

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



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

**“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE  
HARINA DE TRIGO (TRITICUM AESTIVUM) POR  
HARINA DE KIWICHA (AMARANTHUS CAUDATUS) Y  
GRANO ENTERO DE CHÍA (SALVIA HISPANICA) EN  
LA ELABORACION DE CUPCAKES”.**

**PRESENTADO POR:**

Bach. FERNANDO MIGUEL GUZMAN COMESAÑA

Bach. GERSON ROBERTO LOPEZ QUESQUEN

**ASESOR:**

Dra. LUZ PAUCAR MENACHO

**Nuevo Chimbote, Perú 2015**

## **CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR DE TESIS**

Damos conformidad del presente estudio, desarrollado en el cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al reglamento general para obtener el título profesional en la UNS (Resolución N° 471-2002-CU-R-UNS) titulado:

**“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (TRITICUM AESTIVUM) POR HARINA DE KIWICHA (AMARANTHUS CAUDATUS) Y GRANO ENTERO DE CHÍA (SALVIA HISPANICA) EN LA ELABORACION DE CUPCAKES”**

Informe de trabajo de ingeniería para optar el título de Ingeniero Agroindustrial.

Presentado por:

- **Bach. FERNANDO MIGUEL GUZMAN COMESAÑA**
- **Bach. GERSON ROBERTO LOPEZ QUESQUEN**

---

**Dra. LUZ PAUCAR MENACHO**

**Asesor de Tesis**

## **CARTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR**

Damos conformidad del presente estudio, desarrollado en el cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al reglamento general para obtener el título profesional en la UNS (Resolución N° 471-2002-CU-R-UNS) titulado:

**“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (TRITICUM AESTIVUM) POR HARINA DE KIWICHA (AMARANTHUS CAUDATUS) Y GRANO ENTERO DE CHÍA (SALVIA HISPANICA) EN LA ELABORACION DE CUPCAKES”**

Informe de trabajo de ingeniería para optar el título de Ingeniero Agroindustrial.

Presentado por:

- **Bach. FERNANDO MIGUEL GUZMAN COMESAÑA**
- **Bach. GERSON ROBERTO LOPEZ QUESQUEN**

---

**Ing. VICENTE CARRANZA VARAS**

**Presidente**

---

**Ms. CÉSAR MORENO ROJO**

**Secretario**

---

**Dra. LUZ PAUCAR MENACHO**

**Integrante**

## DEDICATORIA

*A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado la vida para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*A mis padres Ana María y Reember, porque creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi vida.*

*A mis hermanos Juan Carlos y Luis, por su apoyo incondicional.*

*A mi Novia Marilyn por apoyarme en todo y darme ánimos para concluir esta tesis.*

*Gracias amigos, porque me dieron la oportunidad de escucharme y compartieron mis penas, alegrías y apoyarme incondicionalmente.*

**Fernando**

## DEDICATORIA

*A DIOS, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.*

*A mis Padres, por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una Excelente educación en el transcurso de mi vida.*

*A mi Abuela, que desde el cielo me guía y me da Sabiduría y enseñanzas para lograr todos los objetivos en mi vida.*

A mi Hermano, por ser ejemplo de hermano mayor, por sus consejos y enseñanzas para poder salir adelante.

**Gerson**

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro reconocimiento a las personas que han hecho posible la culminación de este proyecto de investigación:

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

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

## INDICE GENERAL

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN.....  | 15 |
| ABSTRACT.....   | 16 |
| I. INTRODUCCION.....  | 17 |
| II. REVISION BIBLIOGRAFICA.....                                   | 20 |
| 2.1. Generalidades de los Cupcakes.....                           | 20 |
| 2.1.1. Definición de Cupcake.....                                 | 20 |
| 2.1.2. Características de Calidad de los Cupcakes .....           | 21 |
| 2.2. El Trigo.....  | 23 |
| 2.2.1. Generalidades del trigo .....                              | 23 |
| 2.2.2. Clasificación General del Trigo.....                       | 24 |
| 2.2.3. Factores que determinan la calidad del grano de Trigo..... | 25 |
| 2.2.4. Harina de Trigo.....                                       | 27 |
| 2.2.4.1. Tipos de Harina .....                                    | 31 |
| 2.2.4.2. Principales Componentes de la Harina .....               | 32 |
| 2.2.4.3. Características de la Harina .....                       | 35 |
| 2.2.4.4. Sucedáneos del trigo.....                                | 36 |
| 2.3. La Kiwicha .....   | 41 |
| 2.3.1. Generalidades de la Kiwicha .....                          | 41 |
| 2.3.2. Valor Nutritivo .....                                      | 43 |
| 2.3.3. Harina de Kiwicha.....                                     | 47 |
| 2.3.3.1. Características.....                                     | 48 |
| 2.3.3.2. Beneficios .....   | 49 |
| 2.4. Grano entero de chía.....                                    | 50 |
| 2.4.1. Generalidades de la Chía.....                              | 50 |

|  |    |
|--|----|
| 2.4.2. Características.....  | 51 |
| 2.4.3. Cultivo .....   | 52 |
| 2.4.4. Propiedades .....   | 52 |
| 2.5. Insumos.....  | 54 |
| 2.5.1. Harina de trigo.....  | 54 |
| 2.5.2. Margarina .....   | 55 |
| 2.5.2.1. Influencia de la margarina en los cupcakes.....           | 55 |
| 2.5.3. Azúcar .....  | 55 |
| 2.5.3.1. Influencia del azúcar en la elaboración de cupcakes ..... | 56 |
| 2.5.4. Huevos .....  | 57 |
| 2.5.4.1. Influencia del huevo en la elaboración de cupcakes .....  | 58 |
| 2.5.5. Leche.....  | 59 |
| 2.5.5.1. Influencia de la leche en los cupcakes .....              | 59 |
| 2.5.6. Polvo de hornear .....                                      | 60 |
| 2.5.6.1. Composición química .....                                 | 60 |
| 2.5.6.2. Mecanismo de acción.....                                  | 61 |
| 2.5.6.3. Influencia del polvo de hornear en los cupcakes .....     | 61 |
| 2.5.7. Anti moho .....   | 62 |
| 2.5.7.1. Composición Química .....                                 | 62 |
| 2.5.7.2. Mecanismo de Acción .....                                 | 62 |
| 2.5.7.3. Influencia del anti moho en los cupcakes .....            | 62 |
| 2.5.8. Materiales de Embalaje .....                                | 63 |
| 2.5.8.1. Polietileno (PE).....                                     | 65 |
| 2.5.8.2. Polipropileno (PP).....                                   | 65 |
| 2.5.8.3. Polietilen Tereftalato (PET) .....                        | 66 |
| 2.6. Etapas en la Elaboración de Cupcakes.....                     | 68 |
| 2.6.1. Mezclado .....  | 68 |



|  |    |
|--|----|
| 2.6.2. Dosificado.....   | 69 |
| 2.6.3. Horneado.....   | 69 |
| 2.6.4. Empaquetado .....   | 70 |
| 2.6.5. Evaluación Sensorial .....                                    | 70 |
| 2.6.6. Conducción del panel.....                                     | 71 |
| 2.6.6.1. Métodos de escala hedónica .....                            | 72 |
| 2.7. Control de Calidad.....   | 73 |
| 2.7.1. Conceptos Fundamentales.....                                  | 73 |
| 2.7.1.1. Calidad .....   | 73 |
| 2.7.1.2. Control de Calidad.....                                     | 74 |
| 2.7.1.3. Requerimientos Básicos.....                                 | 75 |
| 2.7.1.4. Principales Defectos en los Productos de Panificación ..... | 76 |
| III. MATERIALES Y METODOS.....                                       | 86 |
| 3.1. Lugar de Ejecución.....   | 86 |
| 3.2. Materia Prima e Insumos.....                                    | 86 |
| 3.2.1. Materia Prima .....   | 86 |
| 3.2.2. Insumos.....  | 87 |
| 3.3. Equipos, Materiales y reactivos .....                           | 88 |
| 3.3.1. En la elaboración de cupcakes.....                            | 88 |
| 3.3.1.1. Equipos .....   | 88 |
| 3.3.1.2. Utensilios.....   | 88 |
| 3.3.2. Para la Evaluación Tecnológica de los cupcakes.....           | 88 |
| 3.3.2.1. Equipos .....   | 88 |
| 3.3.2.2. Materiales de Laboratorio.....                              | 90 |
| 3.3.2.3. Otros Materiales .....                                      | 91 |
| 3.3.2.4. Reactivos.....  | 91 |
| 3.4. Métodos.....  | 92 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.4.1. Caracterización de la Harina de Trigo, harina de Kiwicha y Grano entero de Chía..... | 92  |
| 3.4.2. Producción de Cupcakes.....  | 93  |
| 3.4.2.1. Formulación.....   | 93  |
| 3.4.2.2. Elaboración de los cupcakes.....   | 94  |
| 3.4.2.3. Evaluación de los cupcakes.....  | 95  |
| 3.4.2.4. Evaluación del cupcake con mayor preferencia.....                                  | 95  |
| 3.4.2.5. Procedimiento para la elaboración de los cupcakes.....                             | 95  |
| 3.4.2.6. Recepción de Materia Prima.....  | 95  |
| 3.4.2.7. Recepción de Insumos.....  | 96  |
| 3.4.3. Evaluación de la calidad de los cupcakes.....  | 103 |
| 3.4.3.4. Análisis sensorial.....  | 103 |
| 3.4.3.5. Análisis estadístico.....  | 103 |
| 3.4.3.6. Evaluación de la mejor formulación de cupcake.....                                 | 104 |
| 3.4.3.7. Vida útil del cupcake.....   | 106 |
| 3.4.3.7. Computo químico.....   | 107 |
| 3.4.3.8. Diseño Experimental.....   | 108 |
| 3.4.3.9. Análisis estadístico.....  | 108 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....   | 112 |
| 4.1. Análisis de Harinas.....   | 112 |
| 4.2.1. Caracterización Químico Proximal.....  | 112 |
| 4.2.1.1 Harina de Trigo.....  | 112 |
| 4.2.1.2 Harina de Kiwicha.....  | 113 |
| 4.2.1.3 Grano entero de Chía.....   | 114 |
| 4.2.2. Análisis Físicoquímico de las materias primas.....                                   | 115 |
| 4.2.1.1 Colorimetría de las Harinas de Trigo y de Kiwicha, y del grano entero de Chía.....  | 115 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.3. Computo Químico.....  | 117 |
| 4.4. Evaluación del Aminoácido Lisina en los Cupcakes.....                                       | 119 |
| 4.6. Análisis Sensorial .....  | 127 |
| 4.6.1. Sabor sensorial.....  | 127 |
| 4.6.2. Textura sensorial.....  | 134 |
| 4.6.3. Aroma sensorial.....  | 141 |
| 4.6.4. Color sensorial.....  | 148 |
| 4.7. Caracterización químico-proximal del Cupcake de mayor<br>aceptabilidad .....                | 153 |
| 4.8. Caracterización físico química del Cupcake de mayor<br>aceptabilidad .....                  | 157 |
| 4.8.1. Humedad.....  | 157 |
| 4.8.1.1. Prueba DE T Student para la variable respuesta humedad ...                              | 159 |
| 4.8.1.2. Diferencias significativas en los días de almacenamiento para<br>la formulación 4 ..... | 162 |
| 4.8.2. Acidez y pH .....   | 164 |
| 4.8.2.1. Prueba de T Student para la Variable respuesta Acidez .....                             | 166 |
| 4.8.2.2. Diferencias significativas en los días de almacenamiento para la<br>formulación 4.....  | 169 |
| 4.8.2.3. Prueba de T Student para la Variable Respuesta Ph .....                                 | 171 |
| 4.8.2.4. Diferencias significativas en los días de almacenamiento para la<br>formulación 4.....  | 173 |
| 4.8.3. Textura .....   | 175 |
| 4.8.3.1. Prueba de T Student para la variable respuesta textura .....                            | 178 |
| 4.8.3.2. Diferencias significativas en los días de almacenamiento para la<br>formulación 4.....  | 181 |
| 4.8.4. Actividad de agua .....   | 183 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.8.4.1. Prueba de T Student para la Variable Respuesta Actividad de Agua.....                              | 186 |
| 4.8.4.2. Diferencias significativas en los días de almacenamiento para la formulación 4.....                | 189 |
| 4.8.5. Colorimetría de la miga y la corteza .....   | 191 |
| 4.8.5.1. Prueba de T Student para la Variable respuesta Luminosidad, Cromacidad y Angulo de Tonalidad ..... | 194 |
| 4.9. Vida útil del Cupcake.....   | 197 |
| 4.9.1. Método de Cinética de Reacción del % de Acidez .....   | 197 |
| V. CONCLUSIONES.....  | 201 |
| VI. RECOMENDACIONES.....  | 204 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....   | 205 |

## INDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1 Composición proximal de cupcake (por 100 g) .....  | 22  |
| Tabla 2 Composición de micronutrientes del cupcake (mg/100g).....  | 22  |
| Tabla 3 Principales Productores Mundiales de Trigo (Ton/Año)<br>2006 – 2009.....   | 23  |
| Tabla 4 Composición Porcentual de la Harina de trigo .....   | 29  |
| Tabla 5 Proteínas de la harina .....   | 34  |
| Tabla 6 Principales Sucedáneos del Trigo en nuestro país .....   | 37  |
| Tabla 7 Composición Químico proximal de Sucedáneos del trigo. Sustitución<br>parcial en panes, fideos y galletas .....   | 39  |
| Tabla 8 Comparación de la Kiwicha con otros granos (por 100 gr.) .....   | 45  |
| Tabla 9 Clasificación científica de la Chía.....   | 51  |
| Tabla 10 Composición química de la Chía.....   | 53  |
| Tabla 11 Permeabilidad y propiedades químicas de las películas<br>de envasado .....  | 64  |
| Tabla 12 Formulación control utilizada para la elaboración de cupcakes ....  | 94  |
| Tabla 13 Niveles de las variables independientes del delineamiento<br>experimental (DCCR) 2 <sup>2</sup> , incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3<br>repeticiones en el punto central ..... | 109 |
| Tabla 14 Valores codificados y valores reales del Diseño Central<br>Compuesto Rotacional 2 <sup>2</sup> .....  | 110 |
| Tabla 15 : Composición de materias primas para cada formulación del<br>DCCR 2 <sup>2</sup> .....   | 111 |
| Tabla 16 Composición químico proximal de la Harina de Trigo en 100 g de<br>Harina .....  | 112 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 17 Composición químico proximal de la Harina de Kiwicha en 100 g de Harina .....                                | 113 |
| Tabla 18 Composición químico proximal del Grano entero de Chía en 100 g de Harina .....                               | 114 |
| Tabla 19 Colorimetría de las Harinas de Trigo, Kiwicha y el Grano entero de Chía .....                                | 115 |
| Tabla 20 Cómputo Químico de los ensayos del planeamiento experimental .....   | 117 |
| Tabla 21 Valores de Lisina de los cupcakes .....  | 119 |
| Tabla 22 Coeficientes de regresión para el aminoácido Lisina correspondiente al Cómputo químico de los cupcakes ..... | 121 |
| Tabla 23 Análisis de varianza para la respuesta Lisina de los cupcakes...   | 124 |
| Tabla 24 Sabor sensorial de los cupcakes.....   | 127 |
| Tabla 25 Coeficientes de regresión para el Sabor sensorial de los cupcakes .....                                      | 128 |
| Tabla 26 Análisis de varianza para la respuesta Sabor de los cupcakes ..  | 130 |
| Tabla 27 Textura sensorial de los cupcakes.....   | 134 |
| Tabla 28 Coeficientes de regresión para la textura sensorial de los cupcakes .....                                    | 136 |
| Tabla 29 Análisis de varianza para la respuesta Sabor de los cupcakes ..  | 138 |
| Tabla 30 Aroma sensorial de los cupcakes.....   | 141 |
| Tabla 31 Coeficientes de regresión para el aroma sensorial de los cupcakes .....                                      | 143 |
| Tabla 32 Análisis de varianza para la respuesta Sabor de los cupcakes ..  | 145 |
| Tabla 33 Color sensorial de los cupcakes.....   | 148 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 34 Coeficientes de regresión para el color sensorial de los cupcakes .....  | 152 |
| Tabla 35 Composición porcentual (%) del Cupcake control y el de mayor aceptabilidad.....  | 153 |
| Tabla 36 : Porcentaje de humedad del cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C) .....          | 157 |
| Tabla 37 Humedades obtenidas para el control y formulación 4 durante 14 días de almacenamiento de los cupcakes .....  | 160 |
| Tabla 38 Cuadro resumen de significancia para la humedad entre el control y la formulación 4 durante los 14 días de almacenamiento .....                        | 161 |
| Tabla 39 Determinación de la desviación estándar en la humedad de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento .....                       | 162 |
| Tabla 40 Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para la humedad de formulación 4 .....  | 163 |
| Tabla 41 Variación del % de Acidez y pH de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)..... | 164 |
| Tabla 42 Valores de acidez obtenidos para el control y formulación 4 durante 14 días de almacenamiento de los cupcakes .....                                    | 167 |
| Tabla 43 Cuadro resumen de significancia para la acidez entre el control y la formulación 4 durante los 14 días de almacenamiento .....                         | 168 |
| Tabla 44 Determinación de la desviación estándar en de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento .....                                  | 169 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 45 Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para la acidez de formulación 4 .....   | 170 |
| Tabla 46 Valores de pH obtenidos para el control y formulación 4 durante 14 días de almacenamiento de los cupcakes .....  | 171 |
| Tabla 47 Cuadro resumen de significancia para el pH entre el control y la formulación 4 durante los 14 días de almacenamiento .....                             | 172 |
| Tabla 48 Determinación de la desviación estándar en de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento .....                                  | 173 |
| Tabla 49 Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para el pH de formulación 4.....  | 174 |
| Tabla 50 Variación de la textura de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C) .....       | 175 |
| Tabla 51 Valores de textura obtenidos para el control y formulación 4 durante 14 días de almacenamiento de los cupcakes .....                                   | 179 |
| Tabla 52 Cuadro resumen de significancia para la textura entre el control y la formulación 4 durante los 14 días de almacenamiento .....                        | 180 |
| Tabla 53 Determinación de la desviación estándar en la textura de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento .....                       | 181 |
| Tabla 54 Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para la textura de formulación 4 .....  | 182 |
| Tabla 55 Variación de Actividad de agua de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)..... | 183 |



|  |     |
|--|-----|
| Tabla 56 Valores de textura obtenidos para el control y formulación 4 durante 14 días de almacenamiento de los cupcakes .....                      | 187 |
| Tabla 57 Cuadro resumen de significancia para la actividad de agua entre el control y la formulación 4 durante los 14 días de almacenamiento ..... | 188 |
| Tabla 58 Determinación de la desviación estándar en la textura de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento .....          | 189 |
| Tabla 59 Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para el textura de formulación 4 .....                                   | 190 |
| Tabla 60 Colorimetría de la corteza del cupcake de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C) .....       | 191 |
| Tabla 61 Colorimetría de la Miga del cupcake de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C) .....          | 193 |
| Tabla 62 Determinación de la desviación estándar en la colorimetría de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento. ....     | 195 |
| Tabla 63 Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para la colorimetría de formulación 4.....                               | 196 |
| Tabla 64 Variación del % de Acidez del cupcake de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento .....                                      | 197 |
| Tabla 65 Regresión de los datos del porcentaje de Acidez de cupcake de mayor aceptabilidad para reacción de primer orden .....                     | 198 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1 Estructura del grano de trigo.....  | 28  |
| Figura 2 Granos de Kiwicha.....  | 42  |
| Figura 3 Planta de Kiwicha .....   | 42  |
| Figura 4 Porcentaje de proteínas de la Kiwicha (Amaranto) con respecto a otros cereales .....  | 46  |
| Figura 5 Porcentaje de Lisina de la Kiwicha con respecto a otros cereales .....  | 46  |
| Figura 6 Porcentaje de Lisina de la Kiwicha con respecto a la leche y cereales .....   | 47  |
| Figura 7 Planta de Chía .....  | 50  |
| Figura 8 Granos de Chía.....   | 50  |
| Figura 9 Pesado.....   | 97  |
| Figura 10 Cremado .....  | 97  |
| Figura 11 Mezclado 1 .....   | 98  |
| Figura 12 Mezclado 2 .....   | 98  |
| Figura 13 Mezclado 3 .....   | 99  |
| Figura 14 Moldeado .....   | 99  |
| Figura 15 Horneado .....   | 100 |
| Figura 16 Enfriado .....   | 100 |
| Figura 17 Almacenamiento .....   | 101 |
| Figura 18 Diagrama de flujo para la elaboración del Cupcake.....   | 102 |
| Figura 19 Probabilidad de significancia para el aminoácido Lisina correspondiente al Cómputo químico de los cupcakes .....                                       | 122 |
| Figura 20 Superficies de respuesta para la lisina de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%)..... | 125 |
| Figura 21 Gráfico de contorno para la lisina de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%) .....     | 126 |
| Figura 22 Probabilidad de significancia para el sabor sensorial de los cupcakes.....   | 129 |

Figura 23 Superficies de respuesta para el sabor de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y

Contenido de grano entera de chía (%).....132

Figura 24 Gráfico de contorno para el sabor sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%) ..... 133

Figura 25 Probabilidad de significancia para la textura sensorial de los cupcakes..... 137

Figura 26 Superficies de respuesta para la textura de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%). ..... 139

Figura 27 Superficies de respuesta para la textura de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%) ..... 140

Figura 28 Probabilidad de significancia para el aroma sensorial de los cupcakes..... 144

Figura 29 Superficies de respuesta para el aroma de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%) ..... 146

Figura 30 Superficies de respuesta para el aroma de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%) ..... 146

Figura 31 Superficies de respuesta para el aroma de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%) ..... 151

Figura 32 Variación del Porcentaje de humedad del cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)..... 158

Figura 33 Variación del % de Acidez y pH de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)..... 165

|  |     |
|--|-----|
| Figura 34 Variación de la textura de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C) .....       | 176 |
| Figura 35 Variación de Actividad de agua de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)..... | 184 |
| Figura 36 % Acidez en función al tiempo para la reacción de primer orden.....  | 198 |

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha y grano entero de chía en las propiedades fisicoquímicas, nutritivas y organolépticas en la elaboración de un producto de pastelería, denominado cupcake, que cumpla con los estándares de calidad, logrando así el diseño de un nuevo producto para el mercado mediante la utilización de harinas sucedáneas. Para cumplir con ello se partió de una formulación control constituida de: 34.2% harina de trigo, 20.5% de azúcar, 13.7% de huevos, 17.1% de margarina, 13.7% de leche, 0.7% de levadura química, 0.2% de emulsionante y 0.09% de Antimoho. Se elaboró cupcakes a partir de, 11 formulaciones constituidas por Harina de trigo, Harina de Kiwicha y grano entero de chía proporciones que fueron establecidas utilizando un Diseño Compuesto Central Rotacional 2<sup>2</sup> y el programa STATISTICA versión 8.0 y manteniendo el resto de insumos igual a la formulación base; los cuales fueron evaluados en función al sabor, textura, aroma y color, datos que fueron analizados con un nivel de significancia de 5 y 10%. Estos sirvieron para determinar el cupcake con mayor aceptabilidad con los siguientes porcentajes 79% de harina de trigo, 12% de harina de kiwicha, 9% de grano entero de chía (con respecto al 100%). El cupcake de mayor aceptabilidad se analizó a través de 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente con respecto a los parámetros exigidos a la Norma Técnica Peruana (% proteína y % fibra). Contrastándolos con los valores reportados por el cupcake control (100% harina de trigo), se obtuvo para el primero un % de Proteína de 7.83 frente a 7.29 y en % de Fibra se obtuvo 2.72 frente a 0.2. Finalmente, se determinó que el tiempo de vida útil del producto a temperatura ambiente (26°C aproximadamente), mediante el Método de Cinética de Reacción del % de Acidez, se determinó un tiempo de vida útil de 19 días para el producto.

## ABSTRACT

The present research has as main objective to evaluate the effect of the partial substitution of wheat flour by flour amaranth and whole grain chia physicochemical, nutritional and organoleptic properties in the development of a confectionery product, called cupcake, which meets quality standards, achieving the design of a new product to the market through the use of substitute flour. To accomplish this we started from a control formulation consisting of: 34.2% wheat flour, 20.5% sugar, 13.7% eggs, 17.1% of margarine, 13.7% milk, 0.7% baking powder, 0.2% emulsifier and 0.09% of mildew. cupcakes was developed from 11 formulations consisting of wheat flour, flour Amaranth and whole grain chia proportions were established using a Compound Design Central Rotational 22 and STATISTICA software version 8.0 and keeping the rest of equal inputs to the formulation base; which were evaluated on taste, texture, aroma and color, data were analyzed with a significance level of 5 to 10%. These were used to determine the cupcake with greater acceptability to the following percentages 79% wheat flour, 12% of amaranth flour, 9% whole grain chia (relative to 100%). The cupcake higher acceptability was analyzed through 14 days of storage at room temperature with respect to the parameters required to International Standard (% protein and fiber). I contrasting with values reported by the cupcake Control (100% wheat flour) was obtained for the first protein a% vs. 7.83 and 7.29% of fiber was 2.72 versus 0.2. Finally, it was determined that the lifetime of the product at room temperature (approximately 26 ° C) by the method of reaction kinetics% Acidity was determined a pot life of 19 days for the product.

## I. INTRODUCCION

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 de mayor popularidad a nivel mundial (Zolezzi, 2013).

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

Por ello se está haciendo el uso de mezclas de harinas que contribuyan al mejoramiento del nivel nutricional de un producto de panificación. Dentro de ese marco ha nacido el uso de la harina de kiwicha y el grano entero de chía como sustitutos parciales de la harina de trigo para los productos de panificación. La Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) es uno de los pseudos cereales domesticados por los antiguos agricultores de América, el contenido de proteína de la semilla de la Kiwicha es aproximadamente 16%, superior a los cereales como el trigo (12- 14%), arroz (7- 10%) y maíz (9- 10%), donde lo valioso de la proteína no es la cantidad sino la composición de sus aminoácidos. Por otro lado la chía elimina la necesidad de utilizar antioxidantes artificiales como las vitaminas. De esta forma los antioxidantes de la semilla de chía le otorgan una enorme ventaja sobre

todas las demás fuentes de ácidos grasos omega 3, ya que permiten que pueda almacenarse por años, sin que se deteriore el sabor, el olor o el valor nutritivo. Las investigaciones recientes confirman las propiedades saludables de las semillas de Chía destacan por su alto contenido en aceites saludables, pero es también una fuente de otros nutrientes de gran importancia para la salud como antioxidantes, proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerales y fibra. Por eso, hoy en día, estas semillas son consumidas como complemento alimenticio en todo el mundo.

Las harinas sucedáneas constituyen una ventaja para los países en desarrollo debido a que estos tipos de harina podrían reducir las importaciones de trigo y el aumento de uso potencial de los cultivos agrícolas cultivados localmente, como el caso de la harina de kiwicha y la chía.

Lo explicado en los párrafos anteriores, ha servido de incentivo para el diseño de un nuevo producto de panificación, con un nuevo sabor y aporte nutricional a la dieta diaria. Es así que el presente proyecto de investigación se titula, Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha y grano entero de chía en la elaboración de cupcakes, tiene como objetivo principal Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha y grano entero de chía en las propiedades fisicoquímicas, nutritivas y organolépticas del cupcake; mediante la metodología de superficies de respuestas aplicando un Diseño Compuesto Central Rotacional 2<sup>2</sup>, teniendo como objetivos específicos los siguientes:



- Determinar la composición proximal: %Humedad, %Grasa, %Proteínas y %Cenizas de la harina de kiwicha, harina de trigo y grano entero de chía.
- Determinar el cómputo químico de aminoácidos para todas las formulaciones del diseño compuesto central rotacional  $2^2$ .
- Determinar la colorimetría ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E$ ) del cupcake de mayor aceptabilidad, obtenido del diseño compuesto central rotacional  $2^2$ .
- Evaluar las propiedades organolépticas: olor, sabor, color y textura de los cupcakes obtenidos en base a las formulaciones del diseño compuesto central rotacional  $2^2$ .
- Realizar la composición proximal y vida útil del cupcake con mejor aceptabilidad y características fisicoquímicas.

## **II. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **2.1. Generalidades de los Cupcakes**

#### **2.1.1. 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, 2011).

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

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

### **2.1.2. 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); mas proteínas del alto valor biológico, debido a la adición de huevo o leche; mas 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 01: Composición proximal de cupcake (por 100 g)**

| Composición proximal de cupcake |       |
|---------------------------------|-------|
| Agua (g)                        | 24.23 |
| Calorías (kcal)                 | 377   |
| Proteína (g)                    | 4.54  |
| Lípidos (g)                     | 15.85 |
| Carbohidratos (g)               | 53.98 |

*Fuente: USDA, (2009)*

**Tabla 02: Composición de micronutrientes del cupcake (mg/100g)**

| Composición de Micronutrientes del Cupcake |       |
|--|-------|
| Potasio (mg)                               | 115   |
| Calcio (mg)                                | 46    |
| Fosforo (mg)                               | 145   |
| Magnesio (mg)                              | 10    |
| Hierro (mg)                                | 1.26  |
| Vitamina C (mg)                            | 0.9   |
| Tiamina (mg)                               | 0.161 |
| Riboflavina (mg)                           | 0.166 |
| Niacina (mg)                               | 1.330 |

*Fuente: USDA, (2009)*

## 2.2. El Trigo.

### 2.2.1. Generalidades del trigo

Los cereales son una especie vegetal perteneciente a la familia de las gramíneas; los más cultivados son el trigo, el maíz, el arroz, la cebada, la avena, el sorgo y el mijo. (Quaglia, 1991).

El trigo (*Triticum sp.*) es, desde la prehistoria el más importante de los cereales, debido a su adaptación a todo tipo de terreno y a diferentes climas. El trigo en algunos sitios es casi el 80% de la dieta total; en la mitad de los países del mundo el pan posee el 50% del alimento. (Quaglia, 1991).

**Tabla 03: Principales Productores Mundiales de Trigo (Ton/Año) 2006 – 2009.**

| País                | 2006      | 2007      | 2008      | 2009      |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Alemania            | 22427900  | 20828077  | 25988565  | 25190336  |
| Argentina           | 14662945  | 16486532  | 8508156   | 7573254   |
| Australia           | 10821628  | 13569378  | 21420177  | 21656000  |
| Canadá              | 25265400  | 20054000  | 28611100  | 26514600  |
| China               | 108466271 | 109298296 | 112463296 | 114950296 |
| Egipto              | 8274230   | 7379000   | 7977051   | 8522995   |
| USA                 | 49216041  | 55820360  | 68016100  | 60314290  |
| Federación de Rusia | 44926880  | 49367973  | 63765140  | 61739750  |
| Francia             | 35363600  | 32763500  | 39001700  | 38324700  |
| India               | 69354500  | 75806700  | 78570200  | 80680000  |
| Irán                | 14663745  | 15886600  | 7956647   | 13484457  |
| Pakistán            | 21276800  | 23294700  | 20958800  | 24033000  |
| Polonia             | 7059671   | 8317265   | 9274920   | 9789586   |
| Reino Unido         | 14747000  | 13221000  | 17227000  | 14379000  |
| Perú                | 191082    | 181552    | 206936    | 223090    |

**Fuente: FAOSTAT, 2010.**

### 2.2.2. Clasificación General del Trigo

El trigo puede clasificarse de acuerdo al tiempo de siembra, dureza o blandura del grano y color del grano.

Según el tiempo en que crece, el trigo se divide en:

- a. **Trigo de Invierno:** El trigo se siembra en Otoño, crece algo hasta que la llegada del frío invernal lo pone en estado durmiente y se cosecha el siguiente verano.
- b. **Trigo de Primavera:** Este trigo se siembra al comienzo de la Primavera, crece en el verano y se cosecha a finales del verano, así la helada no lo mata antes de que tenga la oportunidad de madurar.

Según *la dureza de su grano*:

- a. **Trigo Duro:** Este trigo tiene granos que son duros, fuertes y difíciles de partir. Este trigo tiene granos que son duros, fuertes y difíciles de partir. Este tipo produce la mejor harina de pan. fuente
- b. **Trigo Blando:** El trigo blando tiene granos relativamente blandos, son muy buenos biscochos, cakes y galletas. Las harinas hechas de este trigo son suaves al tacto, se compactan fácilmente al apretarlas con la mano, no corren o polvean fácilmente.

Según el color del grano, el trigo se divide en:

- a. Rojo.
- b. Blanco.
- c. Ámbar.
- d. Amarillo.

### 2.2.3. Factores que determinan la calidad del grano de Trigo

La calidad del grano depende de numerosos factores, siendo los más importantes:

- **Suelo:** El trigo crece mejor en los suelos de marga y arcilla, aunque produce un rendimiento satisfactorio en los ligeros. La planta necesita un fuerte aporte de nitrógeno.
- **Clima:** El trigo florece tanto en los climas subtropicales como en los templados y en los fríos. Una lluvia anual de 9 a 30 pulgadas, cayendo más en primavera que en verano, parece ser la más apropiada. La temperatura media del verano debe ser de 13° o más.
- **Abono:** Parece cierto que el abono nitrogenado, y en particular los nitratos, no sólo son factores favorables, sino que tienen la función de aumentar el contenido proteico del grano; esto es válido dentro de ciertos límites, por cuanto al superar un cierto valor de abonado la cantidad de nitrógeno cedido por el fertilizante no está en relación con la cantidad y la calidad del gluten.

- **Temperatura:** La Temperatura y el estado higrométrico de la zona, tienen alguna influencia sobre la calidad del grano en su fase de maduración y fundamentalmente en los últimos veinte días que preceden a la maduración.
- **Los cultivos anteriores:** Se obtiene una mejor panificación del grano si los cultivos precedentes han sido patatas o remolacha.
- **Variedad:** Las variedades son seleccionadas para ser las más indicadas al clima y al suelo de una localidad en particular. La misma semilla sembrada en parte seca del Oeste de Kansas producirá una cosecha diferente de la sembrada en la parte Este del mismo estado. Como una regla general, las variedades de trigo que sean capaces de soportar los más rigurosos extremos climáticos son las que producen mejor pan. Actualmente se cultivan cerca de diez especies del género *Triticum sp*, pero sólo dos de éstos presentan interés desde el punto de vista comercial: el *Triticum vulgare*, el cual se muele con el fin de producir harina, que se emplea para la producción de pan, tortas, galletas o productos similares; y el *Triticum durum*, que es de color ambarino, cariósida alargada y vítrea a la sección, aunque en algunas regiones de Italia meridional una vez molido, se emplea para la producción de pan, se emplea fundamentalmente como sémola para la fabricación de pastas alimenticias. (Aguirre et al., 1997)

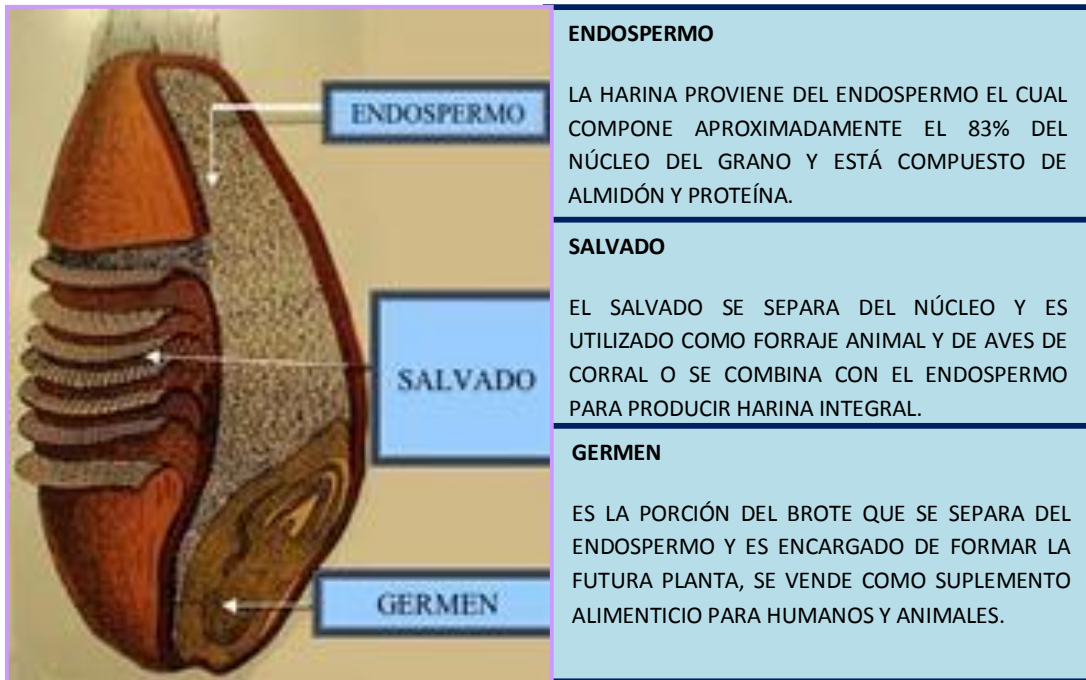


#### 2.2.4. Harina de Trigo

Según la **Norma Técnica Peruana 205.045: 1986 - INDECOPI**, 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. Esta norma establece los requisitos y condiciones que debe cumplir la harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial, entre ellos establece que la humedad no debe ser mayor de 15.5% y que debe estar exenta de sabores y olores extraños. (Quaglia, 1991).

A través de las fases de la molienda del trigo se obtienen una serie de productos de características químicas diversas: harina, harinilla, residuos de harina, salvado, salvado fino y desecho de molienda.

Considerando que la cariósida está formada de las siguientes partes: 12% salvado, 85% del endospermo y 2.5% de germen, la molienda consiste en separar el 85% de almidón de la otra parte transformándolo, por consiguiente, en harina. En teoría es posible alcanzar el 85% de harinas de 100 partes de trigo, pero en la práctica, el rendimiento es siempre inferior y se aproxima al 85% tanto más cuanto más intenso sea el proceso de molienda. (Quaglia, 1991).



**Figura 01: Estructura del grano de trigo.**

*(Harinas Elizondo, 2007)*

Previamente se debe acondicionar el grano, pues la humedad debe ser óptima, un 15% es el ideal, pero las capas de salvado deben estar ligeramente más húmedas que el conjunto pues así se ponen más correosas. Luego se tritura el grano con rodillos estriados que giran a velocidades diferentes. Se trata de conservar el salvado en trozos del mayor tamaño posible y hacer salir el endospermo, que es separado en forma de partículas gruesas. Con una combinación de cribado y aspiración se separan los trozos mayores y más ligeros de salvado, y después se reducen de tamaño progresivamente los trozos de endospermo hasta el polvo que llamamos harina. Dependiendo de la naturaleza de trigo y de la experiencia del molinero, se obtiene una harina más o menos contaminada con salvado. El germen es blando y más rico en lípidos que el resto de las otras dos partes y durante la reducción

del endospermo a harina se transforma en escamas planas más grandes, facilitándose su eliminación por tamizado. De todas formas, algunas partículas de germen, pasan junto con la harina. (Quaglia, 1991)

**Tabla 04: Composición Porcentual de la Harina de trigo**

| <b>Componente (%)</b>      | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> |
|----------------------------|---------------|---------------|
| <b>Humedad</b>             | 13            | 15            |
| <b>Grasa</b>               | 1             | 1.50          |
| <b>Proteína</b>            | 12            | 13.5          |
| <b>Hidratos de carbono</b> | 67            | 71            |
| <b>Cenizas</b>             | 0.55          | 1.5           |

*Fuente: Calaveras, 2004.*

La harina obtenida con rendimiento de molienda más elevado, presenta un más alto contenido en proteínas, en lípidos, calcio fósforo, hierro, vitaminas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> y una menor proporción en glúcidos y por tanto en calorías. (Quaglia, 1991)

Otra consecuencia de la molienda, además de las ya citadas variaciones en la composición química respecto al trigo, es su acción sobre los gránulos de almidón: en la fase ruptura y de remolido; debido a que la rotación del cilindro provoca un deterioro en el almidón causando su ruptura mecánica. (Quaglia, 1991)

El número de gránulos afectados depende del tipo de molienda afectándose más a medida que los cilindros estén más aproximados, al aumentar la presión que ejerce sobre las partículas de la cariósida, rompiendo las moléculas del almidón. Como consecuencia el almidón de un trigo duro (de fuerza) se daña más respecto a lo que sucede en un grano blando porque a causa de su vitrosidad es necesaria una mayor presión para reducir a harina su endospermo.

Mientras que una excesiva cantidad de gránulos dañados tiene un efecto perjudicial sobre la tecnología de la harina, una cantidad pequeña tiene un efecto positivo en la masa fermentada en cuanto son la fuente de azúcares que pueden, durante la fermentación, ser atacada por la levadura produciendo gas. De hecho, a la temperatura de fermentación, los gránulos intactos no se gelatinizan y por eso no pueden ser atacados por la beta-amilasa y sólo parcialmente por la alfa-amilasa; las formaciones de

almidones dañados una vez gelatinizados se transforman rápidamente (por acción de estas enzimas) en maltosa que se utiliza en la fermentación. Una excesiva acción de las enzimas provoca una cantidad muy elevada de dextrinas que al tener una capacidad de retención de agua inferior al almidón, lleva a la formación de una masa muy viscosa. (Quaglia, 1991).

#### 2.2.4.1. Tipos de Harina:

Las harinas pueden dividirse en dos grandes grupos:

- a. **Harinas Duras:** Son aquellas que tienen un alto contenido de proteínas como el trigo rojo duro de invierno y rojo duro de primavera. Hay cuatro clases de harinas para pan a saber:
  - **Integral:** Es aquella que contiene todas las partes del trigo.
  - **Completas:** Son las más corrientes en nuestros países, aquellas harinas que se obtienen al moler el trigo separando solo el salvado y el germen.
  - **Patente:** Es la mejor harina que se obtiene hacia el centro del endospermo, tiene la mejor calidad panificadora, es blanca y tiene poca ceniza.
  - **Clara :** Es la porción de harina que queda después de separar la patente. En algunas regiones se le llama harina de segunda. Es más oscura y contiene más cenizas. (Aguirre et al., 1997)
- b. **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 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 le denomina molienda o separación por impacto. (Aguirre et al., 1997)

Las harinas, según sus tipos, se clasifican en: cero (0), dos ceros (00), tres ceros (000) y cuatro ceros (0000). La harina 000 corresponde a la harina de trigo, que se utiliza siempre en la elaboración de panes, ya que su alto contenido de proteínas posibilita la formación de gluten.

Por su parte la harina 0000 es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten. Sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería. (Aguirre et al., 1997)

#### **2.2.4.2. Principales Componentes de la Harina**

- a. **Carbohidratos:** Se llama así a ciertos compuestos químicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Constituyen la parte mayor del endospermo del trigo. El principal componente de la harina que contribuye en el poder de absorción gracias a que es muy ávido de agua es el **almidón**. (Aguirre et al., 1997)

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. (Aguirre et al., 1997)

- b. Proteínas:** Son macromoléculas que contienen nitrógeno. Sus complejos compuestos de naturaleza coloidal, al contacto con el agua son los responsables de la formación del gluten que es bien conocido por el sector panadero. (Aguirre et al., 1997)

La cantidad de proteína determina las propiedades panaderas de la harina, y sus características generales y naturaleza coloidal determinan su calidad. (Aguirre et al., 1997)

Si tenemos en cuenta la estrecha relación entre la proteína y el gluten que es el encargado en aguantar el gas carbónico producido por las levaduras gracias a su formación de la red proteica. Para una buena panificación necesitamos que se forme un 24 ó 26% de gluten. (Aguirre et al., 1997)

La capacidad de hinchamiento de las proteínas en presencia de agua presenta una importancia especial en la química de las harinas, ya que está relacionada con la calidad del gluten.

Las proteínas de la harina se dividen en:

**Tabla 05: Proteínas de la harina.**

|                  |                             |                  |
|------------------|-----------------------------|------------------|
| <b>Proteínas</b> | <b>Solubles</b>             | Albúmina (15%)   |
|                  | <b>No forman masa (15%)</b> | Globulina (6.5%) |
|                  |                             | Péptidos (0.5%)  |
| <b>8 – 14%</b>   | <b>Insolubles</b>           | Gliadina (33%)   |
|                  | <b>Forman más (85%)</b>     | Glutenina (45%)  |
|                  | <b>TOTAL</b>                | 100%             |

*Fuente: Calaveras (2004).*

- c. Humedad:** La humedad de la Harina oscila alrededor del 14%. La harina con mucha humedad se puede poner mohosa. Al utilizar la harina que perdió humedad se debe compensar echándole más agua en el mezclado. (Aguirre et al., 1997)
- d. Cenizas:** Es la cantidad de material mineral que tiene la harina. Depende de la clase de trigo y de la extracción. Las harinas patentadas tienen menos cenizas que las claras. El contenido de ceniza de por sí no es perjudicial a las propiedades de panificación de la harina. (Aguirre et al., 1997)



### 2.2.4.3. Características de la Harina

- a. **Color:** El color depende del tipo de trigo que haya se haya molido y de la separación que representa la harina en cuestión. El trigo blando produce harinas más blancas, las harinas de pan tienen un color de blanco a blanco cremoso.
- b. **Extracción :** Es la cantidad de harina que se obtiene después del proceso de molienda. Normalmente por cada 100 Kilos de trigo se obtiene de 72 a 76 Kilos de harina. Se expresa en porcentajes.
- c. **Separación :** La separación no se basa en el peso del trigo sino en el peso de la harina total después de haber removido todo el salvado. Así, si una corriente representa el 75% de la harina total, se conocería como harina de 75% de separación. Las harinas patentes representan una separación de menos porcentaje, es decir, son harinas más refinadas que las de mayor separación o claras.
- d. **Fuerza:** Es el poder de la harina para hacer panes de buena calidad.
- e. **Tolerancia :** Consiste en poder prolongar por un periodo razonable de tiempo la fermentación después de llegar a su tiempo ideal sin que el pan sufra deterioro notable.
- f. **Absorción :** Es la propiedad de absorber la mayor cantidad de agua dando un producto de buena calidad. En general, las

harinas hechas de trigos buenos con mucha proteína son los que tienen mayor absorción. Una buena harina para pan se conoce por tener fuerza, tolerancia y absorción.

- g. Maduración :** Las harinas recién molidas san problemas en panificación, por lo cual antes se les dejaban “madurar”. En la actualidad prácticamente todos los molinos o bien las “maduran” químicamente o las dejan reposar cierto tiempo antes de entregarla al panadero.
- h. Blanqueo:** Como a los panaderos les gustan las harinas muy blancas, los molineros las pueden hacer blanquear por procedimientos químicos.
- i. Enriquecimiento:** En algunos países, los molineros “enriquecen” las harinas con vitaminas y minerales, como es el caso de nuestro país. El pan hecho con harinas enriquecidas tiene mucho más valor nutritivo. (Aguirre et al., 1997)

#### **2.2.4.4. Sucedáneos del trigo**

Mucho se ha hablado de este tema en los últimos años, lamentablemente en algunos casos sin el debido sustento técnico y con cierta irresponsabilidad; ya que se crean falsas expectativas que desalientan a los consumidores, sobre todo a los de menores recursos económicos.

Entendemos por sucedáneos, a los productos obtenidos por un proceso adecuado de molienda para ser mezclados con la harina de trigo con fines alimenticios. Estos pueden provenir de cereales,

leguminosas, pseudos cereales y raíces o también como una combinación de ellas.

Según **Norma Técnica Peruana 205.045:1976**, se define harinas sucedáneas procedentes de cereales, destinadas a ser mezcladas con harina de trigo para emplearse en la elaboración de productos alimenticios.

➤ **Principales Avances a la Fecha:**

En el Perú se han realizado investigaciones desde 1970 con diferentes materias primas con la finalidad de sustituir parcialmente la harina importada no sólo en la elaboración de panes sino en fideos y galletas.

**Tabla 06: Principales Sucédáneos del Trigo en nuestro país**

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

**Fuente: Bilbao, 2007.**

A través de muchas investigaciones, se puede decir que si es factible sustituir parcialmente la harina de trigo importada con harinas sucedáneas para la elaboración de panes, fideos y galletas. (Bilbao, 2007).

Sin embargo, esta sustitución, jamás será superior en el mejor de los casos al 20% para los casos del pan y fideos y del 30% para el caso de galletas. Esto significa que los proyectos de investigación y sobre todo los proyectos de industrialización de estas harinas, son prioritarias desde el punto de vista de Seguridad Alimentaria (escasez de trigo en el mundo) y de la Economía Popular. (Bilbao, 2007).

En el cuadro 5 que se muestra a continuación, se tiene el Análisis Químico Proximal de los principales Sucedáneos, así como los porcentajes máximos de sustitución de harina de trigo recomendados. Cabe mencionar que para el caso en que se combinen harinas sucedáneas (dos o más harinas), el porcentaje de sustitución de la harina combinada se calculará en base a las proporciones individuales en la mezcla respecto a los porcentajes máximo permitidos. (Bilbao, 2007).

**Tabla 07: Composición Química proximal de Sucedáneos del trigo. Sustitución parcial en panes, fideos y galletas.**

| NOMBRE CIENTÍFICO        | CEREALES            | Humedad<br>gm% | Proteína<br>gm% | Grasa<br>gm% | Ceniza<br>gm% | Fibra<br>gm% | Carbohidratos<br>gm% | % de Sustitución |          |        |
|--------------------------|---------------------|----------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|----------------------|------------------|----------|--------|
|                          |                     |                |                 |              |               |              |                      | Panes            | Galletas | Fideos |
| Triticum aestivum        | Harina de Trigo     | 13.8           | 11.9            | 1.45         | 0.94          | 1.15         | 71.36                | 100              | 100      | 100    |
| Zea Mays                 | Harina de Maíz      | 11.2           | 9.0             | 4.5          | 1.5           | 2.0          | 73.8                 | 20               | 30       | 0      |
| Hodeum vulgare           | Harina de Cebada    | 9.3            | 9.6             | 1.3          | 1.5           | 1.1          | 78.3                 | 20               | 20       | 0      |
| Oryza sativa             | Harina de Arroz     | 13.4           | 7.4             | 0.9          | 0.6           | 0.6          | 77.7                 | 20               | 30       | 0      |
| <b>LEGUMINOSAS</b>       |                     |                |                 |              |               |              |                      |                  |          |        |
| Vicia faba               | Harina de Haba      | 10.3           | 23.3            | 1.6          | 3.2           | 1.4          | 61.6                 | 5                | 5        | 0      |
| Glicine max              | Harina de Soya      | 7.5            | 48.5            | 3.0          | 6.0           | 1.0          | 35.0                 | 10               | 20       | 10     |
| Lupinus mutabilis        | Harina de Tarwi     | 6.7            | 46.4            | 22.6         | 2.9           | 6.3          | 21.4                 | 10               | 10       |        |
| <b>PSEUDO CEREALES</b>   |                     |                |                 |              |               |              |                      |                  |          |        |
| Chenopodium quinoa       | Harina de Quinoa    | 6.0            | 12.6            | 5.6          | 2.6           | 1.8          | 73.2                 | 20               | 20       | 20     |
| Amaranthus caudatum      | Harina de Kiwicha   | 11.6           | 12.6            | 5.9          | 2.5           | 2.8          | 67.4                 | 20               | 30       | 0      |
| Chenopodium callinacaule | Harina de Cañihua   | 11.4           | 13.5            | 6.5          | 6.4           | 6.0          | 62.2                 | 10               | 30       | 0      |
| <b>TUBÉRCULOS</b>        |                     |                |                 |              |               |              |                      |                  |          |        |
| Manihot esculenta        | Harina de Yuca      | 11.21          | 1.8             | 1.4          | 3.3           | 1            | 82.3                 | 10               | 20       | 0      |
| Ipomoea batatas          | Harina de Camote    | 9.0            | 1.6             | 0.8          | 2.2           | 1.5          | 86.4                 | 10               | 30       | 0      |
| Solanum tuberosum        | Harina de Papa      | 10.9           | 6.4             | 0.4          | 5.2           | 2.3          | 77.1                 | 10               | 20       | 0      |
| <b>RAICES</b>            |                     |                |                 |              |               |              |                      |                  |          |        |
| Lepidium meyenil         | Harina de Maca      | 10.9           | 13.3            | 0.96         | 1.08          | 5.35         | 68.2                 | 10               | 10       | 3      |
| Oxalis tuberosa          | Harina de Oca       | 6.4            | 4.1             | 1.9          | 3.6           | 4.0          | 84.0                 | 10               | 0        | 0      |
| Tropaeolum tuberosum     | Mashua, Isaño o Añu | 87.4           | 1.5             | 0.7          | 0.6           | 0.9          | 9.8                  | 10               |          |        |

**Fuente: Bilbao., 2007.**

Las investigaciones tratan de encontrar el porcentaje óptimo de sustitución de la harina importada en productos terminados como son: panes, fideos y galletas vía también el aprovechamiento de los recursos propios de cada región. (Bilbao, 2007)

En algunos casos se busca asimismo, mejorar nutricionalmente el producto, mediante la sustitución del trigo importado por soya, quinua, kiwicha, cañihua, tarwi y habas (con mayor contenido proteico del trigo). (Bilbao, 2007)

En otros, como el caso del camote, en las que las investigaciones han cubierto su uso en diferentes formas (harina, puré y camote rayado) y que constituye una fuente sumamente valiosa de vitamina A (100 gr. de camote, proporciona más del 100% de las necesidades de vitamina A que el ser humano requiere diariamente) o la Cebada, que es una gran fuente de minerales como el Calcio y el Fósforo, así como otros sucedáneos como el Maíz. (Bilbao, 2007)

Y el Arroz con el que se busca darle mayor rentabilidad al Agricultor vía la comercialización del arroz partido. (Bilbao, 2007)

Definitivamente, nuestra Agricultura debe estar alineada con los requerimientos alimentarios del país, así como con el Plan de Seguridad Alimentaría que contemple contingencias tales como: reducción de la oferta mundial del trigo, necesidades nutricionales de la población, incremento de los precios de los productos

importados, etc. En ese sentido, falta muchísimo por hacer, tomemos las constantes variaciones de los precios del trigo como una oportunidad de alinear a todas las instituciones públicas y privadas hacia dichos objetivos. (Bilbao, 2007)

## **2.3. La Kiwicha**

### **2.3.1. Generalidades de la Kiwicha**

La **Norma Técnica Peruana 205.054:1987 - INDECOPI**, define, clasifica y establece los requisitos que debe cumplir el grano de Kiwicha para su comercialización y/ o transformación, exceptuando el destinado para semilla.

Esta planta crece en Asia, África y América Central y América del Sur. Sus hojas han sido utilizadas como hortalizas y sus semillas, al igual que la quinua, es considerado como un pseudocereal, ya que tiene propiedades similares a las de los cereales pero botánicamente no lo es aunque todo el mundo los ubica dentro de este grupo. Además, después de cocinadas, las hojas y granos de esta planta se empleaban como alimento, aromatizante o colorante en las poblaciones andinas. (Ayala, 2007).

Es susceptible al frío, exceso de humedad, muy resistente al déficit hídrico y calor. Los mejores rendimientos se obtienen en condiciones adecuadas de suelo, humedad y temperatura, pudiendo alcanzar los 5000 Kg. /ha; aunque en promedio se

obtienen rendimientos de 1000-2500 Kg. /ha. Con la actual tecnología disponible, generada por las instituciones de investigación así como con las variedades modernas, mecanización de la cosecha, mejoramiento genético y desarrollo de la agroindustria se puede incrementar su productividad, ampliar la extensión cultivada e introducirlo. (Ayala, 2007).

Hoy en día el cultivo de la Kiwicha está tomando un gran auge ya que se están redescubriendo sus grandes propiedades. Aparte de producirse en países tradicionales como México, Perú o Bolivia ya hay otros que se han puesto manos a la obra como China, Estados Unidos o la India. (Ayala, 2007).



**Figura 02: Granos de Kiwicha.**

*Fuente: Zevallos, 2008*



**Figura 03: Planta de Kiwicha.**

*Fuente: Zevallos, 2008*



### 2.3.2. Valor Nutritivo

La Kiwicha tiene características nutricionales únicas, figura como el número uno, con los mayores valores nutritivos que la leche y aún que la carne y los huevos. Tiene aminoácidos esenciales, como **lisina**, **metionina** y **cisteína**, manteniendo en altísimo porcentaje estos elementos. La lisina es el factor primordial para el desarrollo orgánico y mental del hombre. Además, tiene un alto contenido de proteínas y minerales. (Kent, 1983)

En lo que refiere a minerales, la Kiwicha tiene un alto contenido de sodio y de calcio. (Kent, 1983)

El principal carbohidrato contenido en el grano de Kiwicha es el almidón, el cual representa el 62 - 69% del total de carbohidratos. Las características del almidón de los amarantos son distintas de las del trigo; el almidón del amaranto contiene considerablemente menos amilasa (5 - 7%) que el almidón del trigo (20%). Así, la capacidad del almidón del amaranto para hincharse cuando se mezcla con agua es mucho más baja que la del trigo. (Kent, 1983)

Los ácidos grasos del amaranto son más de un 70% no saturados. El contenido alto de escualeno es interesante.

Ese triterpeno es abundante en el aceite de hígado de tiburón y existe en cantidades más reducidas en los aceites de germen de trigo, arroz y aceitunas, así como en la levadura (0.1 – 0.7%). El escualeno actúa como un intermediario en el proceso de síntesis de los esteroides, que son fisiológicamente importantes (para la configuración hormonal por ejemplo). (Kent, 1983)

En lo que se refiere a vitaminas, el amaranto no tiene aspectos en los que difiera notablemente de otros cereales, sin embargo el contenido de proteínas con respecto al trigo es ligeramente superior. A su vez, en lo que refiere a aminoácidos, su composición en la Kiwicha es bastante balanceada, por ejemplo en el caso de la lisina, existe en proporción mayor que en el caso del trigo. (Kent, 1983)

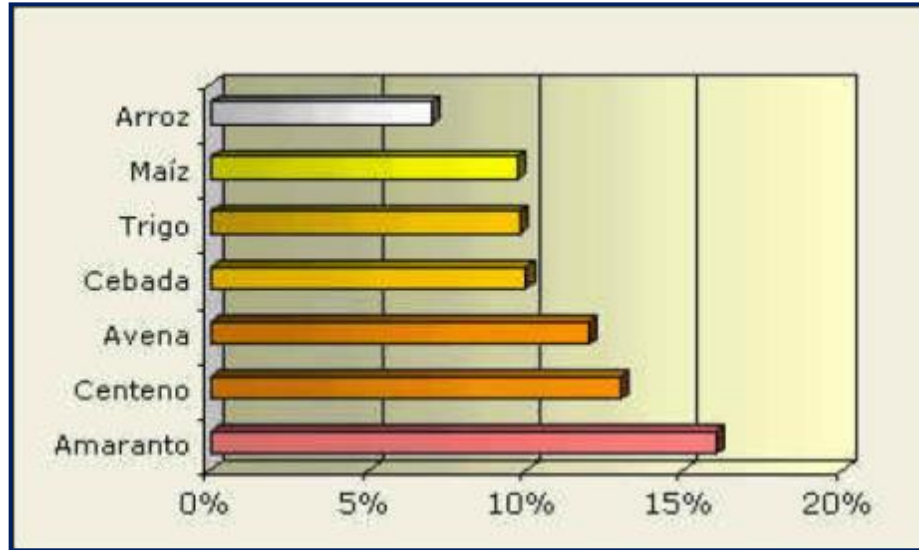
El aminoácido limitante en la Kiwicha es la leucina, sin embargo combinando el consumo de Kiwicha con el de otros cereales se puede conseguir una composición adecuadamente balanceada de aminoácidos: las proteínas de la Kiwicha complementan las de otros cereales en lo que respecta a la lisina, y los otros cereales complementan a la Kiwicha en cuanto a la leucina. (Kent, 1983).

El valor nutritivo de la Kiwicha en comparación a otros cereales es notable, como lo establece el siguiente cuadro:  
(Kent, 1983)

**Tabla 08: Comparación de la Kiwicha con otros granos (por 100 gr.)**

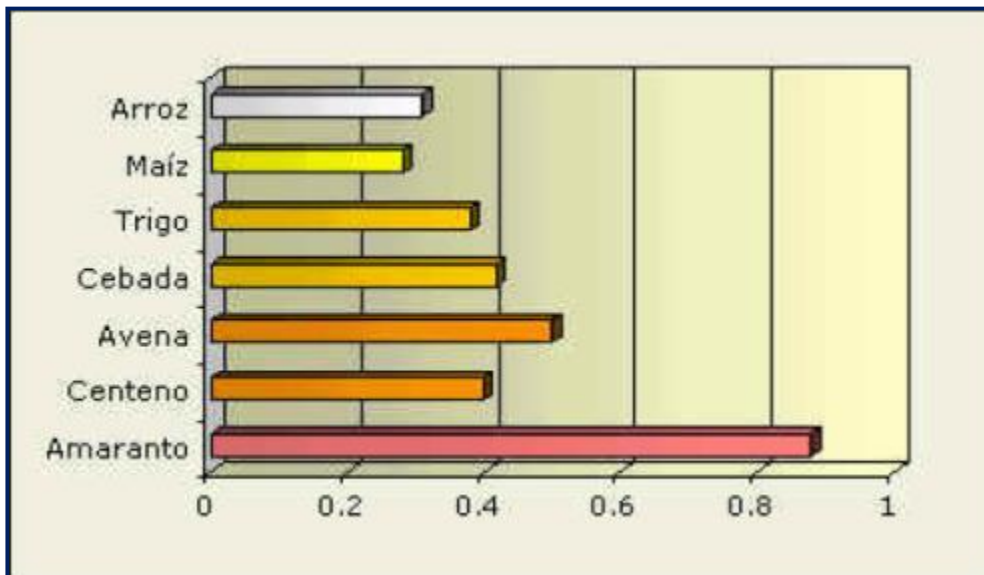
| <b>Clase/ Grano</b>  | <b>Kiwicha</b> | <b>Trigo</b> | <b>Maíz</b> | <b>Arroz</b> | <b>Avena</b> |
|----------------------|----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| <b>Proteína</b>      | 19 g.          | 12.8 g.      | 9.4 g.      | 5.6 g.       | 15.8 g.      |
| <b>Fibra (cruda)</b> | 5.6 g.         | 2.3 g.       | 3 g.        | 0.3 g.       | 3 g.         |
| <b>Grasa (cruda)</b> | 6 g.           | 1.7 g.       | 4.7 g.      | 0.6 g.       | 6.9 g.       |
| <b>Carbohidratos</b> | 6 g.           | 71 g.        | 74 g.       | 79.4 g.      | 66 g.        |
| <b>Calcio</b>        | 250 mg.        | 29.4 mg.     | 7 mg.       | 9 mg.        | 54 mg.       |
| <b>Hierro</b>        | 15 mg.         | 4 mg.        | 2.7 mg.     | 4.4 mg..     | 5 mg.        |
| <b>Calorías</b>      | 414            | 334          | 365         | 360          | 389          |

*Fuente: Calvo et al., 2001.*



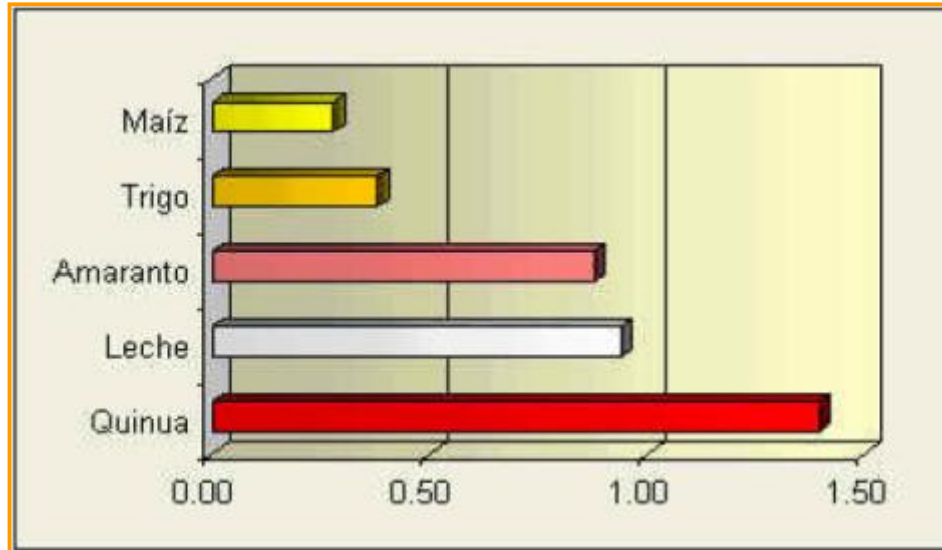
**Figura 04: Porcentaje de proteínas de la Kiwicha (Amaranto) con respecto a otros cereales.**

*Fuente: Calvo et al., 2001.*



**Figura 05: Porcentaje de Lisina de la Kiwicha con respecto a otros cereales.**

*Fuente: Calvo et al., 2001.*



**Figura 06: Porcentaje de Lisina de la Kiwicha con respecto a la leche y cereales.**

*Fuente: Calvo et al., 2001.*

### 2.3.3. Harina de Kiwicha

En la agroindustria se elabora harina para utilizarse hasta en un 20% como sucedáneo del trigo en la panificación, una harina elaborada con 80% de harina de trigo y 20% de harina de kiwicha le da a la masa del cupcake una adecuada cantidad de levadura y un mayor valor nutritivo que hecho únicamente de harina de trigo. Esto es debido al hecho que la harina de Kiwicha no tiene gluten y esto hace difícil su empleo aislado en la cocción. La combinación de harina de Kiwicha y la harina de trigo determina que el valor de proteína de los productos de cocción se mejora. (Carrasco, 1992)

La harina del grano de Kiwicha es adecuada para la preparación del cupcake, con o sin la combinación de otros ingredientes. La harina de otros amarantos es utilizada en Latinoamérica y en los Himalayas para producir una variedad de productos como las tortillas. (Carrasco, 1992)

En forma de grano, harina, grano tostado u hojuelas, la kiwicha es utilizada tanto en sopas y guisos como en panqueques, mazamoras, panes y ensaladas. (Carrasco, 1992)

#### **2.3.3.1. Características**

- Producción orgánica.
- No contiene gluten.
- Alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales.
- Buen equilibrio a nivel de aminoácidos. Alto contenido de lisina.
- Contenido de ácidos grasos y fibra dietética. . (Carrasco, 1992)

### 2.3.3.2. Beneficios

- Proveen una dieta segura, libre de pesticidas y residuos de productos químicos sintéticos. Mantiene propiedades de gusto y sabor intactos.
- Alimento recomendado en caso de intolerancia a las harinas de trigo, avena, cebada y centeno.
- Favorece el crecimiento de los niños. Consumo recomendado durante la gestación y primeros años de vida.
- Mantiene el organismo sano, con mejor ánimo, mejor apariencia y peso.
- Una harina elaborada con 80% de harina de trigo y 20% de harina de kiwicha le da a la masa del pan una adecuada cantidad de levadura y un mayor valor nutritivo.
- Aminoácidos esenciales en la alimentación humana., debido a que el organismo realmente los asimila.
- Se pueden suplir leche y huevos con kiwicha si se sigue una dieta vegetariana.
- Ayudan al desarrollo de las células cerebrales, fortaleciendo la memoria y facilitando el aprendizaje.
- Fácil de digerir, ayudando al organismo a mantener su peso.
- Reduce los niveles de colesterol en la sangre. (Carrasco, 1992).

## 2.4. Grano entero de chía

### 2.4.1. Generalidades de la Chía

La **chía** (*Salvia hispánica* L) es una planta herbácea de la familia de las lamiáceas; es nativa del centro y sur de México y Guatemala y junto con el lino (*Linum usitatissimum*), es una de las especies vegetales con la mayor concentración de ácido graso alfa-linoleico omega 3 conocidas hasta 2006.

Se cultiva por ello para aprovechar sus semillas, que se utilizan molidas como alimento



**Figura 07: Planta de Chía.**

*Fuente: Álvarez, Berra 2012.*



**Figura 08: Granos de Chía**

*Fuente: Álvarez, Berra 2012*



**Tabla 09. Clasificación científica de la Chía.**

| Clasificación científica |                  |
|--------------------------|------------------|
| Reino:                   | Plantae          |
| Subreino:                | Tracheobionta    |
| División:                | Magnoliophyta    |
| Clase:                   | Magnoliopsida    |
| Subclase:                | Asteridae        |
| Orden:                   | Lamiales         |
| Familia:                 | Lamiaceae        |
| Subfamilia:              | Nepetoideae      |
| Tribu:                   | Mentheae         |
| Género:                  | Salvia           |
| Especie:                 | Salvia hispánica |

*Fuente: Álvarez, Berra 2012*

#### **2.4.2. Características**

Es una planta herbácea anual; tiene de hasta 1 m de altura que presenta hojas opuestas de 4 a 8 cm de largo y 3 a 5 de ancho. Las flores son hermafroditas, entre purpúreas y blancas, y brotan en ramilletes terminales. La planta florece entre julio y agosto en el hemisferio norte; al cabo del verano, las flores dan lugar a un fruto en forma de aqueno indehiscente cuya semilla es rica en mucílago, fécula y aceite; tiene unos 2 mm de largo por 1,5 de

ancho, y es ovalada y lustrosa, de color pardo-grisáceo a rojizo.  
(Álvarez, Berra 2012)

#### **2.4.3. Cultivo**

Prefiere suelos ligeros a medios, bien drenados, no demasiado húmedos; como la mayoría de las salvas, es tolerante respecto a la acidez y a la sequía, pero no soporta las heladas. Requiere abundante sol, y no fructifica en la sombra. (Álvarez, Berra 2012).

#### **2.4.4. Propiedades**

La semilla de chía contiene muchas propiedades como: proteínas, calcio, boro (mineral que ayuda a fijar el calcio de los huesos), potasio, hierro, ácidos grasos como omega 3, antioxidantes y también oligoelementos tales como el magnesio, manganeso, cobre, zinc y vitaminas como niacina entre otras. (Álvarez, Berra 2012)

En comparación con otros alimentos tiene de proteína dos veces más que cualquier semilla, cinco veces más calcio que la leche entera, dos veces la cantidad de potasio en los plátanos, tres veces más antioxidantes que los arándanos, tres veces más hierro que las espinacas y siete veces más omega 3 que el salmón.(Cabieses, 1996).

**Tabla 10: Composición química de la Chía**

---

Composición química de la Chía

---

|                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| Carbohidratos                      | 42.12 g        |
| Fibra alimentaria                  | 34.4 g         |
| Grasas                             | 30.74 g        |
| Proteínas                          | 16.54 g        |
| Agua                               | 5.80 g         |
| Retinol (vit. A)                   | 54 µg (6%)     |
| Tiamina (vit. B <sub>1</sub> )     | 0.620 mg (48%) |
| Riboflavina (vit. B <sub>2</sub> ) | 0.170 mg (11%) |
| Niacina (vit. B <sub>3</sub> )     | 8.830 mg (59%) |
| Vitamina C                         | 1.6 mg (3%)    |
| Vitamina E                         | 0.50 mg (3%)   |
| Calcio                             | 631 mg (63%)   |
| Hierro                             | 7.72 mg (62%)  |
| Magnesio                           | 335 mg (91%)   |
| Fósforo                            | 860 mg (123%)  |
| Potasio                            | 407 mg (9%)    |
| Sodio                              | 16 mg (1%)     |
| Zinc                               | 4.58 mg (46%)  |

---

*Fuente: Álvarez, Berra 2012*

## **2.5. Insumos**

### **2.5.1. 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 cascara (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 trigo blando (Lezcano, 2011).

## **2.5.2. Margarina**

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

### **2.5.2.1. Influencia de la margarina en los 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 la harina y de esa forma se evitara que el agua llegue hasta las proteínas.

De este modo no se formara gluten y los ingredientes no estarán fuertemente ligados entre sí con lo que la textura será, mantecosa y desmenuzable (Dendy. 2001).

## **2.5.3. Azúcar**

Con el nombre específico de azúcar (sacarosa), se designa exclusivamente el producto obtenido industrialmente de la remolacha azucarera (*Beta Vulgaris*, L. varrapa), 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 prolongan la duración de los cupcakes, ya que retienen la humedad. Son el alimento de la levadura y/o polvo de hornear. Si bien existen numerosos tipos de azúcares, el más empleado en la elaboración de cupcakes es la sacarosa o azúcar común. (Dendy, 2001).

#### **2.5.3.1. 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 después del horneado, esta solución solidificada, no retornando a su forma primitiva de cristales, sino que se trata de un metal duro y amorfo que le da al alimento una textura un tanto crujiente. (Dendy, 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 cocción. Los productos azucarados pueden combinarse con las proteínas procedentes de ingredientes como la leche para dar origen a un atractivo color oscuro así como agradables características de sabor y de aroma de los productos recientemente horneados. De forma conjunta estas reacciones se conocen como “Reacción de Maillard”. Estas reacciones ocurren predominantemente en la superficie del producto en donde las temperaturas son más altas. La extensión del color producido depende de la cantidad de azúcar añadida, de la composición química del alimento y de la temperatura del horno durante la cocción. (Dendy, 2001).

#### **2.5.4. Huevos**

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

#### **2.5.4.1. Influencia del huevo en la elaboración de cupcakes**

En los cupcakes, la yema permite obtener una buena miga, permitiendo mayor emulsión al aumentar el volumen del batido, lo que repercutirá en un mayor esponjamiento. También las partes ricas del huevo se conservan blandas durante más tiempo. (Dendy, 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 cupcakes, el huevo tiene una acción ligante con otros ingredientes y un efecto emulgente que contribuye a incrementar la mantecosidad del producto. También el huevo tiene un efecto leudante ya que es capaz de retener aire cuando se bate. Este aire se expandirá durante su cocción, que al estar retenido en la fina estructura que forma la proteína del huevo (albumina) y las de la harina, no puede escapar y de esa forma permanece dentro de las celdillas para contribuir al esponjamiento del producto final. (Dendy, 2001).



### **2.5.5. Leche**

La leche mejora el valor nutritivo y el sabor de los productos de pastelería, pues todos los componentes de la leche tienen influencia en la masa y productos terminados se utiliza principalmente en la elaboración de masas (bizcochos) y otros, en los productos de pastelería mejora su gusto una corteza más dorada y crujiente. (Dendy, 2001).

#### **2.5.5.1. Influencia de la leche en los 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)

### **2.5.6. Polvo de hornear**

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

#### **2.5.6.1. 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).

#### **2.5.6.2. Mecanismo de acción**

El mecanismo de reacción es el siguiente: el ácido reacciona con el bicarbonato produciendo burbujas de  $\text{CO}_2$ , 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).

#### **2.5.6.3. Influencia del polvo de hornear en 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 la harina, es decir que para 500 g de harina se utiliza 15 g de polvo leudante. (Gianola, 1995).

### **2.5.7. Anti moho**

Es el producto por excelencia utilizado para la conservación de productos panificación, evitando el desarrollo de hongos y por ende de la síntesis de metabolitos potencialmente tóxicos. (Gianola, 1995).

#### **2.5.7.1. Composición Química**

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

#### **2.5.7.2. Mecanismo de Acción**

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

#### **2.5.7.3. Influencia del anti moho en los cupcakes**

El anti moho se utiliza en los cupcakes, como en cualquier producto de bollería y/o panificación, para

evitar la proliferación de mohos sobre el producto.  
(Gianola, 1995).

#### **2.5.8. 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 veinte polímeros se combinan en tales variedades de forma, 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 se muestra la permeabilidad y propiedades químicas de las películas de estos materiales (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 su fácil reconocimiento. (Matckovich, 2009).

**Tabla 11: Permeabilidad y propiedades químicas de las películas de envasado**

| Material de La Película      | Velocidad de transmisión de gases<br>( $cm^3/100\text{ pulg}^2 \cdot / 24\frac{h}{m}$ ) |         |           | Velocidad de transferir vapor de agua (g/100 $pulg^2 \cdot / 24\frac{h}{m}$ ) 90% hr | % Absorción De agua en 24 h |
|------------------------------|---|---------|-----------|--|-----------------------------|
|                              | $O_2$   | $N_2$   | $CO_2$    |  |                             |
| Poliéster                    | 3-4   | 0.7 - 1 | 15 - 25   | 1 – 1.3  | < 0.8                       |
| 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)*

### **2.5.8.1. Polietileno (PE)**

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

El polietileno de baja densidades la película plástica de uso más corriente en el envasado. Es resistente, transparente y tiene una permeabilidad relativamente baja al vapor de agua.

El Polietileno de alta densidad es dos veces más impermeable al vapor de agua y a los gases que el polietileno de baja densidad, y ofrece también mayor resistencia al paso de olores y aromas.

(Heiss, 1978).

### **2.5.8.2. Polipropileno (PP)**

Se obtiene con un proceso similar al HDPE, con una polimerización del etileno gaseoso a baja presión, se dan de tres tipos: Polipropileno no orientado, orientado y

lacado. Se obtiene por extrusión plana, tiene bajo peso específico (0.89) los cuales da un mayor rendimiento de m<sup>2</sup> 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).

### **2.5.8.3. Polietileno Tereftalato (PET)**

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



Presenta como características más relevante:

- Cristalinidad y transparencia, aunque admite cargas de colorante
- 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 CO<sub>2</sub>, aceptable barrera a O<sub>2</sub> 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. 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 añaden 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.

### **2.6.1. 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 ellos se trata de tener la harina lo más alejada posible de los ingredientes que contienen agua. Tradicionalmente, la grasa y el azúcar se mezclan hasta conseguir una crema ligera y aireada a la que se le añade 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 finalmente 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 objetivo de no permitir que el aire se vaya arriba y haga que la distribución de las burbujas de aire no sea uniforme. (Dendy, 2001).

### **2.6.2. Dosificado**

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

### **2.6.3. 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).

#### **2.6.4. 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).

#### **2.6.5. 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)

### **2.6.6. Conducción del panel**

Para conducir o llevar a cabo las evaluaciones en los paneles sensorial se deben tener en cuenta ciertas condiciones deseables; una sala libre de olores extraños (perfumes, cigarrillos y otros) y ruidos, contarse con una 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 valuación. (Larmond, 1977).

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

### 2.6.6.1. Métodos de escala hedónica

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).

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

**B) Jueces:** La población elegida para la evaluación debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto en estudio. Estas personas no deben conocer la problemática del estudio, solamente entender el procedimiento de la prueba y responder a ella. Se

recomienda un número de 8 – 35 jueces. (Espinoza 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 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).

## **2.7. Control de Calidad**

### **2.7.1. Conceptos Fundamentales**

#### **2.7.1.1. Calidad**

La norma **NTP – ISO 8402 - INDECOPI** (1994) define la calidad como la totalidad de características de una entidad (aquello que puede ser descrito y considerado individualmente) que le confiere la capacidad para satisfacer necesidades implícitas y explícitas.

La calidad son las características de un producto o servicio que sea necesario para satisfacer las necesidades del

cliente o para alcanzar la aptitud para el uso de una característica de calidad. Cuando se tratan de productos las características son casi técnicas, mientras que las características de calidad de los servicios tienen una dimensión humana. (Casaverde, 2003).

#### **2.7.1.2. Control de Calidad**

Según norma **NTP – ISO 8402 - INDECOPI** (1992), el control de calidad se define como las técnicas y actividades de carácter operativo utilizadas para cumplir los requisitos para la calidad. Practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor. (Casaverde, 2003)

El control de calidad moderno utiliza métodos estadísticos para alcanzar esta meta, es preciso que en la empresa todos promuevan y participen en el control de la calidad, incluyendo en estos a los altos ejecutivos así como a todas las divisiones de la empresa y a todos los empleados. (Casaverde, 2003).



### **2.7.1.3. Requerimientos Básicos**

Para lograr una industrialización completa de los cupcakes se precisa un local y como en todo sistema de procesamiento de alimentos, la necesaria sanidad e higiene industrial. En nuestro país el control sanitario de establecimientos de fabricación y almacenamiento de alimentos y bebidas lo realiza el ministerio de salud a través de la Dirección de Salud Ambiental, quienes fijan los niveles de calidad y seguridad del producto. Esta institución establece en el reglamento sobre vigilancia, control sanitario de los alimentos y bebidas que en el local donde procesen alimentos existan las condiciones apropiadas para manipularlos con calidad. (Calaveras, 2004).

Para la estructura física y las instalaciones de una fábrica o área industrial, la norma establece que las paredes, sala de proceso y el techo deben ser de material lavable. Contar con una adecuada iluminación (natural, artificial) y condiciones para una fácil limpieza. Otras exigencias son: Ventilación adecuada y ventanas cubiertas con mayas metálicas para evitar el ingreso de insectos y polvo.

Es indispensable disponer de agua y energía eléctrica todo el tiempo, además de que la materia prima e insumos.

Todos deben ser de marca de garantía y ser almacenados en condiciones adecuadas para su mayor provecho y beneficio. (Calaveras, 2004).

#### **2.7.1.4. Principales Defectos en los Productos de Panificación**

El Control de Calidad en la industria de fabricación de productos de panadería, se inicia con la descripción de los procesos de elaboración de cupcakes y los análisis de control de calidad que requieren las materias primas utilizadas en estos procesos.

El proceso e insumos deberán ser de calidad para obtener un producto óptimo que tenga la aceptación de los consumidores.

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

## **A. Deterioro del producto de panificación:**

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

- Los componentes de almidón de la harina estarán sujetos a cristalización o retrogradación.
- El componente graso a enranciamiento.
- La humedad y el peso disminuirán.
- El aroma y sabor característico se perderá gradualmente.
- Podrá sufrir daño físico por aplastamiento.
- Determinantemente habrá un deterioro microbiológico por el desarrollo de hongos contaminantes y otros microorganismos. (Calaveras, 2004).

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

### **➤ Pérdida de Humedad y Peso:**

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

La pérdida de humedad está dada por la diferencia de presiones de vapor entre la superficie del producto y del medio circundante. Por tanto, debe considerarse que el empaque del cupcake debe permitir que se mantenga el equilibrio de presiones de vapor entre el producto y la atmósfera inmediata. (Calaveras, 2004).

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

El espacio “intra-pack” o interior de la bolsa es el que se encuentra entre el cupcake y la superficie interna de la misma contenedora, es decir, el medio circundante del producto. Si las características del empaque permiten mantener el equilibrio, la migración de vapor desde el producto al medio circundante no se dará. (Calaveras, 2004).

El espacio “extra-pack” o exterior de la bolsa es aquel que se encuentra fuera de la misma que contiene al cupcake. La reducción de esta migración dependerá fundamentalmente de la impermeabilidad al vapor de agua que tenga el material con

el que se haya fabricado la bolsa. Si esta migración no se produce, el equilibrio entre las presiones de vapor de la superficie del producto y su medio circundante, se mantendrá. (Calaveras, 2004).

Si por el contrario, ya sea que la permeabilidad del material de empaque o por falta de hermeticidad en el sellado o cierre de la bolsa, se producen migraciones de vapor desde el espacio “intra-pack” hacia el espacio “extra-pack”, el cupcake perderá humedad porque se perderá el equilibrio que se había dado. (Calaveras, 2004).

➤ **Alteración de la grasa**

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

Los triglicéridos también están expuestos al deterioro por rancidez oxidativa, la misma que se produce por acción del

oxígeno sobre los ácidos grasos no saturados. (Calaveras, 2004).

➤ **Pérdida de Aroma**

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

El aroma de los cupcakes puede afectarse por las siguientes razones:

- Alteración del componente graso por acción de lipasas, lipoxigenasas y del oxígeno.
- Alteración de los ácidos cítricos que pueden estar presentes como parte de la formulación del producto.
- El control de estos agentes de deterioro debe considerar que tanto las lipasas como las lipoxigenasas deben tener origen microbiano por contaminación posterior al horneado, pues las temperaturas altas a que se somete la masa había desnaturalizado las enzimas. (Calaveras, 2004).

➤ **Falta de Acidez**

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

(Calaveras, 2004).

➤ **Deterioro Mecánico:**

Durante el almacenamiento y distribución del producto existe el riesgo de daño mecánico por aplastamiento de rumas ya sea en forma estática por el propio peso de las bolsas y la presión que ejercen sobre los envases de la parte inferior o durante el transporte por los efectos adicionales producidos por los arranques, frenados y la naturaleza irregular de los caminos.

El aplastamiento puede fracturar la corteza con lo que se favorece la penetración y desarrollo de hongos contaminantes

que estás en la superficie y también se afecta la presentación del producto.

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

#### **B. Recomendaciones:**

Entre los principales requisitos, para un Programa de Control de Calidad en el Proceso de Productos de Panadería, podemos mencionar:

- El Control de Calidad estará a cargo de personal calificado y debidamente capacitado.
- Las responsabilidades de Control de Calidad deben estar claramente definidas.
- La alta dirección de la empresa debe estar comprometida con la tarea del aseguramiento de la calidad.

Ahora bien entre las tareas que deben ser supervisadas por el Departamento de Control de Calidad, podemos hacer referencia:



- Inspeccionar continua y periódicamente la materia prima e insumos, así como aditivos necesarios para la fabricación del producto.
- Se deben guardar todos los informes acerca de los análisis realizados, los cuales deben ser registrados oportunamente, previamente preparados para brindar información rápida, concreta y puntual. En el caso del cupcake entonces, es imprescindible conocer la harina y su calidad, así como el estado de los demás ingredientes. Todo esto con el fin de evitar problemas durante la elaboración de la masa.
- Control adecuado del proceso y de todas sus fases, cumpliendo con los parámetros y estándares predeterminados. Además debe tenerse en cuenta el control y seguimiento del producto final en condiciones adecuadas de almacenamiento.
- Debe implementarse programas de limpieza, prevención y lucha contra plagas.
- Debe a su vez, considerarse un adecuado programa de capacitación al personal, en adecuadas condiciones de higiene y manipuleo para un adecuado desenvolvimiento en su labor; lo cual redundará directamente en la calidad del producto.
- Es importante, por último, mantener actualizado el plan de control de Calidad, el cual debe ir adaptándose a los cambios

y modificaciones que pueda sucederse en planta. (Matckovich, 2009)

Por el delicado papel que juega el departamento de Control de Calidad, debe considerarse entonces que la persona a cargo de éste, debe ser alguien debidamente formado y capacitado, que mantenga relaciones directas con la dirección de la empresa. Si queremos definir cuáles serían las funciones básicas del encargado del Control de Calidad, podemos mencionar entre tantas:

- Elegir la materia prima, insumos y aditivos idóneos para la fabricación del producto seleccionado, marca, tipo, condiciones específicas, etc.; todo esto con la finalidad de lograr mejores características del producto final.

Debe en lo posible prevenir problemas que puedan presentarse durante la fabricación en si del producto; también se encargará de la supervisión en planta de las adecuadas condiciones de higiene y, así como del correcto manipuleo por parte de los operarios. Además el correcto estado de maquinarias y equipos también debe ser controlado oportunamente. (Calaveras, 2004).

Las recomendaciones más importantes en las Prácticas Industriales de Ingeniería son esencialmente principios de

reducción de costos, combinados con la eficacia de hacer un producto de calidad.

La Ingeniería en panificación combina un conocimiento de panadería práctica con un conocimiento suficiente de las operaciones químicas, mecánicas y de equipo para operar exitosamente, y con una buena economía, cualquier Planta Panificadora. (Calaveras, 2004).

El ingeniero debe idear métodos de reducción de gastos (uso de energía, eficiencia del horno, y todos los equipos, tiempo de producción, etc.), incrementar el volumen de producción y mantener la calidad al más alto grado, con una buena ganancia. (Calaveras, 2004).

Otro aspecto de un ingeniero panificador es manejar un sistema preciso de control de gastos por el cual se especifican los gastos de cada operación y de todos los insumos de la formulación. Ello, y la administración no son operaciones comerciales, pero también forman parte del sistema total de ingeniería de una panadería o planta industrial como lo es la diagramación del taller y disposición del equipo o los análisis de calidad. (Calaveras, 2004).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Lugar de Ejecución

- El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes ambientes:
- Instituto de Investigación Agroindustrial de la Escuela de Agroindustria- Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales- Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Análisis y Composición Productos Agroindustriales- Universidad Nacional del Santa.
- Instalaciones del área de Panificación de la Planta Piloto Agroindustrial- Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de 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 va a utilizar 10 Kg de harina para panificación, Nicolini, lote N° 612-82900, de comercial D`GOBA E.I.R.L., (Nuevo Chimbote).

- **Harina de kiwicha**

Se ha utilizado 5 Kg de harina de kiwicha, del Mercado la Perla. (Chimbote).

- **Grano Entero de Chía**

Se ha utilizado 5 kg de chía granulada, del Mercado la Perla. (Chimbote).

### **3.2.2. Insumos**

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

- Azúcar Rubia
- Margarina
- Huevos adquiridos
- Leche Fresca
- Antimoho
- Polvo de hornear

### **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

#### **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

- Balanza analítica Marca: PRECISA GRAVIMETRICS A G. Serie: 321LX. Modelo: LX320A. Desviación: 0.01 g. País: Suiza
- Balanza gramera. Marca: PRECISA. Modelo: XB4200C. Desviación: 0.01 g. País: Suiza.
- Cocina eléctrica. Marca: KESSEN. Modelo: HPY6870-26. Serie: 46804273. País: China
- Colorímetro, KONIKA MINOLTA. Modelo: CR-400. País: E.E.U.U.
- Determinador de humedad. Marca: PRECISA. Modelo: XM-50. Desviación: 0.001 g. País: Suiza
- Equipo de actividad de agua. Marca: ROTRONIC. Modelo: HydroLab2. País: Perú
- Estufa. Marca: POL-EKO APARATURA. Modelo: SW-17TC. Serie: SW-1990. País: E.E.U.U.
- Mufla marca: THERMOLYNE. Serie: 347034984. País: Alemania
- Refrigeradora. Marca: Bosch. Modelo: ksv44. Serie: 0200148448. País: Suiza.
- Texturómetro. Marca: BROOKFIELD. Modelo: CT34500. Serie: 8555940. País: E.E.U.U

### 3.3.2.2. Materiales de Laboratorio

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



### **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.

### **3.3.2.4. Reactivos**

- Agua destilada.
- Ácido sulfúrico (0.05 N).
- Éter de petróleo.
- Fenoltaleína.
- Hexano puro 98%.
- Solución de hidróxido de sodio (0.1 N).

### 3.4. Métodos

#### 3.4.1. Caracterización de la Harina de Trigo, harina de Kiwicha y Grano entero de Chía

La caracterización se realizó individualmente a la harina de Trigo, Harina de Kiwicha y Grano entero de Chía.

- Los análisis se realizaron en el laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la escuela de Agroindustria.

**A) Humedad:** se determinará por el método de la estufa AOAC(1990).

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

**C) Grasa:** Se utilizará el equipo extractor de grasa marca FOSS tipo SOXTEC, usando hexano como solvente. Metodología de la asociación Oficial de químicos Analistas (AOAC) 963.15 2005.

**D) Ceniza:** se realizará 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) Carbohidratos:** Se obtendrá por diferencia, restando el 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasa (G) y Proteínas (P). Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INM) señalada por COLLAZOS et al. (1993).

**Usando la fórmula:**

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

**F) Color:** para determinar el color de la harina de trigo se utilizará 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).

### **3.4.2. Producción de Cupcakes**

#### **3.4.2.1. Formulación**

- La formulación para la elaboración de los cupcakes fue la siguiente:

**Tabla 12: Formulación control utilizada para la elaboración de cupcakes.**

| <b>INGREDIENTES</b> | <b>CANTIDAD (gr)</b> |
|---------------------|----------------------|
| Harina              | 250                  |
| Azúcar              | 150                  |
| Huevos              | 100                  |
| Margarina           | 125                  |
| Leche               | 100                  |
| Polvo Hornear       | 5                    |
| Emulsionante        | 1,25                 |
| Antimoho            | 0,625                |

*Fuente: Bhat et al; 2003.*

#### **3.4.2.2. Elaboración de los cupcakes**

Los cupcakes se elaboraron considerando las cantidades para la mezcla de harina de trigo, harina de kiwicha y grano de chía anteriormente determinadas, y manteniendo el resto de los insumos igual que en la formulación control.

### **3.4.2.3. Evaluación de los cupcakes**

Una vez obtenidos los cupcakes de las mezclas, se procedió a su evaluación en función a las siguientes variables de respuesta: lisina, sabor, textura, color y aroma (color todas las variables respuesta) análisis que son detallados más adelante.

### **3.4.2.4. Evaluación del cupcake con mayor preferencia**

Con el fin de comprobar si el cupcake con mayor preferencia cumple con las normas estipuladas en las Normas Técnicas Peruanas para este tipo de producto, se procederá a evaluar el % Humedad, % % Cenizas, los cuales serán comparados con las mismas evaluaciones que se realizaran al cupcake control (100% Harina de trigo).

### **3.4.2.5. Procedimiento para la elaboración de los cupcakes**

#### **3.4.2.6. Recepción de Materia Prima**

- **Harina de Trigo**

Se empleó Harina de Trigo marca Nicollini Premiun de uso Industrial, que cumple con la Norma Técnica Peruana 205.027:1986. El porcentaje utilizado, según mezclas de la Tabla N° 15.

- **Harina de Kiwicha**

Se empleó Harina de Kiwicha marca Renacer, que cumple con Norma Técnica Peruana 205.040 de INDECOPI. El porcentaje utilizado, según mezclas de la Tabla N° 15.

- **Grano entero de Chía**

Se empleó Grano entero de Chía a granel, comprado en el mercado La Perla. El porcentaje utilizado, según mezclas de la Tabla N° 15.

#### **3.4.2.7. Recepción de Insumos**

Se recepcionó los siguientes Insumos

- Azúcar Blanca
- Margarina
- Leche
- Huevos
- Polvo de Hornear
- Emulsionante de Pasta
- Antimoho

## **A. Pesado**

En esta operación se pesaran las materias primas e insumos según las formulaciones de cada ensayo. Operación que se realizó en una balanza CAMRY. 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.



**Figura 09: Pesado**

## **B. Cremado**

Se añadirá la margarina junto con el azúcar y batir durante 15 minutos, hasta formar una pasta homogénea.



**Figura 10: Cremado**

### **C. Mezclado 1**

Esta operación consistirá en agregar los huevos por un espacio de 1 minuto aproximadamente entre cada uno, batiendo durante 5 minutos. A continuación se añadirá el emulsionante y se batirá por 10 minutos más.



**Figura 11: Mezclado 1**

### **D. Mezclado 2**

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



**Figura 12: Mezclado 2**



### **E. Mezclado 3**

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



**Figura 13: Mezclado 3**

### **F. Moldeado**

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



**Figura 14: Moldeado**

### **G. Horneado**

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



**Figura 15: Horneado**

### **H. Enfriado**

Se realizará a temperatura ambiente por aproximadamente 45 minutos.



**Figura 16: Enfriado**

## **I. Envasado**

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

## **J. Almacenamiento**

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



**Figura 17: Almacenamiento**

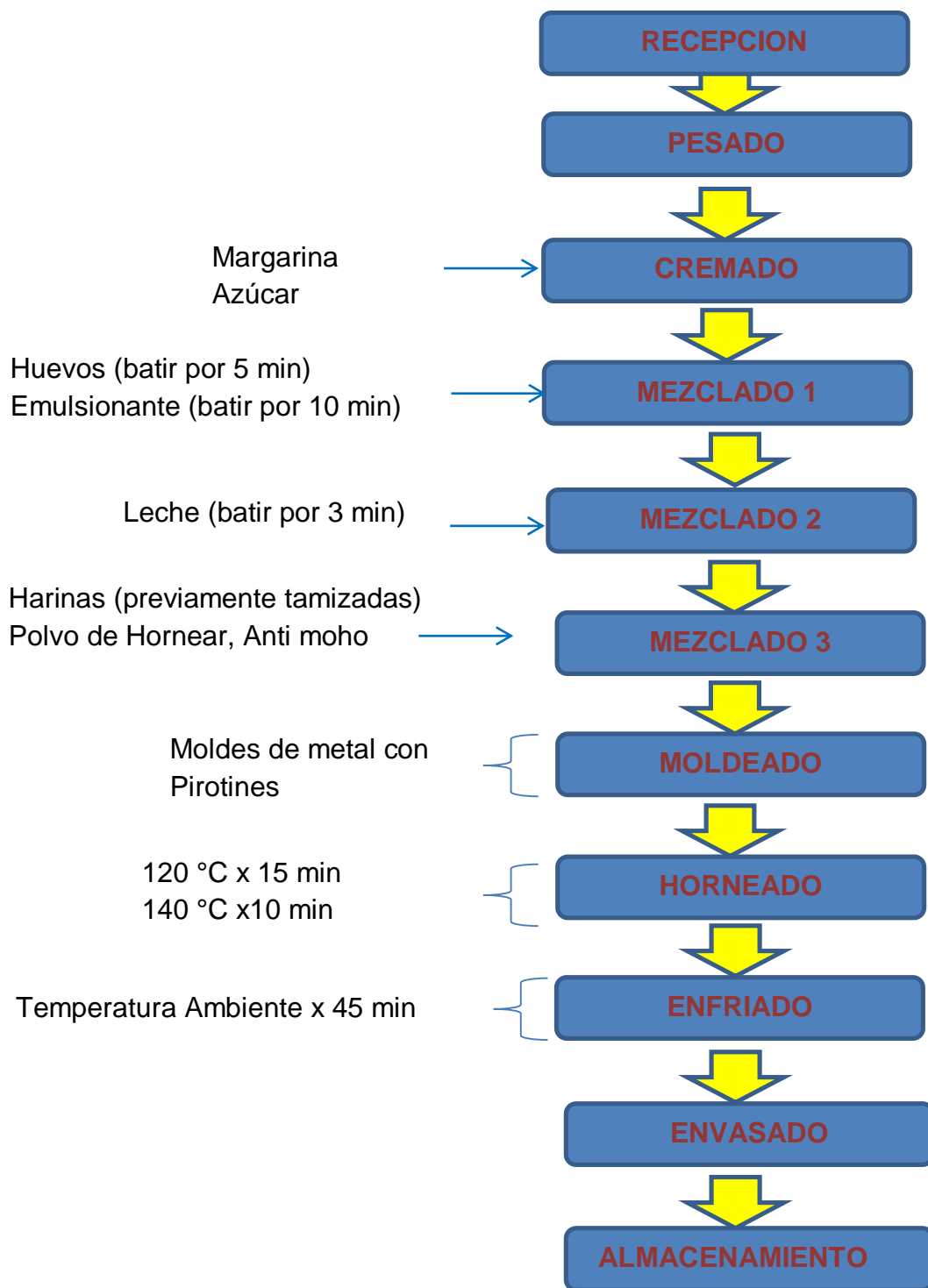


Figura 18: Diagrama de flujo para la elaboración del Cupcake.

### **3.4.3. Evaluación de la calidad de los cupcakes**

#### **3.4.3.4. Análisis sensorial.**

Será realizado el análisis sensorial de todas formulaciones de cupcakes incluyendo el cupcake patrón.

Los cupcakes serán evaluados por 30 panelistas no entrenados de ambos sexos y diferentes grupos de edad. Las características evaluadas serán: color, aroma, textura, sabor.

Las muestras estarán codificadas con números de tres cifras. Por otro lado, las fichas de evaluación sensorial serán 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

#### **3.4.3.5. Análisis estadístico.**

El programa estadística Statistica 8.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA) será utilizado para determinar los efectos de las variables independientes en la variables respuestas, para calcular los coeficientes de regresión, el análisis de

varianza (ANOVA) y construir las superficies de respuesta con nivel de significancia de 5%.

#### **3.4.3.6. Evaluación de la mejor formulación de cupcake**

La elección de la mejor formulación del Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR)  $2^2$  aplicado, se realizará teniendo en cuenta principalmente que el cómputo químico de aminoácidos sea elevado y que en el análisis sensorial la formulación goce de la mayor aceptación. A la formulación seleccionada como la mejor conjunto con el patrón se le determinará los siguientes análisis.

- **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.
- **Proteína:** se realizará según el método UNE-EN ISO 5983-2 parte 2 Dic. 2006.
- **Grasa:** se realizará según el método UNE 64021 1970.
- **Ceniza:** se realizará utilizando el procedimiento descrito en la norma técnica peruana N.T.P 206.007:1976 (Revisada el 2011) para productos de panadería.

- **Carbohidratos:** Se obtiene 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 la diferencia de materia seca (MS-INN) señalada por Collazos et al; (1993).

Usando la fórmula:

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

- **Fibra:** La determinación de fibra será realizada según el método NMX-F-090(1978).
- **Textura:** para este análisis se utilizará el Texturómetro de marca BROOKFIELD.
- **Actividad de Agua:** Se utilizará el equipo de actividad de agua, ROTRONIC.
- **Color de la corteza y la miga:** para la determinación de Color de la corteza y la miga de los cupcakes se utilizará el colorímetro marca KONICA MINOLTA, siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L\* Luminosidad (negro 0/ blanco 100), a\* (verde-/rojo+) y b\* (azul-/amarillo+). La cromacidad C\* y el ángulo de tonalidad h\*, fue según Minolta, 1993.

El color de la miga fue tomado del centro de una sección interna central del cupcake, por triplicado

y de color de la 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:

$$\text{ANGULO DE TONALIDAD} = \text{arctg}(b^*/a^*)$$

#### **3.4.3.7. Vida útil del cupcake**

Para la determinación de la vida útil del cupcake óptimo se utilizará el Método de Cinética de Reacción del % de Acidez.



### 3.4.3.7. Computo químico

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

Dentro de estos métodos químicos se encuentra el método de cómputo químico, conocido como puntaje químico, número químico o score químico propuesto por Mitchell y Block (1946).

En la presente investigación se ha utilizado el patrón de adultos (WHO/FAO/UNU, 2007)

El porcentaje del aminoácido esencial, que está en menor proporción indica el aminoácido limitante al cual se le denomina score químico (SQ), cuando no hay déficit de ningún aminoácido esencial el SQ es 100% y equivale al de una proteína ideal o de referencia: por el contrario, si una proteína es carente en un aminoácido esencial su SQ es cero. (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.

$$\text{computo quimico} = \frac{g. AAE. Alimento o mezcla}{g. AAE. Proteina patron}$$

El computo aminoacídico califica las proteínas, estableciendo una comparación porcentual entre la composición aminoacídica de una proteína patrón que garantiza una óptima síntesis proteica y la composición aminoacídica de la proteína o mezcla proteica a evaluar.

#### **3.4.3.8. Diseño Experimental.**

El delineamiento factorial utilizado fue un 2<sup>2</sup> o diseño compuesto central rotacional (DCCR), considerando como variables independientes los niveles de harina de kiwicha y grano entero de chíá. Los efectos de estas variables fueron evaluados en función de las características físico-químicas y propiedades sensoriales a través de la metodología de superficies de respuesta.

#### **3.4.3.9. Análisis estadístico.**

Los datos recogidos de las variables respuestas fueron procesados en el programa STATISTICA v 8.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, UK, USA). Este paquete estadístico fue utilizado para determinar los efectos de las variables independientes, calcular los coeficientes de regresión, realizar el análisis de

varianza (ANOVA) y construir las superficies de respuestas para el nivel de significancia seleccionado (5 y 10%).

**Tabla 13: Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR)  $2^2$ , incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales, 4 factoriales y 3 repeticiones en el punto central.**

| Variables Independientes | Niveles   |    |   |    |           |
|--------------------------|-----------|----|---|----|-----------|
|                          | $-\alpha$ | -1 | 0 | +1 | $+\alpha$ |
| Harina de kiwicha (%)    | 0         | 2  | 7 | 12 | 14        |
| Grano entero de Chía (%) | 0         | 1  | 5 | 9  | 10        |

$\alpha = 1.4142$

**Tabla 14: Valores codificados y valores reales del Diseño Central  
Compuesto Rotacional 2<sup>2</sup>.**

| Experimento | VALORES<br>CODIFICADOS |                            | VALORES REALES       |                            |
|-------------|------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|
|             | Harina de<br>Kiwicha   | Grano<br>entero de<br>Chía | Harina de<br>Kiwicha | Grano<br>entero de<br>Chía |
| 1           | -1                     | -1                         | 2                    | 1                          |
| 2           | +1                     | -1                         | 12                   | 1                          |
| 3           | -1                     | +1                         | 2                    | 8                          |
| 4           | +1                     | +1                         | 12                   | 9                          |
| 5           | - $\alpha$             | 0                          | 0                    | 5                          |
| 6           | $\alpha$               | 0                          | 14                   | 5                          |
| 7           | 0                      | - $\alpha$                 | 7                    | 0                          |
| 8           | 0                      | $\alpha$                   | 7                    | 10                         |
| 9           | 0                      | 0                          | 7                    | 5                          |
| 10          | 0                      | 0                          | 7                    | 5                          |
| 11          | 0                      | 0                          | 7                    | 5                          |

**Tabla 15: Composición de materias primas para cada formulación del DCCR 2<sup>2</sup>.**

| <b>Formulaciones</b> | <b>% Harina de Trigo</b> | <b>% Harina de Kiwicha</b> | <b>% Grano entero de Chía</b> |
|----------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| <b>1</b>             | 97                       | 2                          | 1                             |
| <b>2</b>             | 87                       | 12                         | 1                             |
| <b>3</b>             | 90                       | 2                          | 8                             |
| <b>4</b>             | 79                       | 12                         | 9                             |
| <b>5</b>             | 95                       | 0                          | 5                             |
| <b>6</b>             | 81                       | 14                         | 5                             |
| <b>7</b>             | 93                       | 7                          | 0                             |
| <b>8</b>             | 83                       | 7                          | 10                            |
| <b>9</b>             | 88                       | 7                          | 5                             |
| <b>10</b>            | 88                       | 7                          | 5                             |
| <b>11</b>            | 88                       | 7                          | 5                             |

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Análisis de 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 16.

**Tabla16: Composición químico proximal de la Harina de Trigo en 100 g de Harina.**

| <b>Componentes</b> | <b>(%)</b>   |
|--------------------|--------------|
| Humedad            | 14.56 ±0.01  |
| Proteínas          | 11.61 ± 0.02 |
| Ceniza             | 1.01 ±0.01   |
| Grasa              | 0.81 ±0.03   |
| Carbohidratos      | 72.01        |

Los resultados mostrados en la tabla 16 muestran que la humedad asciende a 14.56 %, valor que es inferior al 15 % de humedad, que es el máximo permitido por la N.T.P.205.027:1896.

El contenido de proteínas de la harina de trigo es de 11.61 % siendo mayor al 7.0 % referido en el CODEX Alimentarius 152-1985.

Con respecto al contenido de ceniza se obtuvo 1.01, lo cual cumple con la N.T.P.205.027:1986.

El contenido de carbohidratos en la harina fue de 72.01%, valor cercano al mencionado por (Bilbao, 2007); quien indica que la harina de trigo tiene alrededor de 70% de carbohidratos.

#### **4.2.1.2 Harina de Kiwicha**

Los resultados del análisis de la composición porcentual de la harina de kiwicha se muestran en la tabla 16.

**Tabla 17: Composición químico proximal de la Harina de Kiwicha en 100 g de Harina**

| <b>Componentes</b> | <b>(%)</b>   |
|--------------------|--------------|
| Humedad            | 12.95 ± 0.01 |
| Proteínas          | 11.31 ± 0.01 |
| Ceniza             | 2.01 ± 0.02  |
| Grasa              | 4.02 ± 0.02  |
| Carbohidratos      | 69.71        |

Los resultados mostrados en la tabla 17 , nos indican que la Harina de Kiwicha tenía un porcentaje de 12.95% de Humedad y 2.01% de Cenizas, los cuales se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles por la Norma Técnica Peruana 205.040 de INDECOPI; Febrero 1976 (15 y 4% respectivamente). En general los resultados fueron similares a los obtenidos por otros autores como Bertoni et al. (1984). Mencionado por (Lutz, 2009).



#### 4.2.1.3 Grano entero de Chía

Los resultados del análisis de la composición porcentual del **Grano entero de Chía** se muestran en la tabla 18.

**Tabla 18: Composición químico proximal del Grano entero de Chía en 100 g de Harina.**

| <b>Componentes</b> | <b>(%)</b>   |
|--------------------|--------------|
| Humedad            | 7.2 ± 0.01   |
| Proteínas          | 22.12 ± 0.01 |
| Ceniza             | 4.25 ± 0.02  |
| Grasa              | 29.5 ± 0.01  |
| Carbohidratos      | 36.93        |

Los resultados mostrados en la tabla 18, nos indica que el Grano entero de Chía cumple con lo establecido en la Tabla Peruana de Composición de Alimentos 2013.

## 4.2.2. Análisis Fisicoquímico de las materias primas

### 4.2.1.1 Colorimetría de las Harinas de Trigo y de Kiwicha, y del grano entero de Chía

Los resultados del análisis del color de las harinas de trigo y de kiwicha, y del grano entero de chía se muestran en la tabla 19.

**Tabla 19: Colorimetría de las Harinas de Trigo, Kiwicha y el Grano entero de Chía.**

| ANALISIS DE COLOR DE LAS HARINAS |              |              |              |            |                     |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------------|
| MUESTRA                          | $a^*$        | $b^*$        | $L^*$        | $C^*$      | $h^*$               |
|                                  |              |              | Luminosidad  | Cromacidad | Angulo de Tonalidad |
| Harina de Trigo                  | -1.46 ± 0,06 | 11.98 ± 0,08 | 97.46 ± 0,09 | 12.068     | 83.05               |
| Harina de Kiwicha                | 0.72 ± 0,05  | 17.05 ± 0,10 | 86.14 ± 0,07 | 17.065     | 87.58               |
| Grano entero de Chía             | 1.97 ± 0,04  | 9.45 ± 0,09  | 18.36 ± 0,08 | 9.65       | 78.22               |

En la tabla 19, podemos observar que la Harina de Trigo el valor presentado de  $b^*$  (11.98), el cual muestra una

tendencia al color amarillo y en  $a^*$  (-1.46), una ligera tendencia al color verde. El  $L^*$  presento un valor de 97.46 que nos indica que tiene tendencia al color blanco. El ángulo de tonalidad presento un valor de 83.05, que corresponde al segundo cuadrante de las coordenadas de color (verde – amarillo), con una tendencia más al amarillo. La cromacidad presento un valor de 12.068.

Con respecto a la Harina de Kiwicha podemos observar que el valor observado de  $b^*$  (17.05), el cual muestra una tendencia al color amarillo y en  $a^*$  (0.72), con una ligera tendencia al color rojo. El  $L^*$  presento un valor de 86.14 que nos indica que tiene tendencia al color blanco. El ángulo de tonalidad presento un valor de 87.58, que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color (rojo - amarillo), con una tendencia más al amarillo. La cromacidad presento un valor de 17.065.

Con respecto al Grano entero de Chía podemos observar que el valor observado de  $b^*$  (9.45) y en  $a^*$  (1.97), que tiene tendencia al color rojo. El  $L^*$  presento un valor de 18.36. El ángulo de tonalidad presento un valor de 78.22. La cromacidad presento un valor de 9.65.

### 4.3. Computo Químico

**Tabla 20: Cómputo Químico de los ensayos del planeamiento experimental.**

|                          |                             | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11        | Patrón de aminoácidos (mg/g proteína)* |
|--------------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|--|
| <b>FORMULACIONES (%)</b> | <b>Harina de trigo</b>      | 97  | 87  | 90  | 79  | 95  | 81  | 93  | 83  | 88  | 88  | 88        | -                                      |
|                          | <b>Harina de kiwicha</b>    | 2   | 12  | 2   | 12  | 0   | 14  | 7   | 7   | 7   | 7   | 7         | -                                      |
|                          | <b>Grano entero de Chía</b> | 1   | 1   | 8   | 9   | 5   | 5   | 0   | 10  | 5   | 5   | 5         | -                                      |
| <b>SCORE QUIMICO (%)</b> | Isoleucina                  | 118 | 124 | 120 | 126 | 118 | 126 | 121 | 124 | 122 | 122 | 122       | <b>30</b>                              |
|                          | Leucina                     | 119 | 115 | 115 | 115 | 120 | 115 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117       | <b>59</b>                              |
|                          | Lisina                      | 71  | 79  | 79  | 84  | 73  | 83  | 74  | 81  | 78  | 78  | 78        | <b>45</b>                              |
|                          | Metionina+Cistina           | 191 | 188 | 188 | 160 | 178 | 173 | 193 | 159 | 175 | 175 | 175       | <b>22</b>                              |
|                          | Fenilalanina + tirosina     | 210 | 205 | 205 | 206 | 211 | 205 | 207 | 208 | 208 | 208 | 208       | <b>38</b>                              |
|                          | Treonina                    | 137 | 145 | 145 | 148 | 137 | 148 | 141 | 144 | 142 | 142 | 142       | <b>23</b>                              |
|                          | Triptofano                  | 203 | 201 | 201 | 225 | 216 | 213 | 199 | 229 | 214 | 214 | 214       | <b>6</b>                               |
|                          | Valina                      | 120 | 120 | 120 | 121 | 121 | 120 | 120 | 121 | 121 | 121 | 121       | <b>39</b>                              |
| Histidina                | 167                         | 167 | 169 | 169 | 168 | 168 | 167 | 169 | 168 | 168 | 168 | <b>15</b> |  |

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

El computo químico o escore químico, mostrado en la Tabla 20; identifica a la lisina como aminoácido limitante, sin embargo sobrepasa el límite mínimo de 70% recomendado por la FAO/OMS.

No se mostró deficiencia de los demás aminoácidos esenciales en su totalidad, demostrado en los valores que exceden el 100%.

En el caso de la treonina, aminoácido limitante del trigo; pudo complementarse con la kiwicha y el grano entero de Chía y dejar de ser limitante en todas las formulaciones. Además la deficiencia de leucina en la kiwicha que tiene por naturaleza; pudo ser complementada por el trigo y el grano entero de Chía tal y como lo menciona Campbell (1997); pudiendo así observarse en la tabla 20 que no se presentó como aminoácido limitante para ninguna de las formulaciones.

La proteína de la composición de aminoácidos de la kiwicha es más favorable para las demandas humanas. La lisina y los aminoácidos azufrados (metionina, cisteína / cistina) son altos y no obstaculiza el crecimiento, en comparación con el contenido de proteínas de los cereales (Saunders, 1984). Mencionado por (Campbell, 1997).

#### 4.4. Evaluación del Aminoácido Lisina en los Cupcakes

Tabla 21: Valores de Lisina de los cupcakes

| <b>Formulaciones</b> | <b>Harina de kiwicha</b> | <b>Grano entero de chía</b> | <b>Harina de kiwicha (%)</b> | <b>Grano entero de chía (%)</b> | <b>Lisina</b> |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------|
| <b>1</b>             | -1                       | -1                          | 2                            | 1                               | 71            |
| <b>2</b>             | +1                       | -1                          | 12                           | 1                               | 79            |
| <b>3</b>             | -1                       | +1                          | 2                            | 8                               | 79            |
| <b>4</b>             | +1                       | +1                          | 12                           | 9                               | 84            |
| <b>5</b>             | -1.41                    | 0                           | 0                            | 5                               | 73            |
| <b>6</b>             | +1.41                    | 0                           | 14                           | 5                               | 83            |
| <b>7</b>             | 0                        | -1.41                       | 7                            | 0                               | 74            |
| <b>8</b>             | 0                        | +1.41                       | 7                            | 10                              | 81            |
| <b>9</b>             | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 78            |
| <b>10</b>            | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 78            |
| <b>11</b>            | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 78            |
| <b>Patrón</b>        | -                        | -                           | -                            | -                               | -             |

En la **tabla 21** se muestra los valores codificados y reales para la variable lisina. Los valores de lisina se obtuvieron de la realización del cómputo químico de aminoácidos para cada una de las formulaciones generadas del diseño compuesto central rotacional (DCCR). Se ha considerado importante determinar un modelo predictivo y superficie de respuesta de este aminoácido, pues es un elemento necesario para la construcción de todas las proteínas del organismo.

Como se puede observar en la **tabla 21**, los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones realizados presentaron valores de 71 (Formulación 1) y 84 (Formulación 4); valores mínimos y máximo respectivamente. Cabe mencionar que la FAO/OMS recomienda un límite mínimo de 70% para el aminoácido esencial en mención.

**Tabla 22: Coeficientes de regresión para el aminoácido Lisina correspondiente al Cómputo químico de los cupcakes**

|                                      | <b>Coeficientes<br/>de regresión</b> | <b>Error<br/>estándar</b> | <b>t(8)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 78.00                                | 0.35                      | 221.23      | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | 3.39                                 | 0.22                      | 15.71       | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | 0.13                                 | 0.26                      | 0.49        | 0.6472          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | 2.86                                 | 0.22                      | 13.26       | <0.0001         |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | -0.13                                | 0.26                      | -0.49       | 0.6472          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | -0.75                                | 0.31                      | -2.46       | 0.0575          |

x<sub>1</sub>=Harina de kiwicha, x<sub>2</sub>=Grano entero de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

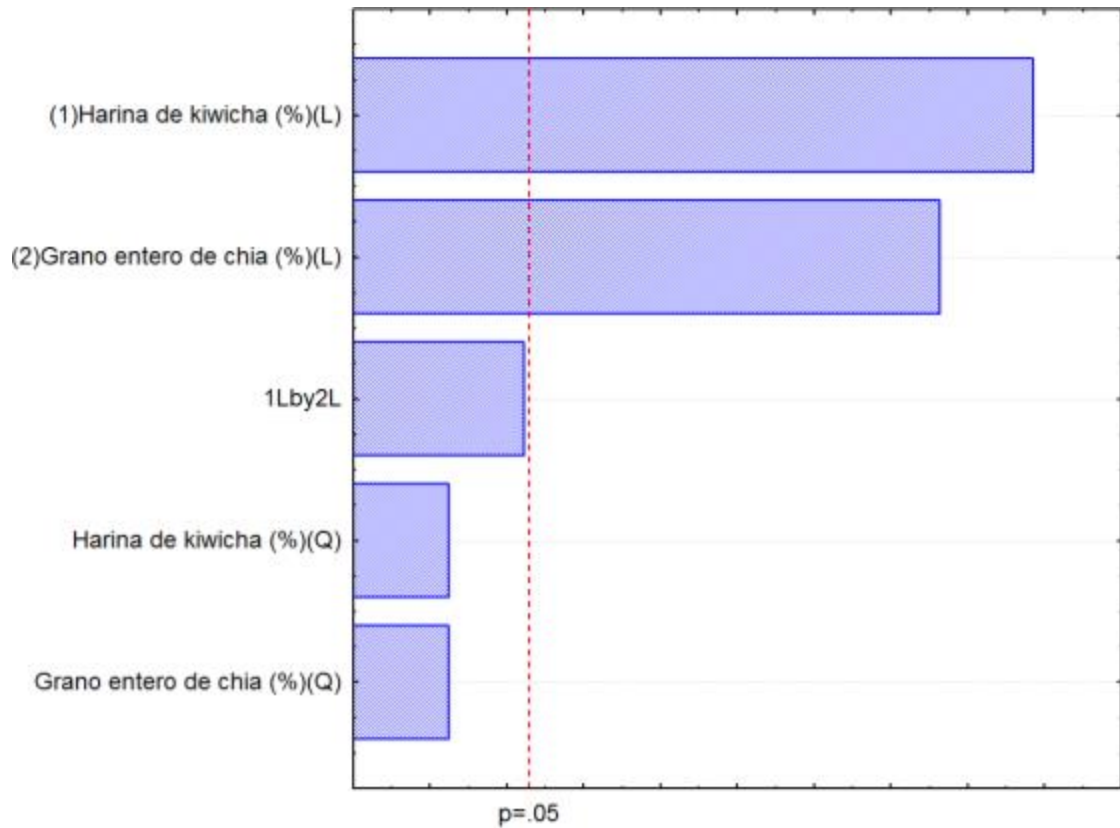
\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos en estudio, e interacción de las variables independientes (**tabla 22**). La **tabla 22** muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental); y los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así



como de la interacción de las variables independientes de Harina de kiwicha ( $x_1$ ) y Grano entero de chía ( $x_2$ ).

El **Figura 19** muestra a los términos lineales de harina de kiwicha y grano entero de Chía, como términos altamente significativos ( $p < 0.05$ )



**Figura 19: Probabilidad de significancia para el aminoácido Lisina correspondiente al Cómputo químico de los cupcakes**

El valor de coeficiente de determinación ( $r^2$ ); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de 98.85%. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales.

Al excluir los términos no significativos ( $p>0.05$ ); el nuevo  $r^2$  para el modelo ajustado es de **97.31%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el modelo o delineamiento experimental; es decir se puede considerar una óptima explicación de la variación total, por parte de la recta inherente a las 11 formulaciones.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 23, se observa que el modelo que describe la respuesta de Lisina en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de  $r^2$  fue mayor a 70% y la razón  $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$  fue de 32.43, permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

**Tabla 23: Análisis de varianza para la respuesta Lisina de los cupcakes**

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F calculado</b> | <b>F tabulado<br/>(2, 8;0.05)</b> |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| <b>Regresión</b>           | 157.64                   | 2                         | 78.82                   |                    |                                   |
| <b>Residuos</b>            | 4.36                     | 8                         | 0.545                   | 144.62             | 4.46                              |
| <b>Total</b>               | 162.00                   | 10                        | 16.20                   |                    |                                   |

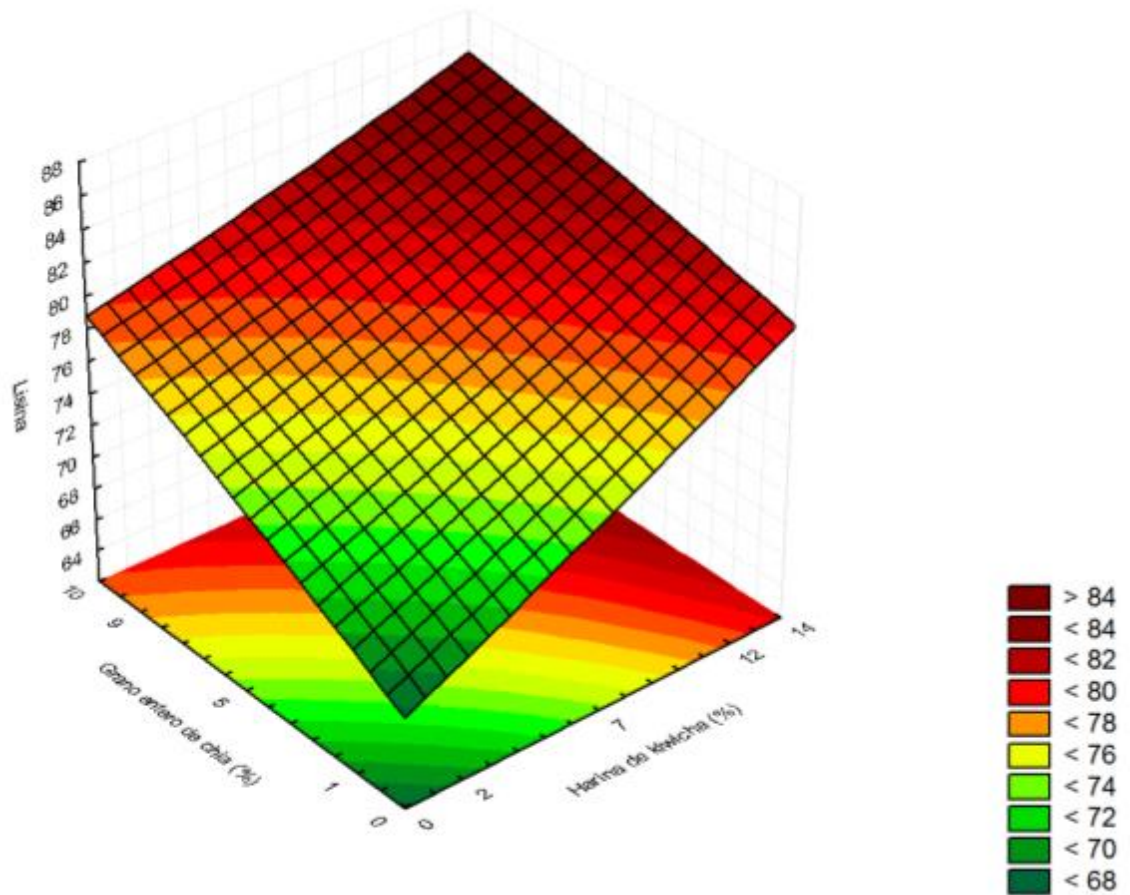
En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 1, que muestra la posibilidad de la lisina de ser estimado en función de la harina kiwicha y grano entero de Chía.

$$\text{Lisina} = 78.00 + 3.39x_1 + 2.86x_2 \dots(1)$$

Dónde:

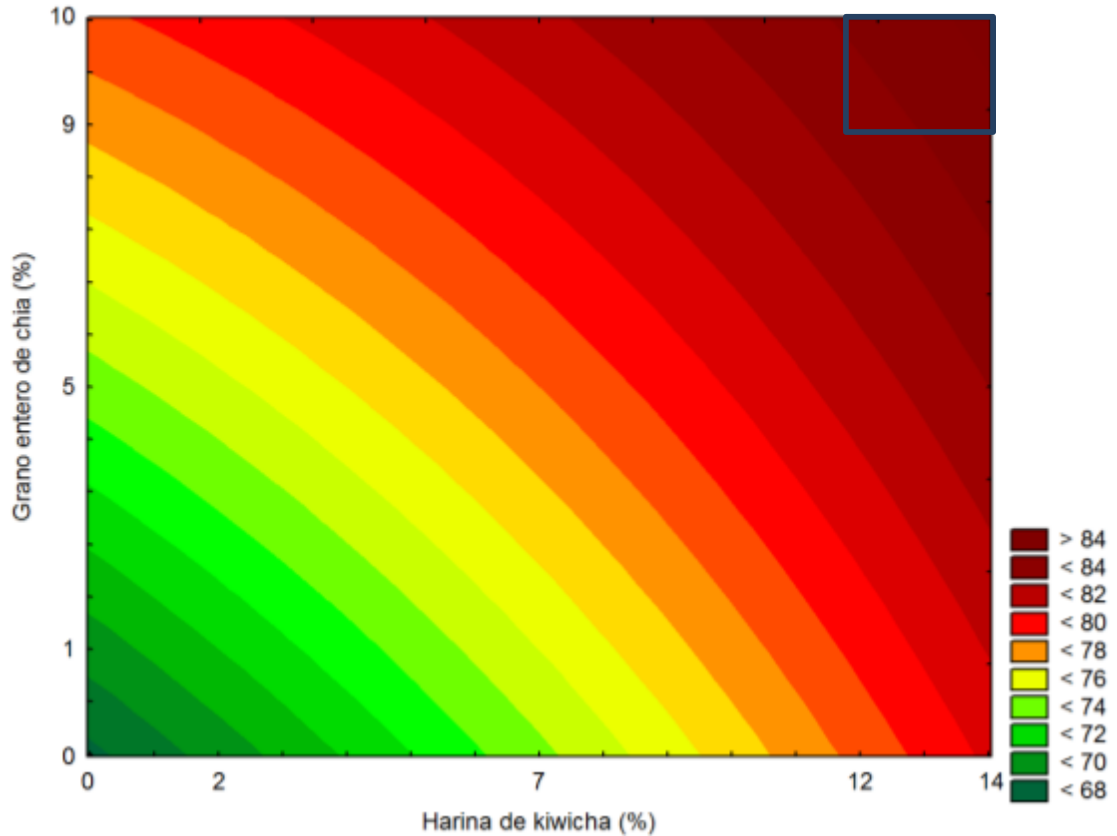
$x_1$  = Harina de kiwicha (%).

$x_2$  = Grano entero de chía (%).



**Figura 20. Superficies de respuesta para la lisina de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entero de chíia (%).**

Al analizar la superficie de respuesta para la respuesta lisina se concluye que al adicionar mayor concentración de harina de kiwicha (0 a 14%) y grano entero de chíia (0 a 10%), se obtiene mayores valores lisina.



**Figura 21. Gráfico de contorno para la lisina de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%).**

La figura 21 muestra la región que toma valores de harina de kiwicha (12 a 14%) y grano entero de chía (9 a 10%) para obtener valores de lisina mayores a 84%.

## 4.6. Análisis Sensorial

### 4.6.1. Sabor sensorial

La tabla 24 muestra los resultados de sabor sensorial para cada formulación del delineamiento experimental.

**Tabla 24: Sabor sensorial de los cupcakes**

| <b>Formulaciones</b> | <b>Harina de kiwicha</b> | <b>Grano entero de chíá</b> | <b>Harina de kiwicha (%)</b> | <b>Grano entero de chíá (%)</b> | <b>Sabor</b> |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------|
| <b>1</b>             | -1                       | -1                          | 2                            | 1                               | 4.06         |
| <b>2</b>             | +1                       | -1                          | 12                           | 1                               | 3.86         |
| <b>3</b>             | -1                       | +1                          | 2                            | 8                               | 3.94         |
| <b>4</b>             | +1                       | +1                          | 12                           | 9                               | 4.31         |
| <b>5</b>             | -1.41                    | 0                           | 0                            | 5                               | 3.94         |
| <b>6</b>             | +1.41                    | 0                           | 14                           | 5                               | 3.94         |
| <b>7</b>             | 0                        | -1.41                       | 7                            | 0                               | 3.89         |
| <b>8</b>             | 0                        | +1.41                       | 7                            | 10                              | 4.00         |
| <b>9</b>             | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 3.86         |
| <b>10</b>            | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 3.86         |
| <b>11</b>            | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 3.83         |
| <b>Patrón</b>        | -                        | -                           | -                            | -                               | 3.94         |

La tabla 24 muestra al ensayo 4 (12% de harina de kiwicha, 9% de grano entero de chíá) como el que goza de mayor aceptación por parte de los panelistas (30). Siendo su aceptación mayor al patrón, que no tiene en su composición ninguna de las variables independientes en estudio.

Los ensayos con condición de punto central (9, 10 y 11) presentaron diferencias mínimas en las respuestas, lo que indica la buena repetitividad del proceso.

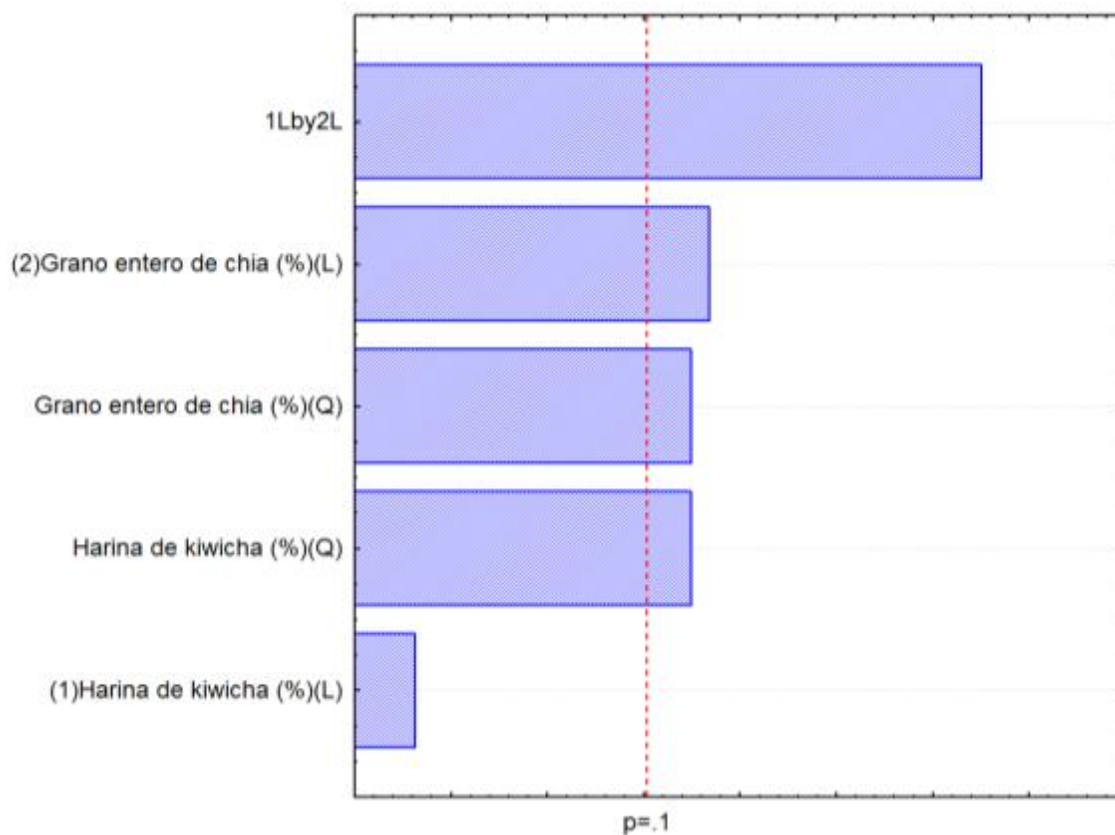
**Tabla 25: Coeficientes de regresión para el Sabor sensorial de los cupcakes**

|                                      | <b>Coeficientes de regresión</b> | <b>Error estándar</b> | <b>t(6)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 3.85                             | 0.04                  | 88.08       | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | 0.02                             | 0.03                  | 0.81        | 0.4527          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | 0.07                             | 0.03                  | 2.25        | 0.0745          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | 0.06                             | 0.03                  | 2.34        | 0.0662          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 0.07                             | 0.03                  | 2.25        | 0.0745          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 0.14                             | 0.04                  | 3.75        | 0.0132          |

x<sub>1</sub>=Harina de kiwicha, x<sub>2</sub>=Grano entero de chíá, L=término lineal, Q=término cuadrático.

\* Valores estadísticamente significativos al 10% de significancia (p<0.10).

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta sabor sensorial, tabla 25. Analizando estos efectos se observó que los únicos parámetros que tuvieron efecto significativo ( $p < 0.10$ ) fueron los términos cuadráticos de harina de kiwicha y grano entero de chíá, el término lineal de grano entero de chíá y la interacción de la harina de kiwicha y grano entero de chíá.



**Figura 22: Probabilidad de significancia para el sabor sensorial de los cupcakes**



Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 26, se observa que el modelo que describe la respuesta sabor sensorial en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de  $r^2$  fue mayor a 70% y que el  $f$  calculado es mayor al  $f$  tabulado.

El valor de coeficiente de determinación ( $r^2$ ); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **84.87%**. Este valor indica un alto ajuste modelo.

Al excluir del modelo completo, aquellos términos por no ser significativos ( $p > 0.05$ ); el nuevo  $r^2$  que se presenta para el modelo ajustado es de **82.87%**.

**Tabla 26: Análisis de varianza para la respuesta Sabor de los cupcakes**

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculado | F tabulado<br>(4, 6;0.10) |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|---------------------------|
| <b>Regresión</b>    | 0.16              | 4                  | 0.04             |             |                           |
| <b>Residuos</b>     | 0.03              | 6                  | 0.005            | 8.00        | 4.53                      |
| <b>Total</b>        | 0.19              | 10                 | 0.019            |             |                           |

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 2; en función de la harina kiwicha y grano entero de Chía.

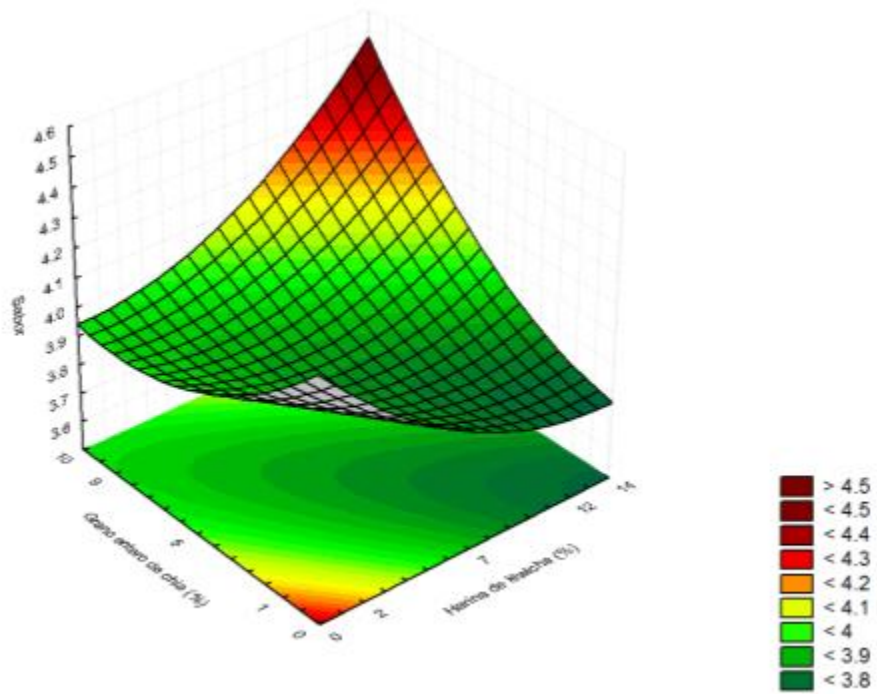
$$\text{Sabor} = 3.85 + 0.07x_1^2 + 0.06x_2 + 0.07x_2^2 + 0.14x_1x_2 \dots \dots (2)$$

Donde:

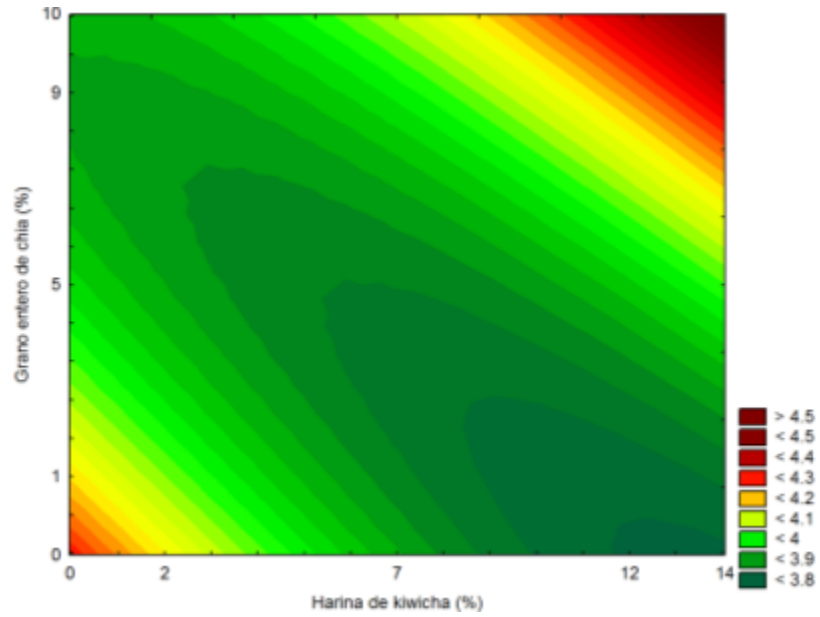
$x_1$  = Harina de kiwicha (%).

$x_2$  = Grano entero de chía (%).

$x_1 * x_2$  = Interacción de harina de kiwicha y grano entero de chía.



**Figura 23. Superficies de respuesta para el sabor de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chíia (%).**



**Figura 24. Gráfico de contorno para el sabor sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%).**

La figura 24 muestra la región que toma valores de harina de kiwicha (12 a 14%) y grano entero de chía (9 a 10%) para obtener valores de mayor aceptación para la variable sabor.

#### 4.6.2. Textura sensorial

La **tabla 27** muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y como valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio.

**Tabla 27: Textura sensorial de los cupcakes**

|                      | Harina de kiwicha | Grano entero de chía | Harina de kiwicha (%) | Grano entero de chía (%) | Textura |
|----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|---------|
| <b>Formulaciones</b> |                   |                      |                       |                          |         |
| <b>1</b>             | -1                | -1                   | 2                     | 1                        | 3.91    |
| <b>2</b>             | +1                | -1                   | 12                    | 1                        | 3.89    |
| <b>3</b>             | -1                | +1                   | 2                     | 8                        | 3.89    |
| <b>4</b>             | +1                | +1                   | 12                    | 9                        | 3.94    |
| <b>5</b>             | -1.41             | 0                    | 0                     | 5                        | 3.89    |
| <b>6</b>             | +1.41             | 0                    | 14                    | 5                        | 3.97    |
| <b>7</b>             | 0                 | -1.41                | 7                     | 0                        | 3.83    |
| <b>8</b>             | 0                 | +1.41                | 7                     | 10                       | 3.86    |
| <b>9</b>             | 0                 | 0                    | 7                     | 5                        | 3.80    |
| <b>10</b>            | 0                 | 0                    | 7                     | 5                        | 3.83    |
| <b>11</b>            | 0                 | 0                    | 7                     | 5                        | 3.80    |
| <b>Patrón</b>        | -                 | -                    | -                     | -                        | 3.69    |

Como se puede observar en la **tabla 27**, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de textura sensorial entre 3.80 (Formulación 9 y 11) y 3.97 (Formulación 6); valores mínimos y máximo respectivamente.

Es importante mencionar que las formulaciones o ensayos con condición de punto central (ensayos 9, 10 y 11), mostraron valores próximos; lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

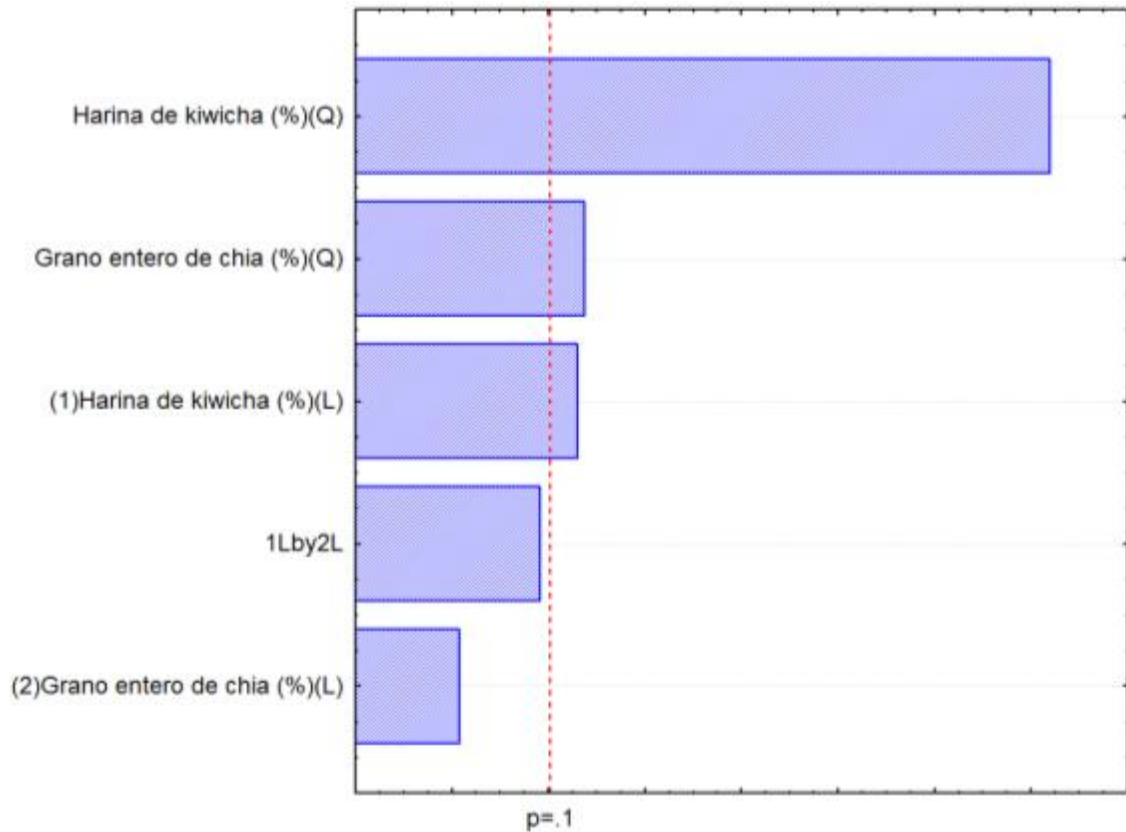
A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta textura sensorial, tabla 27. Analizando estos efectos se observó que los únicos parámetros que tuvieron efecto significativo ( $p < 0.10$ ) fueron el término lineal de harina de kiwicha, el término cuadrático de grano entero de trigo y el término cuadrático de harina de kiwicha; el cual es altamente significativo.

**Tabla 28: Coeficientes de regresión para la textura sensorial de los cupcakes**

|                                      | <b>Coeficientes<br/>de regresión</b> | <b>Error<br/>estándar</b> | <b>t(6)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 3.81                                 | 0.01                      | 304.82      | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | 0.02                                 | 0.01                      | 2.30        | 0.0697          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | 0.07                                 | 0.01                      | 7.19        | 0.0008          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | 0.01                                 | 0.01                      | 1.08        | 0.3295          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 0.02                                 | 0.01                      | 2.37        | 0.0641          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 0.02                                 | 0.01                      | 1.91        | 0.1138          |

x<sub>1</sub>=Harina de kiwicha, x<sub>2</sub>=Grano entero de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

\* Valores estadísticamente significativos al 10% de significancia (p<0.10).



**Figura 25: Probabilidad de significancia para la textura sensorial de los cupcakes**

El valor de coeficiente de determinación ( $r^2$ ); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **92.53%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir los términos no significativos ( $p > 0.05$ ); el nuevo  $r^2$  para el modelo ajustado es de **85.31%**. Lo que indica ajuste adecuado del delineamiento experimental.



Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 29, se observa que el modelo que describe la respuesta Textura en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de  $r^2$  fue mayor a 70% y que el  $f$  calculado es mayor al tabulado, permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

**Tabla 29: Análisis de varianza para la respuesta Textura de los cupcakes**

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculado | F tabulado<br>(3, 7;0.10) |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|---------------------------|
| <b>Regresión</b>    | 0.026             | 3                  | 0.0087           |             |                           |
| <b>Residuos</b>     | 0.005             | 7                  | 0.0007           | 12.43       | 4.35                      |
| <b>Total</b>        | 0.031             | 10                 | 0.0031           |             |                           |

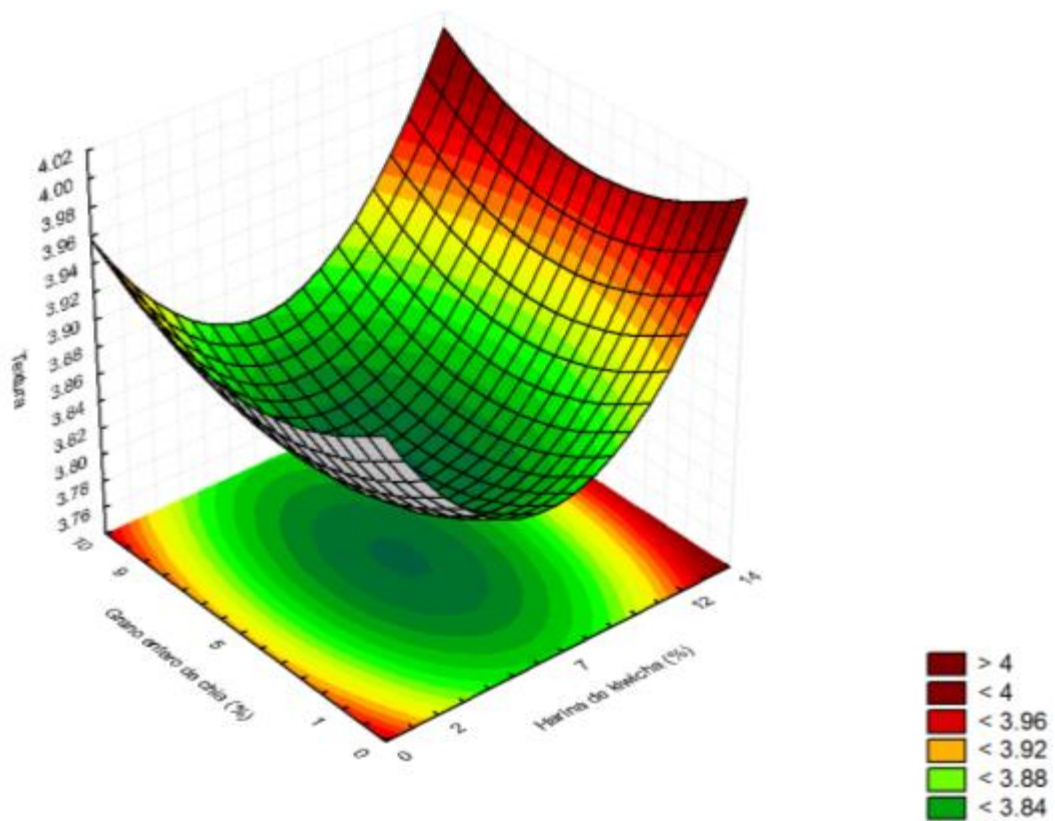
$$\text{Textura} = 3.81 + 0.02x_1 + 0.07x_1^2 + 0.02x_2^2 \dots (3)$$

Dónde:

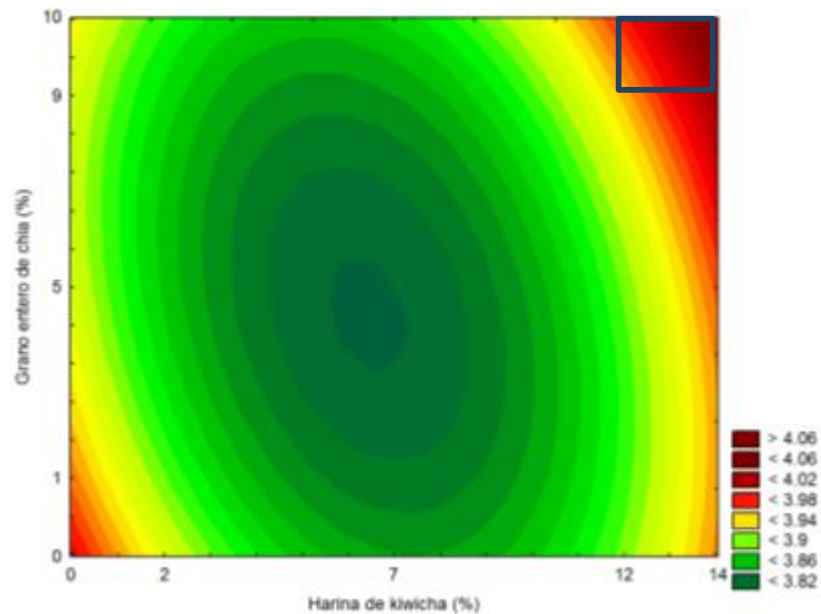
$x_1$  = Harina de kiwicha (%).

$x_2$  = Grano entero de chía (%).

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 3; en función de la harina kiwicha y grano entero de Chía.



**Figura 26. Superficies de respuesta para la textura de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%).**



**Figura 27. Gráfico de contorno para la textura sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%).**

El gráfico 26 y 27 indican que al adicionar porcentajes de grano entero de chía alrededor de 5% y harina de kiwicha alrededor de 7%, se obtiene una menor aceptación por parte de los panelistas. Por otro lado se puede considerar a la región delimitada por los valores de harina de kiwicha (entre 12 a 14%) y grano entero de chía (entre 9 a 10%), para la obtención de valores con buena aceptación para la textura de los cupcakes.

#### 4.6.3. Aroma sensorial

La tabla 30 muestra los resultados de aroma para cada formulación del delineamiento experimental.

**Tabla 30: Aroma sensorial de los cupcakes**

| <b>Formulaciones</b> | <b>Harina de kiwicha</b> | <b>Grano entero de chía</b> | <b>Harina de kiwicha (%)</b> | <b>Grano entero de chía (%)</b> | <b>Aroma</b> |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------|
| 1                    | -1                       | -1                          | 2                            | 1                               | 3.86         |
| 2                    | +1                       | -1                          | 12                           | 1                               | 3.86         |
| 3                    | -1                       | +1                          | 2                            | 8                               | 3.89         |
| 4                    | +1                       | +1                          | 12                           | 9                               | 3.94         |
| 5                    | -1.41                    | 0                           | 0                            | 5                               | 3.91         |
| 6                    | +1.41                    | 0                           | 14                           | 5                               | 3.91         |
| 7                    | 0                        | -1.41                       | 7                            | 0                               | 3.86         |
| 8                    | 0                        | +1.41                       | 7                            | 10                              | 3.89         |
| 9                    | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 3.83         |
| 10                   | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 3.83         |
| 11                   | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 3.80         |
| <b>Patrón</b>        | -                        | -                           | -                            | -                               | 3.71         |

La **tabla 30** muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y como valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio.

Como se puede observar en la **tabla 30**, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de aroma sensorial entre 3.80 (Formulación 11) y 3.94 (Formulación 4); valores mínimos y máximo respectivamente.

Es importante mencionar que las formulaciones o ensayos con condición de punto central (ensayos 9, 10 y 11), mostraron valores próximos; lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

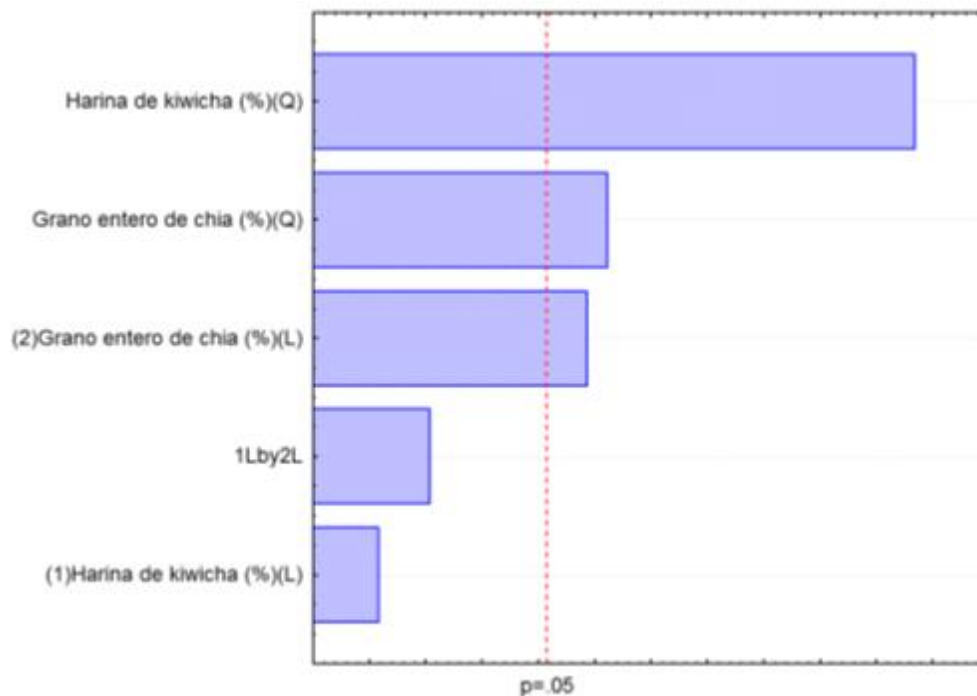
A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta textura sensorial, tabla 31. Analizando estos efectos se observó que los únicos parámetros que tuvieron efecto significativo ( $p < 0.10$ ) fueron el término cuadrático de harina de kiwicha el cual fue altamente significativo, el término lineal de grano entero de chía y el término cuadrático de grano entero de chía.

**Tabla 31: Coeficientes de regresión para el aroma sensorial de los cupcakes**

|                                      | <b>Coeficientes de regresión</b> | <b>Error estándar</b> | <b>t(6)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 3.81                             | 0.01                  | 354.93      | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | 0.01                             | 0.01                  | 1.08        | 0.3278          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | 0.05                             | 0.01                  | 5.84        | 0.0021          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | 0.02                             | 0.01                  | 2.93        | 0.0325          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 0.02                             | 0.01                  | 3.11        | 0.0265          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 0.01                             | 0.01                  | 1.53        | 0.1858          |

x<sub>1</sub>=Harina de kiwicha, x<sub>2</sub>=Grano entero de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).



**Figura 28: Probabilidad de significancia para el aroma sensorial de los cupcakes**

El valor de coeficiente de determinación ( $r^2$ ); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **90.64%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir los términos no significativos ( $p > 0.05$ ); el nuevo  $r^2$  para el modelo ajustado es de **84.04%**. Lo que indica ajuste adecuado del delineamiento experimental.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 32, se observa que el modelo que describe la respuesta sabor en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de  $r^2$  fue mayor a 70% y que el  $f$  calculado es

mayor al tabulado, permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

**Tabla 32: Análisis de varianza para la respuesta Aroma de los cupcakes**

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculado | F tabulado<br>(3, 7;0.05) |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|---------------------------|
| Regresión           | 0.016             | 3                  | 0.005            |             |                           |
| Residuos            | 0.003             | 7                  | 0.0004           | 12.5        | 4.23                      |
| <b>Total</b>        | <b>0.019</b>      | <b>10</b>          | <b>0.0019</b>    |             |                           |

$$\text{Textura} = 3.81 + 0.05x_1^2 + 0.02x_2 + 0.02x_2^2 \dots (4)$$

Donde:

$x_1$  = Harina de kiwicha (%).

$x_2$  = Grano entero de chía (%).

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 4; en función de la harina kiwicha y grano entero de Chía.



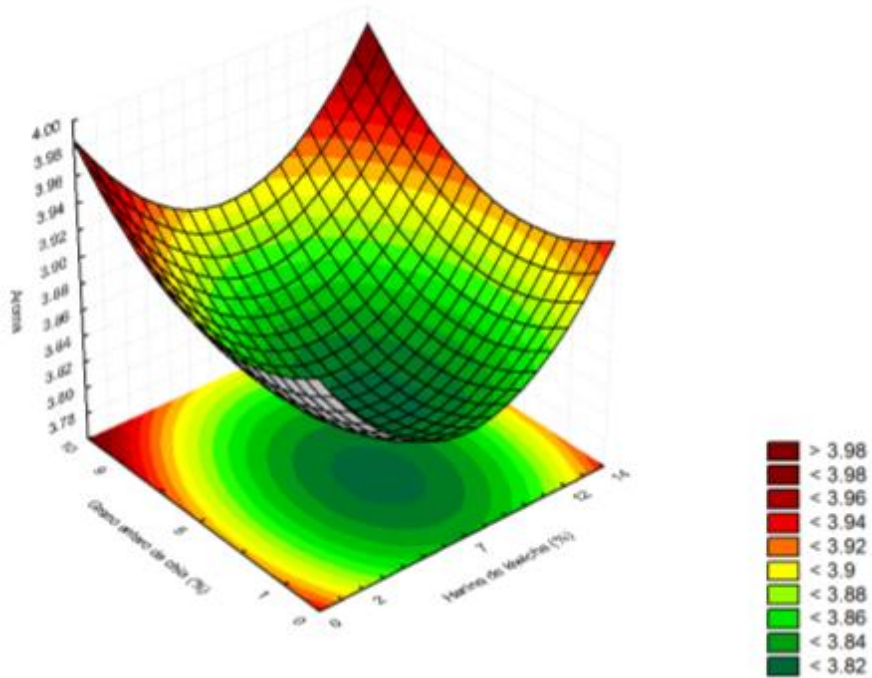


Figura 29. Superficies de respuesta para el aroma de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%).

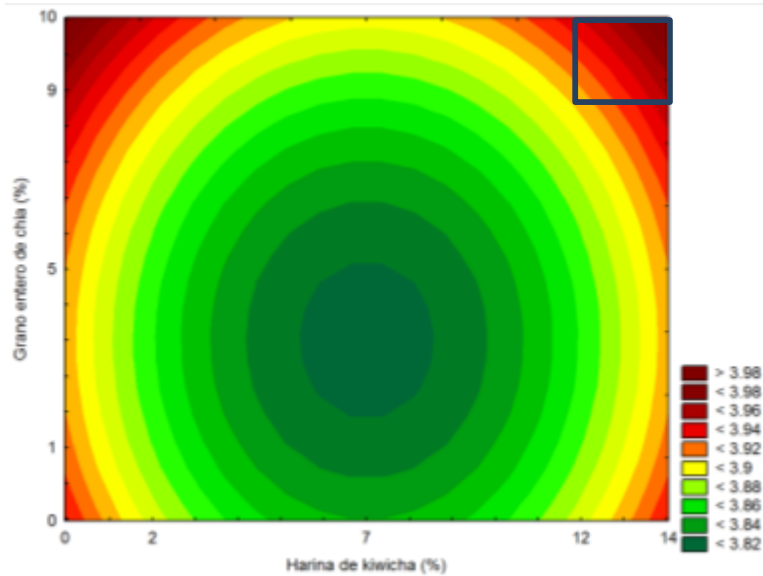


Figura 30. Figura de contorno para el aroma sensorial de los cupcakes en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%) y Contenido de grano entera de chía (%).

Las figuras 29 y 30 indican que al adicionar porcentajes de grano entero de chía alrededor de 4% y harina de kiwicha alrededor de 7%, se obtiene una menor aceptación por parte de los panelistas por el parámetro en estudio. Por otro lado se puede considerar a la región delimitada por los valores de harina de kiwicha (entre 12 a 14%) y grano entero de chía (entre 9 a 10%), para la obtención de valores con buena aceptación para el aroma sensorial de los cupcakes.

#### 4.6.4. Color sensorial

La tabla 33 muestra los resultados de color para cada formulación del delineamiento experimental.

**Tabla 33: Color sensorial de los cupcakes**

| <b>Formulaciones</b> | <b>Harina de kiwicha</b> | <b>Grano entero de chía</b> | <b>Harina de kiwicha (%)</b> | <b>Grano entero de chía (%)</b> | <b>Color</b> |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------|
| <b>1</b>             | -1                       | -1                          | 2                            | 1                               | 4.09         |
| <b>2</b>             | +1                       | -1                          | 12                           | 1                               | 4.09         |
| <b>3</b>             | -1                       | +1                          | 2                            | 8                               | 3.94         |
| <b>4</b>             | +1                       | +1                          | 12                           | 9                               | 4.31         |
| <b>5</b>             | -1.41                    | 0                           | 0                            | 5                               | 3.97         |
| <b>6</b>             | +1.41                    | 0                           | 14                           | 5                               | 3.91         |
| <b>7</b>             | 0                        | -1.41                       | 7                            | 0                               | 3.89         |
| <b>8</b>             | 0                        | +1.41                       | 7                            | 10                              | 4.00         |
| <b>9</b>             | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 4.00         |
| <b>10</b>            | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 3.91         |
| <b>11</b>            | 0                        | 0                           | 7                            | 5                               | 3.91         |
| <b>Patrón</b>        | -                        | -                           | -                            | -                               | 3.94         |

La tabla 33 muestra los resultados del color sensorial para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 33 muestra al ensayo 4 (12% de harina de kiwicha y 9% de grano entero de chíá) como el que goza de mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta Color, presentados en la tabla 34. Analizando estos efectos se observó que no hubo término significativo para ninguna variable (ver figura 32). Por tanto, el modelo matemático y las superficies de respuesta no fueron considerados debido que el coeficiente de determinación ( $r^2=44.18\%$ ) presento un valor bajo.

En tanto, el modelo completo de segundo orden para la aceptación del color de los cupcakes se encuentra en la ecuación 5.

Este comportamiento se debe a que el promedio de las puntuaciones realizada por los 30 panelistas para cada formulación, en cuanto a la variable color, presento valores muy próximos entre sí; independientemente de la adición de harina de kiwicha y grano entero de chía.

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para el color, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel de harina de kiwicha y grano entero de chía, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final. De lo mencionado anteriormente solo se puede señalar la ecuación de modelo completo para el color sensorial de los cupcakes.

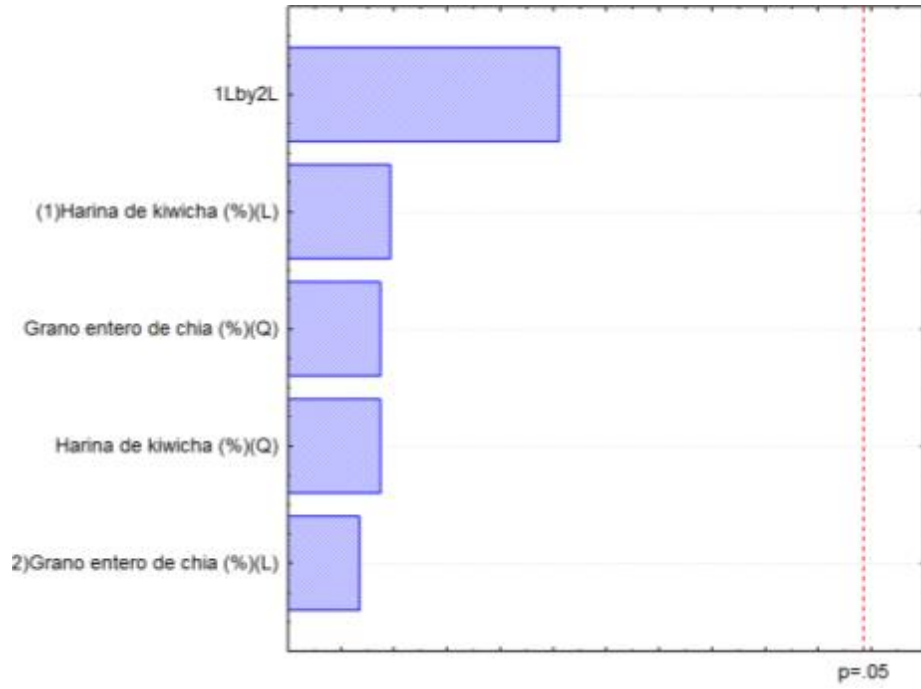
$$\text{Color} = 3.94 + 0.04x_1 + 0.04x_1^2 + 0.03x_2 + 0.04x_2^2 + 0.09x_1x_2 \dots (5)$$

Donde:

$x_1$ =Harina de kiwicha

$x_2$ = Grano entero de chía (%).

$x_1x_2$ = Interacción de harina de kiwicha y grano entero de chía.



**Figura 31: Probabilidad de significancia para el color sensorial de los cupcakes**

**Tabla 34: Coeficientes de regresión para el color sensorial de los cupcakes**

|                                      | <b>Coeficientes de regresión</b> | <b>Error estándar</b> | <b>t(6)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 3.94                             | 0.08                  | 52.33       | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | 0.04                             | 0.05                  | 0.79        | 0.4668          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | 0.04                             | 0.05                  | 0.75        | 0.4882          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | 0.03                             | 0.05                  | 0.67        | 0.5325          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 0.04                             | 0.05                  | 0.75        | 0.4882          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 0.09                             | 0.07                  | 1.42        | 0.2140          |

x<sub>1</sub>=Harina de kiwicha, x<sub>2</sub>=Grano entero de chía, L=término lineal, Q=término cuadrático.

\* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

#### 4.7. Caracterización químico-proximal del Cupcake de mayor aceptabilidad

En la tabla 35 se observa la caracterización químico proximal tanto del cupcake control como el cupcake de mayor aceptabilidad

**Tabla 35: Composición porcentual (%) del Cupcake control y el de mayor aceptabilidad**

| <b>COMPONENTES (%)</b> | <b>Cupcake Control</b> | <b>Cupcake de mayor aceptabilidad</b> |
|------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| <b>Humedad</b>         | 20,38 ± 0,05           | 18,21 ± 0,05                          |
| <b>Proteína</b>        | 7,29 ± 0,02            | 7,83 ± 0,01                           |
| <b>Cenizas</b>         | 1,47 ± 0,01            | 2,02 ± 0,01                           |
| <b>Grasa</b>           | 14,3 ± 0,04            | 13,76 ± 0,03                          |
| <b>Carbohidratos</b>   | 56,56                  | 58,18                                 |
| <b>Fibra</b>           | 0,2 ± 0,02             | 2,72 ± 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 técnica Sanitaria para la Fabricación y Expendio de Productos



de Panificación Galletería y Pastelería por RM N° 1020-2010/MINSA, la humedad máxima permisible para este tipo de producto es de 40 %, por ende según la tabla 35, se puede observar que tanto el cupcake de mayor aceptabilidad como el control cumplieron con este requisito.

Así mismo se observa en la tabla 35 que el contenido de proteína para el cupcake de mayor aceptabilidad fue mayor al del control, esto debido principalmente al porcentaje de harina de kiwicha y grano entero de chía; es por ello que la formulación 4 (12% harina de kiwicha y 9% grano entero de chía) fue la que obtuvo mayor contenido de proteína.

El porcentaje de cenizas observados en el cupcake de mayor aceptabilidad fue mayor que para el cupcake control (**ver tabla 35**) esto debido a que el primero está hecho a base no solo de harina de trigo sino de harina de kiwicha y grano entero de chía, las cuales son superiores, en cuanto al contenido de cenizas, sobre todo el grano entero de chía con respecto a la harina de trigo floja empleada para cupcake control (Bhaduri,2013), para un queque con 100% harina de trigo obtuvo 2.74% para sustituciones de 10-30% reporto valores de 3.12- 4.01%, concluyendo que el contenido de cenizas se incrementaba debido al alto contenido de ceniza del grano entero de chía. (García, 2011), para un queque con 100% harina de trigo obtuvo

2% para sustituciones de 10-20% reportó valores de 2.1- 2.3%, concluyendo que el porcentaje de kiwicha no influyo significativamente en el porcentaje de ceniza del queque.

El porcentaje de grasa el cupcake control fue mayor al de mayor aceptabilidad, esto debido al reemplazado de la harina de trigo por la harina de kiwicha y el grano entero de chía. Según (EL-DEMERI,2011), observo que mientras el porcentaje de sustitución de harina de kiwicha era el mayor, el porcentaje de grasa disminuía, es así que en su investigación sobre panes fortificados con harina de kiwicha se realizó sustituciones de 5,10,15 y 20% obtuvo los siguientes resultados 2.6, 2.46, 2.41, 2.20 %; resultados que comparados con los obtenidos por nosotros son mucho menores y esto debido a que EL-DEMERI no utilizo mantequilla para la elaboración de los panes.

En el contenido de fibra se observó que el cupcake de mayor aceptabilidad fue mayor esto debido a la sustitución de la harina de trigo por la harina de kiwicha y el grano entero de chía, ya que esta última contiene un mayor porcentaje de fibra. (Bhat, et. al., 2013) en su investigación estudio de las características físico químicas de un quequito de chía reportaron valores de 0.83% de fibra para un quequito con 100% harina de trigo, con sustitución de 30% se obtuvo 1.85% de fibra, resultado que se aproxima al obtenido en nuestro cupcake de mayor aceptabilidad. Asimismo

(EL-DEMERI,2011), observó que mientras el porcentaje de sustitución de chía era mayor el porcentaje de fibra también aumentaba, es así que en su investigación sobre panes se realizó sustituciones de 5,10,15 y 20% obtuvo los siguientes resultados 2.57, 2.86, 3.12, 3.23 % de fibra resultados que comparados con los obtenidos por nosotros son más altos.

El contenido de fibra en un alimento es esencial en la dieta del ser humano, la fibra dietética presenta muchas cualidades funcionales, entre ellas la habilidad de captar agua y en algunas reduce el contenido de glucosa en la sangre, esto corroborado por Badui (2006), la importancia de la fibra en la dieta fue puesta de manifiesto en la década de los 70; 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 35 muestra que para el cupcake de mayor aceptabilidad el valor fue de 58.18% frente al valor obtenido por el cupcake control fue de 56.56%

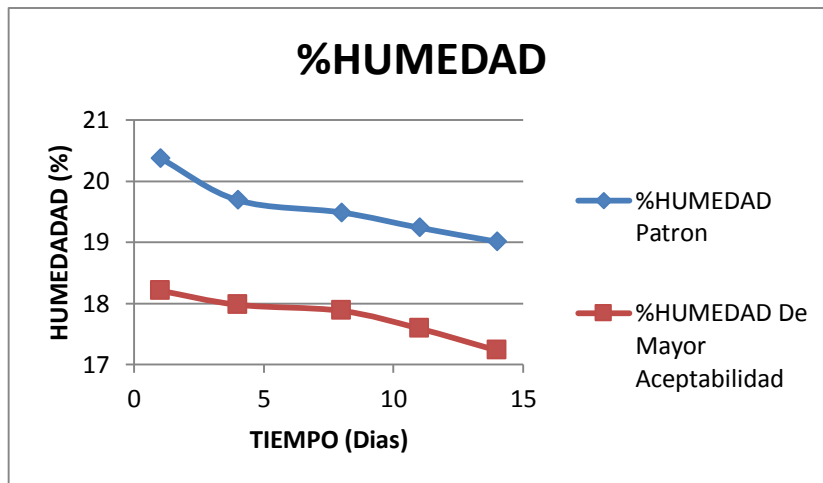
#### **4.8. Caracterización físico química del Cupcake de mayor aceptabilidad**

##### **4.8.1. Humedad**

En la tabla 36 y en la figura 32, se encuentran los resultados de los análisis de humedad de los cupcakes.

**Tabla 36: Porcentaje de humedad del cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).**

| <b>% HUEMEDAD</b>    |                |                            |
|----------------------|----------------|----------------------------|
| <b>Tiempo (días)</b> | <b>Control</b> | <b>Mayor aceptabilidad</b> |
| 1                    | 20.38±1.2622   | 18.21±0.1172               |
| 4                    | 19.69±0.7537   | 17.98±0.2339               |
| 8                    | 19.49±0.2575   | 17.88±1.1321               |
| 11                   | 19.24±0.2531   | 17.59±0.1834               |
| 14                   | 19.01±1.4621   | 17.23±0.1662               |



**Figura 32: Variación del Porcentaje de humedad del cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)**

En la tabla 36 notamos que al inicio del almacenamiento, el cupcake control presento una humedad de 20.38% y del cupcake de mayor aceptabilidad una humedad de 18.21 paulatinamente este valor fue disminuyendo a medida que avanzaban los días de almacenamiento, hasta el día 14, el cual los valores de humedad del cupcake control y de mayor aceptabilidad fueron 19.01 % y 17.23% respectivamente.

Según (Dendy, 2001) menciona que la perdida de humedad en los pasteles ocurre cuando se expone 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 estos cambios y contribuye a dar las características de endurecimiento de la miga que asocia al envejecimiento.

En el último día de almacenamiento de los cupcakes, presentaron una humedad que se encontraba dentro de los límites 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 de los productos de panadería.

#### **4.8.1.1. Prueba DE T Student para la variable respuesta humedad**

Para la evaluación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de T- student; con el objetivo de verificar la veracidad de la hipótesis planteada. Por tanto esta prueba permitió identificar la igualdad de las medias y la diferencia significativa de los tratamientos o formulaciones en estudio.

Para este análisis se toma los datos obtenidos de la humedad para el patrón o control (100% de harina de

trigo) y la formulación 4 (12% de harina de kiwicha, 9% de grano entero de chía, 79% de harina de trigo) en los días 1, 4, 8 y 11 y 14 de almacenamiento (**ver tabla 37**).

**Tabla 37: Humedades obtenidas para el control y formulación 4 durante 14 días de almacenamiento de los cupcakes.**

| <i>Tiempo (días) / Humedad(%)</i> | <b>Control</b> | <b>Formulación 4 *</b> |
|-----------------------------------|----------------|------------------------|
| <b>1</b>                          | 20.38          | 18.21                  |
| <b>4</b>                          | 19.69          | 17.98                  |
| <b>8</b>                          | 19.49          | 17.88                  |
| <b>11</b>                         | 19.24          | 17.59                  |
| <b>14</b>                         | 19.01          | 17.23                  |

*\* Formulación 4, considerada la mejor del diseño compuesto central rotacional (diseño factorial 2<sup>2</sup>) al evaluar los resultados del análisis sensorial y computo químico nutricional.*

**Tabla 38. Cuadro resumen de significancia para la humedad entre el control y la formulación 4 durante los 14 días de almacenamiento**

| Para   | Hipótesis                           | Desviación estándar | t calculado | t tabulado     | Decisión     | Significancia        |
|--------|-------------------------------------|---------------------|-------------|----------------|--------------|----------------------|
| Día 1  | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 1.53                | 2.00        | -12.71 a 12.71 | Se acepta H0 | No existe diferencia |
| Día 4  | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 1.21                | 2.00        | -12.71 a 12.71 | Se acepta H0 | No existe diferencia |
| Día 8  | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 1.14                | 2.00        | -12.71 a 12.71 | Se acepta H0 | No existe diferencia |
| Día 11 | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 1.17                | 2.00        | -12.71 a 12.71 | Se acepta H0 | No existe diferencia |
| Día 14 | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 1.26                | 2.00        | -12.71 a 12.71 | Se acepta H0 | No existe diferencia |



**4.8.1.2. Diferencias significativas en los días de almacenamiento para la formulación 4**

**Tabla 39: Determinación de la desviación estándar en la humedad de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento.**

| <b>Días de almacenamiento del Cupcake para formulación 4</b> |           |           |           |           |           |                            |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
|  | <b>1</b>  | <b>4</b>  | <b>8</b>  | <b>11</b> | <b>14</b> |                            |
| <b>Tiempo (días)</b>   | <b>X1</b> | <b>X2</b> | <b>X3</b> | <b>X4</b> | <b>X5</b> | <b>Desviación estándar</b> |
| <b>Humedad</b>   | 18.21     | 17.98     | 17.88     | 17.59     | 17.53     | 0.28137164                 |

*\* Formulación 4, considerada la mejor del diseño compuesto central rotacional (diseño factorial 2<sup>2</sup>) al evaluar los resultados del análisis sensorial y computo químico nutricional.*

**Tabla 40. Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para la humedad de formulación**

**4.**

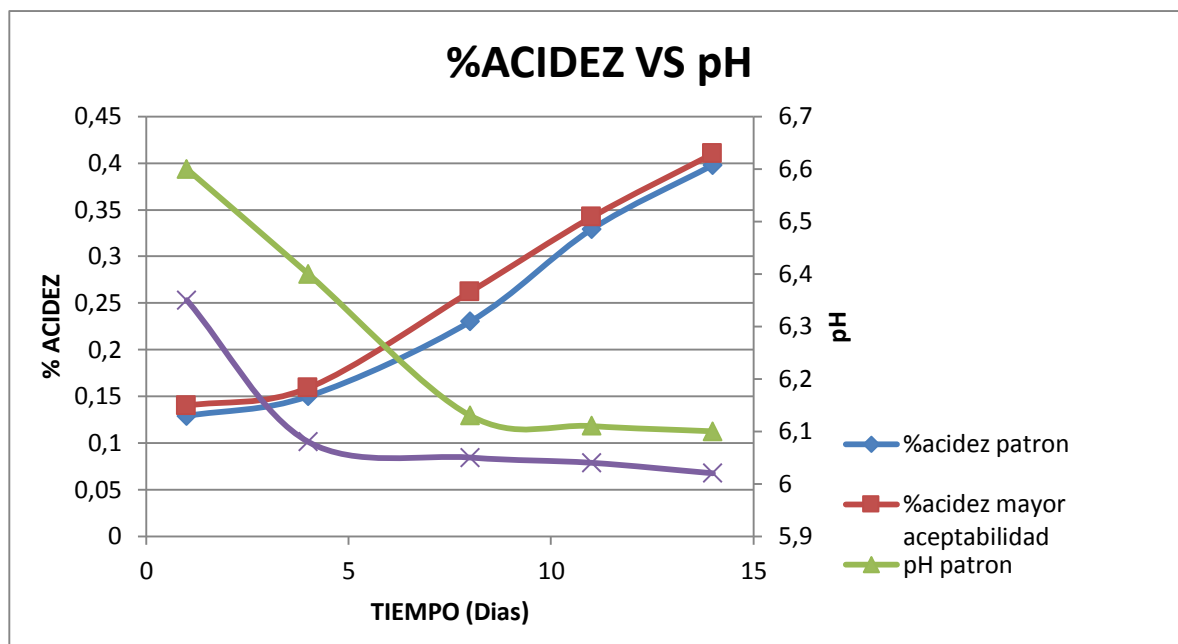
| <b>Para</b> | <b>Hipótesis</b>                   | <b>t calculado</b> | <b>t tabulado</b> | <b>Decisión</b> | <b>Significancia</b> |
|-------------|------------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| X1 y X2     | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1\neq x_2$ | 1.83               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X1 y X3     | H0: $x_1=x_3$<br>Ha: $x_1\neq x_3$ | 2.62               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X1 y X4     | H0: $x_1=x_4$<br>Ha: $x_1\neq x_4$ | 4.93               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X1 y X5     | H0: $x_1=x_5$<br>Ha: $x_1\neq x_5$ | 5.40               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X2 y X3     | H0: $x_2=x_3$<br>Ha: $x_2\neq x_3$ | 0.79               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X2 y X4     | H0: $x_2=x_4$<br>Ha: $x_2\neq x_4$ | 3.10               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X2 y X5     | H0: $x_2=x_5$<br>Ha: $x_2\neq x_5$ | 3.58               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X3 y X4     | H0: $x_3=x_4$<br>Ha: $x_3\neq x_4$ | 2.30               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X3 y X5     | H0: $x_3=x_5$<br>Ha: $x_3\neq x_5$ | 2.78               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X4 y X5     | H0: $x_4=x_5$<br>Ha: $x_4\neq x_5$ | 0.48               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |

#### 4.8.2. Acidez y pH

En la tabla 41 y en la figura 33, se presenta la variación en almacenamiento de acidez titulable y el pH tanto del cupcake óptimo como el del control. El porcentaje de acidez esta expresado en Meq-ácido láctico.

**Tabla 41: Variación del % de Acidez y pH de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)**

| Tiempo (días) | ACIDEZ (%)  |                     | pH        |                     |
|---------------|-------------|---------------------|-----------|---------------------|
|               | Control     | Mayor Aceptabilidad | Control   | Mayor Aceptabilidad |
| 1             | 0.129±0.009 | 0.140±0.005         | 6.60±0.00 | 6.35±0.00           |
| 4             | 0.150±0.011 | 0.159±0.011         | 6.40±0.12 | 6.08±0.10           |
| 8             | 0.230±0.022 | 0.262±0.007         | 6.13±0.03 | 6.05±0.08           |
| 11            | 0.329±0.015 | 0.342±0.024         | 6.11±0.03 | 6.04±0.03           |
| 14            | 0.398±0.029 | 0.410±0.051         | 6.10±0.02 | 6.02±0.02           |



**Figura 33: Variación del % de Acidez y pH de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)**

Al inicio del almacenamiento los cupcakes, presentaron una acidez de cupcake control de 0.129 y del cupcake de mayor aceptabilidad de 0.140, cumpliendo así el límite máximo permisible por la norma técnica peruana NTP 206.013,191 (revisada el 2011), la cual nos informa que un bizcocho debe tener como máximo 0.70 % (expresada en ácido láctico). Al observar la figura 33, se demuestra que durante el tiempo de almacenamiento de los cupcakes el porcentaje de acidez expresado en Meq-ácido láctico fue aumentando, teniendo así 2

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 la tabla 41, disminuyen con el pasar de los días; observando así la figura 33 las curvas con pendiente negativa. Es decir la variación de la acidez fue proporcionalmente inversa a la del pH.

#### **4.8.2.1. Prueba de T Student para la Variable respuesta Acidez**

Para la evaluación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de T- student; con el objetivo de verificar la veracidad de la hipótesis planteada. Por tanto esta prueba permitió identificar la igualdad de las medias y la diferencia significativa de los tratamientos o formulaciones en estudio.

Para este análisis se toma los datos obtenidos de la acidez para el patrón o control (100% de harina de trigo y la formulación 4 (12% de harina de kiwicha ,9% de grano entero de chíá, 79% de harina de trigo) en los días 1, 4, 8,11 y 14 de almacenamiento (**ver tabla 42**).

**Tabla 42: Valores de acidez obtenidos para el control y formulación 4 durante 14 días de almacenamiento de los cupcakes.**

| <i>Tiempo (días) / Acidez (%)</i> | <b>Control</b> | <b>Formulación 4 *</b> |
|-----------------------------------|----------------|------------------------|
| <b>1</b>                          | 0.129          | 0.140                  |
| <b>4</b>                          | 0.150          | 0.159                  |
| <b>8</b>                          | 0.230          | 0.262                  |
| <b>11</b>                         | 0.329          | 0.342                  |
| <b>14</b>                         | 0.398          | 0.410                  |

*\* Formulación 4, considerada la mejor del diseño compuesto central rotacional (diseño factorial 2<sup>2</sup>) al evaluar los resultados del análisis sensorial y computo químico nutricional.*

**Tabla 43. Cuadro resumen de significancia para la acidez entre el control y la formulación 4 durante los 14 días de almacenamiento**

| <b>Para</b> | <b>Hipótesis</b>                    | <b>Desviación estándar</b> | <b>t calculado</b> | <b>t tabulado</b> | <b>Decisión</b> | <b>Significancia</b> |
|-------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| Día 1       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.01                       | -2.00              | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 4       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.01                       | -2.00              | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 8       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.02                       | -2.00              | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 11      | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.01                       | -2.00              | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 14      | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.01                       | -2.00              | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |

**4.8.2.2. Diferencias significativas en los días de almacenamiento para la formulación 4**

**Tabla 44: Determinación de la desviación estándar en de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento.**

| <b>Días de almacenamiento del Cupcake para formulación 4</b> |           |           |           |           |           |                            |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
|  | <b>1</b>  | <b>4</b>  | <b>8</b>  | <b>11</b> | <b>14</b> |                            |
| <b>Tiempo (días)</b>   | <b>X1</b> | <b>X2</b> | <b>X3</b> | <b>X4</b> | <b>X5</b> | <b>Desviación estándar</b> |
| <b>Acidez</b>  | 0.14      | 0.159     | 0.262     | 0.342     | 0.41      | 0.115968961                |

*\* Formulación 4, considerada la mejor del diseño compuesto central rotacional (diseño factorial 2<sup>2</sup>) al evaluar los resultados del análisis sensorial y computo químico nutricional.*



**Tabla 45. Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para la acidez de formulación 4.**

| <b>Para</b> | <b>Hipótesis</b>                   | <b>t calculado</b> | <b>t tabulado</b> | <b>Decisión</b> | <b>Significancia</b> |
|-------------|------------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| X1 y X2     | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1\neq x_2$ | -0.37              | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X1 y X3     | H0: $x_1=x_3$<br>Ha: $x_1\neq x_3$ | -2.35              | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X1 y X4     | H0: $x_1=x_4$<br>Ha: $x_1\neq x_4$ | -3.89              | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X1 y X5     | H0: $x_1=x_5$<br>Ha: $x_1\neq x_5$ | -5.21              | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X2 y X3     | H0: $x_2=x_3$<br>Ha: $x_2\neq x_3$ | -1.99              | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X2 y X4     | H0: $x_2=x_4$<br>Ha: $x_2\neq x_4$ | -3.53              | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X2 y X5     | H0: $x_2=x_5$<br>Ha: $x_2\neq x_5$ | -4.84              | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X3 y X4     | H0: $x_3=x_4$<br>Ha: $x_3\neq x_4$ | -1.54              | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X3 y X5     | H0: $x_3=x_5$<br>Ha: $x_3\neq x_5$ | -2.85              | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X4 y X5     | H0: $x_4=x_5$<br>Ha: $x_4\neq x_5$ | -1.31              | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |

#### 4.8.2.3. Prueba de T Student para la Variable Respuesta Ph

Para la evaluación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de T- student; con el objetivo de verificar la veracidad de la hipótesis planteada. Por tanto esta prueba permitió identificar la igualdad de las medias y la diferencia significativa de los tratamientos o formulaciones en estudio. Para este análisis se toma los datos obtenidos del pH para el patrón o control (100% de harina de trigo) y la formulación 4 (12% de harina de kiwicha, 9% de grano entero de chía, 79% de harina de trigo) en los días 1, 4, 8, 11 y 14 de almacenamiento (ver tabla 46).

**Tabla 46: Valores de pH obtenidos para el control y formulación 4 durante 14 días de almacenamiento de los cupcakes.**

| <i>Tiempo (días) / pH</i> | <b>Control</b> | <b>Formulación 4 *</b> |
|---------------------------|----------------|------------------------|
| <b>1</b>                  | 6.60           | 6.35                   |
| <b>4</b>                  | 6.40           | 6.08                   |
| <b>8</b>                  | 6.13           | 6.05                   |
| <b>11</b>                 | 6.11           | 6.04                   |
| <b>14</b>                 | 6.10           | 6.02                   |

**Tabla 47. Cuadro resumen de significancia para el pH entre el control y la formulación 4 durante los 14 días de almacenamiento**

| <b>Para</b> | <b>Hipótesis</b>                    | <b>Desviación estándar</b> | <b>t calculado</b> | <b>t tabulado</b> | <b>Decisión</b> | <b>Significancia</b> |
|-------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| Día 1       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.18                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 4       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.23                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 8       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.06                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 11      | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.05                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 14      | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.06                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |

#### 4.8.2.4. Diferencias significativas en los días de almacenamiento para la formulación 4

Tabla 48: Determinación de la desviación estándar en de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento.

| Días de almacenamiento del Cupcake para formulación 4 |      |      |      |      |      |                     |
|---|------|------|------|------|------|---------------------|
|   | 1    | 4    | 8    | 11   | 14   |                     |
| Tiempo (días)   | X1   | X2   | X3   | X4   | X5   | Desviación estándar |
| pH  | 6.35 | 6.08 | 6.05 | 6.04 | 6.02 | 0.13700365          |

*\* Formulación 4, considerada la mejor del diseño compuesto central rotacional (diseño factorial 2<sup>2</sup>) al evaluar los resultados del análisis sensorial y computo químico nutricional.*

**Tabla 49. Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para el pH de formulación 4.**

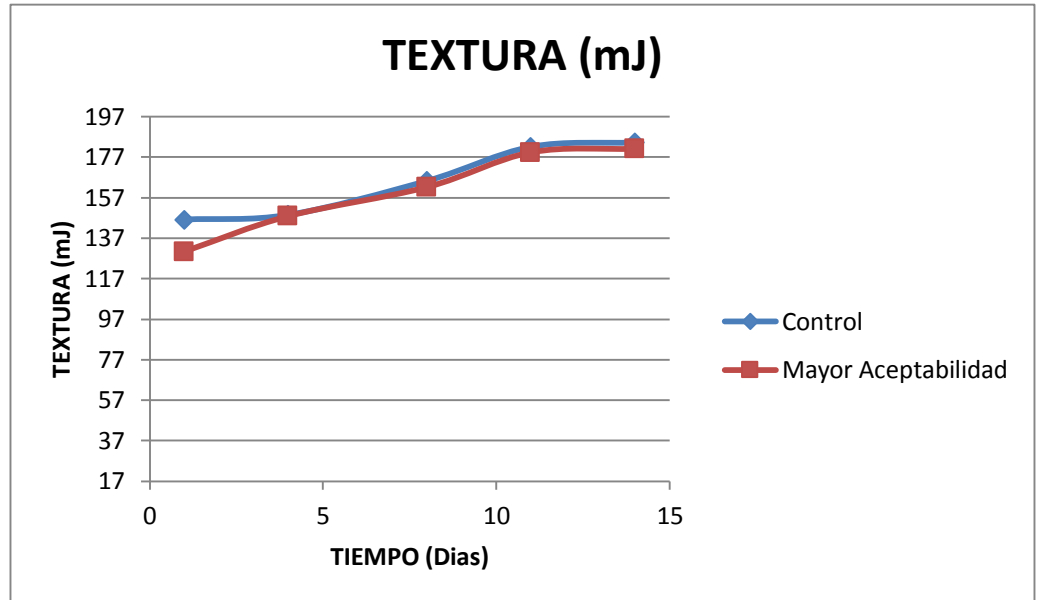
| <b>Para</b> | <b>Hipótesis</b>                   | <b>t calculado</b> | <b>t tabulado</b> | <b>Decisión</b> | <b>Significancia</b> |
|-------------|------------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| X1 y X2     | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1\neq x_2$ | 4.41               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X1 y X3     | H0: $x_1=x_3$<br>Ha: $x_1\neq x_3$ | 4.90               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X1 y X4     | H0: $x_1=x_4$<br>Ha: $x_1\neq x_4$ | 5.06               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X1 y X5     | H0: $x_1=x_5$<br>Ha: $x_1\neq x_5$ | 5.39               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X2 y X3     | H0: $x_2=x_3$<br>Ha: $x_2\neq x_3$ | 0.49               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X2 y X4     | H0: $x_2=x_4$<br>Ha: $x_2\neq x_4$ | 0.65               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X2 y X5     | H0: $x_2=x_5$<br>Ha: $x_2\neq x_5$ | 0.98               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X3 y X4     | H0: $x_3=x_4$<br>Ha: $x_3\neq x_4$ | 0.16               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X3 y X5     | H0: $x_3=x_5$<br>Ha: $x_3\neq x_5$ | 0.49               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X4 y X5     | H0: $x_4=x_5$<br>Ha: $x_4\neq x_5$ | 0.33               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |

### 4.8.3. Textura

En la tabla 50 y en la figura 34, se muestran los valores y las curvas obtenida por el Texturómetro para el análisis de perfil de textura de los cupcakes, formulación control y de mayor aceptabilidad, durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26 °C).

**Tabla 50: Variación de la textura de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).**

| TEXTURA (Mj)  |              |                     |
|---------------|--------------|---------------------|
| Tiempo (Días) | Control      | Mayor aceptabilidad |
| 1             | 146.23±2.9   | 130.45±2.96         |
| 4             | 148.54±7.19  | 147.92±10.77        |
| 8             | 165.32±6.18  | 162.24±8.81         |
| 11            | 182.15±10.14 | 179.42±4.98         |
| 14            | 184.32±10.84 | 181.21±12.89        |



**Figura 34: Variación de la textura de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)**

Como se observa en la tabla 50, al comparar los valores de textura obtenidos en los cupcakes se observó que el trabajo necesario para fracturar los cupcakes control y de mayor aceptabilidad fueron inicialmente de 146.23 Mj y 130.45 Mj respectivamente, notándose así que el cupcake control es ligeramente más duro que el de mayor aceptabilidad.

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

También (Magaña et al; 2011) menciona que la firmeza del pan está definida como el grado de la fuerza requerida para penetrar la miga y/o corteza. El incremento de la firmeza del pan durante el almacenamiento está relacionada con la pérdida de humedad y la retrogradación del almidón.

Como se observa en la figura 34, 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 al corteza se ablanda y se vuelve correosa. El proceso global de envejecimiento está compuesto de 2 subprocesos separados: el efecto provocado por la transferencia de humedad de la miga hacia la corteza y el endurecimiento intrínseco del material de las paredes de los alveolos, que está asociado con la recristalización del almidón durante el almacenamiento.

En el último día de almacenamiento la textura de los cupcakes control y de mayor aceptabilidad fueron de 184.32 Mj y 181.21 Mj respectivamente.

Podemos notar que, el cupcake control presento mayor dureza en comparación al cupcake de mayor aceptabilidad, puesto que



se empujaba mayor fuerza para romperlas. Esto debido a la presencia de harina de kiwicha en la muestra de mayor aceptabilidad. En investigaciones similares, (Escalda et al; 2005) donde utilizaron 5, 10 y 15 % (p/p) de harina de calabaza y evaluaron el efecto de la fibra de la 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.

#### **4.8.3.1. Prueba de T Student para la variable respuesta textura**

Para la evaluación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de T- student; con el objetivo de verificar la veracidad de la hipótesis planteada. Por tanto esta prueba permitió identificar la igualdad de las medias y la diferencia significativa de los tratamientos o formulaciones en estudio.

Para este análisis se toma los datos obtenidos de la textura para el patrón o control (100% de harina de trigo) y la formulación 4 (12% de harina de kiwicha, 9% de grano entero de chíá, 79% de harina de trigo) en los días 1, 4, 8, 11 y 14 de almacenamiento (**ver tabla 51**).

**Tabla 51: Valores de textura obtenidos para el control y formulación 4 durante 14 días de almacenamiento de los cupcakes.**

| <i>Tiempo (días) /<br/>Textura(mJ)</i> | <b>Control</b> | <b>Formulación 4 *</b> |
|--|----------------|------------------------|
| <b>1</b>                               | 146.23         | 130.45                 |
| <b>4</b>                               | 148.54         | 147.92                 |
| <b>8</b>                               | 165.32         | 162.24                 |
| <b>11</b>                              | 182.15         | 179.42                 |
| <b>14</b>                              | 184.32         | 181.21                 |

*\* Formulación 4, considerada la mejor del diseño compuesto central rotacional (diseño factorial 2<sup>2</sup>) al evaluar los resultados del análisis sensorial y computo químico nutricional.*

**Tabla 52. Cuadro resumen de significancia para la textura entre el control y la formulación 4 durante los 14 días de almacenamiento**

| <b>Para</b> | <b>Hipótesis</b>                    | <b>Desviación estándar</b> | <b>t calculado</b> | <b>t tabulado</b> | <b>Decisión</b> | <b>Significancia</b> |
|-------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| Día 1       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 11.16                      | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 4       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.44                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 8       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 2.18                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 11      | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 1.93                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 14      | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 2.19                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |

**4.8.3.2. Diferencias significativas en los días de almacenamiento para la formulación 4**

**Tabla 53: Determinación de la desviación estándar en la textura de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento.**

| <b>Días de almacenamiento del Cupcake para formulación 4</b> |           |           |           |           |           |                            |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
|  | <b>1</b>  | <b>4</b>  | <b>8</b>  | <b>11</b> | <b>14</b> |                            |
| <b>Tiempo (días)</b>   | <b>X1</b> | <b>X2</b> | <b>X3</b> | <b>X4</b> | <b>X5</b> | <b>Desviación estándar</b> |
| <b>Textura</b>   | 130.45    | 147.92    | 162.24    | 179.42    | 181.21    | 21.51069199                |

*\* Formulación 4, considerada la mejor del diseño compuesto central rotacional (diseño factorial 2<sup>2</sup>) al evaluar los resultados del análisis sensorial y computo químico nutricional.*

**Tabla 54. Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para la textura de formulación 4.**

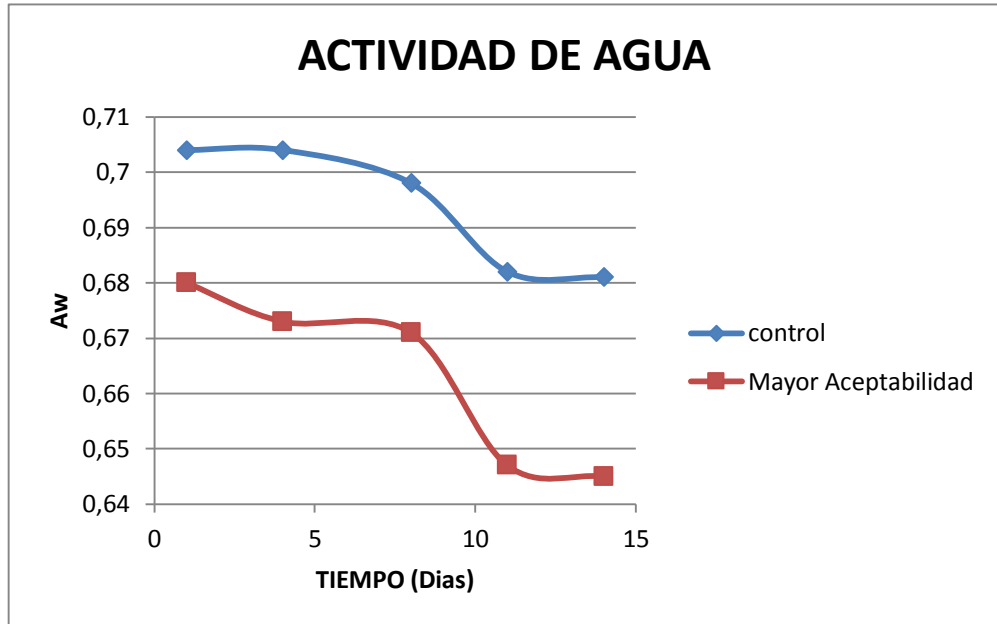
| <b>Para</b> | <b>Hipótesis</b>                   | <b>t calculado</b> | <b>t tabulado</b> | <b>Decisión</b> | <b>Significancia</b> |
|-------------|------------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| X1 y X2     | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1\neq x_2$ | -1.82              | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X1 y X3     | H0: $x_1=x_3$<br>Ha: $x_1\neq x_3$ | -3.30              | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X1 y X4     | H0: $x_1=x_4$<br>Ha: $x_1\neq x_4$ | -5.09              | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X1 y X5     | H0: $x_1=x_5$<br>Ha: $x_1\neq x_5$ | -5.28              | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X2 y X3     | H0: $x_2=x_3$<br>Ha: $x_2\neq x_3$ | -1.49              | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X2 y X4     | H0: $x_2=x_4$<br>Ha: $x_2\neq x_4$ | -3.27              | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X2 y X5     | H0: $x_2=x_5$<br>Ha: $x_2\neq x_5$ | -3.46              | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X3 y X4     | H0: $x_3=x_4$<br>Ha: $x_3\neq x_4$ | -1.79              | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X3 y X5     | H0: $x_3=x_5$<br>Ha: $x_3\neq x_5$ | -1.97              | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X4 y X5     | H0: $x_4=x_5$<br>Ha: $x_4\neq x_5$ | -0.19              | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |

#### 4.8.4. Actividad de agua

En la tabla 55 y la figura 35, se muestran los resultados del análisis de actividad de agua de los cupcake control y de mayor aceptabilidad.

**Tabla 55: Variación de Actividad de agua de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)**

| <b>ACTIVIDAD DE AGUA</b> |                |                            |
|--------------------------|----------------|----------------------------|
| <b>Tiempo (días)</b>     | <b>Control</b> | <b>Mayor aceptabilidad</b> |
| 1                        | 0.704±0.001    | 0.680±0.001                |
| 4                        | 0.704±0.003    | 0.673±0.001                |
| 8                        | 0.698±0.004    | 0.671±0.001                |
| 11                       | 0.682±0.001    | 0.647±0.003                |
| 14                       | 0.681±0.001    | 0.645±0.002                |



**Figura 35: Variación de Actividad de agua de los cupcake control y el de mayor aceptabilidad durante 14 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 de absoluto del agua, es lo que se encuentra y afecta a las bacterias, enzimas y reactantes químicos a nivel micro ambiental 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 55 observamos que al inicio del almacenamiento, los cupcakes control y de mayor aceptabilidad presentaron una actividad de agua de 0.704 y 0.680 respectivamente. Según (Dendy, 2011) menciona que los productos horneados son muy secos y tienen baja actividad de agua.

En la figura 35 observamos que, al transcurrir los 14 días de almacenamiento, la actividad de agua va disminuyendo 0.681 y 0.645 en el control y de mayor aceptabilidad respectivamente. Este comportamiento coincide con lo reportado por (Pérez, 2008). Por otro lado (Coello, 2010), en su Investigación Influencia de la Sustitución de Ingredientes en las Características Reológicas, Calóricas y sensoriales en Cake Tipo Magdalena, también observo una disminución de la  $a_w$  (0.935 a 0.906) durante el tiempo de almacenamiento en el 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 la diferencia de vapor de la corteza y la miga, dando lugar a una disminución de en el contenido de agua y por lo tanto en la  $a_w$



de las muestras. A medida que la aw es reducida, atributos indeseables aparecen como dureza, resequedad, etc. Por lo tanto la disminución en la actividad de agua refuerza la teoría del endurecimiento del producto en el almacenamiento

#### **4.8.4.1. Prueba de T Student para la Variable Respuesta Actividad del Agua**

Para la evaluación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de T- student; con el objetivo de verificar la veracidad de la hipótesis planteada. Por tanto esta prueba permitió identificar la igualdad de las medias y la diferencia significativa de los tratamientos o formulaciones en estudio.

Para este análisis se toma los datos obtenidos de la actividad del agua para el patrón o control (100% de harina de trigo) y la formulación 4 (12% de harina de kiwicha, 9% de grano entero de chía, 79% de harina de trigo) en los días 1, 4, 8, 11 y 14 de almacenamiento (**ver tabla 56**).

**Tabla 56: Valores de textura obtenidos para el control y formulación 4 durante 14 días de almacenamiento de los cupcakes.**

| <i>Tiempo (días) / Actividad de agua</i> | <b>Control</b> | <b>Formulación 4 *</b> |
|--|----------------|------------------------|
| <b>1</b>                                 | 0.704          | 0.680                  |
| <b>4</b>                                 | 0.704          | 0.673                  |
| <b>8</b>                                 | 0.698          | 0.671                  |
| <b>11</b>                                | 0.682          | 0.647                  |
| <b>14</b>                                | 0.681          | 0.645                  |

*\* Formulación 4, considerada la mejor del diseño compuesto central rotacional (diseño factorial 2<sup>2</sup>) al evaluar los resultados del análisis sensorial y computo químico nutricional.*

**Tabla 57. Cuadro resumen de significancia para la actividad de agua entre el control y la formulación 4 durante los 14 días de almacenamiento**

| <b>Para</b> | <b>Hipótesis</b>                    | <b>Desviación estándar</b> | <b>t calculado</b> | <b>t tabulado</b> | <b>Decisión</b> | <b>Significancia</b> |
|-------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| Día 1       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.02                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 4       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.02                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 8       | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.02                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 11      | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.02                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| Día 14      | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.03                       | 2.00               | -12.71 a 12.71    | Se acepta H0    | No existe diferencia |

**4.8.4.2. Diferencias significativas en los días de almacenamiento para la formulación 4**

**Tabla 58: Determinación de la desviación estándar en la textura de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento.**

| <b>Días de almacenamiento del Cupcake para formulación 4</b> |           |           |           |           |           |                            |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
|  | <b>1</b>  | <b>4</b>  | <b>8</b>  | <b>11</b> | <b>14</b> |                            |
| <b>Tiempo (días)</b>   | <b>X1</b> | <b>X2</b> | <b>X3</b> | <b>X4</b> | <b>X5</b> | <b>Desviación estándar</b> |
| <b>Actividad de agua</b>                                     | 0.68      | 0.673     | 0.671     | 0.647     | 0.645     | 0.016068603                |

*\* Formulación 4, considerada la mejor del diseño compuesto central rotacional (diseño factorial 2<sup>2</sup>) al evaluar los resultados del análisis sensorial y computo químico nutricional.*

**Tabla 59. Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para el textura de formulación 4.**

| <b>Para</b> | <b>Hipótesis</b>                   | <b>t calculado</b> | <b>t tabulado</b> | <b>Decisión</b> | <b>Significancia</b> |
|-------------|------------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| X1 y X2     | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1\neq x_2$ | 0.97               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X1 y X3     | H0: $x_1=x_3$<br>Ha: $x_1\neq x_3$ | 1.25               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X1 y X4     | H0: $x_1=x_4$<br>Ha: $x_1\neq x_4$ | 4.59               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X1 y X5     | H0: $x_1=x_5$<br>Ha: $x_1\neq x_5$ | 4.87               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X2 y X3     | H0: $x_2=x_3$<br>Ha: $x_2\neq x_3$ | 0.28               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X2 y X4     | H0: $x_2=x_4$<br>Ha: $x_2\neq x_4$ | 3.62               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X2 y X5     | H0: $x_2=x_5$<br>Ha: $x_2\neq x_5$ | 3.90               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X3 y X4     | H0: $x_3=x_4$<br>Ha: $x_3\neq x_4$ | 3.34               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X3 y X5     | H0: $x_3=x_5$<br>Ha: $x_3\neq x_5$ | 3.62               | -2.78 a 2.78      | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X4 y X5     | H0: $x_4=x_5$<br>Ha: $x_4\neq x_5$ | 0.28               | -2.78 a 2.78      | Se acepta H0    | No existe diferencia |

#### 4.8.5. Colorimetría de la miga y la corteza

En la tabla 60, se muestra los valores obtenidos de la colorimetría de la corteza del cupcake de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)

**Tabla 60: Colorimetría de la corteza del cupcake de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)**

| COLORIMETRIA DE LA CORTEZA |           |            |            |       |       |
|----------------------------|-----------|------------|------------|-------|-------|
| Tiempo (Días)              | a*        | b*         | L*         | C*    | h*    |
| 1                          | 4.89±0.06 | 41.23±0.16 | 64.02±0,13 | 41.51 | 83.23 |
| 4                          | 4.53±0.05 | 40.70±0.16 | 63.93±0,09 | 40.95 | 83.64 |
| 8                          | 4,02±0.03 | 39.09±0.13 | 62.26±0,06 | 39.29 | 84.12 |
| 11                         | 3.70±0.04 | 37.33±0.08 | 61.69±0,07 | 37.51 | 83.34 |
| 14                         | 3.67±0.02 | 37.33±0.09 | 61.02±0,09 | 37.50 | 84.38 |

En la tabla 60 podemos observar con el transcurrir los días los parámetros de a\* b\* L\* y C\* van disminuyendo mientras que h\* va aumentando. Con respecto al valor presentado pro b\*, el

primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 41.23, el cual muestra una tendencia al amarillo. En el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 37.33, lo cual indica que la tonalidad amarilla va disminuyendo con al transcurrir de los días. Con respecto al valor  $a^*$ , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 4.89 el cual muestra una ligera tendencia al rojo. En el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 3.67, lo cual indica que la tonalidad rojiza va disminuyendo con al transcurrir de los días.

Con respecto al valor presentado por  $L^*$ , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 64.02 y en el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 61.02, lo cual indica que el cupcake va perdiendo luminosidad al transcurrir los días de almacenamiento. El valor de  $h^*$  (Angulo de tonalidad) el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 83.23 y en el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 84.38 lo cual nos indica que estos valores están dentro del primer cuadrante (rojo-amarillo) con tendencia más al amarillo. El valor  $C^*$  (cromacidad) fue de 41.51 en el primer día y en el último día fue de 37.50, lo cual indica una disminución con al transcurrir de los días.

**Tabla 61: Colorimetría de la Miga del cupcake de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C)**

| <b>COLORIMETRIA DE LA CORTEZA</b> |            |            |            |           |           |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| <b>Tiempo (Días)</b>              | <b>a*</b>  | <b>b*</b>  | <b>L*</b>  | <b>C*</b> | <b>h*</b> |
| 1                                 | -2.69±0.06 | 31.05±0.16 | 76.86±0,11 | 41.51     | 83.23     |
| 4                                 | -2.73±0.05 | 30.49±0.16 | 76.27±0,09 | 40.95     | 83.64     |
| 8                                 | -2.78±0.08 | 29.94±0.17 | 75.31±0,08 | 39.29     | 84.12     |
| 11                                | -2.80±0.09 | 28.99±0.08 | 72.55±0,07 | 37.51     | 83.34     |
| 14                                | -2.92±0.02 | 28.62±0.03 | 70.55±0,09 | 37.50     | 84.38     |

En la tabla 61 podemos observar con el transcurrir los días los parámetros de 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 31.05, el cual muestra una tendencia al amarillo. En el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 28.62, lo cual indica que la tonalidad amarilla va disminuyendo con el transcurrir de los días. La tonalidad amarilla presentada en la miga fue menor al de la corteza. Con respecto al valor a\*, el primer día de



almacenamiento obtuvo un valor de -2.69 el cual muestra una ligera tendencia al color azul. En el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de -2.92, lo cual indica que la tonalidad azul se va acentuando al transcurrir de los días.

Con respecto al valor presentado por  $L^*$ , el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 76.86 y en el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 70.55, lo cual indica que el cupcake va perdiendo luminosidad al transcurrir los días de almacenamiento. En este caso la luminosidad de la miga fue mayor que el de la corteza. El valor de  $h^*$  (Angulo de tonalidad) el primer día de almacenamiento obtuvo un valor de 84.45 y en el último día de almacenamiento, obtuvo un valor de 85.04 lo cual nos indica que estos valores están dentro del primer cuadrante (rojo-amarillo) con tendencia más al amarillo. El valor  $C^*$  (cromacidad) fue de 31.16 en el primer día y en el último día fue de 28.75, lo cual indica una disminución con al transcurrir de los días.

#### **4.8.5.1. Prueba de T Student para la Variable respuesta Luminosidad, Cromacidad y Angulo de Tonalidad**

Para la evaluación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de T- student; con el objetivo de verificar la veracidad de la hipótesis planteada. Por

tanto esta prueba permitió identificar la igualdad de las medias y la diferencia significativa de los tratamientos o formulaciones en estudio.

Para este análisis se toma los datos obtenidos de la colorimetría para la formulación 4 (12% de harina de kiwicha, 9% de grano entero de chíá, 79% de harina de trigo) en los días 1, 4, 8, 11 y 14 de almacenamiento *(ver tabla 62)*.

**Tabla 62: Determinación de la desviación estándar en la colorimetría de los cupcakes para formulación 4 durante 14 días de almacenamiento.**

|                            | Días de almacenamiento del Cupcake para formulación 4 |       |       |       |       | Desviación estándar |
|----------------------------|---|-------|-------|-------|-------|---------------------|
|                            | 1   | 4     | 8     | 11    | 14    |                     |
| Tiempo (días)              | X1  | X2    | X3    | X4    | X5    |                     |
| <b>Luminosidad</b>         | 64.02   | 63.93 | 62.26 | 61.69 | 61.02 | 1.343886156         |
| <b>Cromaticidad</b>        | 41.51   | 40.95 | 39.29 | 37.51 | 37.5  | 1.873317912         |
| <b>Angulo de tonalidad</b> | 83.23   | 83.64 | 84.12 | 84.34 | 84.38 | 0.494994949         |

*\* Formulación 4, considerada la mejor del diseño compuesto central rotacional (diseño factorial 2<sup>2</sup>) al evaluar los resultados del análisis sensorial y computo químico nutricional.*

**Tabla 63. Cuadro resumen de significancia entre los días de almacenamiento para la colorimetría de formulación 4.**

| Para    | Hipótesis                           | t calculado | t tabulado   | Decisión        | Significancia        | t calculado | t tabulado   | Decisión        | Significancia        | t calculado | t tabulado   | Decisión        | Significancia        |
|---------|-------------------------------------|-------------|--------------|-----------------|----------------------|-------------|--------------|-----------------|----------------------|-------------|--------------|-----------------|----------------------|
| X1 y X2 | H0: $x_1=x_2$<br>Ha: $x_1 \neq x_2$ | 0.15        | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia | 0.67        | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia | -1.85       | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X1 y X3 | H0: $x_1=x_3$<br>Ha: $x_1 \neq x_3$ | 2.93        | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia | 2.65        | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia | -4.02       | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X1 y X4 | H0: $x_1=x_4$<br>Ha: $x_1 \neq x_4$ | 3.88        | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia | 4.77        | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia | -5.01       | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X1 y X5 | H0: $x_1=x_5$<br>Ha: $x_1 \neq x_5$ | 4.99        | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia | 4.79        | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia | -5.19       | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X2 y X3 | H0: $x_2=x_3$<br>Ha: $x_2 \neq x_3$ | 2.78        | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia | 1.98        | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia | -2.17       | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X2 y X4 | H0: $x_2=x_4$<br>Ha: $x_2 \neq x_4$ | 3.73        | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia | 4.11        | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia | -3.16       | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X2 y X5 | H0: $x_2=x_5$<br>Ha: $x_2 \neq x_5$ | 4.84        | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia | 4.12        | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia | -3.34       | -2.78 a 2.78 | No se acepta H0 | Si existe diferencia |
| X3 y X4 | H0: $x_3=x_4$<br>Ha: $x_3 \neq x_4$ | 0.95        | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia | 2.12        | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia | -0.99       | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X3 y X5 | H0: $x_3=x_5$<br>Ha: $x_3 \neq x_5$ | 2.06        | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia | 2.14        | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia | -1.17       | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia |
| X4 y X5 | H0: $x_4=x_5$<br>Ha: $x_4 \neq x_5$ | 1.11        | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia | 0.01        | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia | -0.18       | -2.78 a 2.78 | Se acepta H0    | No existe diferencia |

## 4.9. Vida útil del Cupcake

### 4.9.1. Método de Cinética de Reacción del % de Acidez

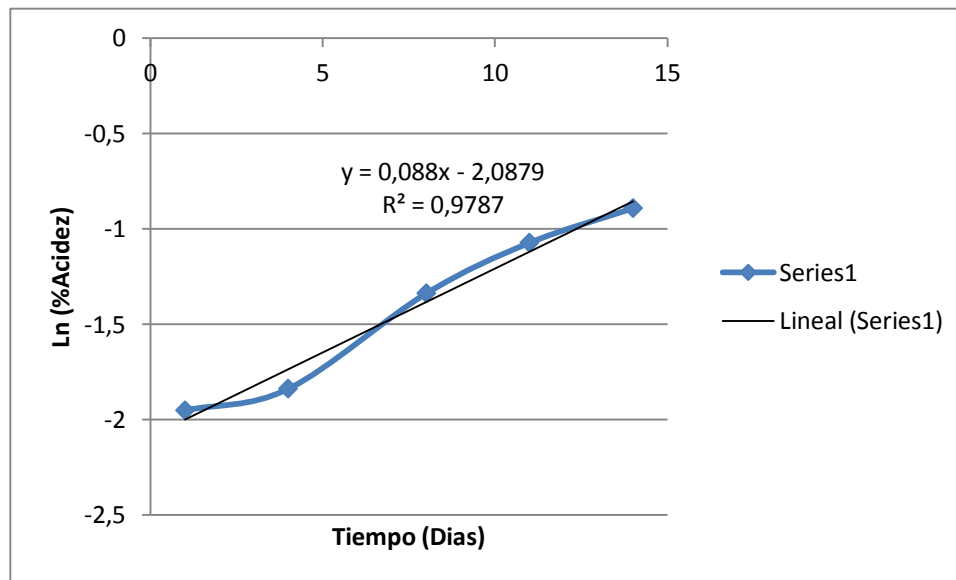
Para determinar el orden de la cinética de reacción se procedió a realizar los respectivos ajustes de regresión con los datos del % de Acidez obtenidos durante la evaluación de cupcake de mayor aceptabilidad.

**Tabla 64: Variación del % de Acidez del cupcake de mayor aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento**

| Tiempo (días) | % de Acidez |
|---------------|-------------|
| 1             | 0.142       |
| 4             | 0.159       |
| 8             | 0.262       |
| 11            | 0.342       |
| 14            | 0.410       |

**Tabla 65: Regresión de los datos del porcentaje de Acidez de cupcake de mayor aceptabilidad para reacción de primer orden**

| Tiempo (días) | LN % de Acidez |
|---------------|----------------|
| 1             | -1.952         |
| 4             | -1.839         |
| 8             | -1.339         |
| 11            | -1.073         |
| 14            | -0.892         |



**Figura 36: % Acidez en función al tiempo para la reacción de primer orden**

En la figura 36 se puede apreciar el ajuste lineal de los datos resultantes al haber aplicado el logaritmo natural a los porcentajes de acidez del cupcake de mayor aceptabilidad versus el tiempo, expresado en días de análisis. Como se puede apreciar el coeficiente de determinación obtenido fue mayor, 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 de vida útil.

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

$$\% \text{ Acidez máximo} = 0.7$$

Aplicando Logaritmo a este valor se obtiene

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

Entonces de la ecuación de regresión de la figura xx, se observa lo siguiente:

$$Y = 0.088x - 2.088$$

Despejando x en la ecuación se tiene:

$$x = (Y + 2.088) / 0.088$$

Reemplazando "Y" como el valor máximo de Ln (% Acidez máximo), se tiene:

$$X = 19.6$$

Entonces el tiempo de vida útil según el porcentaje de acidez para el cupcake de mayor aceptabilidad a 26 °C es de 19 días.

## V. CONCLUSIONES

- 5.1. La composición química en la materia prima, da como resultado, para la Harina de trigo 14.56 % humedad, proteína 11.61%, grasa 0.81%, cenizas 1.01%, carbohidratos 72.01%; para la harina de kiwicha 12.95% de humedad, proteína 11.31%, grasa 4.02%, cenizas 2.01%, carbohidratos 69.71%; y para el grano entero de chía 7.20 % humedad, proteína 22.12%, grasa 29.5%, cenizas 4.25%, carbohidratos 36.93%.
- 5.2. La composición químico proximal del cupcake con mayor aceptabilidad fue: 18.21% Humedad, 7.83% Proteínas, 2.02% Cenizas, 13.76% Grasa, 2.72% Fibra, 58.18% Carbohidratos: y del Cupcake Control fue de: 20.38% Humedad, 7.29% Proteínas, 1.47% Cenizas, 14.3% Grasa, 0.2% Fibra, 56.56% Carbohidratos.
- 5.3. Se determinó el cómputo químico de aminoácidos de las formulaciones, donde se identificó a la lisina como aminoácido limitante en la harina de trigo, sin embargo al realizar las sustituciones sobrepasa el límite mínimo de 70% recomendado por la FAO/OMS. No se mostró deficiencia de los demás aminoácidos esenciales en su totalidad, demostrando en los valores que exceden el 100%.



- 5.4. Las formulaciones del planeamiento experimental gozan de buena aceptabilidad del público. Solo los parámetros de aroma, sabor y textura tuvieron diferencia significativa. Lo que indica que al utilizar las harinas de kiwicha y grano entero de chíá para beneficiar al producto final interfiere de manera positiva en las características sensoriales finales. Por otro lado la formulación 4 (12% de Harina de kiwicha, 9% grano entero de chíá) es considerada la de mayor aceptación.
- 5.5. Las variables independientes tuvieron incidencia en las respuestas en estudio. En el caso de la harina de kiwicha presentó efectos significativos en la lisina, apariencia general, aroma, sabor y textura sensorial; el grano entero de chíá presentó influencia y efectos significativos en las respuestas lisina, textura sensorial y sabor; Las mezclas de las harinas y grano entero de chíá tienen efectos significativos en las respuestas lisina, textura sensorial, aroma sensorial y sabor sensorial de los cupcakes de las formulaciones del Diseño experimental utilizado.

- 5.6. La formulación 4 (12% de Harina de kiwicha, 9% grano entero de chía) fue considerada como la mejor formulación del Diseño Compuesto Central rotacional  $2^2$  al obtener un cómputo químico de Lisina del 85% y mayor al 100% para los demás aminoácidos esenciales. Además goza de buena aceptación, presentando los siguientes indicadores organolépticos; aroma (3.94), textura (3.94), Color (4.31) y Sabor (4.31) para una escala hedónica de 5 puntos.
- 5.7. Se determinó que el tiempo de vida útil para el cupcake de mayor aceptabilidad fue de 19 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 carbohidratos y grasa en productos de panificación.
- 6.3. Complementar el estudio, realizando un análisis de aminoácidos al cupcake de mayor aceptabilidad mediante un amilograma.
- 6.4. Realizar pruebas biológicas en la evaluación del cupcake de mayor aceptabilidad como digestibilidad aparente en 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 formulación de mayor aceptabilidad.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ❖ Aguirre, E. y Rodríguez, G. (1997). Industria de cereales Y Panificación. Universidad Nacional del Santa. Departamento Académico de Agroindustria. Única Edición. Chimbote – Perú.
- ❖ Álvarez, S. (1997). Harina de Trigo.
- ❖ Anzaldúa, A.(1994). La Evaluación sensorial de los alientos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza España.
- ❖ Bertoni et al. (1984). Mencionado por (Lutz, 2009).
- ❖ Bhat Mudsair A; Bhat Anju. (2013). Study on Physico-Chemical Characteristics of Pumpkin Blended Cake. J Food Process Technol 4:62.
- ❖ BILBAO, C. (2007). Revista Panera: Forma e Informa. Año 1. Nº 5. Lima – Perú. Pg. 24 – 26.
- ❖ Campbell G.; Webb C. (1997). “Cereals Novel uses and processes” . Satake Centre for Grain Process Engineering University of Manchester Institute of Science and Technology . Manchester - Inglaterra.

- ❖ Calvo, A.; Iturrizaga, S.; Nystom, J. y Salas, R. (2001). Fideos Imperial enriquecidos con Kiwicha. Trabajo de Investigación para Seminario de Agro Negocios. Facultad de Administración y Contabilidad. Universidad del Pacífico. Lima - Perú.
- ❖ Calaveras, J. (2004). Nuevo tratado de panificación y bollería. 2 da Edición. AMV ediciones. Madrid - España.
- ❖ Carece Saravia A. (2014). La Cantidad y la Calidad. Revista Panadería y Pastelería Peruana. Edición N°160. Pag. 24-25. Lima-Perú
- ❖ Casaverde, J. (2003). Producción y Control de Calidad de Galletas fortificadas y enriquecidas. Informe de tesis para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa. Chimbote –Perú.
- ❖ Cauvain, P. y Young, S. (2002). Fabricación de pan. Editorial Acribia. Zaragoza – España.
- ❖ Claude Roudot Alain. (2004). Reología y Análisis de Textura de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.
- ❖ Codex Alimentarius (1985). Norma del Codex para la harina de trigo
- ❖ De Escalada Pla, M; Rojas, A. y Gerschenson, L. (2005). Efecto de la fibra de Chía en el envejecimiento del pan. Revista CONICET, 1-5.

- ❖ Dendy, D; Dobraszcyk, B. (2011). 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.
- ❖ Espinoza, A. (2003). Evaluación sensorial de los alimentos. 1ra edición Tacna – Perú.
- ❖ Heiss J. (1978). Principio del envasado de alimentos. Editorial Acribia. P.69, p 71.
- ❖ INDECOPI. Norma Técnica Peruana 205.045. (1986). Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial.
- ❖ INDECOPI. Norma Técnica Peruana 205.040. (1976). Harinas sucedáneas de la harina de trigo.
- ❖ INDECOPI. NORMA Técnica Peruana ISO 8402. (1994). Definición de calidad y Control de Calidad
- ❖ INDECOPI. Norma Técnica Peruana 205.054. (1987). Definición, Clasificación y Requisitos del grano de Kiwicha para comercialización y/o transformación.
- ❖ Kent. 1971. Tecnología de Cereales. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.
- ❖ Larmond Elizabeth (1997). Métodos de Laboratorio para la evaluación sensorial de alimentos. Editorial Ottawa. Canadá.
- ❖ Lezcano. E. (2011). Productos Batidos. Revistas Alimentos Argentinos.

- ❖ Mackey, A; Flores, Y; Sosa, G. (1984). Evaluación sensorial de los alimentos. Fundación CIEPE. Caracas.
- ❖ Matckovich, C. (2009). Elaboración de Panetón. Informe de Prácticas para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. E. A. P. de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa. Chimbote - Perú.
- ❖ Mijan, R; Salomón, N. (2007). "Trigos Argentinos de Calidad". Bahía Blanca - Argentina.
- ❖ 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.
- ❖ Pérez 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

- ❖ Potter Norman N. & Hotchkiss (1999). Ciencia de los Alimentos. Editorial Acribia S.A. España. P. 110, p. 545.
- ❖ Quaglia, G.(1991). Ciencia y Tecnología de la Panificación. Edit. Acribia. Zaragoza, España. pp. 239-258.
- ❖ Reyes Morales, Hermila (1996). Métodos afectivos – pruebas con consumidores. Guatemala, RIEPSA (Red Iberoamericana de Evaluación de Propiedades Sensoriales de los Alimentos).
- ❖ Saunders, 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, University Sains Malaysia.
- ❖ Tabla Peruana de Composición de Alimentos 2013
- ❖ Zolezzi Tizón Mariella. (2014). El boom de los cupcakes: Una tendencia del Mercado. Revista Panadería y Pastelería Peruana. Edición N° 160. pgs. 24-25. Lima-Perú.
- ❖ WHO/FAO/UNU. (2007). Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. Who Technical Report Series 935



## PAGINAS DE INTERNET

- Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria de Brasil. Reglamentos.  
<http://www7.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>.  
Consultado (02/08/2010).
- Ayala, D. C. (2007). La kiwicha (Amaranthus Caudatus)  
[http://www.portalagrario.gob.pe/agricola/pro\\_andi\\_kiwicha.shtml](http://www.portalagrario.gob.pe/agricola/pro_andi_kiwicha.shtml).  
Consultado (30/08/2010).
- ChopinTechnologies.[http://www.chopin.fr/fiche\\_alveoconsistographe.php](http://www.chopin.fr/fiche_alveoconsistographe.php). Consultado (01/09/2010).
- FAOSTAT. Sistema de Información de FAO.  
<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Consultado (23/09/2010).
- Harinas Elizondo (2007).  
<http://www.harinaselizondo.com/historiat.html>. Consultado  
(03/09/2010).
- Kent, (1983). Alimentos Orgánicos  
<http://www.interamsa.com/agroindustriaexportacionproductosorganicos.htm>. Consultado (30/08/2010).

**ANEXOS**

## ANEXO I:

### ANEXO 1.1: CARACTERIZACION QUIMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS Y GRANO ENTERO DE CHIA.

#### ANEXO 1.1.1: Determinación de la humedad en las Harinas y Grano Entero de Chia.

##### Procedimiento

- Pesar una placa petri.
- Pesar 3 gr de muestra y agregar sobre la placa Petri, colocar la muestra en la Estufa.
- Luego configurar el equipo a la temperatura de 110 °C por un tiempo de 2.5 h.
- Enfriar en el desecador por 30 minutos y pesar.

##### Cálculos:

$$\% Humedad = \frac{(A_1 - A_2)}{m} * 100$$

Dónde:

A<sub>1</sub>: Peso de la placa más la masa húmeda (g).

A<sub>2</sub>: Peso de la placa más la muestra seca (g).

m : Masa de la muestra (g).



**Figura A-1: Muestra de Harina de Trigo, Harina de Kiwicha y Grano entero de Chía dentro de la Estufa.**

**ANEXO 1.1.2: Determinación de Cenizas en las harinas y Grano Entero de Chía.**

**Procedimiento:**

- En un crisol identificado, seco y tarado ( $A_1$ ) pesar aproximadamente 2g. de muestra ( $m$ ).
- Incinerar la muestra en la cocina eléctrica hasta total carbonización.
- Colocar la muestra en la mufla y calcinar a  $550\text{ }^\circ\text{C}$  por 3 a 5 h. hasta cenizas blancas o blanco grisáceo.
- Retirar el crisol de la mufla y colocar en el desecador, enfriar 30 minutos a temperatura ambiente y pesar el residuo.

**Cálculos:**

$$\%Ceniza = \frac{(A_2 - A_1)}{m} * 100$$

Donde:

$A_1$ : Peso del crisol vacío (g)

$A_2$ : Peso del crisol más ceniza (g)

$m$ : Peso de la muestra (g)



**Figura A-2: Muestra de Harina de Trigo, Harina de Kiwicha y Grano entero de Chía en la cocina eléctrica.**



**Figura A-3: Muestra incinerada de Harina de Trigo, Harina de Kiwicha y Grano entero de Chía dentro de la Mufila.**

### **ANEXO 1.1.3: Determinación de Grasas en las Harinas y Grano Entero de Chía.**

#### **Material y Equipo**

- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Papel filtro o dedal de celulosa, pipeta
- Sistema extractor Soxhlet – marca Soxtec
- Estufa de aire a  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Balanza analítica
- Material usual de laboratorio

#### **Procedimiento:**

- Secar la muestra en una estufa, con el propósito de eliminar el contenido de agua presente en esta.
- Pesar 3 g de muestra finamente dividida en el cartucho o dedal; cubrir con una porción de algodón.
- Colocar el cartucho dentro del extractor Soxhlet.
- Pesar los vasos.
- Añadir 45 ml del solvente a los vasos y colocar en el equipo.
- Programar el equipo los parámetros de tiempo y temperatura, teniendo en consideración el tipo de solvente a utilizar.

- Hacer circular el agua por el refrigerante y calentar hasta que se obtenga una frecuencia de unas 2 gotas por segundo.
- Efectuar la extracción durante 90 min (el equipo detendrá el análisis de acuerdo a lo programado)
- Colocar los vasos en una estufa por unos 20 min a 100 °C para eliminar el solvente que pueda quedar.
- Enfriar los vasos en una campana y proceder a pesar y realizar los cálculos.

**Cálculos:**

$$\frac{\text{Peso del vaso con grasa} - \text{peso del vaso vacío}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 = \% \text{ de Grasa}$$



**Figura A-4: Muestra preparada de Harina de Trigo, Harina de Kiwicha y Grano entero de Chía para colocar en el equipo extractor Soxhlet – marca Soxtec.**

## **ANEXO 1.1.4: Determinación de Proteínas en las Harinas y Grano Entero de Chia.**

### **Materiales y Reactivos**

#### ➤ **Materiales**

- Beakers
- Pipetas
- Placa petri
- Matraz

#### ➤ **Reactivos**

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



## ➤ Equipos

- Equipo Kjeldahl
- Estufa.
- Balanza analítica

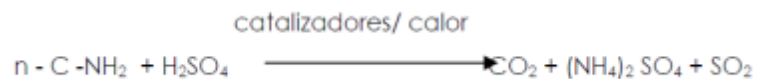
## **FUNDAMENTOS DEL MÉTODO Y ETAPAS**

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

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

## A. ETAPA DE DIGESTIÓN

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



Procedimiento: Se introducen de 1 a 5 g de muestra un tubo de mineralización y se ponen 2 pastillas de catalizador que suele estar constituido por una mezcla de sales de cobre, óxido de titanio o/y óxido de selenio. De forma habitual se utiliza como catalizador una mezcla de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: CuSO<sub>4</sub>: Se (10:1:0,1 en peso). Después se adicionan 12 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Posteriormente se digiere a 400 °C durante una hora. Se sabe que la digestión ha terminado porque la disolución adquiere un color verde esmeralda característico.

En esta etapa, el nitrógeno proteico es transformado en sulfato de amonio por acción del ácido sulfúrico en caliente. En la actualidad, para llevar a cabo este proceso se utilizan digestores

automáticos que son capaces de digerir un número determinado de muestras al mismo tiempo.



**Figura A-5: Sistema de digestión fós**

## **B. ETAPA DE DESTILACIÓN**

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



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

liberado es arrastrado por el vapor de agua inyectado en el contenido del tubo durante la destilación

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



**Figura A-6: Equipo de destilación FOSS**

### **C. ETAPA DE VALORACIÓN O TITULACIÓN**

La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de una volumetría ácido-base del ión borato formato, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno. Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoniaco destilados.





**Figura A-7: Equipo de valoración o titulación**

#### **D. CÁLCULOS**

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

**Tabla A-1: Factor de conversión para obtener la tasa de proteína bruta a partir del nitrógeno total.**

| <b>Alimentos</b>       | <b>Factor (K)</b> |
|------------------------|-------------------|
| Harina de trigo        | 5.70              |
| Trigo, centeno, cebada | 5.83              |
| Arroz                  | 5.95              |
| Cacahuetes             | 5.46              |
| Almendras              | 5.18              |
| Soja                   | 5.71              |
| Semillas Oleoginosas   | 5.30              |
| Leche y derivados      | 6.38              |
| Carne y derivados      | 6.25              |
| Clara de huevo         | 6.70              |
| Yema de huevo          | 6.62              |
| Huevo entero           | 6.68              |
| Gelatina               | 5.55              |
| Vegetales              | 6.25              |

## FORMULA PARA CALCULAR PORCENTAJE DE PROTEÍNAS

$$\% \text{ de proteínas} = \frac{(ml_{muestra} - ml_{blanco}) \times N \times 14.007 \times 100}{gr_{muestra}}$$

Dónde:

$ml_{muestra}$  = gasto titulación de la muestra

$ml_{blanco}$  = gasto de titulación del blanco

$N$  = normalidad

$gr_{muestra}$  = peso de la muestra

El resultado obtenido debe de ser multiplicado con el factor (k), de acuerdo al tipo de muestra analizada.



**Figura A-8: Equipo Kjeldahl**

## **ANEXO 1.2: ANALISIS FISICOQUIMICO DE LAS HARINAS Y DEL GRANO ENTERO DE CHIA.**

### **ANEXO 1.2.1: Medición de Colorimetría en las Harinas y Grano Entero de Chia.**

#### **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.

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

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

- 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-9: Determinación de Colorimetría en la Materia Prima.**

## **ANEXO II: COMPUTO QUIMICO**

### **ANEXO 2.1: Método para hallar el Aminograma Teórico de las Formulaciones.**

$$S_x = \frac{(T)(\%MT) + (K)(\%MK) + (C)(\%MC)}{F}$$

$S_x$  = 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)

(K) = Aminoácido de la Kiwicha presente en la mezcla (X)

(%MK) = Porcentaje de participación de la Kiwicha en la  
mezcla (X)

(C) = Aminoácido de la Chía presente en la mezcla (X)

(%MC) = Porcentaje de participación de la Chía en la mezcla  
(X)

(F) = Aminoácido patrón de la FAO de la mezcla (X)

**Tabla A-2: Perfil de Aminoácidos de las Harinas de Trigo, Kiwicha y del Grano entero de Chía.**

| Aminoácidos                | Composición de Aminoácidos |         |      | FAO       |
|----------------------------|----------------------------|---------|------|-----------|
|                            | (mg/g proteína)            |         |      | (mg/g     |
|                            | Trigo                      | Kiwicha | Chía | proteína) |
| Esenciales                 |                            |         |      |           |
| Isoleucina                 | 35                         | 52      | 41   | 30        |
| Leucina                    | 71                         | 46      | 70   | 59        |
| Lisina                     | 31                         | 67      | 49   | 45        |
| Metionina +<br>Cistina     | 43                         | 35      | 51   | 22        |
| Fenilalanina +<br>tirosina | 80                         | 63      | 80   | 38        |
| Treonina                   | 31                         | 51      | 36   | 23        |
| Triptófano                 | 12                         | 1       | 22   | 6         |
| Valina                     | 47                         | 45      | 48   | 39        |
| Histidina                  | 25                         | 25      | 27   | 15        |

Fuente: (WHO/FAO/UNU, 2007) Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition.

**Tabla A-3: Score Químico de las Harinas de Trigo, Kiwicha y del Grano entero de Chía**

| Aminoácidos                | Composición Química |         |      |
|----------------------------|---------------------|---------|------|
|                            | Trigo               | Kiwicha | Chía |
| Esenciales                 |                     |         |      |
| Isoleucina                 | 117                 | 173     | 136  |
| Leucina                    | 120                 | 78      | 118  |
| Lisina                     | 69                  | 149     | 110  |
| Metionina +<br>Cistina     | 195                 | 159     | 230  |
| Fenilalanina +<br>tirosina | 211                 | 166     | 212  |
| Treonina                   | 135                 | 222     | 157  |

---

|            |     |     |     |
|------------|-----|-----|-----|
| Triptófano | 200 | 183 | 370 |
| Valina     | 121 | 115 | 124 |
| Histidina  | 167 | 167 | 180 |

---

**Tabla A-4: Score Químico de las mezclas de las Harinas de Trigo, Kiwicha y del Grano entero de Chía.**

|                          |                             | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11        | Patrón de aminoácidos (mg/g proteína)* |
|--------------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|--|
| <b>FORMULACIONES (%)</b> | <b>Harina de trigo</b>      | 97  | 87  | 90  | 79  | 95  | 81  | 93  | 83  | 88  | 88  | 88        | -                                      |
|                          | <b>Harina de kiwicha</b>    | 2   | 12  | 2   | 12  | 0   | 14  | 7   | 7   | 7   | 7   | 7         | -                                      |
|                          | <b>Grano entero de Chía</b> | 1   | 1   | 8   | 9   | 5   | 5   | 0   | 10  | 5   | 5   | 5         | -                                      |
| <b>SCORE QUIMICO (%)</b> | Isoleucina                  | 118 | 124 | 120 | 126 | 118 | 126 | 121 | 124 | 122 | 122 | 122       | <b>30</b>                              |
|                          | Leucina                     | 119 | 115 | 115 | 115 | 120 | 115 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117       | <b>59</b>                              |
|                          | Lisina                      | 71  | 79  | 79  | 84  | 73  | 83  | 74  | 81  | 78  | 78  | 78        | <b>45</b>                              |
|                          | Metionina+Cistina           | 191 | 188 | 188 | 160 | 178 | 173 | 193 | 159 | 175 | 175 | 175       | <b>22</b>                              |
|                          | Fenilalanina + tirosina     | 210 | 205 | 205 | 206 | 211 | 205 | 207 | 208 | 208 | 208 | 208       | <b>38</b>                              |
|                          | Treonina                    | 137 | 145 | 145 | 148 | 137 | 148 | 141 | 144 | 142 | 142 | 142       | <b>23</b>                              |
|                          | Triptofano                  | 203 | 201 | 201 | 225 | 216 | 213 | 199 | 229 | 214 | 214 | 214       | <b>6</b>                               |
|                          | Valina                      | 120 | 120 | 120 | 121 | 121 | 120 | 120 | 121 | 121 | 121 | 121       | <b>39</b>                              |
| Histidina                | 167                         | 167 | 169 | 169 | 168 | 168 | 167 | 169 | 168 | 168 | 168 | <b>15</b> |  |

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

## ANEXO III: ELABORACION DE LOS CUPCAKES

### ANEXO 3.1: PROCEDIMIENTO ELABORACION DE LOS CUPCAKES (FOTOGRAFIAS)



### PESADO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS



**Adición de la Margarina**



**Adición del Azúcar**



**Adición de los Huevos**

**Adición del Emulsionante**

**MEZCLADO 1**



**CREMADO**



## MEZCLADO 2

Adición de Leche



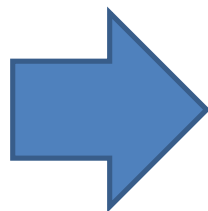
Adición de las Harinas más el Grano entero de Chía

Adición del Polvo de Hornear

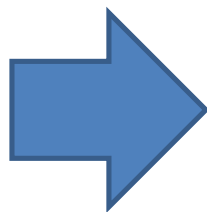
## MEZCLADO 3



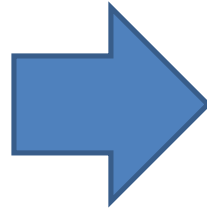
## MOLDEADO



## HORNEADO



**ENFRIADO**



**ENVASADO**



**ALMACENADO**

# ANEXO IV: ANALISIS DE LOS CUPCAKES

## ANEXO 4.1: Determinación de Fibra en el Cupcake Patrón y de mayor Aceptabilidad.



**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° 1826-15** Pág. 1 de 1

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| SOLICITADO POR              | : FERNANDO GUZMAN COMESAÑA                    |
| DIRECCIÓN                   | : Jr. Huancavelica 1372 Florida Alta Chimbote |
| PRODUCTO DECLARADO          | : CUPCAKES                                    |
| CANTIDAD DE MUESTRA         | : 02 muestras x 40g clv                       |
| PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA  | : En bolsas de polietileno transparente       |
| FECHA DE RECEPCIÓN          | : 2015-06-09                                  |
| FECHA DE INICIO DEL ENSAYO  | : 2015-06-09                                  |
| FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO | : 2015-06-10                                  |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA     | : En buen estado                              |
| ENSAYOS REALIZADOS EN       | : Laboratorio Físico Químico                  |
| CODIGO COLECBI              | : 8S-000787-15                                |

**RESULTADOS**

| ENSAYOS   | MUESTRA |      |
|-----------|---------|------|
|           | CP06    | CP04 |
| Fibra (%) | 0,2     | 2,72 |


**METODOLOGÍA EMPLEADA**  
Fibra : NMX-F-090-1978

**NOTA :**

- Muestra recibida 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 a cargo certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Junio 10 del 2015.

DVV/ma

  
Denis M. Vargas Yepes  
Jefe de Laboratorio  
Físico Químico  
COLECBI S.A.C.



LC-MP-1-RB  
Rev. 03  
Fecha 2012-07-27

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

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310762  
Nextel: 439\*2895 - RPM # 902995 - Apartado 127  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
Web: www.colecbi.com



## ANEXO 4.2: Determinación de Proteína y Grasa en el Cupcake Patrón y de mayor Aceptabilidad.



**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° 1704-15**

|   |   |
|---|---|
| <p><b>SOLICITADO POR</b><br/>DIRECCIÓN<br/>PRODUCTO DECLARADO<br/>CANTIDAD DE MUESTRA<br/>PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA<br/>FECHA DE RECEPCIÓN<br/>FECHA DE INICIO DEL ENSAYO<br/>FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO<br/>CONDICIÓN DE LA MUESTRA<br/>ENSAYOS REALIZADOS EN<br/>CÓDIGO COLECBI</p> | <p><b>FERNANDO GUZMAN COMESAÑA,</b><br/>Jr. Mianzavelica 1372 Florida Alta Chimbote.<br/><b>CUPCAKES,</b><br/>02 muestras x 40g c/u<br/>En bolsa de polietileno transparente<br/>2015-05-28<br/>2015-05-28<br/>2015-05-29<br/>En buen estado<br/>Laboratorio Físico Químico.<br/>SS 000723-15</p> |
|---|---|

**RESULTADOS**

| ENSAYOS                   | MUESTRA |       |
|---------------------------|---------|-------|
|                           | CP00    | CP04  |
| Proteínas (%) Factor 6,25 | 7,29    | 7,83  |
| Grasa (%)                 | 14,30   | 13,78 |

**METODOLOGÍA EMPLEADA**  
 Proteínas : LNE-EN ISO 5693-2 Parte 2 Dic. 2006  
 Grasa : LNE 84021 1970

**NOTA :**

- Muestra recuperada 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 producción o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Mayo 29 del 2016.  
 DVM/ms



Denis M. Vargas Yapez  
Jefe de Laboratorio  
Físico Químico  
COLECBI S.A.C.

**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: 043-310762  
 Nextel: 839\*2883 - RPM # 902965 - Apartado 127  
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
 Web: www.colecbi.com

# ANEXO 4.3: Determinación de Cenizas en el Cupcake Patrón y de mayor Aceptabilidad.



**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES**

**“COLECBI” S.A.C.**

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

Pág. 1 de 1

**INFORME DE ENSAYO N° 1777-15**

**SOLICITADO POR:** FERNANDO GUZMAN COMESAÑA,  
**DIRECCIÓN:** Jr. Huancavelica 1372 Florida Alta Chimbote,  
**PRODUCTO DECLARADO:** CUPCAKES,  
**CANTIDAD DE MUESTRA:** 02 muestras x 40g c/u  
**PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA:** En bolsa de polietileno transparente.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 2015-06-04  
**FECHA DE INICIO DEL ENSAYO:** 2015-06-04  
**FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO:** 2015-06-04  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA:** En buen estado.  
**ENSAYOS REALIZADOS EN:** Laboratorio Físico Químico.  
**CODIGO COLECBI:** SS 002783-15

| ENSAYOS     | MUESTRA |      |
|-------------|---------|------|
|             | CP50    | CP04 |
| Cenizas (%) | 1,47    | 2,02 |

**METODOLOGÍA EMPLEADA:** Cenizas : UNE 54019 1971

**NOTA:**

- Muestra recepcionada en Laboratorio 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, Junio 05 del 2015.  
**DVY/mis**



**Denis M. Vargas Yepéz**  
Jefe de Laboratorio  
Físico Químico  
COLECBI S.A.C.

**LC-MP-018**  
Rev. 03  
Fecha 2013-07-27

**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 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752  
Nextel: 839-2883 - RPM # 902995 - Apartado 127  
e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe) / [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)  
Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)

## ANEXO V: EVALUACION DE LOS CUPCAKES.

### ANEXO 5.1: EVALUACION DEL SABOR Y TEXTURA DE LOS CUPCAKES.

#### ANEXO 5.1.1. Formato De La Evaluación Sensorial

NOMBRE: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Frente a Ud. Hay 6 muestras de cupcakes. Pruebe cada muestra e indique el grado en que le **Gusta** o le **Disgusta**, de acuerdo a una escala de 1 al 5, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la misma.

1. Me disgusta mucho
2. Me disgusta
3. No me gusta ni me disgusta
4. Me gusta
5. Me gusta mucho

**Tabla A-5 Evaluación Sensorial de Sabor y Textura**

| <b>CÓDIGO</b> | <b>SABOR</b> | <b>TEXTURA</b> |
|---------------|--------------|----------------|
| <b>CP00</b>   |              |                |
| <b>CP01</b>   |              |                |
| <b>CP02</b>   |              |                |
| <b>CP03</b>   |              |                |
| <b>CP04</b>   |              |                |
| <b>CP05</b>   |              |                |

**ANEXO 5.2: EVALUACION DEL COLOR Y AROMA DE LOS  
CUPCAKES.**

**ANEXO 5.2.1. Formato De La Evaluación Sensorial**

NOMBRE: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Frente a Ud. Hay 6 muestras de cupcakes. Pruebe cada muestra e indique el grado en que le **Gusta** o le **Disgusta**, de acuerdo a una escala de 1 al 5, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la misma.

1. Me disgusta mucho
2. Me disgusta
3. No me gusta ni me disgusta
4. Me gusta
5. Me gusta mucho

**Tabla A-6 Evaluación Sensorial de Color y Aroma**

| <b>CÓDIGO</b> | <b>COLOR</b> | <b>AROMA</b> |
|---------------|--------------|--------------|
| <b>CP00</b>   |              |              |
| <b>CP01</b>   |              |              |
| <b>CP02</b>   |              |              |
| <b>CP03</b>   |              |              |
| <b>CP04</b>   |              |              |
| <b>CP05</b>   |              |              |



## **ANEXO VI: ANALISIS EN EL CUPCAKE CONTROL Y DE MAYOR ACEPTABILIDAD.**

### **ANEXO 6.1: METODO PARA DETERMINAR LA ACTIVIDAD DE AGUA EN EL CUPCAKE DE MAYOR ACEPTABILIDAD.**

#### **Procedimiento:**

- Agregar aproximadamente 2-3 g de las muestras (molidas) sobre la cubeta del equipo.
- Colocar la cubeta dentro del equipo analizador de actividad de agua.
- Esperar unos minutos hasta que se hallan 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-10: Determinación de la actividad de agua en el cupcake control y de mayor aceptabilidad**

## **ANEXO 6.2: Determinación de la Textura de los Cupcakes.**

### **Procedimiento:**

- Se colocó el cupcake 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 20 mm de altura.
- La evaluación se realizó a través de varios días para observar la variación de la textura.



**Figura A-11: Medición de Textura de los Cupcakes.**

**ANEXO VII: Determinación de la Vida Útil del Cupcake de mayor  
Aceptabilidad.**

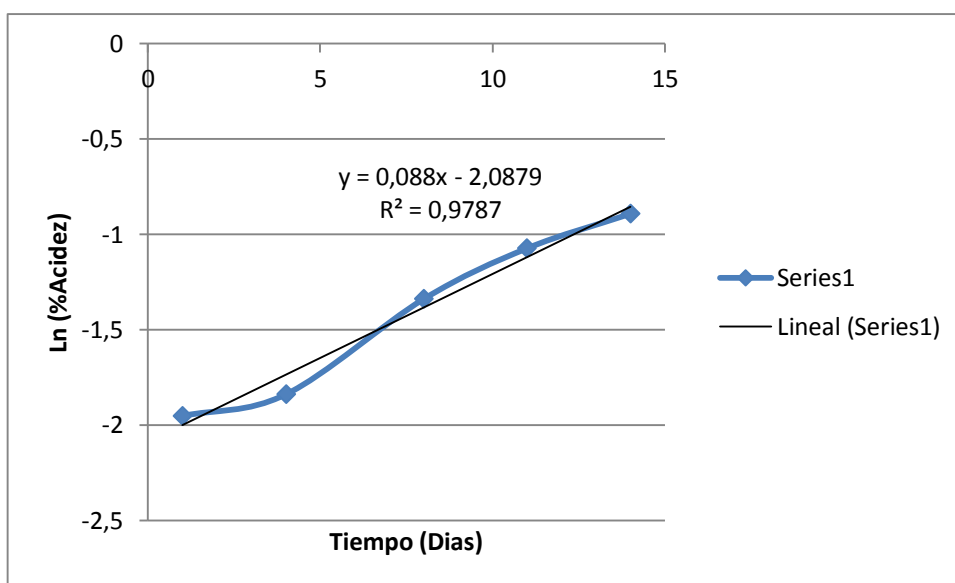
**7.1. Método de Cinética de Reacción del % de Acidez**

**Tabla A-7: Variación del % de Acidez del cupcake de mayor  
aceptabilidad durante 14 días de almacenamiento**

| <b>Tiempo (días)</b> | <b>% de Acidez</b> |
|----------------------|--------------------|
| 1                    | 0.142              |
| 4                    | 0.159              |
| 8                    | 0.262              |
| 11                   | 0.342              |
| 14                   | 0.410              |

**Tabla A-8: Regresión de los datos del porcentaje de Acidez de cupcake de mayor aceptabilidad para reacción de primer orden**

| <b>Tiempo (días)</b> | <b>LN % de Acidez</b> |
|----------------------|-----------------------|
| 1                    | -1.952                |
| 4                    | -1.839                |
| 8                    | -1.339                |
| 11                   | -1.073                |
| 14                   | -0.892                |



**Figura A-12: % Acidez en función al tiempo para la reacción de primer**

# “CATÁLOGO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN – TIPRO”

Resolución Nº 1562-2006-ANR

## REGISTRO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES (PRE GRADO):

#### 1.1 Universidad

- Universidad Nacional del Santa

#### 1.2 Escuela Académico Profesional

- Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial

#### 1.3 Título del trabajo

- “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y grano entero de chía (salvia hispánica) en la elaboración de cupcakes”.

#### 1.4 Área de investigación

- Desarrollo socioeconómico y cultural.

#### 1.5 Autores

- DNI: 43249889 - Fernando Miguel Guzmán Comesaña
- DNI: 43961445 – Gerson Roberto López Quesquen

## **1.6 Título Profesional a que conduce**

- Ingeniero Agroindustrial

## **1.7 Año de aprobación de la Sustentación**

- 2015

## **II. CONTENIDO DEL RESUMEN**

### **2.1. Planteamiento del Problema**

¿Cuál es el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de Kiwicha y grano entero de Chía en las propiedades fisicoquímicas, nutritivas y organolépticas del Cupcake?

### **2.2. Objetivos**

#### **2.2.1. Objetivo General**

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha y grano entero de chía en las propiedades fisicoquímicas, nutritivas y organolépticas del cupcake; mediante la metodología de superficies de respuestas aplicando un Diseño Compuesto Central Rotacional 2<sup>2</sup>.

#### **2.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la composición proximal: %Humedad, %Grasa, %Proteínas y %Cenizas de la harina de kiwicha, harina de trigo y grano entero de chía.

- Determinar el cómputo químico de aminoácidos para todas las formulaciones del diseño compuesto central rotacional  $2^2$ .
- Determinar la colorimetría ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E$ ) del cupcake de mayor aceptabilidad, obtenido del diseño compuesto central rotacional  $2^2$ .
- Evaluar las propiedades organolépticas: olor, sabor, color y textura de los cupcakes obtenidos en base a las formulaciones del diseño compuesto central rotacional  $2^2$ .
- Realizar la composición proximal y vida útil del cupcake con mejor aceptabilidad y características fisicoquímicas.

### **2.3. Hipótesis**

La sustitución parcial de harina de trigo por concentraciones de harina de kiwicha en 14% y Grano entero de Chía en 5% elevan el score químico de aminoácidos esenciales en 17.02% con respecto al cupcake comercial, generan un producto con buena aceptabilidad, propiedades fisicoquímicas, nutritivas y organolépticas mejoradas

### **2.4. Referencia al Marco Teórico**

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 de mayor popularidad a nivel mundial (Zolezzi, 2013).

Como la mayoría de los productos de panificación, los cupcakes están hechos de harina de trigo floja, harina que no es muy alta en proteínas.

Sin embargo, actualmente el tema de salud y de los productos nutritivos ha hecho crecer a la demanda de panes especiales. (Carecé, 2013).

Por ello se está haciendo el uso de mezclas de harinas que contribuyan al mejoramiento del nivel nutricional de un producto de panificación. Dentro de ese marco ha nacido el uso de la harina de kiwicha y el grano entero de chía como sustitutos parciales de la harina de trigo para los productos de panificación. La Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) es uno de los pseudos cereales domesticados por los antiguos agricultores de América, el contenido de proteína de la semilla de la Kiwicha es aproximadamente 16%, superior a los cereales como el trigo (12- 14%), arroz (7- 10%) y maíz (9- 10%), donde lo valioso de la proteína no es la cantidad sino la composición de sus aminoácidos. Por otro lado la chía elimina la necesidad de utilizar antioxidantes artificiales como las vitaminas. De esta forma los antioxidantes de la semilla de chía le otorgan una enorme ventaja sobre todas las demás fuentes de ácidos grasos omega 3, ya que permiten que pueda almacenarse por años, sin que se deteriore el sabor, el olor o el valor nutritivo. Las investigaciones recientes confirman las propiedades saludables de las semillas de Chía destacan por su alto contenido en aceites saludables, pero es también una fuente de otros nutrientes de gran importancia para la salud como antioxidantes, proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerales y fibra. Por eso, hoy en día, estas semillas son consumidas como complemento alimenticio en todo el mundo.

Las harinas sucedáneas constituyen una ventaja para los países en desarrollo debido a que estos tipos de harina podrían reducir las



importaciones de trigo y el aumento de uso potencial de los cultivos agrícolas cultivados localmente, como el caso de la harina de kiwicha y la chía.

## **2.5. Conclusiones y/o Recomendaciones**

### **2.5.1. Conclusiones**

- La composición química en la materia prima, da como resultado, para la Harina de trigo 14.56 % humedad, proteína 11.61%, grasa 0.81%, cenizas 1.01%, carbohidratos 72.01%; para la harina de kiwicha 12.95% de humedad, proteína 11.31%, grasa 4.02%, cenizas 2.01%, carbohidratos 69.71%; y para el grano entero de chía 7.20 % humedad, proteína 22.12%, grasa 29.5%, cenizas 4.25%, carbohidratos 36.93%.
  
- La composición químico proximal del cupcake con mayor aceptabilidad fue: 18.21% Humedad, 7.83% Proteínas, 2.02% Cenizas, 13.76% Grasa, 2.72% Fibra, 58.18% Carbohidratos: y del Cupcake Control fue de: 20.38% Humedad, 7.29% Proteínas, 1.47% Cenizas, 14.3% Grasa, 0.2% Fibra, 56.56% Carbohidratos.
  
- Se determinó el cómputo químico de aminoácidos de las formulaciones, donde se identificó a la lisina como aminoácido limitante en la harina de trigo, sin embargo al realizar las

sustituciones sobrepasa el límite mínimo de 70% recomendado por la FAO/OMS. No se mostró deficiencia de los demás aminoácidos esenciales en su totalidad, demostrando en los valores que exceden el 100%.

- Las formulaciones del planeamiento experimental gozan de buena aceptabilidad del público. Solo los parámetros de aroma, sabor y textura tuvieron diferencia significativa. Lo que indica que al utilizar las harinas de kiwicha y grano entero de chía para beneficiar al producto final interfiere de manera positiva en las características sensoriales finales. Por otro lado la formulación 4 (12% de Harina de kiwicha, 9% grano entero de chía) es considerada la de mayor aceptación.
- Las variables independientes tuvieron incidencia en las respuestas en estudio. En el caso de la harina de kiwicha presentó efectos significativos en la lisina, apariencia general, aroma, sabor y textura sensorial; el grano entero de chía presentó influencia y efectos significativos en las respuestas lisina, textura sensorial y sabor; Las mezclas de las harinas y grano entero de chía tienen efectos significativos en las respuestas lisina, textura sensorial, aroma sensorial y sabor sensorial de los cupcakes de las formulaciones del Diseño experimental utilizado.

- La formulación 4 (12% de Harina de kiwicha, 9% grano entero de chíá) fue considerada como la mejor formulación del Diseño Compuesto Central rotacional 22 al obtener un cómputo químico de Lisina del 85% y mayor al 100% para los demás aminoácidos esenciales. Además goza de buena aceptación, presentando los siguientes indicadores organolépticos; aroma (3.94), textura (3.94), Color (4.31) y Sabor (4.31) para una escala hedónica de 5 puntos.
- Se determinó que el tiempo de vida útil para el cupcake de mayor aceptabilidad fue de 19 días.

### **2.5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda realizar más investigaciones sobre harinas sucedáneas, sobre todo harinas provenientes de hortalizas, o de otra fuente diferente a cereales o legumbres.
- Realizar más investigaciones dirigidas a reducir el porcentaje de carbohidratos y grasa en productos de panificación.
- Complementar el estudio, realizando un análisis de aminoácidos al cupcake de mayor aceptabilidad mediante un amilograma.
- Realizar pruebas biológicas en la evaluación del cupcake de mayor aceptabilidad como digestibilidad aparente en vivo (DA), relación de eficiencia proteica (PER) y utilización neta proteica (NPU).
- Llevar a cabo un estudio de factibilidad para la elaboración del cupcake con la formulación de mayor aceptabilidad.

## 2.6. Bibliografía

- Aguirre, E. y Rodríguez, G. (1997). Industria de cereales Y Panificación. Universidad Nacional del Santa. Departamento Académico de Agroindustria. Única Edición. Chimbote – Perú.
- Álvarez, S. (1997). Harina de Trigo.
- Anzaldúa, A.(1994). La Evaluación sensorial de los alientos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza España.
- Bertoni et al. (1984). Mencionado por (Lutz, 2009).
- Bhat Mudsair A; Bhat Anju. (2013). Study on Physico-Chemical Characteristics of Pumpkin Blended Cake. J Food Process Technol 4:62.
- BILBAO, C. (2007). Revista Panera: Forma e Informa. Año 1. Nº 5. Lima – Perú. Pg. 24 – 26.
- Campbell G.; Webb C. (1997). “Cereals Novel uses and processes” . Satake Centre for Grain Process Engineering University of Manchester Institute of Science and Technology . Manchester - Inglaterra.
- Calvo, A.; Iturrizaga, S.; Nystom, J. y Salas, R. (2001). Fideos Imperial enriquecidos con Kiwicha. Trabajo de Investigación para Seminario de Agro Negocios. Facultad de Administración y Contabilidad. Universidad del Pacífico. Lima - Perú.

- Calaveras, J. (2004). Nuevo tratado de panificación y bollería. 2 da Edición. AMV ediciones. Madrid - España.
- Carece Saravia A. (2014). La Cantidad y la Calidad. Revista Panadería y Pastelería Peruana. Edición N°160. Pag. 24-25. Lima- Perú
- Casaverde, J. (2003). Producción y Control de Calidad de Galletas fortificadas y enriquecidas. Informe de tesis para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa. Chimbote –Perú.
- Cauvain, P. y Young, S. (2002). Fabricación de pan. Editorial Acribia. Zaragoza – España.
- Claude Roudot Alain. (2004). Reología y Análisis de Textura de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.
- Codex Alimentarius (1985). Norma del Codex para la harina de trigo
- De Escalada Pla, M; Rojas, A. y Gerschenson, L. (2005). Efecto de la fibra de Chía en el envejecimiento del pan. Revista CONICET, 1-5.
- Dendy, D; Dobraszcyk, B. (2011). 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.
- Espinoza, A. (2003). Evaluación sensorial de los alimentos. 1ra edición Tacna – Perú.
- Heiss J. (1978). Principio del envasado de alimentos. Editorial Acribia. P.69, p 71.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 205.045. (1986). Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial.

- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 205.040. (1976). Harinas sucedáneas de la harina de trigo.
- INDECOPI. NORMA Técnica Peruana ISO 8402. (1994). Definición de calidad y Control de Calidad
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 205.054. (1987). Definición, Clasificación y Requisitos del grano de Kiwicha para comercialización y/o transformación.
- Kent. 1971. Tecnología de Cereales. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.
- Larmond Elizabeth (1997). Métodos de Laboratorio para la evaluación sensorial de alimentos. Editorial Ottawa. Canadá.
- Lezcano. E. (2011). Productos Batidos. Revistas Alimentos Argentinos.
- Mackey, A; Flores, Y; Sosa, G. (1984). Evaluación sensorial de los alimentos. Fundación CIEPE. Caracas.
- Matckovich, C. (2009). Elaboración de Panetón. Informe de Prácticas para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. E. A. P. de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa. Chimbote - Perú.
- Mijan, R; Salomón, N. (2007). "Trigos Argentinos de Calidad". Bahía Blanca - Argentina.
- 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.
- Pérez 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
- Potter Norman N. & Hotchkiss (1999). Ciencia de los Alimentos. Editorial Acribia S.A. España. P. 110, p. 545.
- Quaglia, G.(1991). Ciencia y Tecnología de la Panificación. Edit. Acribia. Zaragoza, España. pp. 239-258.
- Reyes Morales, Hermila (1996). Métodos afectivos – pruebas con consumidores. Guatemala, RIEPSA (Red Iberoamericana de Evaluación de Propiedades Sensoriales de los Alimentos).
- Saunders, 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, University Sains Malaysia.
- Tabla Peruana de Composición de Alimentos 2013

- Zolezzi Tizón Mariella. (2014). El boom de los cupcakes: Una tendencia del Mercado. Revista Panadería y Pastelería Peruana. Edición N° 160. pgs. 24-25. Lima-Perú.
- WHO/FAO/UNU. (2007). Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. Who Technical Report Series 935