Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- ✘ Anzaldúa Morales, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza España.
- ✘ Armijo Bastidas, Carlos E. (2012). Elaboración de harina de zapallo (*Cucurvita Maxima*) fortificada con harina de soya, (*Glisine Max*) para uso alimenticio, en el cantón las naves [Tesis para licenciatura]. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Recursos Naturales y del Ambiente, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Guaranda – Ecuador.
- ✘ Ayala, J. y Pardo, R. (1995). Optimización por diseños experimentales. Concytec. Lima- Perú.
- ✘ Aykrod, W.R. & Doughty, Joyce (1970). El trigo en la alimentación humana. FAO-Roma, ISBN 92-5-300437.
- ✘ Bardón Iglesias, R., Belmonte Cortes Susana, Fuster Lorán Fernando (2010). Características de calidad, actitudes y percepción del consumidor ante el sector de productos de panadería, bollería y pastelería industrial y galletas. Edit. Dirección General de ordenamiento e Inspección e INUTCAM. p.82.
- ✘ Bhat Mudasir A., Bhat Anju. (2013). Study on Physico-Chemical Characteristics of Pumpkin Blended Cake. *J Food Process Technol* 4: 262.
- ✘ BILBAO, C. (2007). *Revista Panera: Forma e Informa*. Año 1. N° 5. Lima – Perú.

- ✘ Bravo Moliwa José De Jesús, Ortíz Hernández Gabino Rafael. (1999). Efecto del grado de gelificación de harina del trigo (*triticum acstivum*) sobre sus propiedades fisicoquímicas y de ehavior ión. Mexico
- ✘ Calaveras.(1996). Tratado de Panificación y Bollería. Madrid. Editoria: MundiPrensa.
- ✘ Catálogo 3M Microbiología. (2006). Levaduras y Mohos.
- ✘ Caracé Saravia A. (2014). La Cantidad y la Calidad. Revista Panadería y Pastelería Peruana. Edición N° 160. Págs. 24-25. Lima-Perú.
- ✘ Cardozo, A. y Tapia, M. (Ed.) (1979). Valor nutritivo. En quinoa y Kañiwa. Cultivos. Bogotá, Colombia: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- ✘ Carrascal Ana Karina, Paez Morales Adriana Ines, Burbano Mariela. (2003). "Manual de Laboratorio: Microbiología de alimentos": Colombia. ed:Ceja. ISBN: 958683619 v. 1 págs. 170
- ✘ Cauvain, Stanley P. & Young, Linda S. (2002) Fabricación del Pan. Editorial Acribia, S.A., Cap. 10, Alteración y envejecimiento del pan: p. 292-293.
- ✘ Claude Roudot Alain. (2004). Reología y análisis de textura de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.
- ✘ Coello Gómez B. (2010). Influencia de la Sustitución de Ingredientes en las Características Reológicas, Calóricas y Sensoriales en un Cake Tipo Magdalena. (Tesis para Licenciatura). Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador.
- ✘ Collazos, C., R L. White., H. S. White et al. 1997. La composición de los alimentos peruanos. Instituto de Nutrición. Minist. de Salud. Lima. 35 p.
- ✘ Constante Velasco, J. & Solis Acosta, M. (2011). Elaboración de pan especial enriquecido con tres niveles de harina de quinua (*Chenopodium quinoa willdenow*) y amaranto (*Amaranthus caudatus L.*), utilizando pulpa de zapallo (*Cucúrbita máxima*) como colorante natural en el cantón Ambato, provincia Tungurahua [Tesis para la licenciatura]. Ecuador: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad Estatal de Bolivar.

- ✘ Cornell, J.A. (1990). *Experiments with Mixtures: Designs, Models and the Analysis of Mixture Data*. 2nd ed. John Wiley Ed., New York.
- ✘ De Escalada Pla, M., Rojas, A. y Gerschenson, L. (2005). Efecto de la fibra de calabaza en el envejecimiento del pan. *Revista CONICET*, 1 - 5.
- ✘ De la Llave, A. (2004). Efecto de la adición de fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en G. Sandoval et al. / *Scientia Agropecuaria* 2(2012) 123 - 131 -131- un producto de panificación. Tesis Licenciatura en Ingeniería de Alimentos, Universidad de las Américas Puebla, México.
- ✘ De la Vega Ruíz G. (2009). *Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales*. Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- ✘ Dendy, D., Dobraszczyk, B. (2001). *Cereales y Productos derivados*. Editorial Acribia, S.A., Cap. 8, Pan: un alimento único: p. 225. Cap 9, Productos de confitería: p. 301, p.305
- ✘ Desrosier, N. (1994). *Elementos de la tecnología de alimentos*. Edit. CECOSA. Mexico.
- ✘ Domínguez Castañeda J. (2000). *Industrias de Cereales*. Departamento Académico de Agroindustria. Universidad nacional del Santa. Perú.
- ✘ El-Demery, Mervat Ebrahim. (2011). Evaluation of physico-chemical properties of toast breads fortified with pumpkin (*Cucurbita moschata*) flour. Faculty of pecific Education Mansoura University – Egypt.
- ✘ Espinoza, E. (2003). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. 1ra edición Tacna – Perú.
- ✘ Flores (2012). *Pastelería Fina y Decoración de Tortas*. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán Y Valle. Ediciones: CEPRO – UNE. Perú.
- ✘ Fontúrbel, F. (2006). Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quinoa W. (Chenopodiaceae)* debida a la presencia de las saponinas. Universidad de Chile. *Revista N°21*, 6, 1-10.
- ✘ Forero, Daniel Gonzalo (2000) *Almacenamiento de Granos*. UNAD, Facultad de Ciencias Agrarias, Bogotá.
- ✘ Gacula, M. C. and Singh, J. (1984). *Modelos estadísticos para la predicción de la vida útil*. New York. Academic Press Inc

- ✘ Gandarillas, H. (1997). Genética y origen de la quinua. Bolivia: Boletín Informativo N° 9, 19.
- ✘ García García, Diana Paola. (2011). Desarrollo de un Producto de Panadería con Harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) [Tesis para licenciatura]. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia.
- ✘ Garitta L., Gómez G., Hough G, Langhor K. y Serrat C. (2003). Estadística de Supervivencia Aplicada a la Vida Útil Sensorial de Alimentos. Taller Tutorial de Introducción y Cálculo de Análisis de Supervivencia utilizando S-Plus. ISETA. Argentina
- ✘ Heiss J. (1978). Principio para el envasado de alimentos. Editorial Acribia. p.69, p.71.
- ✘ Hough, G.; Langohr, K.; Gómez, G. y Curia, A. (2003). Análisis de Supervivencia aplicado a la vida útil sensorial de alimentos. Journal of Food Science, 68, 359–362.
- ✘ Jacobsen, E. (1993). Quinoa *Chenopodium quinoa Willd.* A novel crop for European agriculture. Department of Agricultural Science. The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark.
- ✘ Jacobsen, S. E. (1998). Developmental stability of quinoa under European conditions. Industrial crops and products.
- ✘ Jacobsen, S. E. (2003). The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Food Reviews International.
- ✘ Jacobsen, S. E. and S. Sherwood. (2002). Cultivo de granos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros de quinua, chocho y amaranto. CIP y FAO Global IPM Facility. Editorial Abya Yala. Quito, Ecuador.
- ✘ Jacobsen, S.-E. & A. Mujica. (2000). New elaborated products from quinoa: protein concentrates and colorants. In, Proceedings of COST 814 Conference, Crop Development for Cool and Wet Regions of Europe, Pordenone.
- ✘ Kennet, J, V., Rotsteine, E., and Sing, P. R. (1997). Manual Práctico de la Ingeniería Alimentaria. CRC Press, New York
- ✘ Kent. 1971. Tecnología de Cereales. Ed. Acribia España.
- ✘ Klein, P. J., Moeschberger, M., L. (1997) Análisis de Supervivencia: Técnicas para Datos. Statistics for Biology and Health. Springer-Verlag Telos.

- ✘ Kuehl R. (2001). Diseño de Experimentos. Editorial: Thomson Learning. México.
- ✘ Larmond Elizabeth. (1977). Metodos de Laboratorio para la evaluación sensorial de alimentos. Editorial Ottawa. Canada.
- ✘ Larsen, R. (2006). Vida Útil de Alimentos: Estimación y Diseño Experimental. Thesisof Master of Science. Department of Statistics, Brigham Young University. USA
- ✘ León, J. (1987). Botánica de los cultivos tropicales. Ed. Agroamericana. 2da edición. Costa Rica. p. 386
- ✘ Lezcano, E. (2011). Productos Batidos. Revista Alimentos Argentinos. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina. Edición N°52: p. 22.
- ✘ Mackey, A; Flores, Y; Sosa, G. (1984). Evaluación sensorial de los alimentos. Fundación CIEPE. Caracas.
- ✘ Manasés Ruíz H. (2011). Efecto del tipo de harina de zapallo macre (*Cucurbita maxima*) sobre el volumen específico, firmeza sensorial y aceptabilidad general en el pan de molde durante su almacenamiento [Tesis]. Trujillo, Perú: Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad privada Antenor Orrego.
- ✘ Mataix Verdú J. (2003). Nutrición y Alimentación Humana. Editorial Océano.
- ✘ Mateo Box, José M. (2005). Prontuario de Agricultura. España: Editorial Mundi-Prensa.
- ✘ Montgomery (2002). Diseño y Análisis de Experimentos. Editorial: Limusa Wiley. México.
- ✘ Montoya Restrepo, L.; Martínez Vianchá, L. y Peralta Ballestero, J. (2005). Análisis de las variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de la quinua en Colombia. Revista Innovar. Edit. Unibiblos: v. 25, p. 103 – 120.
- ✘ Mujica, A. (1993). Cultivo de quinua. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Dirección general de Investigación Agraria. Manual N° 11-93.
- ✘ Muñoz M. (2002). Tabla de Valor Nutritivo de alimentos. Primera Edición. Editorial Mc Graw – Hill. Mexico.

- ✘ Muro V., José A. (2013). Principales aspectos de la cadena agroproductiva de la Quinua. Lima-Perú: Ministerio de Agricultura.
- ✘ Norma Técnica Peruana 206.011:1981 (Revisada el 2011): BIZCOCHOS, GALLETAS, PASTAS Y FIDEOS. Determinación de humedad. Lima: INDECOPI.
- ✘ Norma Técnica Peruana 206.012:1981 (Revisada el 2011): BIZCOCHOS, PASTAS Y FIDEOS. Determinación del contenido de cenizas. Lima: INDECOPI.
- ✘ Norma Técnica Peruana 206.013:1981 (Revisada el 2011): BIZCOCHOS, GALLETAS, PASTAS Y FIDEOS. Determinación de la acidez. Lima: INDECOPI.
- ✘ Nuñez de Villavicencio, M. (2000). Diseños de mezclas. Aspectos teóricos - prácticos de su publicación. Tesis de Maestría. I.I.I.A.
- ✘ Ortega R, López AM, Requejo AM, Carvajales PA. La composición de los alimentos. Herramienta básica para la valoración nutricional. Madrid: Editorial Complutense S.A.; 2004.
- ✘ Paucar Menacho L. (2001) Manual de nutrición Humana. Departamento Académico de Agroindustria. Universidad nacional del Santa. Perú
- ✘ Peña, R.; Amaya, A. y Del Toro, E. (1991).Efecto del almacenamiento y del lavado del grano en las características de calidad de muestras de trigo (variedad Seri M82) con diferentes niveles de carbón parcial (*Tilletia indica*). Fuentes-Dávila G. y Hettel G.P. (editores). Reporte Especial de Trigo No. 7. México, D.F.
- ✘ Perez García Gabriela (2008). Efecto del uso de hidrocoloides en la calidad sensorial de pan de sal recalentado en horno de microondas. Departamento de Ingeniería Química de Alimentos. Ingeniería de Alimentos. Universidad de las Américas Puebla.
- ✘ Pinto, J. (1995). Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la optimización del proceso de clarificación de jugo de manzana. Tesis para optar el grado académico de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM Perú.
- ✘ Pongjanta, J., Naulbunrang, A., Kawngdang, S., Manon, T. and Thepjaikat, T. (2006) Utilization of pumpkin powder in bakery products Songklanakarin J. Sci. Technol.

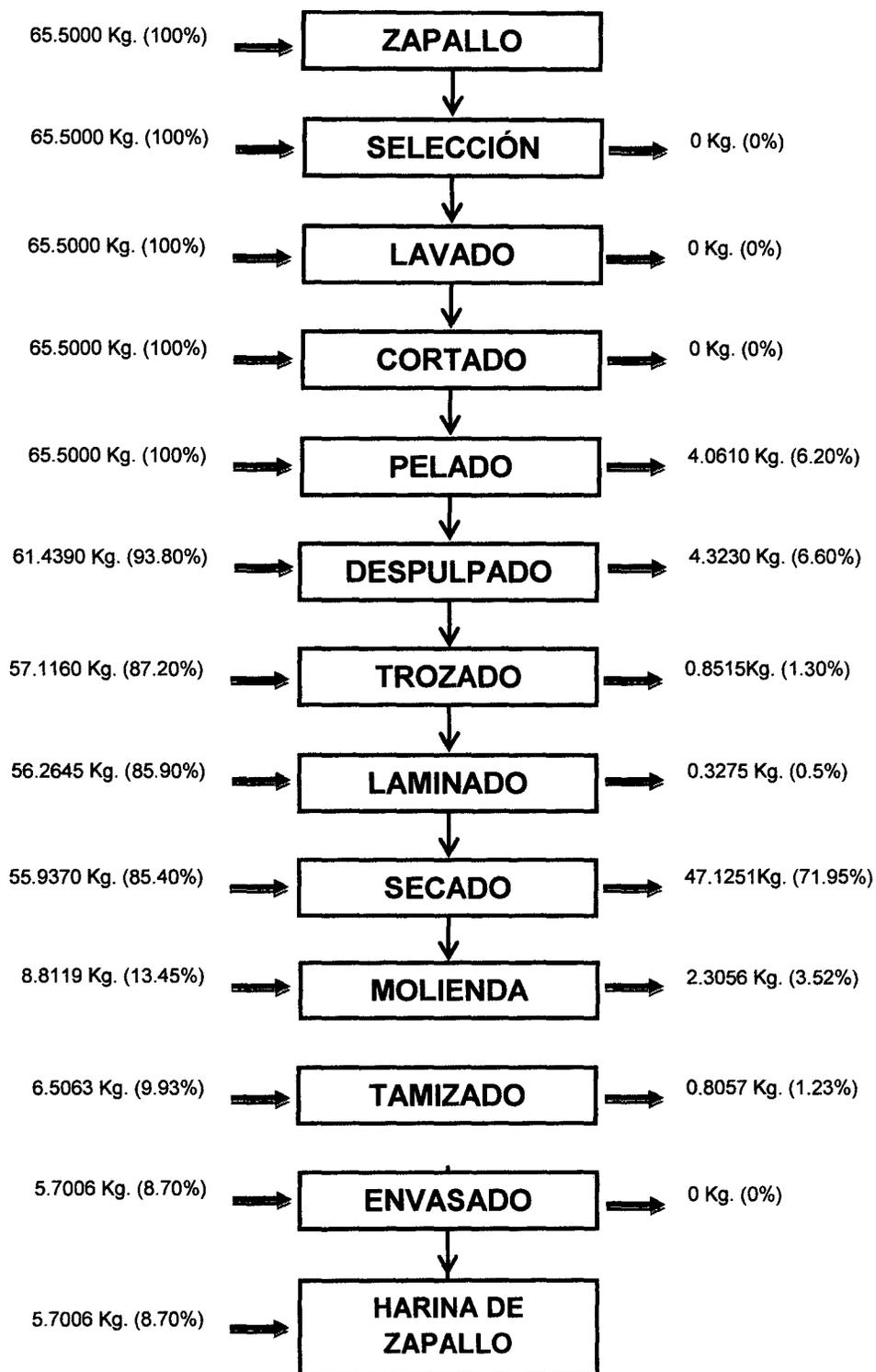
- ✘ Potter Norman N. & Hotchkiss (1999). Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia S.A. España. p. 110, p. 545.
- ✘ Potts Howard (1983). Desarrollo y Morfología de la Semilla. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali-Colombia. p. 19-20.
- ✘ Primo Yúfera Eduardo (1998). Química de los Alimentos. Editorial Síntesis S.A. 3ra Edición. Madrid-España. p. 81-82
- ✘ PROINPA-FAO (2011). La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.
- ✘ Soriano del Castillo José Miguel (2006). Editorial Acribia S.A. p. 108-110.
- ✘ Quaglia, G. (1991). Ciencia y tecnología de la Panificación. Edit. Acribia. Zaragoza, España. pp. 239-258
- ✘ Rahnotra, G.; Gelroth, J.; Glaser, B.; Lorenz, K. y Jhonson, D.(1993). Composition and nutritional quality of quinoa. Cereal Chem. 63: 471-475.
- ✘ Real Academia Española - DRAE. (2001). Diccionario de la lengua española. 22º Ed. España.
- ✘ Repo-Carrasco, R. (1991). Contenido de aminoácidos en algunos granos andinos. En: Avances en Alimentos y Nutrición Humana. Universidad Nacional Agraria La Molina. Publicación 01/91
- ✘ Repo-Carrasco, R. (1998). Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y Granos Andinos. Edit. Agraria. p.115
- ✘ Reyes Morales, Hermila (1996). Métodos afectivos – pruebas con consumidores. Guatemala, RIEPSA (Red Iberoamericana de Evaluación de Propiedades Sensoriales de los Alimentos).
- ✘ Romero Rivera R. (1995). Cultivos Andinos en el Perú. Investigaciones y perspectivas de su desarrollo. CONCYTEC. Ministerio de Agricultura. Editorial Minerva. P.185. Perú.
- ✘ Ronquillo R. (2012). Estudio del Efecto de la Adición de la Enzima Alfa Amilasa en un Pan Tipo Muffin, elaborado con diferentes tipos de Harina de Trigo. [Tesis para licenciatura]. Facultad de Ciencia e Ingeniería En Alimentos Carrera de Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- ✘ Ruales, J. y Fair, B. (1994). Nutritional quality of the proteins in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) Plant Foods for Human Nutrition. 42: 1-11.

- ✘ Ruiz Camacho, Rubén (1981). Cultivo del Trigo y la Cebada. Bogotá: Temas de Orientación Agropecuaria.
- ✘ Saravia Caracé. (2014). La Cantidad y la Calidad: El resultado de un buen negocio se define por la calidad del producto y también por la cantidad que producimos. Revista Panadería y Pastelería Peruana. Edición N° 160. Págs. 24-25. Lima-Perú.
- ✘ See, E.F., Wan Nadiah, W.A. y Noor Aziah, A.A. (2007). Physico-Chemical and Sensory Evaluation of Breads Supplemented with Pumpkin Flour. Food Technology Division, School of Industrial Technology, Universiti Sains Malaysia.
- ✘ Simmons, Amelia. (1958). American Cookery. Oxford University Press.
- ✘ Singh R.P (1999) Scientific principles of shelf life evaluation. En: Shelf life evaluation of foods. Man CMD, Jones AA (eds) Aspen Publishers Inc. Gaithersburg, Maryland:3-26
- ✘ Tapia, Mario., et. al. La Quinoa y la kañiwua, Cultivos Andinos. Bogotá Colombia: Editora IICA 1979.
- ✘ Torres A., Hugo, Minaya, Ildauro. (1980).Escarificadora de quinoa, diseño y construcción. Lima-Perú:Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- ✘ Vallejo Cabrera F. & Estrada Salazar E. (2004). Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
- ✘ Villarroel, M.; Uquiche, E.; Brito, G. y Cancino, M. 2000. Optimización de formulaciones para productos dietéticos de pastelería. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 50.
- ✘ Yglesias Alva Lucy A. y Zumarán Alayo Olga R. (2013). Optimización de las propiedades físicas, nutritivas y sensoriales del pan elaborado con harina de espárrago, kiwicha y trigo. Revista "Ciencia y Tecnología", Escuela de Postgrado – UNT.
- ✘ Zolezzi Tizón Mariella. (2014). El boom de los cupcakes: Una tendencia del Mercado. Revista Panadería y Pastelería Peruana. Edición N° 160. Págs. 24-25. Lima-Perú.

ANEXOS

ANEXO I: OBTENCIÓN DE HARINA

ANEXO 1.1: BALANCE DE MATERIA PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE ZAPALLO



ANEXO II: ANÁLISIS EN LAS HARINAS

ANEXO 2.1: CARACTERIZACIÓN QUÍMICO-PROXIMAL DE LAS HARINAS

ANEXO 2.1.1: Determinación de la humedad en las harinas

Procedimiento

- Agregar aproximadamente 5g de las muestras sobre la placa del equipo.
- Luego configurar el equipo a la temperatura de 115°C.
- Esperar un tiempo de 10 minutos y luego anotar los resultados arrojados por el equipo.

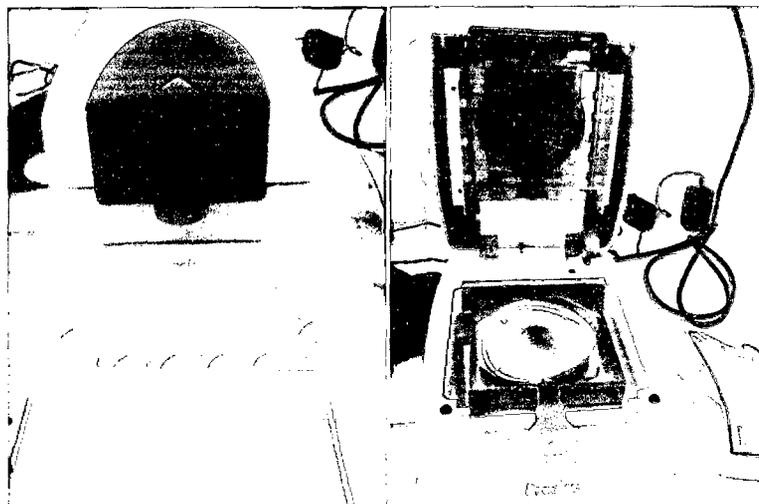


Figura A- 1: Determinación de la humedad en las harinas

ANEXO 2.1.2: Método de determinación de Grasa en las harinas

- Se pesan de 3 a 5g de muestra seca, empaquetándolo en papel filtro y se coloca en la cámara de extracción del equipo Soxhlet. Agregar hexano hasta una parte del mismo sea sifoneado hacia el balón (125ml).
- Seguidamente se conecta a la fuente de calor. Al calentarse el solvente se evapora y asciende a la parte superior del equipo, allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regreando posteriormente al balón por sifoneado arrastrando consigo el extracto etéreo. El ciclo es cerrado, la velocidad de goteo del hexano debe ser 45 a 60 gotas por minutos. El proceso dura de 2 a 4 horas dependiendo del contenido graso de la muestra y de la muestra en sí.
- El hexano se recibe en el balón previamente secado y tarado.
- Retirar el balón con el extracto etéreo cuando ya no contenga hexano. Evaporar el solvente permanente en el balón, con una estufa (30 minutos por 105°C), enfriar en una campana de desecación por un espacio de 30 minutos y pesar:

Cálculos:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(A_2 - A_1)}{m} \times 100$$

Donde:

A₂: peso del balón con el hexano etéreo (g)

A₁: peso del balón vacío (g)

m: Peso de la muestra (g)

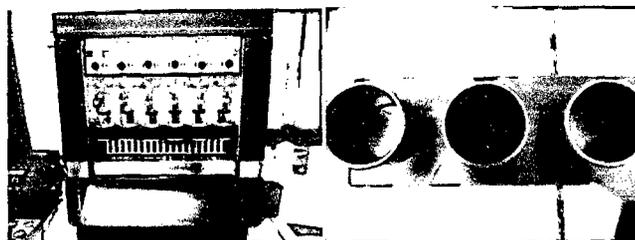


Figura A- 2: Determinación de la humedad en las harinas

ANEXO 2.1.3: Determinación de Fibra Bruta en las harinas

- Pesar aproximadamente 2g. de muestra libre de humedad y grasa.
- Transferir cuantitativamente a un matraz de 500ml y añadir algunas perlas de vidrio. Agregar 200ml de solución de H₂SO₄ (1,25%) hirviendo, colocarlo en una coccinilla y mantener la muestra en ebullición durante 30 minutos aproximadamente. Durante la ebullición el contenido del matraz debe mantenerse perfectamente mezclado. Transcurridos los 30 minutos, retirar el matraz de la coccinilla y filtrar la solución a través de un embudo Buchner. Una vez filtrada la solución, lavar el residuo del embudo con agua hirviendo, se debe lavar hasta que el agua salga a pH neutro.
- Transferir cuantitativamente el residuo del embudo al matraz y agregar 200ml de la solución de NaOH (1,25%) hirviendo, y proceder de igual manera como se hizo durante la digestión ácida. Después de los 30 minutos de digestión alcalina, retirar de la coccinilla y filtrar de igual forma que en la digestión ácida, lavando con agua hirviendo hasta que el agua salga a pH neutro.
- Lavar el residuo con etanol (95%) y transferir totalmente su contenido a un crisol de porcelana. Colocar el crisol de porcelana en una estufa a 130°C durante 2 horas, pasar la cápsula a un desecador y pesarla cuando se encuentre a temperatura ambiente.
- Poner la capsula de porcelana en una mufla y mantener a 600°C aproximadamente por 30 minutos (hasta la destrucción total de toda la materia orgánica).
- Una vez destruida la materia orgánica, colocar el crisol de porcelana en un desecador hasta alcanzar la temperatura de ambiente.
- Nota: El contenido de fibra cruda en el peso de muestra corresponde a la pérdida de peso después de la incineración.

Cálculo

$$\% \text{ Fibra Bruta} = (A - B)/m$$

Donde:

A: Peso del crisol con el residuo

B: Peso del crisol con el residuo calcinado

m: Peso de la muestra.

ANEXO 2.1.4: Determinación de Cenizas en las harinas

Objetivo

- Determinar el residuo inorgánico por el método de incineración directa.

Procedimiento

- Pesar un crisol, previamente en la mufla y enfriado en el desecador.
- Pesar en el crisol 1g. de muestra e incinerar en la cocinilla eléctrica hasta total carbonización.
- Colocar la muestra en la mufla y calcinar a 550-600°C por 3 a 5 horas, hasta cenizas blancas o blanco grisáceo.
- Retirar el crisol de la mufla y colocarlo en el desecador, enfriar 30 minutos a temperatura ambiente y pesar el residuo.

Cálculo

$$\%CENIZAS = \frac{P2 - P1}{m} \times 100$$

Donde:

P1: Masa de crisol vacío, en g.

P2: Masa del crisol más cenizas, en g.

M: Masa de la muestra, en g.

Referencias: AOAC, 7009, 14th Edition 1984.



Figura A- 3 Determinación de cenizas de las harinas

ANEXO 2.1.5: Determinación de Proteína en las harinas



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° 0249-14

SOLICITADO POR : XIOMARA BELTRÁN FERNANDEZ
GINA SAENZ VILCA.
DIRECCION : Urb. Los Cipreses P-28 Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : Nuevo Chimbote.
CANTIDAD DE MUESTRA : 08 muestras x 50g c/u
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Bolsa de polietileno transparente cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2014-01-22
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2014-01-22
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2014-01-22
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 000112-14

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS	
	Próteínas (%)	Factor
Harina de Zapallo	8,97	6,25
Harina de Quinua	12,03	
Harina de Trigo	11,02	

METODOLOGÍA EMPLEADA

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

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios 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, Enero 22 del 2014.

DVV/jms

Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 03
Fecha 2012-07-27

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 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO 2.2: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS EN LAS HARINAS

ANEXO 2.2.1: Medición de Colorimetría en las harinas

Procedimiento:

- Calibrar el colorímetro con el blanco.
- Determinar la luminosidad descrita por L^* . El color negro representa una luminosidad de 0 mientras que el blanco representa una luminosidad de 100. Los parámetros de a^* y b^* se utilizan para evaluar la cromacidad y el ángulo de tonalidad. Para el cálculo se utiliza las siguientes ecuaciones:

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

$$\text{Ángulo de tonalidad} = \arctg (b^*/a^*)$$

- Seleccionar el espacio de color en el cual se va realizar la lectura.
- Tomar una muestra y colocarlo en Colorímetro.
- Realizar 3 lecturas de la muestra.
- Limpiar el objetivo del colorímetro después de realizada cada una de las lecturas.
- Anotar los valores de los parámetros L^* , a^* , b^* .

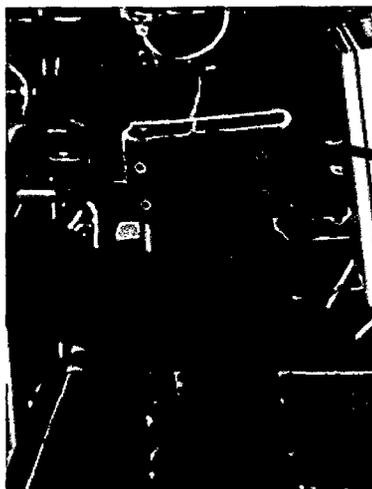


Figura A- 4 Medición del color en las harinas

ANEXO III: CÓMPUTO QUÍMICO

ANEXO 3.1: MÉTODO PARA HALLAR EL AMINOGRAMA TEÓRICO DE LAS 14 FORMULACIONES

$$S_x = \frac{(T)(\%MT) + (Q)(\%MQ) + (Z)(\%MZ)}{F}$$

S_x = Score Químico de cada Aminoácido presente en la Mezcla(x)

(T) = Aminoácido del Trigo presente en la Mezcla(x)

(%MT) = Porcentaje de participación del Trigo en la Mezcla(x)

(Q) = Aminoácido de la Quinua presente en la Mezcla(x)

(%MQ) = Porcentaje de participación de la Quinua en la Mezcla(x)

(Z) = Aminoácido del Zapallo presente en la Mezcla(x)

(%MZ) = Porcentaje de participación del Zapallo en la Mezcla(x)

F = Aminoácido patrón de la FAO de la Mezcla(x)

Tabla A - 1: Perfil de aminoácidos de las harinas de trigo, quinua y zapallo

Aminoácidos esenciales	Composición de aminoácidos (mg/g proteína)			FAO (mg/ g proteína)
	Trigo	Quinua	Zapallo	
Isoleucina	35	53	36.36	31
Leucina	71	63	54.55	61
Lisina	31	64	50.00	48
Metionina + Cisteina	43	28	22.73	24
Fenilalanina + Tirosina	80	72	40.91	41
Treonina	31	44	22.73	25
Triptófano	12	9	13.64	6.6
Valina	47	48	36.36	40

Fuente: FAO/OMS/UNU, 2007 - Categoría Escolar y Adolescentes (3-18 AÑOS)

Tabla A - 2: Score Químico de las harinas de trigo, quinua y zapallo

Aminoácidos esenciales	Composición Químico		
	Trigo	Quinua	Zapallo
Isoleucina	116.67	176.67	121.20
Leucina	120.34	106.78	92.46
Lisina	68.89	142.22	111.11
Metionina + Cisteina	195.45	127.27	103.32
Fenilalanina + Tirosina	210.53	189.47	107.66
Treonina	134.78	191.30	98.83
Triptófano	200.00	150.00	227.33
Valina	120.51	123.08	93.23

Tabla A - 3: Perfil de Aminoácidos de las mezclas de harina de trigo, harina de quinua y harina de zapallo

Aminoácidos esenciales		AAE DE LAS MEZCLAS														
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	Mezcla Óptima
Isoleucina		36.29	36.36	36.66	36.61	36.57	36.61	36.01	36.06	37.19	37.77	37.21	35.97	37.17	36.10	36.42
Leucina		69.37	68.55	68.41	68.96	69.51	68.96	69.23	68.68	68.97	68.98	68.70	69.78	69.24	68.13	69.58
Lisina		34.47	35.42	35.97	35.33	34.70	35.33	34.23	34.87	36.12	36.90	36.43	33.60	35.80	35.50	34.43
Metionina + Cisteina		40.65	39.64	39.39	40.06	40.74	40.06	40.56	39.89	39.90	39.74	39.56	41.24	40.24	39.21	40.86
Fenilalanina + Tirosina		76.86	74.91	74.77	76.08	77.38	76.08	76.34	75.04	76.46	76.85	75.81	77.65	77.11	73.74	77.44
Treonina		31.32	30.90	31.12	31.39	31.67	31.39	30.96	30.69	31.97	32.54	31.83	31.24	32.10	30.41	31.56
Triptófano		11.91	11.99	11.94	11.89	11.83	11.89	11.99	12.04	11.76	11.63	11.79	11.93	11.73	12.10	11.86
Valina		46.36	45.83	45.84	46.20	46.55	46.20	46.16	45.81	46.41	46.62	46.23	46.52	46.58	45.45	46.54
Proteína (g/100g de harina)	Mezcla	7.72	8.09	7.52	8.09	7.58	7.62	7.72	7.92	8.15	8.12	7.65	7.74	7.74	7.65	7.79
	H. Trigo	6.69	6.61	6.02	6.74	6.57	6.35	6.69	6.60	6.66	6.50	6.12	6.97	6.45	6.12	6.81
	H. Quinoa	0.51	0.54	0.63	0.67	0.63	0.63	0.39	0.40	0.95	1.22	0.89	0.39	0.90	0.38	0.59
	H. Zapallo	0.51	0.94	0.88	0.67	0.38	0.63	0.64	0.92	0.54	0.41	0.64	0.39	0.39	1.15	0.39

Tabla A - 4: Score químico de las mezclas de harina de trigo, harina de quinua y harina de zapallo

Aminoácidos esenciales	SCORE QUÍMICO DE LAS MEZCLAS														
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	Mezcla Óptima
Isoleucina	120.97	121.20	122.20	122.04	121.89	122.04	120.04	120.20	123.97	125.89	124.04	119.89	123.89	120.35	121.41
Leucina	117.58	116.18	115.96	116.88	117.82	116.88	117.34	116.41	116.90	116.91	116.43	118.27	117.36	115.48	117.92
Lisina	76.59	78.70	79.93	78.52	77.11	78.52	76.07	77.48	80.26	82.00	80.96	74.67	79.56	78.89	76.52
Metionina + Cisteina	184.77	180.16	179.02	182.09	185.17	182.09	184.37	181.30	181.36	180.62	179.82	187.44	182.89	178.23	185.72
Fenilalanina + Tirosina	202.27	197.12	196.77	200.20	203.63	200.20	200.90	197.47	201.21	202.23	199.50	204.33	202.93	194.04	203.80
Treonina	136.16	134.36	135.30	136.49	137.69	136.49	134.61	133.41	138.98	141.46	138.38	135.81	139.58	132.22	137.24
Triptófano	198.49	199.86	199.02	198.11	197.20	198.11	199.78	200.69	195.99	193.87	196.44	198.87	195.53	201.60	197.60
Valina	118.87	117.50	117.54	118.45	119.36	118.45	118.37	117.46	118.99	119.53	118.54	119.28	119.45	116.55	119.34

ANEXO IV: ELABORACIÓN DE LOS CUPCAKES

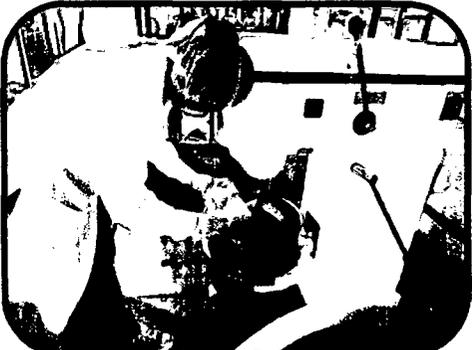
ANEXO 4.1: PROCEDIMIENTO ELABORACIÓN DE LOS CUPCAKES (FOTOGRAFÍAS)



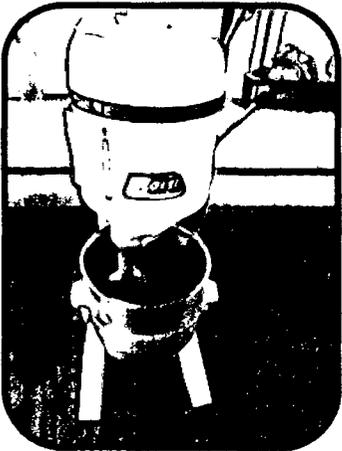
PESADO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS



Adición del azúcar



Adición de la margarina



CREMADO



Adición de los huevos



Adición del emulsionante



MEZCLADO 1



Adición de leche

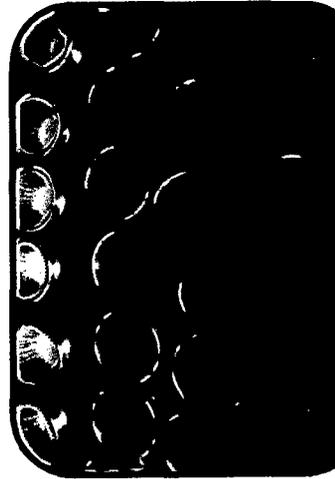


MEZCLADO 2



Adición de las harinas tamizadas + Antimoho + Polvo de hornear

MEZCLADO 3



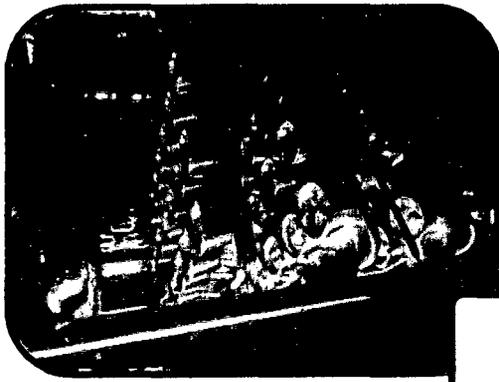
Puesta de pirotines en los moldes



MOLDEADO



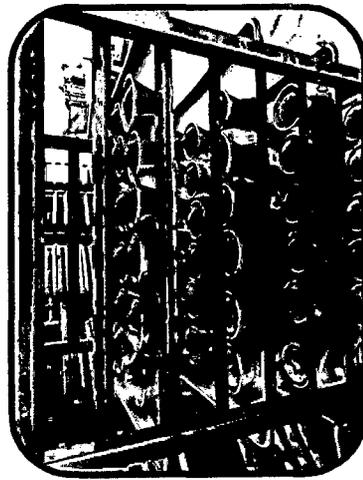
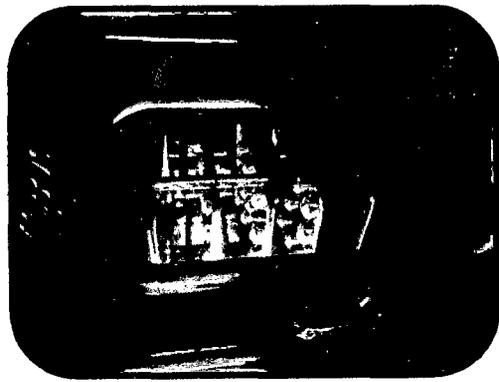
Dosificado en cada pirotin



HORNEADO



ENFRIADO





Envasado en tres diferentes empaques

ENVASADO



ALMACENADO

ANEXO V: ANÁLISIS DE LOS CUPCAKES

ANEXO 5.2: MEDICIÓN DE PROTEÍNA EN LOS CUPCAKES



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° 0249-14

SOLICITADO POR	: XIOMARA BELTRÁN FERNANDEZ
DIRECCION	: GINA SAENZ VILCA.
PRODUCTO DECLARADO	: Urb. Los Cipreces P-28 Nuevo Chimbote.
CANTIDAD DE MUESTRA	: Nuevo Chimbote.
PRESENTACION DE LA MUESTRA	: 08 muestras x 50g c/u
FECHA DE RECEPCION	: Bolsa de polietileno transparente cerrada.
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2014-01-22
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO	: 2014-01-22
CONDICION DE LA MUESTRA	: 2014-01-22
ENSAYOS REALIZADOS EN	: En buen estado.
CODIGO COLECBI	: Laboratorio Fisico Quimico.
	: SS 000112-14

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Proteínas (%) Factor 6,25
Cup Cake 1	7,72
Cup Cake 2	8,09
Cup Cake 3	7,52
Cup Cake 4	8,09
Cup Cake 5	7,58

METODOLOGIA EMPLEADA

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

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios 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, Enero 22 del 2014.

DVV/jms

Denís M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 03
Fecha 2012-07-27

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.



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° 0270-14

SOLICITADO POR : XIOMARA BELTRÁN FERNANDEZ
DIRECCIÓN : GINA SAENZ VILCA.
PRODUCTO DECLARADO : Nuevo Chimbote.
CANTIDAD DE MUESTRA : ABAJO INDICADOS.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : 05 muestras x 50g c/u
FECHA DE RECEPCIÓN : Bolsa de polietileno transparente cerrada.
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2014-01-23
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2014-01-23
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CODIGO COLECBI : SS 000124-14

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Proteínas (%) Factor
Cup Cake 6	6,25 7,62
Cup Cake 7	7,72
Cup Cake 8	7,98
Cup Cake 9	8,15
Cup Cake 10	8,12

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

NOTA :

- Muestra recepcionada en Laboratorios 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, Enero 23 del 2014.

DVV/jms

Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 03
Fecha 2012-07-27

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 | 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



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° 0281-14

SOLICITADO POR : XIOMARA BELTRÁN FERNANDEZ
DIRECCIÓN : GINA SAENZ VILCA.
PRODUCTO DECLARADO : Nuevo Chimbote.
CANTIDAD DE MUESTRA : ABAJO INDICADOS.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : 04 muestras x 50g c/u
FECHA DE RECEPCIÓN : Bolsa de polietileno transparente cerrada.
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2014-01-24
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2014-01-24
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CODIGO COLECBI : SS 000130-14

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Proteínas (%) Factor
Cup Cake 11	6,25
Cup Cake 12	7,65
Cup Cake 13	7,74
Cup Cake 14	7,74
Cup Cake 14	7,65

METODOLOGIA EMPLEADA

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

NOTA :

- Muestra recepcionada en Laboratorios 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, Enero 24 del 2014.

DVT/jms

Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 03
Fecha 2012-07-27

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

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO 5.2: EVALUACIÓN DEL SABOR Y TEXTURA DE LOS CUPCAKES

Anexo 5.2.1: Formato de la Evaluación Sensorial

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Frente a Ud. hay 5 muestras de Cupcakes. Pruebe cada muestra e indique el grado en que le gusta o le disgusta, de acuerdo a una escala del 1 al 5, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.

- 1:** Me disgusta mucho
- 2:** Me disgusta
- 3:** No me gusta ni me disgusta
- 4:** Me gusta
- 5:** Me gusta mucho

Código	Sabor	Textura
944		
421		
757		
132		
857		

Anexo 5.2.2: Resultados de la Evaluación Sensorial para Sabor y Textura

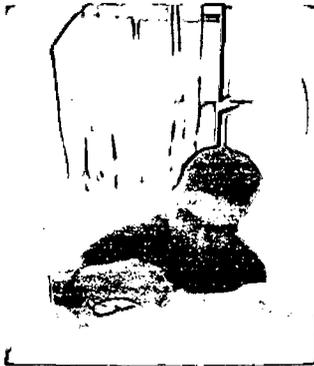
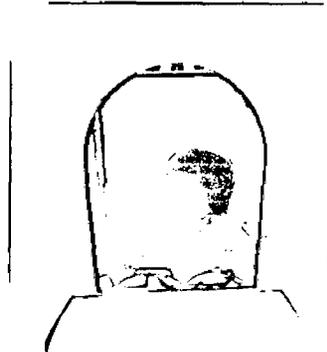
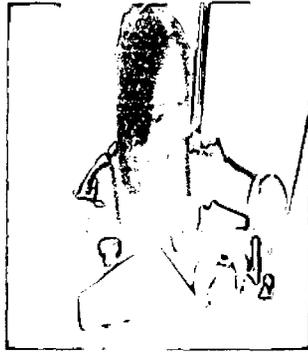
Tabla A - 5: Resultados del Análisis Sensorial de Sabor

PANELI STA	DÍA 1					DÍA 2					DÍA 3			
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14
P1	4	3	5	3	5	4	5	3	4	3	4	5	5	4
P2	4	5	4	3	4	5	5	3	4	3	4	4	5	4
P3	3	5	5	3	4	4	3	2	3	3	5	3	4	4
P4	4	4	5	4	4	5	4	2	4	3	5	4	5	4
P5	4	4	5	5	5	4	4	3	3	2	3	4	4	4
P6	2	3	4	4	4	5	3	3	4	3	4	4	4	4
P7	4	4	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4
P8	4	5	5	4	5	5	3	3	4	3	4	3	5	4
P9	3	4	4	5	3	5	4	3	3	3	4	4	4	4
P10	3	4	5	4	4	5	3	2	3	4	4	5	4	4
P11	4	3	5	5	5	5	4	3	3	3	4	4	5	5
P12	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	3	5	4	4
P13	2	3	5	4	5	4	4	3	3	3	4	5	5	5
P14	3	5	4	4	5	5	4	4	2	4	3	5	4	4
P15	2	3	4	4	4	5	5	3	4	3	5	4	4	4
P16	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	5	5
P17	5	2	3	3	4	4	5	3	4	3	5	5	5	5
P18	3	3	5	4	4	4	4	4	3	4	3	3	5	5
P19	2	3	4	3	4	3	4	2	3	3	4	4	4	4
P20	3	4	5	4	5	4	4	3	3	4	4	3	5	5
P21	3	3	4	4	4	5	3	4	3	3	4	4	4	5
P22	4	3	5	4	5	4	4	3	3	4	3	3	4	5
P23	3	3	5	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	5
P24	4	3	4	2	5	5	5	4	2	4	3	4	4	4
P25	3	4	5	3	5	4	4	3	3	4	4	4	4	5
P26	4	5	4	3	4	5	3	3	2	3	4	3	4	4
P27	4	3	4	4	5	3	4	3	3	3	4	3	4	4
P28	3	5	5	4	5	4	3	3	3	3	4	3	4	4
P29	2	5	4	4	5	5	4	4	3	3	4	4	5	5
P30	3	4	5	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4
Promedio	3.333	3.733	4.500	3.800	4.417	4.367	3.900	3.100	3.200	3.267	3.867	3.867	4.383	4.367

Tabla A - 6: Resultados del Análisis Sensorial de Textura

PANELI STA	DÍA 1					DÍA 2					DÍA 3			
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14
P1	4	4	4	5	4	3	5	4	5	4	4	5	4	5
P2	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5
P3	2	3	3	5	3	5	4	3	4	3	4	4	3	5
P4	4	4	3	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
P5	2	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	4
P6	4	3	3	4	5	3	4	3	4	3	4	4	5	5
P7	3	5	4	5	5	3	5	4	5	5	4	5	5	4
P8	4	5	5	5	3	4	5	5	5	5	4	4	3	4
P9	4	4	5	4	3	4	5	5	4	4	4	4	3	5
P10	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
P11	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	3	5	5	5
P12	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4
P13	4	4	3	5	4	4	4	3	3	4	3	3	4	5
P14	3	3	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4
P15	3	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5
P16	4	4	3	5	5	4	4	3	3	4	4	3	5	4
P17	4	2	3	4	5	4	5	3	4	3	4	4	5	4
P18	3	4	3	4	4	5	5	3	3	4	4	3	4	4
P19	4	4	3	5	4	3	5	3	4	4	4	4	4	5
P20	4	5	3	4	5	4	5	3	4	5	4	4	5	5
P21	4	3	3	5	5	5	5	3	4	4	4	4	5	5
P22	3	5	3	4	3	4	4	3	3	5	4	3	3	5
P23	4	4	3	5	4	4	5	3	5	4	4	5	4	4
P24	3	3	2	4	4	5	5	3	4	3	4	4	4	5
P25	4	4	2	5	3	4	5	2	4	4	4	4	3	4
P26	3	3	2	4	4	4	5	4	3	3	4	3	4	4
P27	4	2	3	4	4	4	5	3	4	2	4	4	4	4
P28	4	4	3	5	4	4	5	3	4	4	4	4	4	4
P29	3	4	2	5	3	4	5	2	4	4	4	4	3	5
P30	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	5
Promedio	3.592	3.938	3.405	4.612	4.025	3.973	4.715	3.495	4.058	3.998	3.922	4.453	4.042	4.495

Anexo 5.2.3: Fotografías del Análisis Sensorial



ANEXO VI: ANÁLISIS REOLÓGICOS DE LAS HARINAS: CONTROL Y MEZCLA ÓPTIMA

ANEXO 6.1: PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS AMILOGRÁFICO

Los métodos estándares para los test con el Amylograph están basados en una muestra con el 14% de Humedad. No obstante como la humedad de la muestra real puede apartarse ligeramente de este valor, es necesario medir el contenido de humedad de la muestra real para determinar el peso correcto de la muestra y la cantidad de agua para el test.

A partir de la humedad básica (menú "Options"- "Settings") y de la humedad real de la muestra, el software corrige automáticamente el peso de la muestra y la cantidad de agua a utilizar para el test.

- Preparación de la muestra de las mezclas de Harina de trigo + harina de quinua + harina de zapallo, según formulación, para una curva de gelatinización. (Volumen estándar 80gr.)

Se adiciona la mezcla en matraz Erlenmeyer 400ml de Agua destilada + 80gr de la mezcla de harina y se agita, aproximadamente 50 veces por 30 segundos, para que la suspensión quede perfectamente homogénea y sin grumos.

- Colocamos la muestra en el bol medidor del Amylograph.

- Hacemos Clic en el botón "Strat" en la ventana de parámetros para empezar el test.

- El sistema determina automáticamente la tara y en el monitor aparece "tare".

- Después de terminar la tara, el sistema pide que baje el cabezal medidor a su posición de operación.

- El control de T° primero calienta hasta la T° inicial prefijada (23.7 °C), tan pronto como se alcanza dicha T°, el control comienza a calentar con el índice de calentamiento prefijado hasta una T° final de 93 °C, que se mantiene durante 5 min.

- Después de iniciado el test, el monitor muestra un diagrama con dos ejes: x y y, donde se representa lo siguiente:

- Eje x superior: T° en °C.

- Eje x inferior: tiempo del test en (min).
- Eje y: viscosidad en AU (Unidades Amylograph).
- Durante el test, se registra el torque (viscosidad) y aparece on line.
- Cuando transcurre el tiempo del test, la transmisión de datos desde el Amylograph se detiene automáticamente. Con los parámetros estándar:
 - T° inicial: 30 °C.
 - Índice de calentamiento: 1.5 °C/min.
 - Tiempo total del test: 42 min + 5 min de tiempo de mantenimiento.

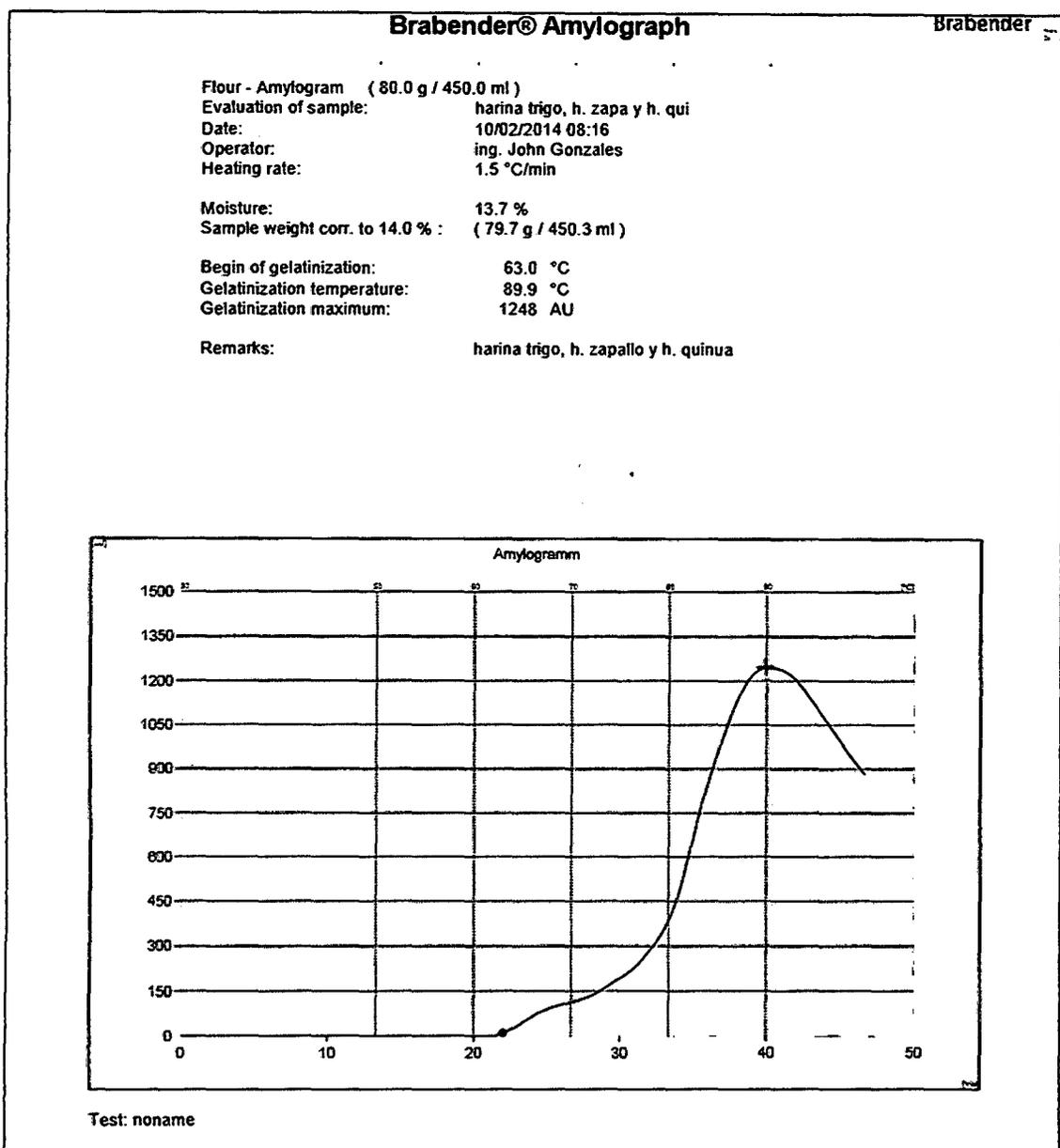


Figura A- 5: Reporte del Análisis Amilográfico para la Mezcla Óptima

ANEXO 6.2: PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS FARINOGRÁFICO

Según método brabender para la determinación farinográfica se requiere de 300 gr de harina o mezcla de harinas.

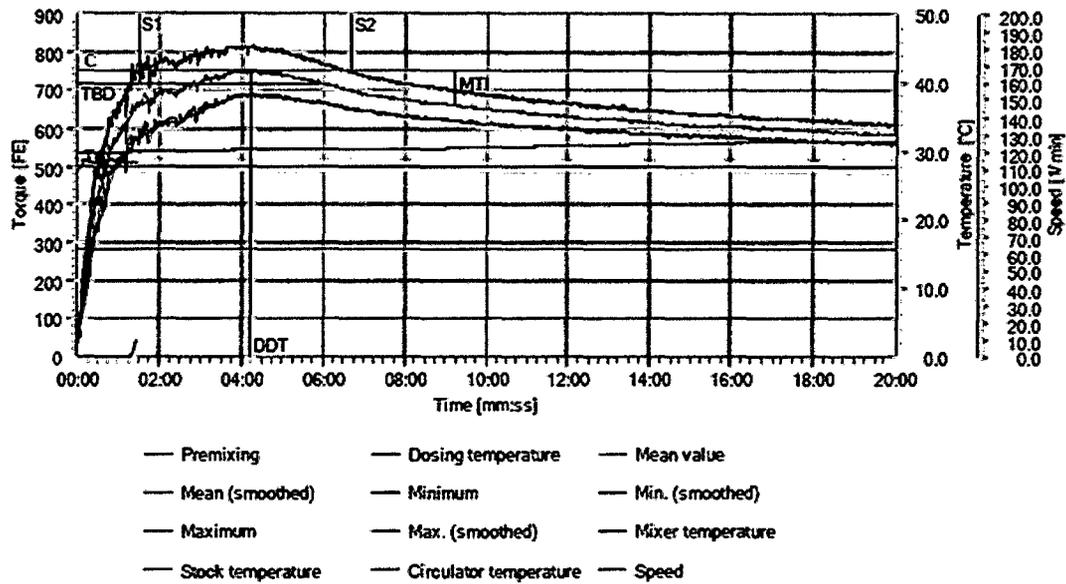
- Según el método “Brabender” para la determinación farinográfica se requiere de 300 gr de harina o mezcla de harinas, en este caso de las mezclas de harina de trigo + harina de quinua + harina de zapallo, según formulación.
- El equipo consta de un mixer donde se le agrega los 300 gr de Mezcla (harina de trigo + harina de quinua + harina de zapallo).
- Se agrega agua destilada al tanque reservorio del equipo para su homogenizado a 30 °C que exige el método.
- Calibración de la balanza interna del equipo.
- El sistema del equipo nos pide como punto de referencia el porcentaje de humedad de la harina, una vez ingresado el dato procedemos a realizar el análisis donde el equipo calculará el porcentaje de agua con respecto a la cantidad de harina para ser agregados al mixer, para la elaboración de la masa.
- Se agrega 300 gr de harina al mixer del farinógrafo.
- Se agrega 2% de NaCl (para que retenga agua y de elasticidad).
- La cantidad de agua se calculara con el valor del % de agua con respecto al % de humedad, en base a 300 gr de muestra.
- Mezclar por 5 min hasta obtener una masa uniforme.
- Se obtiene como resultado la construcción de farinograma, teniendo 3 curvas construidas:
 - Curva 1: límite superior
 - Curva 2: Promedio
 - Curva 3: límite inferior

Además:

Consistencia expresada en FE o U.

- ✓ % de absorción de Agua corregido.
- ✓ % de absorción de Agua con respecto a % de Humedad.

Order:		Date:	2/7/2014 10:56:33 AM
Code number:	mezcla	User:	Ing John Gonzales
Sample:	harina trigo, zapallo y quinua		
Method:	AACC 300	Speed:	63.0 1/min
Evaluation:	AACC	Measuring time:	20:00 mm:ss
Mixer:	300 g	Mixer info:	1925864
Sample weight:	299.0 g	Default moisture content:	14.0 %
Moisture content:	13.7 %	Default consistency:	500 FE
WA (given):	56.0 %	Min. consistency range:	480 FE
Additional liquid:	0.0 %	Max. consistency range:	520 FE
Remarks:	primer ensayo		



Evaluation			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	28.4	Dosing temperature
DDT	mm:ss	04:14	Development time
C	FE	748	Consistency
WZ	%	56.0	Water absorption
WAC	%	52.2	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	51.9	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	05:14	Stability
MTI	FE	88	Tolerance index (MTI)
FQN	mm	59	Farinograph quality number
D	FE	162	Drop-off
TBD	mm:ss	05:55	Time to breakdown

Figura A- 6: Farinograma de la Mezcla Óptima

ANEXO 6.3: PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS EXTENSOGRÁFICO

El método de medición con el extensograph – E, está determinado por estándares internacionales y nacionales (por ej. Estándar ICC N° 114/1, ISO 5530-2, estándar AACC N°54-10).

- La preparación de la muestra se realiza en el farinograph, del cual se obtiene la masa.
- De la masa obtenida se pesa 150 gr y se lleva al boleador del equipo.
- Según el método Brabender del Extensograph, nos pide analizar una muestra 3 veces a distintos tiempos: 30, 60 y 90 min.
- Levantamos la cubierta superior del homogenizador a bolas y colocamos una pieza de masa pesada en la caja guía de la masa del homogenizador a bolas.
- Retiramos la masa del homogenizador a bolas.
- Colocamos la bola de masa en la guía en el medio de la ranura de admisión del rodillo de la masa.
- Después de una pasada la masa sale por la parte de adelante del rodillo de la masa en forma de cilindro de forma pareja y queda depositada sobre la ranura delantera.
- Mientras que la masa es formada pasando por el rodillo de la masa, abrir una de las cámaras del gabinete de fermentación, tomar una bandeja de masa del soporte de bandejas y volver a cerrar el gabinete de fermentación.
- Colocar la bandeja de la masa sobre el soporte delante del rodillo de la masa.
- Presionar las grampas de la masa con los pasadores guía en las respectivas perforaciones. Al realizarlo los dientes de las grampas de la masa se hunden en la masa y los sostiene así en la bandeja de la masa.
- Abrimos el gabinete de fermentación y colocamos la bandeja de la masa con la masa sobre el soporte de la bandeja de la masa del gabinete de fermentación.

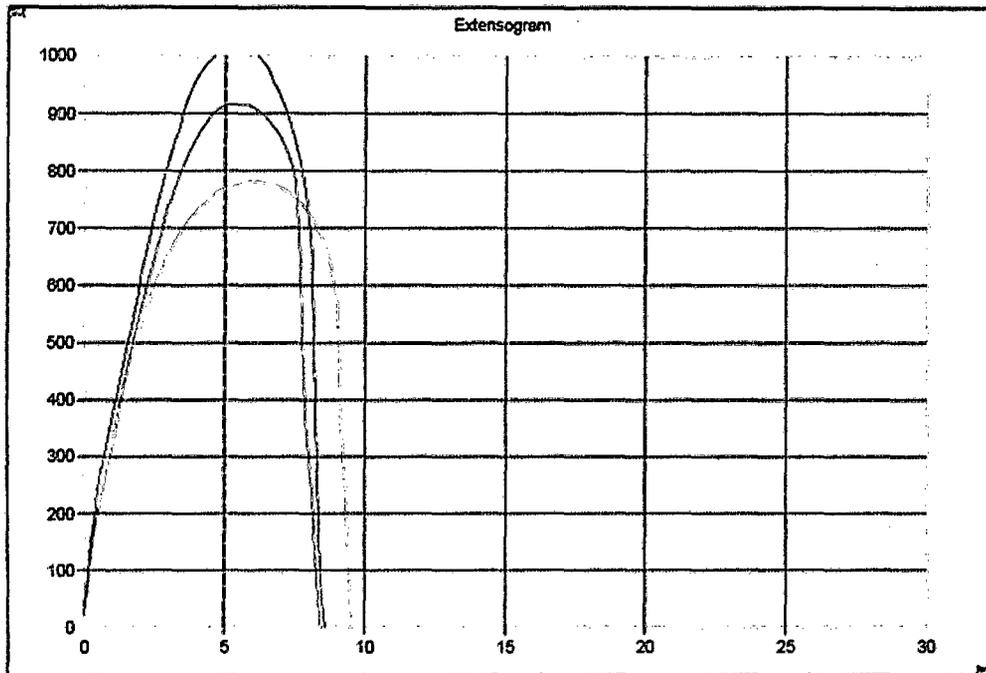
- Exactamente luego de transcurrido el tiempo de fermentación determinado retiramos la cámara del gabinete de fermentación la bandeja de la masa.
- Iniciamos la medición, ponemos en marcha el accionamiento para el dispositivo de extensión.
- Ahora la palanca de extensión baja a velocidad constante y estira el tramo de masa de la muestra hasta la rotura. La fuerza actuante en el Extensograma se consigna como función del tiempo.
- Después de la rotura de la masa, el gancho de extensión baja aún más hasta su posición final inferior y desde allí regresa automáticamente hacia su punto de partida.
- Repetimos el mismo procedimiento para los tiempos de 60 y 90 min.
- Los resultados son:
 - Resistencia de la extensión
 - Extensibilidad
 - Máximo

Evaluation of sample: harina de trigo, h. zapallo y h. de quinua
 Date: 10/02/2014
 Operator: ing. john gonzales

Test after 30/60/90 Minutes
 Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm ²]:	103	98	113
Resistance to Extension [BU]:	771	914	1016
Extensibility [mm]:	96	85	86
Maximum [BU]:	781	916	1021
Ratio Number:	8.0	10.8	11.8
Ratio Number (Max.):	8.1	10.8	11.9

Remarks: harina de trigo, h. zapallo y h. de quinua



Test: C:\Users\UNS-01\Desktop\gina y xiomara\harina de trigo, h. zapallo y h. de quinua.EXD

Figura A- 7: Extensograma de la Mezcla Óptima

ANEXO VII: ANÁLISIS EN EL CUPCAKE ÓPTIMO Y CONTROL

ANEXO 7.1: DETERMINACIÓN DEL % PROTEÍNA DEL 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° 0350-14

SOLICITADO POR : XIOMARA BELTRÁN FERNANDEZ
DIRECCION : GINA SAENZ VILCA.
PRODUCTO DECLARADO : Nuevo Chimbote.
CANTIDAD DE MUESTRA : ABAJO INDICADOS.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : 01 muestras x 50g
FECHA DE RECEPCIÓN : Bolsa de polietileno transparente cerrada.
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2014-01-31
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2014-01-31
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CODIGO COLECBI : SS 000170-14

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Proteínas (%) Factor
Cup Cake Control	6,25 7,23

METODOLOGÍA EMPLEADA

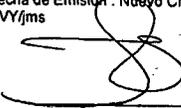
Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.

NOTA :

- Muestra recepcionada en Laboratorios 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, Enero 31 del 2014.

DVY/ms


Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 03
Fecha 2012-07-27

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO 7.2: % GRASA, FIBRA PARA EL CUPCAKE CONTROL Y ADEMÁS %PROTEÍNA PARA CUPCAKE ÓPTIMO



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

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

INFORME DE ENSAYO N° 0487-14

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : XIOMARA BELTRÁN FERNANDEZ
 DIRECCION : GINA SAENZ VILCA.
 PRODUCTO DECLARADO : Nuevo Chimbote.
 CANTIDAD DE MUESTRA : ABAJO INDICADOS.
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : 02 muestras x 50g c/u
 FECHA DE RECEPCIÓN : Bolsa de polietileno transparente cerrada.
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2014-02-14
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2014-02-14
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
 ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
 CODIGO COLECBI : SS 000240-14

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA	
	Cup Cake Control	Cup Cake Óptimo
Proteínas (%) Factor 6,25	-	7,89
Grasa (%)	16,06	15,53
Fibra (%)	0,30	1,21

METODOLOGÍA EMPLEADA

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

Grasa : UNE 64021 1970

Fibra : NMX-F-090-1978

NOTA :

- Muestra recepcionada en Laboratorios 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, Febrero 15 del 2014.

DVY/jms

Denis M. Vargas Yepéz
 Jefe de Laboratorio
 Físico Químico
 COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
 Rev. 03
 Fecha 2012-07-27

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

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

ANEXO 7.3: MÉTODO PARA DETERMINAR ACTIVIDAD DE AGUA EN EL CUPCAKE ÓPTIMO-CONTROL

Procedimiento

- Agregar aproximadamente 2-3 g de las muestras (molidas) sobre la cubeta del equipo.
- Colocar la cubeta dentro del equipo analizador de actividad de agua.
- Esperar unos minutos hasta que se han alcanzado las condiciones de estabilidad térmica requeridas. El tiempo necesario para que esto ocurra es muy variable, dependiendo del alimento a medir, el tiempo puede oscilar entre pocos minutos hasta más de 1 hora.
- Luego anotar los resultados arrojados por el equipo.

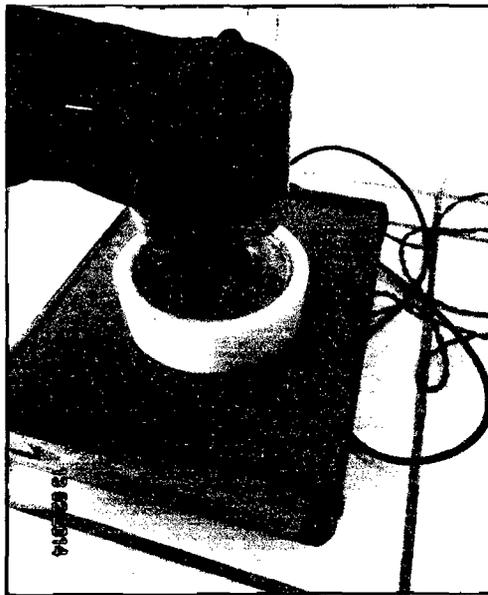


Figura A- 8: Determinación de la actividad de agua en el cupcake óptimo y el control

ANEXO 7.4: PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA EL CUPCAKE ÓPTIMO

Anexo 7.4.1: Procedimiento para el Análisis de Mohos y Levaduras en Placas Petrifilm 3m

- Se preparó la muestra (moler en un mortero las pastas alimenticias).
- Colocar 10 g. de la muestra en 90 ml de solución diluyente (agua pectonada al 0,1%) y homogenizar (movimientos rotatorios) para arrastre de posible microorganismos presentes (dilución 10^{-1}).
- Se colocó la placa petrifilm en una superficie plana y nivelada y se levantó la película superior.
- Con la pipeta perpendicular a la placa, se colocó por triplicado 1 ml de cada una de las diluciones en el centro de la película.
- Se dejó caer la película superior sobre la muestra, cuidando que no se formaran burbujas.
- Se colocó suavemente el dispersor plástico correspondiente sobre la lámina superior, cubriendo el inóculo.
- Se levantó el dispersor y se esperó aproximadamente dos minutos para que se solidifique el gel.
- Identificar la placa con todos los datos importantes (lote, fecha, hora, tipo de análisis).
- Incubar las placas a 35°C por 3 - 5 días.
- Posteriormente se realizó el recuento de mohos quienes se observan como colonias grandes, difusas y de color variable, mientras que las levaduras forman colonias pequeñas con borde definido y de color azul- verdoso.
- Se realizó el reporte en unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro, teniendo en cuenta el factor de dilución.

Anexo 7.4.2: Procedimiento para el análisis de Bacterias Aerobios Mesófilos en Placas Petrifilm 3m

- Se preparó la muestra (moler en un mortero las pastas alimenticias).
- Colocar 10 g. de la muestra en 90 ml de solución diluyente (agua pectonada al 0,1%) y homogenizar (movimientos rotatorios) para arrastre de posible microorganismos presentes (dilución 10^{-1}). Se colocó la placa petrifilm en una superficie plana y nivelada y se levantó la película superior.
- Con la pipeta perpendicular a la placa, se colocó por triplicado 1 ml de cada una de las diluciones en el centro de la película. Se dejó caer la película superior sobre la muestra, cuidando que no se formaran burbujas.
- Se colocó suavemente el dispersor plástico correspondiente sobre la lámina superior, cubriendo el inóculo.
- Se levantó el dispersor y se esperó aproximadamente dos minutos para que se solidifique el gel.
- Identificar la placa con todos los datos importantes (lote, fecha, hora, tipo de análisis).
- Incubar las placas a 35°C por 48 horas.
- Posteriormente se realizó el recuento de unidades formadoras de colonia que presentaron color rojizo.
- Se realizó el reporte en unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro, teniendo en cuenta el factor de dilución.



Figura A- 9: Análisis Microbiológico del Cupcake

ANEXO 7.5: DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL CUPCAKE ÓPTIMO

ANEXO 7.5.1: Método Cinética de Reacción para la predicción de la vida útil

ANEXO 7.5.1.1: Prueba de Ajustes de Regresión para cinéticas de reacción de distinto orden para el % Acidez

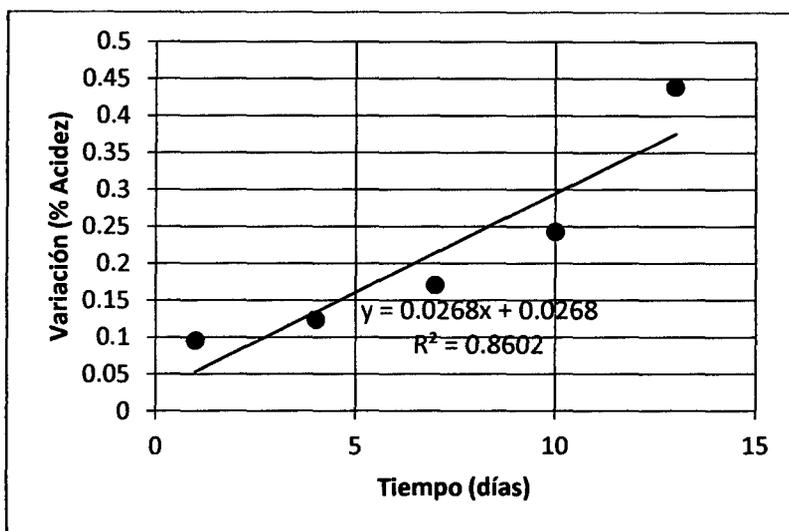


Figura A- 10: %Acidez en función al tiempo para reacción de orden cero

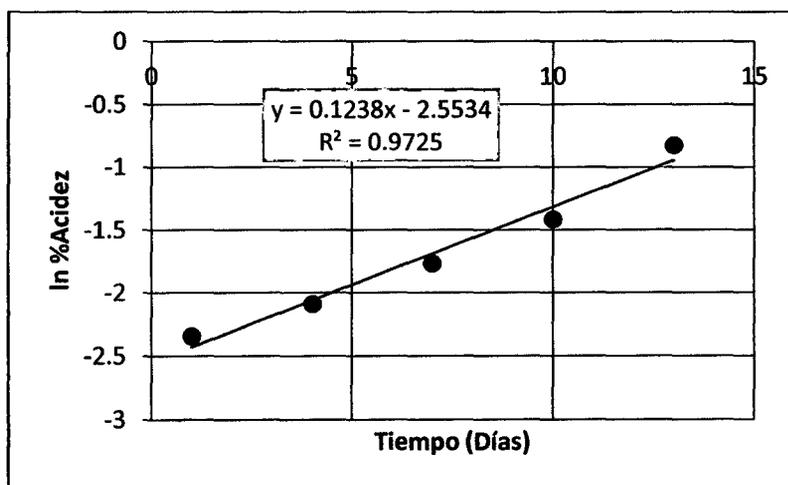


Figura A- 11: %Acidez en función al tiempo para reacción de primer orden

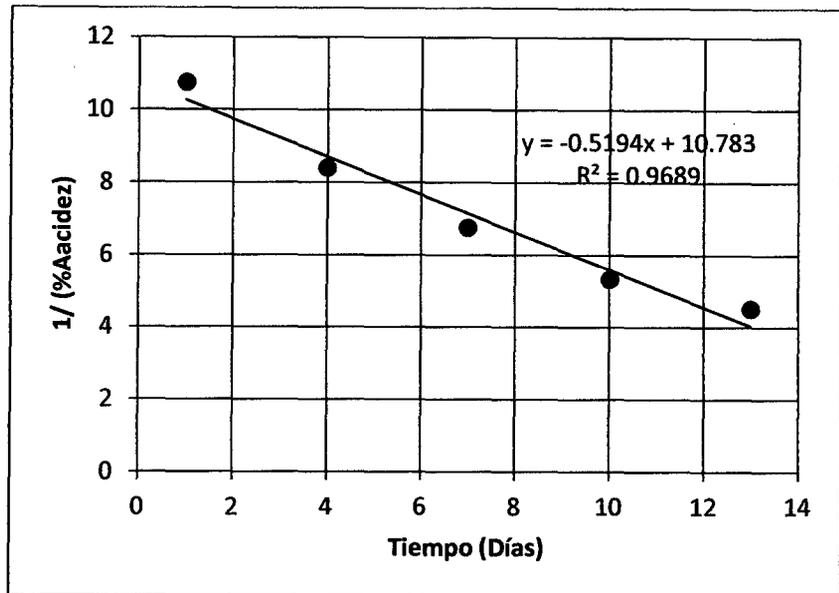


Figura A- 12: %Acidez en función al tiempo para reacción de segundo orden

Tabla A-7

Tabla A - 7: Cálculo del Cuadrado Medio del Error para la cinética de reacción del % de Acidez

TIEMPO	ACIDEZ	Ln(%Acidez)	Y*	(Y-Y*)	(Y-Y*) ²
1	0.096	-2.3434071	-2.4296	0.08619291	0.00742922
4	0.124	-2.0874737	-2.0582	-0.0292737	0.00085695
7	0.171	-1.7660917	-1.6868	-0.0792917	0.00628718
10	0.243	-1.4146938	-1.3154	-0.0992938	0.00985927
13	0.439	-0.8232559	-0.944	0.12074413	0.01457915
Sse					3.90E-02

Tabla A - 8: Límites de Confianza para la cinética de reacción del % de Acidez

TIEMPO	ACIDEZ	Y*	LCI	LCS
1	0.096	-2.4296	-2.8740624	-1.9851376
4	0.124	-2.0582	-2.3724824	-1.7439176
7	0.171	-1.6868	-1.8709023	-1.5026977
10	0.243	-1.3154	-1.6296824	-1.0011176
13	0.439	-0.944	-1.3884624	-0.4995376

**ANEXO 7.5.1.2: Prueba de Ajustes de Regresión para
cinéticas de reacción de distinto orden para el %
Acidez**

**Tabla A - 9: Cálculo del Cuadrado Medio del Error para la
cinética de reacción para el Recuento de Mohos y Levaduras**

TIEMPO	Recuento	Ln(UFC/g)	Y*	(Y-Y*)	(Y-Y*)²
4	10	2.303	1.84258541	0.45999968	0.21159971
7	10	2.303	2.54214309	-0.239558	0.05738804
10	20	2.996	3.24170078	-0.2459685	0.06050051
13	40	3.689	3.94125846	-0.252379	0.06369516
17	130	4.868	4.87400204	-0.0064676	4.183E-05
20	350	5.858	5.57355973	0.28437343	0.08086825
				Sse	4.74E-01

**Tabla A - 10: Límites de Confianza para la cinética de
reacción del Recuento de Mohos y Levaduras.**

TIEMPO	RECUENTO	Y*	LCI	LCS
4	10	1.84258541	0.38565059	2.39834941
7	10	2.54214309	1.42924599	2.98615401
10	20	3.24170078	2.4728414	3.5739586
13	40	3.94125846	3.08235032	4.59584968
17	130	4.87400204	3.86608978	5.98731022
20	350	5.57355973	4.45389437	7.03090563

ANEXO 7.5.2: Ficha del análisis sensorial

Pruebe las muestras de cupcakes y responda con Sí o No, la siguiente pregunta:

¿Ud. normalmente consumiría este producto?

Código Muestra	Respuesta
ABC12341	
ABC35260	
ABC45961	
ABC52360	
ABC69821	
ABC39648	

Muchas Gracias!

Tabla A - 11: Resultados de la Evaluación Sensorial para las muestras a distintos días de almacenamiento

Panelista	DÍAS						
	1	4	7	10	11	12	13
1	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
2	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
3	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
4	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
5	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
6	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
7	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
8	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
9	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
10	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
11	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
12	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
13	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
14	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
15	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
16	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
17	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
18	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
19	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
20	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
21	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
22	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
23	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
24	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
25	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
26	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
27	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
28	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
29	Sí	Sí	No	No	No	No	No
30	Sí	Sí	No	No	No	No	No
RECHAZOS (%)	0.000	0.000	6.667	20.000	50.000	60.000	66.667
ACEPTACIÓN (%)	100.000	100.000	93.333	80.000	50.000	40.000	33.333

Anexo7.5.3: Determinación del Intervalo de confianza

Para una significancia del 95% se calcula el intervalo de confianza para la inferencia del valor medio dando como resultado que:

$$11.34 \leq 11.7 \leq 12.006$$

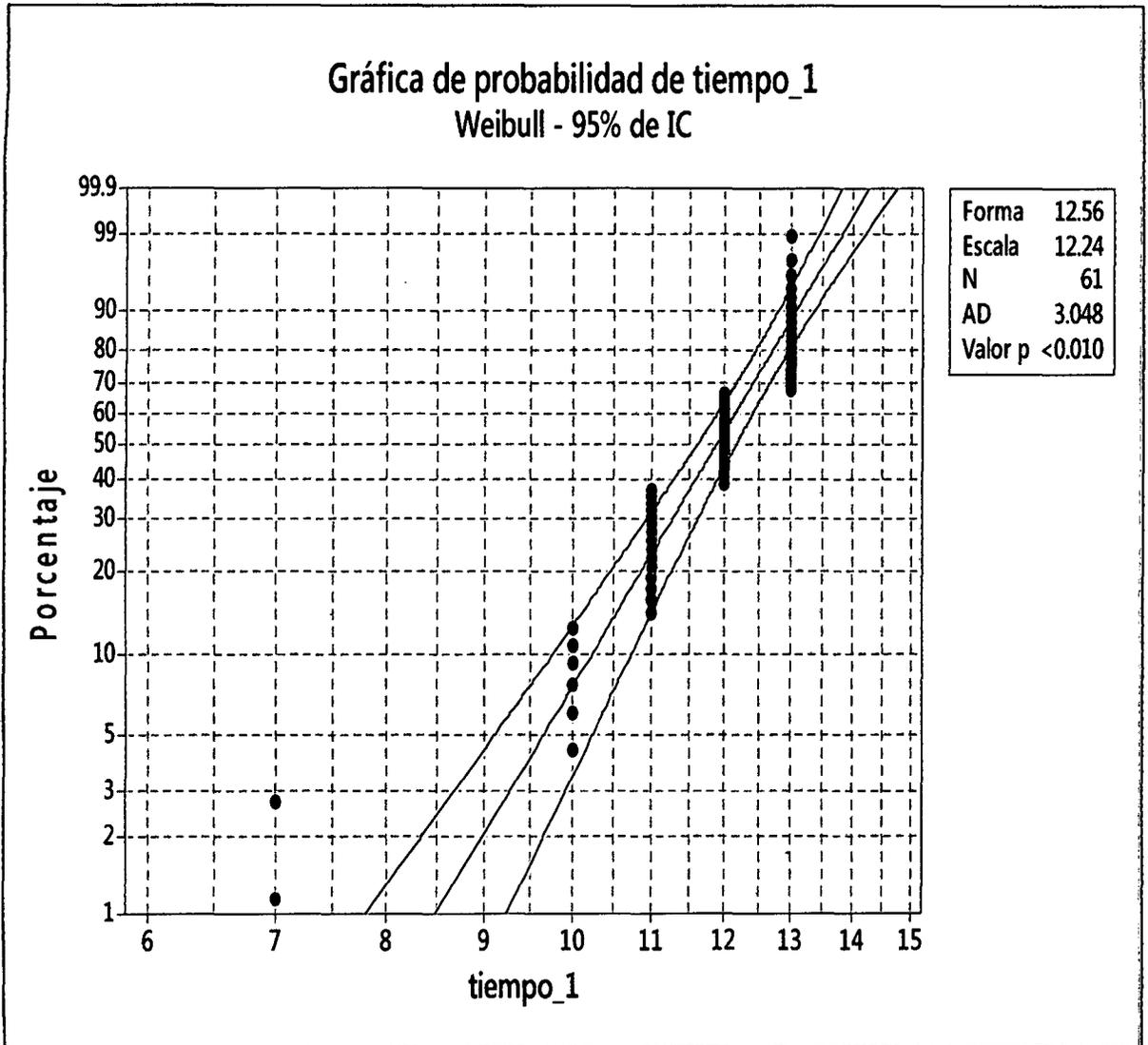


Figura A- 13: Gráfica de Probabilidad de tiempo-Weibull

Tabla A - 12: Datos de la Linearización de la Distribución de Weibull

K	T	h(t)	H(t)	lnH(t)	ln(t)
61	7	1.639	1.639	-4.1109	1.9459
60	7	1.667	3.306	-3.4094	1.9459
59	10	1.695	5.001	-2.9955	2.3026
58	10	1.724	6.725	-2.6993	2.3026
57	10	1.754	8.479	-2.4675	2.3026
56	10	1.786	10.265	-2.2764	2.3026
55	10	1.818	12.083	-2.1133	2.3026
54	10	1.852	13.935	-1.9708	2.3026
53	11	1.887	15.822	-1.8438	2.3979
52	11	1.923	17.745	-1.7291	2.3979
51	11	1.961	19.706	-1.6243	2.3979
50	11	2.000	21.706	-1.5276	2.3979
49	11	2.041	23.747	-1.4377	2.3979
48	11	2.083	25.830	-1.3536	2.3979
47	11	2.128	27.958	-1.2745	2.3979
46	11	2.174	30.132	-1.1996	2.3979
45	11	2.222	32.354	-1.1284	2.3979
44	11	2.273	34.627	-1.0606	2.3979
43	11	2.326	36.952	-0.9955	2.3979
42	11	2.381	39.333	-0.9331	2.3979
41	11	2.439	41.772	-0.8729	2.3979
40	11	2.500	44.272	-0.8148	2.3979
39	11	2.564	46.836	-0.7585	2.3979
38	12	2.632	49.468	-0.7038	2.4849
37	12	2.703	52.170	-0.6507	2.4849
36	12	2.778	54.948	-0.5988	2.4849
35	12	2.857	57.805	-0.5481	2.4849
34	12	2.941	60.747	-0.4985	2.4849
33	12	3.030	63.777	-0.4498	2.4849
32	12	3.125	66.902	-0.4019	2.4849
31	12	3.226	70.128	-0.3549	2.4849
30	12	3.333	73.461	-0.3084	2.4849
29	12	3.448	76.909	-0.2625	2.4849
28	12	3.571	80.481	-0.2172	2.4849
27	12	3.704	84.184	-0.1722	2.4849
26	12	3.846	88.031	-0.1275	2.4849

25	12	4.000	92.031	-0.0830	2.4849
24	12	4.167	96.197	-0.0388	2.4849
23	12	4.348	100.545	0.0054	2.4849
22	12	4.545	105.091	0.0497	2.4849
21	12	4.762	109.852	0.0940	2.4849
20	13	5.000	114.852	0.1385	2.5649
19	13	5.263	120.116	0.1833	2.5649
18	13	5.556	125.671	0.2285	2.5649
17	13	5.882	131.553	0.2742	2.5649
16	13	6.250	137.803	0.3207	2.5649
15	13	6.667	144.470	0.3679	2.5649
14	13	7.143	151.613	0.4162	2.5649
13	13	7.692	159.305	0.4657	2.5649
12	13	8.333	167.639	0.5166	2.5649
11	13	9.091	176.730	0.5695	2.5649
10	13	10.000	186.730	0.6245	2.5649
9	13	11.111	197.841	0.6823	2.5649
8	13	12.500	210.341	0.7436	2.5649
7	13	14.286	224.626	0.8093	2.5649
6	13	16.667	241.293	0.8808	2.5649
5	13	20.000	261.293	0.9605	2.5649
4	13	25.000	286.293	1.0518	2.5649
3	13	33.333	319.626	1.1620	2.5649
2	13	50.000	369.626	1.3073	2.5649
1	13	100.000	469.626	1.5468	2.5649

Tabla A - 13: Datos de la Prueba de Bondad de Ajuste

t	Frecuencia esperada	Frecuencia observada	Diferencia
7	0.0032	0.0163	0.0131
7	0.0032	0.0325	0.0293
10	0.1164	0.0488	0.0676
10	0.1164	0.0650	0.0514
10	0.1164	0.0813	0.0351
10	0.1164	0.0976	0.0189
10	0.1164	0.1138	0.0026
10	0.1164	0.1301	0.0137
11	0.2803	0.1463	0.1340
11	0.2803	0.1626	0.1177
11	0.2803	0.1789	0.1015
11	0.2803	0.1951	0.0852
11	0.2803	0.2114	0.0689
11	0.2803	0.2276	0.0527
11	0.2803	0.2439	0.0364
11	0.2803	0.2602	0.0202
11	0.2803	0.2764	0.0039
11	0.2803	0.2927	0.0124
11	0.2803	0.3089	0.0286
11	0.2803	0.3252	0.0449
11	0.2803	0.3415	0.0611
11	0.2803	0.3577	0.0774
11	0.2803	0.3740	0.0937
12	0.5520	0.3902	0.1618
12	0.5520	0.4065	0.1455
12	0.5520	0.4228	0.1293
12	0.5520	0.4390	0.1130
12	0.5520	0.4553	0.0967
12	0.5520	0.4715	0.0805
12	0.5520	0.4878	0.0642
12	0.5520	0.5040	0.0480
12	0.5520	0.5203	0.0317
12	0.5520	0.5366	0.0154
12	0.5520	0.5528	0.0008
12	0.5520	0.5691	0.0171
12	0.5520	0.5853	0.0333

12	0.5520	0.6016	0.0496
12	0.5520	0.6179	0.0659
12	0.5520	0.6341	0.0821
12	0.5520	0.6504	0.0984
12	0.5520	0.6666	0.1146
13	0.8388	0.6829	0.1559
13	0.8388	0.6992	0.1396
13	0.8388	0.7154	0.1234
13	0.8388	0.7317	0.1071
13	0.8388	0.7479	0.0908
13	0.8388	0.7642	0.0746
13	0.8388	0.7804	0.0583
13	0.8388	0.7967	0.0421
13	0.8388	0.8130	0.0258
13	0.8388	0.8292	0.0096
13	0.8388	0.8455	0.0067
13	0.8388	0.8617	0.0229
13	0.8388	0.8780	0.0392
13	0.8388	0.8942	0.0554
13	0.8388	0.9104	0.0717
13	0.8388	0.9267	0.0879
13	0.8388	0.9429	0.1041
13	0.8388	0.9591	0.1203
13	0.8388	0.9752	0.1364
13	0.8388	0.9909	0.1521

Tabla A - 14: Tabla para la prueba de Kolmogorov-Smirnov

<i>n</i>	$\alpha = 20\%$	$\alpha = 10\%$	$\alpha = 5\%$	$\alpha = 2\%$	$\alpha = 1\%$
	0,	0,	0,	0,	0,
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,617
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,576
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,542
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,513
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,486
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,468
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,449
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,432
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,418
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,404
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,392
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,381
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,371
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,361
20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,352
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,344
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,337
23	0,216	0,247	0,275	0,307	0,330
24	0,212	0,242	0,269	0,301	0,323
25	0,208	0,238	0,264	0,295	0,317
26	0,204	0,233	0,259	0,290	0,311
27	0,200	0,229	0,254	0,284	0,305
28	0,197	0,225	0,250	0,279	0,300
29	0,193	0,221	0,246	0,275	0,295
30	0,190	0,218	0,242	0,270	0,290
35	0,177	0,202	0,224	0,251	0,269
40	0,165	0,189	0,210	0,235	0,252
45	0,156	0,179	0,198	0,222	0,238
50	0,148	0,170	0,188	0,211	0,226
55	0,142	0,162	0,180	0,201	0,216
60	0,136	0,155	0,172	0,193	0,207
65	0,131	0,149	0,166	0,185	0,199
70	0,126	0,144	0,160	0,179	0,192
75	0,122	0,139	0,154	0,173	0,185
80	0,118	0,135	0,150	0,167	0,179
85	0,114	0,131	0,145	0,162	0,174
90	0,111	0,127	0,141	0,158	0,169
95	0,108	0,124	0,137	0,154	0,165
100	0,106	0,121	0,134	0,150	0,161
Aproximación Para <i>n</i> grande	$1,07 / \sqrt{n}$	$1,22 / \sqrt{n}$	$1,36 / \sqrt{n}$	$1,52 / \sqrt{n}$	$1,63 / \sqrt{n}$

ANEXO VIII: OTROS ANÁLISIS REALIZADOS

ANEXO 8.1: DETERMINACIÓN DE LAS VISCOSIDADES DE LAS MASAS DE LAS 14 FORMULACIONES

Anexo 8.1.1: Procedimiento para el Análisis de Viscosidad de las masas

- Se preparó las 14 formulaciones, es decir se procedió a seguir los pasos para de la elaboración de los cupcakes hasta la etapa del Mezclado 3.
- Cada masa fue analizada individualmente, mediante el uso de un Viscosímetro de Cilindros Coaxiales Brookfield DV II, con un SPIN CC25 del Laboratorio de Operaciones Unitarias.
- Los resultados fueron procesados utilizando el programa Excel 2007.

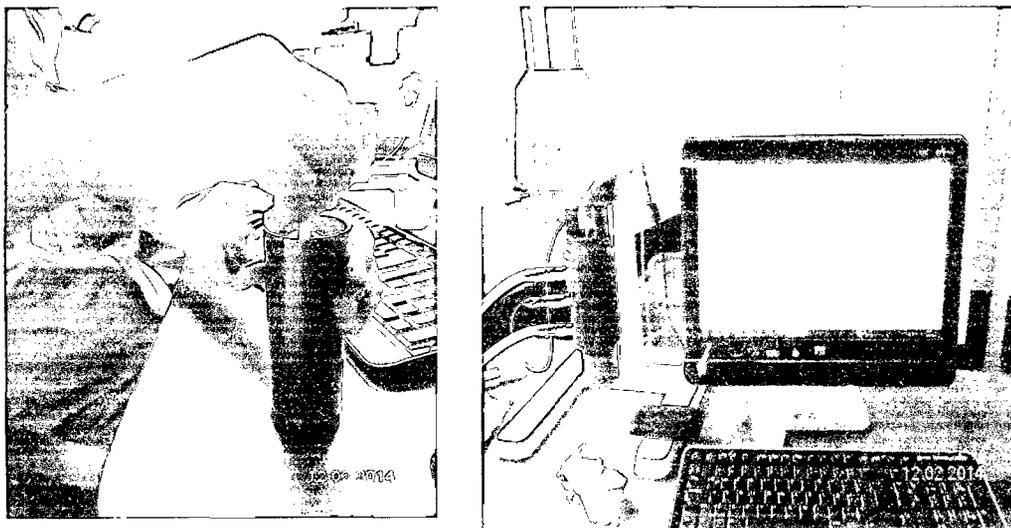


Figura A- 14: Análisis de Viscosidad de las masas

Anexo 8.1.2: Resultados para el Análisis de Viscosidad de las masas

El comportamiento de la viscosidad en las masas es un factor importante para controlar el volumen final de los productos de panadería, dado por el efecto en la incorporación de burbujas y aire a la masa. El rápido escape del aire en las masas de baja viscosidad puede resultar en una baja del volumen del producto final. Viscosidades altas ayudan a incorporar más aire en las masas y no permite que se escapen de la misma, dando una mayor estabilidad (Coello, 2010)

Se realizó un análisis de viscosidad para las masas (harinas + resto de insumos) de las 14 formulaciones mediante un VISCOSÍMETRO DE CILINDROS COAXIALES BROOKFIELD DV II utilizando para este caso un SPIN CC25; es así que en la Figura A-15 se observa el Diagrama de Viscosidad sobre el cual está graficado el Esfuerzo cortante medido en miliPascales frente al Ritmo cortante.

Tabla A - 15: Análisis de la viscosidad de las masas de cada una de las catorce formulaciones

Formulaciones	Viscosidad (Pa.seg)
F1	5.6881
F2	8.2517
F3	6.9762
F4	6.5841
F5	6.4658
F6	5.6424
F7	6.7468
F8	8.7330
F9	6.2006
F10	5.0617
F11	6.2918
F12	4.0207
F13	5.6032
F14	8.2854

Las masa de la formulación F8 (83.33% H. Trigo, 5% H. Quinoa, 11.67% H. Zapallo) fue la que requirió mayor esfuerzo cortante, mientras que la masa F12 (90% H. Trigo, 5% H. Quinoa, 5% H. Zapallo) fue todo lo contrario. Asimismo las masas F2 (81.67% H. Trigo, 6.67% H. Quinoa, 11.67% H. Zapallo) y F14 (80% H. Trigo, 5% H. Quinoa, 15% H. Zapallo) también presentaron una de las mayores resistencias al corte al igual que F8; éste parámetro se verá reflejado también en la Figura A-15.

DIAGRAMA DE VISCOSIDAD

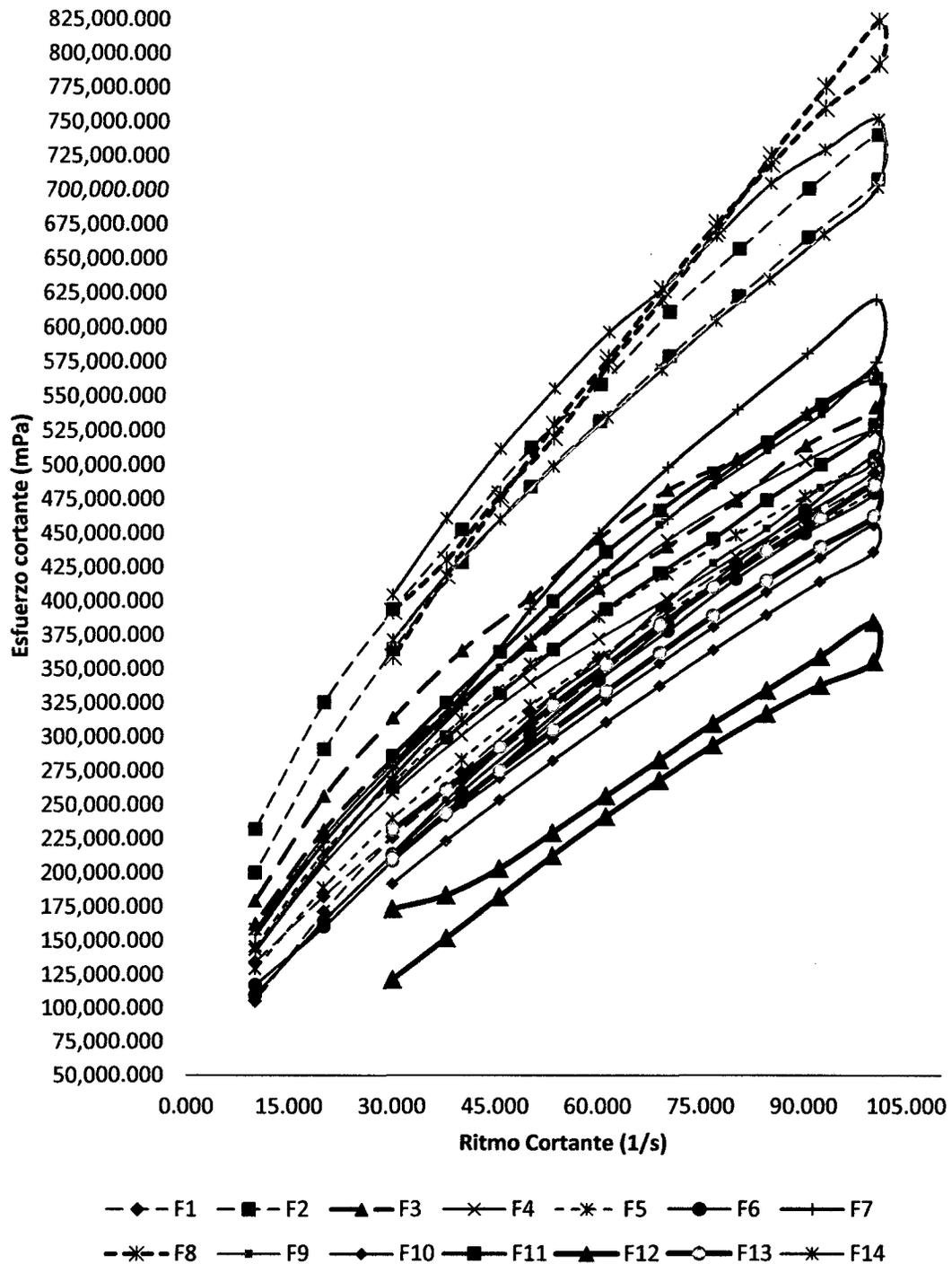


Figura A- 15: Análisis de la viscosidad de las masas de cada una de las catorce formulaciones

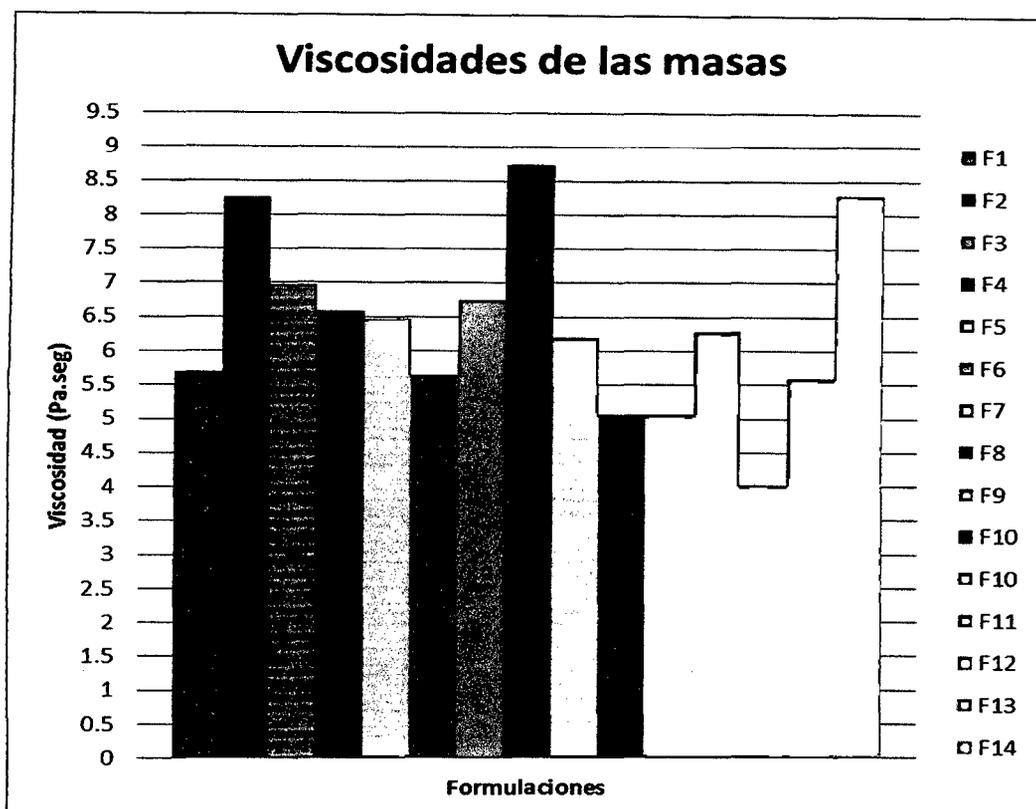


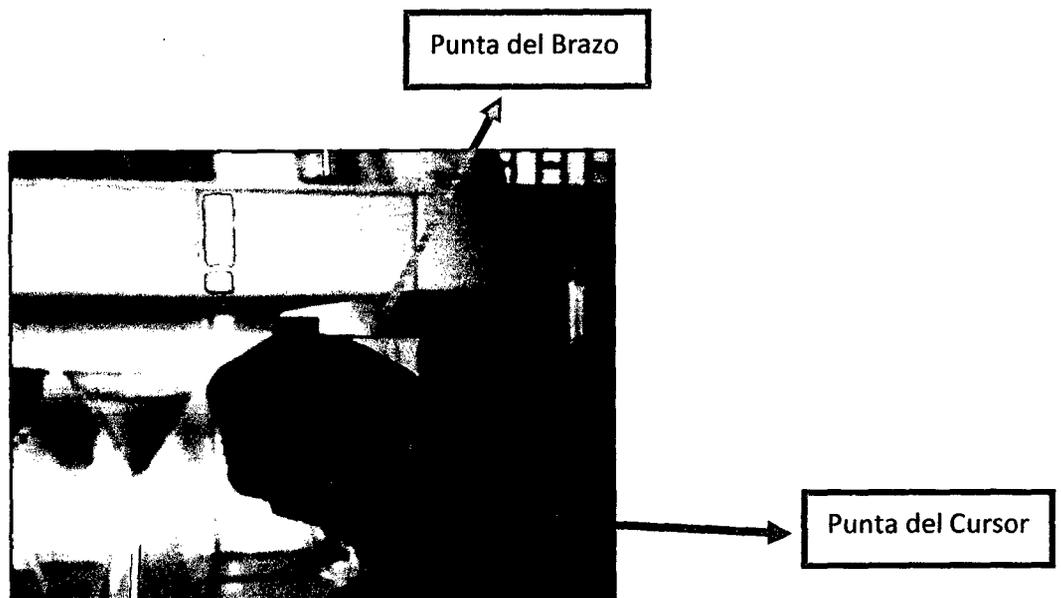
Tabla A - 16: Comparación de las viscosidades de las masas de cada una de las catorce formulaciones

En la figura A-16 se observa la comparación entre las viscosidades de las 14 masas, notándose inmediatamente que las masas F2 (81.67% H. Trigo, 6.67% H. Quinua, 11.67% H. Zapallo), F8 (83.33% H. Trigo, 5% H. Quinua, 11.67% H. Zapallo) y F14 (80% H. Trigo, 5% H. Quinua, 15% H. Zapallo) son las más viscosas reportando valores de 8.252, 8.733, 8.285 (Pa. seg.) respectivamente, mientras que F10 (80% H. Trigo, 15% H. Quinua, 5% H. Zapallo), F6 (83.33% H. Trigo, 8.33% H. Quinua, 8.33% H. Zapallo), F1 (86.67% H. Trigo, 6.67% H. Quinua, 6.67% H. Zapallo) y F12 (90% H. Trigo, 5% H. Quinua, 5% H. Zapallo) fueron las menos viscosas, reportando valores de 5.062, 5.642, 5.688, 4.021 (Pa. seg.) respectivamente. De lo cual se puede concluir que a medida que el porcentaje de trigo disminuía, es decir aumentaba la sustitución por harinas sucedáneas, la viscosidad aumentaba, notándose que se incrementaba sobre todo por la influencia de la harina de zapallo.

ANEXO 8.2: DETERMINACIÓN DE LAS ALTURAS Y VOLUMEN ESPECÍFICOS DE LOS CUPCAKES (14 MEZCLAS)

Anexo 8.2.1: Procedimiento para la medición de alturas

- Se procedió a medir la altura a cada uno de los cupcakes de las 14 formulaciones.
- Para ello se utilizó un calibrador vernier, el cual se posicionó en la cara de medición de exteriores (punta del brazo, punta del cursor), tal como se muestra en la figura adjunta, tomando los datos en pulgadas y mm, transformándolos luego a cm.
- La lectura se tomó por triplicado y para tres réplicas (3 cupcakes por cada mezcla), de la cual se sacó un promedio.



: Medición de la altura de los cupcakes

Anexo 8.2.2: Procedimiento para la determinación del volumen específico

- El cupcake es pesado.
- Se colocó el cupcake en un recipiente geométrico que contiene alpiste.
- Luego se procede a desplazar todas aquellas semillas que fueron desplazadas por el cupcake
- Mediante una probeta medimos la cantidad de volumen que ocupó el cupcake
- Este procedimiento se realiza por triplicado.

Cálculo:

$$\text{Volumen específico} = \frac{\text{Volumen del cupcake (ml)}}{\text{Masa(g)}}$$

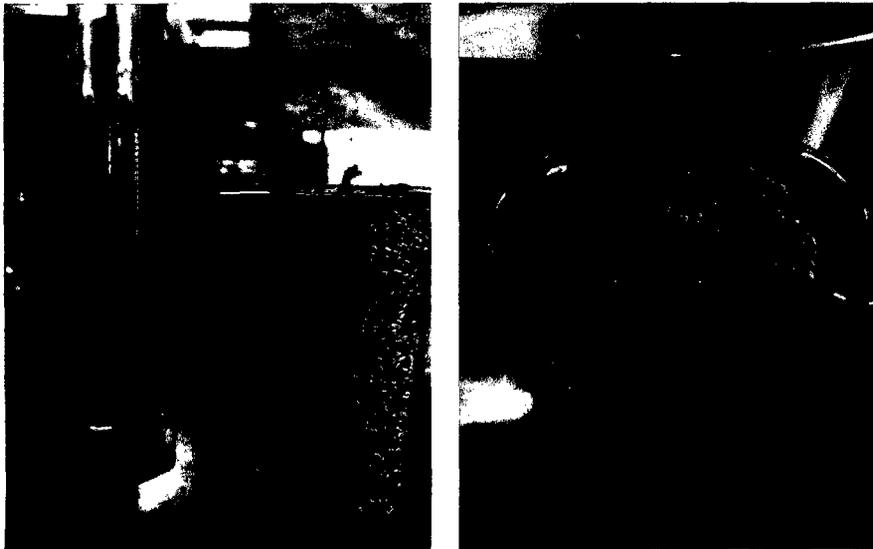


Figura A- 16: Determinación del Volumen Específico de los cupcakes

Anexo 8.2.4: Fotografías de los Cupcakes



Figura A- 17: Vista de los cupcakes de cada una de las catorce formulaciones

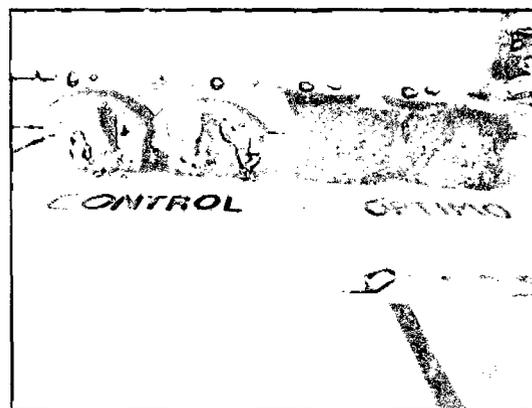
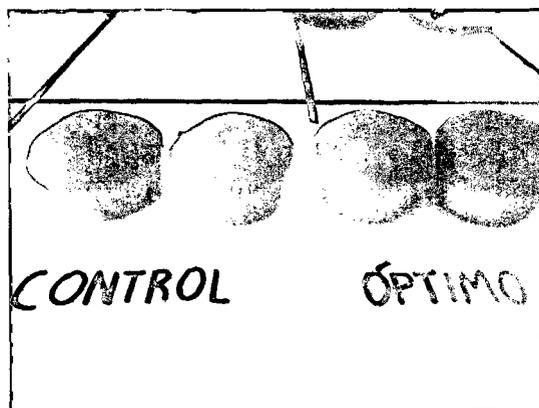


Figura A- 1819: Vista externa e interna de los cupcakes Control y Óptimo

ANEXO 8.3: DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DE LOS CUPCAKES (PARA LAS 14 MEZCLAS)

Anexo 8.3.1: Procedimiento del Análisis de Textura para los cupcakes

- Se colocó cada uno de los cupcakes (de las 14 mezclas de harinas) sobre el texturómetro Texture Analyzer del Laboratorio de Análisis y Composición de Alimentos
- Para ello se utilizó una probeta #2: TA 4/1000 Cilíndrico, 38.1 mm de diámetro y 20mm de Altura.
- Se procedió a tomar datos en tres réplicas (3 cupcakes por cada mezcla).
- La evaluación se realizó a través de varios días para observar la variación de la textura.

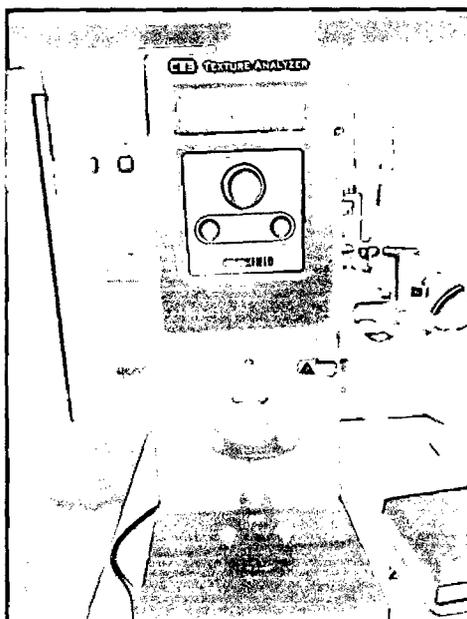


Figura A- 20: Medición de Textura de los Cupcakes

Anexo 8.3.2: Resultados de la determinación de la textura de los cupcakes (14 mezclas)

Tabla A - 17: Textura de los cupcakes de cada una de las 14 mezclas

TIEMPO (Días)	TEXTURA (mJ)		
	D 1	D 6	D 9
F1	137.98	185.97	186.85
F2	129.79	140.01	183.59
F3	110.58	129.32	153.89
F4	96.31	129.55	131.62
F5	151.51	239.77	245.24
F6	118.51	160.62	210.32
F7	100.76	153.73	160.65
F8	104.66	123.06	134.97
F9	121.16	167.58	213.96
F10	87.69	113.81	164.05
F11	135.44	186.02	207.61
F12	104.43	153.44	175.05
F13	93	113.74	170.95
F14	89.58	129.71	141.41

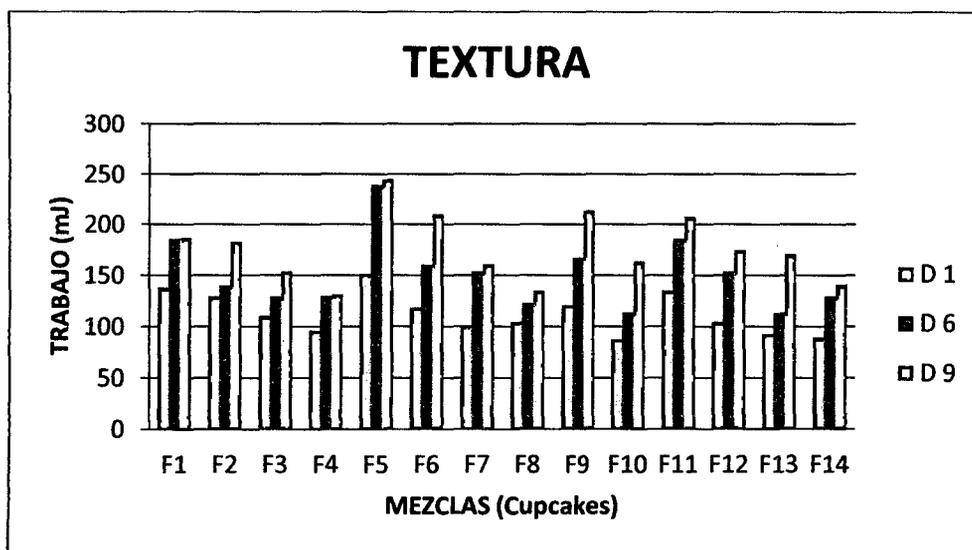


Figura A- 21: Textura de Los cupcakes de cada una de las 14 mezclas

Tabla A - 18: Análisis Comparativo de Textura Desarrollado con el Texturómetro y Sensorial

FORMULACION	TEXTURA	
	TEXTURÓMETRO	SENSORIAL
1	137.98	3.938
2	129.79	3.405
3	110.58	4.612
4	96.31	4.025
5	151.51	3.973
6	118.51	4.715
7	100.76	3.495
8	104.66	4.058
9	121.16	3.998
10	87.69	3.922
11	135.44	4.453
12	104.43	4.042
13	93	4.495
14	89.58	3.938

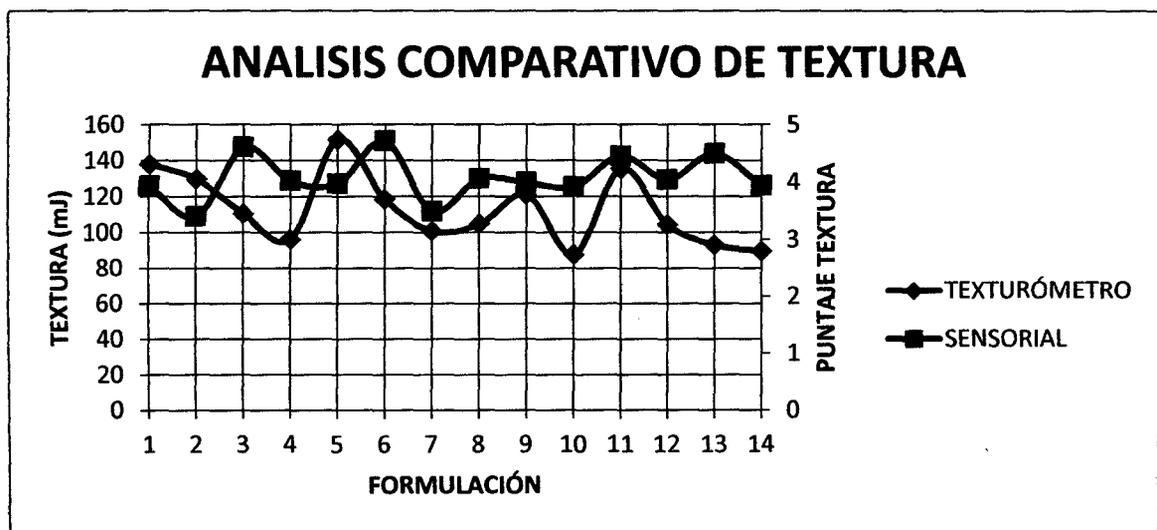


Figura A- 22: Análisis Comparativo de Textura Desarrollado con el Texturómetro y Sensorial