



Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química

Ingeniería en Alimentos

**PROFESOR PATROCINANTE**

**Eduardo Castro Montero.**

Ingeniero Civil Químico (PUC)

Magister en Ciencias de los Alimentos

**DIRECTORES DE MEMORIA**

**Eduardo Castro Montero.**

Ingeniero Civil Químico (PUC)

Magister en Ciencias de los Alimentos

**Luis puente Díaz.**

Ingeniero en Alimentos (UTEM)

Doctor en Tecnología de

Alimentos (UPV) (UCh)

**DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN DE  
TORTILLA PARA TACOS LIBRE DE GLUTEN PARA  
CELÍACOS UTILIZANDO HARINA DE QUÍNOA  
(*Chenopodium quínoa Willd.*)**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA EN ALIMENTOS

**DHARMA LUZ SILVA FLORES**

**Santiago, Chile**

**2016**

*A mis padres, Rebeca y Hernán*  
*A mis Hermanos, Alan y Miguel Angel*  
*A mi tío Alejandro*

## AGRADECIMIENTOS

Primero que todo quiero agradecer a mi madre, por su dedicación, apoyo incondicional, paciencia y sacrificio, para que yo pudiese estudiar y ser profesional.

Agradecer a mi padre y hermanos, por su comprensión y apoyo en este proceso.

A mi tío que ha sido mi guía, y mi segundo padre.

Agradezco a los profesores de la Facultad que participaron en mi formación profesional y personal, especialmente a mi patrocinador y director de memoria el profesor Eduardo Castro, por su constante ayuda, disposición, paciencia, apoyo, esfuerzo, consejos, y por potenciar ser una mejor profesional cada día; al profesor Luis Puente por sus consejos y motivación, al momento de realizar la memoria; a la profesora Andrea Bunger y al profesor Luis López, por sus ayudas constantes, paciencia y tiempo.

Al señor Héctor Rodríguez y a la señora Soledad Bengoa, de Prinal S.A, por facilitarme la enzima, los aditivos e información, además de su tiempo, para el desarrollo de esta memoria.

Al panel sensorial por su colaboración y tiempo para llevar a cabo esta memoria.

A mis amigos Alicia Ferrera, Catalina Vargas y Joans Matus, por brindarme su ayuda, apoyo, consejos y por escucharme en los momentos difíciles. En especial a mi mejor amiga y compañera Alicia Ferrera que ha estado conmigo en los inicios de la carrera, gracias por tu lealtad y compañía en todos estos años.

Para terminar quiero agradecer a mi familia Flores, Oscar Pérez y a mi tía Fresia por su preocupación y apoyo constante en este proceso.

## INDICE GENERAL

|                          |      |
|--------------------------|------|
| DEDICATORIA.....         | ii   |
| AGRADECIMIENTOS.....     | iii  |
| INDICE GENERAL.....      | iv   |
| TABLA DE CONTENIDOS..... | v    |
| INDICE DE TABLA.....     | x    |
| INDICE DE FIGURAS.....   | xii  |
| RESUMEN.....             | xiii |
| SUMMARY.....             | xiv  |

## TABLA DE CONTENIDOS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCION.....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 Procesamiento a altas temperaturas.....  | 1         |
| 1.2 Proceso de Horneado/Cocción.....   | 1         |
| 1.3 Antecedentes del Gluten.....   | 2         |
| 1.4 Antecedentes de la quínoa.....   | 3         |
| 1.4.1 Composición química.....   | 4         |
| 1.5 Harina de quínoa.....  | 7         |
| 1.6 Transglutaminasa (Tg).....   | 8         |
| 1.6.1 Reacción de la Transglutaminasa.....   | 9         |
| 1.6.2 Aplicaciones de la transglutaminasa en la Industria alimentaria.....                 | 9         |
| 1.7 Antecedentes de las tortillas .....  | 10        |
| 1.8 Enfermedad celíaca.....  | 11        |
| <b>2. HIPÓTESIS.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>3. OBJETIVOS.....</b>   | <b>13</b> |
| 3.1 Objetivos generales.....   | 13        |
| 3.2 Objetivos específicos.....   | 13        |
| <b>4. MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>  | <b>14</b> |
| 4.1 Materiales.....  | 14        |
| 4.1.1 Materia prima.....   | 14        |
| 4.1.2 Ingredientes.....  | 14        |
| 4.1.3 Aditivos.....  | 14        |
| 4.1.4 Materiales de laboratorio y reactivos.....   | 14        |
| 4.2 Equipos.....   | 15        |
| 4.2.1 Equipos para la elaboración del producto.....  | 15        |
| 4.2.2 Equipos análisis laboratorios.....   | 15        |
| <b>5. METODOLOGIA.....</b>   | <b>16</b> |
| 5.1 Formulación de la tortilla para tacos libre de gluten utilizando harina de quínoa..... | 16        |
| 5.2 Diagrama de bloques del proceso de elaboración de las tortillas para                   |           |

|  |    |
|--|----|
| tacos libre de gluten. ....  | 18 |
| 5.2.1 Selección y recepción de la materia prima, ingredientes y aditivos.....  | 19 |
| 5.2.2 Pesado de la materia prima, ingredientes y aditivos.....   | 19 |
| 5.2.3 Primer mezclado.....   | 19 |
| 5.2.4 Segundo mezclado.....  | 19 |
| 5.2.5 Amasado.....   | 19 |
| 5.2.6 División y pesado.....   | 19 |
| 5.2.7 Boleado.....   | 19 |
| 5.2.8 Reposo.....  | 19 |
| 5.2.9 Prensado.....  | 19 |
| 5.2.10 Horneado.....   | 20 |
| 5.2.11 Enfriado y pesado.....  | 20 |
| 5.2.12 Almacenado.....   | 20 |
| 5.3 Análisis producto terminado.....   | 22 |
| 5.3.1 Caracterización físico-química de la tortilla para tacos en base a harina de quínoa.....   | 22 |
| 5.3.1.1 Determinación del pH.....  | 22 |
| 5.3.1.2 Determinación de la actividad de agua ( $a_w$ ) .....  | 22 |
| 5.3.2 Caracterización nutricional del producto.....  | 22 |
| 5.3.2.1 Determinación del contenido de proteínas.....  | 22 |
| 5.3.2.2 Determinación de materia grasa.....  | 22 |
| 5.3.2.3 Determinación del contenido de cenizas.....  | 22 |
| 5.3.2.4 Determinación de humedad.....  | 23 |
| 5.3.2.5 Determinación del contenido de carbohidratos totales.....  | 23 |
| 5.3.2.6 Determinación del contenido calórico.....  | 23 |
| 5.3.3 Caracterización y comparación de las propiedades texturales de la tortilla para tacos en base a harina de quínoa, con la tortilla para tacos en base a harina de trigo integral (producto comercial). .... | 24 |
| 5.3.4 Evaluación de la calidad del producto desarrollado y medición de los   |    |

|  |           |
|--|-----------|
| atributos sensoriales con un test de diferencia con respecto al producto comercial.....  | 25        |
| 5.3.5 Determinación del cambio de textura en el tiempo del producto desarrollado, mediante ensayos texturales.....   | 26        |
| <b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>  | <b>28</b> |
| 6.1 Formulaciones de la tortilla para tacos libre de gluten utilizando harina de quínoa. ....  | 28        |
| 6.2 Temperatura y tiempo de horneado.....  | 31        |
| 6.3 Caracterización físico-química de la tortilla para tacos en base a harina de quínoa.....   | 32        |
| 6.4 Caracterización nutricional del producto.....  | 32        |
| 6.5 Caracterización y comparación de las propiedades texturales de la tortilla para tacos en base a harina de quínoa, con la tortilla para tacos en base a harina de trigo integral (producto comercial). .... | 35        |
| 6.6 Evaluación de la calidad del producto desarrollado y medición de los atributos sensoriales con un test de diferencia con respecto al producto comercial.....   | 40        |
| 6.7 Determinación del cambio de textura en el tiempo del producto desarrollado, mediante ensayos texturales. ....  | 42        |
| <b>7. CONCLUSION.....</b>  | <b>45</b> |
| <b>8. BIBLIOGRAFIA.....</b>  | <b>47</b> |
| <b>9. ANEXOS.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>9.1 Anexo 1:</b> Composición de aminoácidos no esenciales del grano de quínoa. ....   | 56        |
| <b>9.2 Anexo 2:</b> Composición de aminoácidos no esenciales de la harina de quínoa. ....  | 57        |
| <b>9.3 Anexo 3:</b> Rangos de pH y temperatura de la transglutaminasa.....   | 58        |

|  |    |
|--|----|
| <b>9.4 Anexo 4:</b> Cálculos cantidad de enzima transglutaminasa a utilizar en la elaboración de la tortilla para tacos libre de gluten. ....                  | 59 |
| <b>9.5 Anexo 5:</b> Composición nutricional de la harina de quínoa proveniente de la VI región, de la localidad de Paredones.....                              | 60 |
| <b>9.6 Anexo 6:</b> Exigencias del producto, según el Reglamento Sanitario de los Alimentos farináceos (RSA (2015)).....                                       | 61 |
| <b>9.7 Anexo 7:</b> Fotografías del panel sensorial realizado. ....  | 62 |
| <b>9.8 Anexo 8:</b> Ficha evaluación sensorial de las tortillas para tacos.....  | 63 |
| <b>9.9 Anexo 9:</b> Cálculo reducción de sal en un 30% al producto.....  | 66 |
| <b>9.10 Anexo 10:</b> Cálculos análisis proximal realizado.....  | 67 |
| <b>9.11 Anexo 11:</b> Cálculos teóricos del desglose del análisis proximal realizado. ....   | 71 |
| <b>9.12 Anexo 12:</b> Límites de los descriptores según el decreto N°88, publicado el 2011. ....   | 78 |
| <b>9.13 Anexo 13:</b> Detalle de pruebas múltiple de rangos, de los parámetros texturales aplicados al centro de las muestras.....                             | 79 |
| <b>9.14 Anexo 14:</b> Detalle de pruebas múltiple de rangos, de los parámetros texturales aplicados al borde de las muestras.....                              | 81 |
| <b>9.15 Anexo 15:</b> Detalle test de valoración de calidad y respuestas de comercialización.....  | 83 |
| <b>9.16 Anexo 16:</b> Anova multifactorial (análisis de varianza) de dos factores (muestras y jueces).....   | 84 |
| <b>9.17 Anexo 17:</b> Detalle diferencias en contra control respecto de los atributos estudiados.....  | 86 |
| <b>9.18 Anexo 18:</b> Intervalos de confianza, entregados por el programa Statgraphic, de los atributos que contenían diferencias significativas al 5%...      | 87 |
| <b>9.19 Anexo 19:</b> Intervalos de confianza, entregados por el programa Statgraphic, de los atributos que no contenían diferencias significativas al 5%..... | 88 |
| <b>9.20 Anexo 20:</b> Gráficos del cambio de textura en el tiempo del producto   |    |

|   |    |
|---|----|
| desarrollado, medido los días 0, 7 y 14 mediante ensayos texturales.....  | 89 |
| <b>9.21 Anexo 21:</b> Detalle diferencias significativas aplicadas al centro de las muestras para la determinación del cambio de textura..... | 90 |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1:</b> Composición proximal del grano de quínoa .....  | 4  |
| <b>Tabla 2:</b> Comparación de los perfiles de los aminoácidos esenciales de la quínoa y patrón de puntuación recomendado por la FAO, para edades comprendidas entre los 3 y los 10 años..... | 5  |
| <b>Tabla 3:</b> Contenido de minerales del grano de quínoa .....  | 6  |
| <b>Tabla 4:</b> Composición de aminoácidos esenciales de harina de quínoa.....  | 7  |
| <b>Tabla 5:</b> Formulación tradicional de las tortillas para tacos.....  | 16 |
| <b>Tabla 6:</b> Formulación base de la tortilla para tacos libre de gluten.....   | 29 |
| <b>Tabla 7:</b> Fórmulas propuestas variando la cantidad de enzima transglutaminasa.....  | 30 |
| <b>Tabla 8:</b> Tiempos propuestos, manteniendo la temperatura (190°C) en el proceso de horneado.....   | 31 |
| <b>Tabla 9:</b> Resultados de análisis de pH y $a_w$ del producto terminado.....  | 32 |
| <b>Tabla 10:</b> Composición nutricional en 100 g y por porción (30g) de tortillas para tacos libre de gluten.....  | 33 |
| <b>Tabla 11:</b> Desglose teórico del análisis proximal realizado de la tortilla para tacos libre de gluten.....  | 33 |
| <b>Tabla 12:</b> Límites de contenido de energía, sodio, azúcares totales y grasas saturadas en alimentos sólidos.....  | 35 |
| <b>Tabla 13:</b> Cuadro resumen con análisis estadístico de parámetros texturales aplicado al centro de los productos.....  | 35 |
| <b>Tabla 14:</b> Cuadro resumen con análisis estadístico de parámetros texturales aplicado al borde de los productos.....   | 38 |
| <b>Tabla 15:</b> Resultados del cambio de textura en el tiempo del producto desarrollado los días 0,7 y 14 mediante ensayos texturales.....   | 43 |
| <b>Tabla 16:</b> Composición de aminoácidos no esenciales del grano de quínoa   | 56 |
| <b>Tabla 17:</b> Composición de aminoácidos no esenciales de la harina de quínoa.....   | 57 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 18:</b> Composición nutricional de la harina de quínoa proveniente de la VI región, de la localidad de Paredones..... | 60 |
| <b>Tabla 19:</b> Cuadro resumen aporte de Na por aditivos, enzima y levadura...  | 76 |
| <b>Tabla 20:</b> Cuadro resumen Na total de la tortilla.....   | 76 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Modelo estructural del gluten de trigo.....                                     | 3  |
| <b>Figura 2:</b> Prensado en caliente realizado en máquina tortilladora.....                     | 20 |
| <b>Figura 3:</b> Tortilla para tacos libre de gluten.....  | 21 |
| <b>Figura 4:</b> Gráfico fuerza (N) vs deformación (mm), aplicado al centro de las muestras..... | 36 |
| <b>Figura 5:</b> Gráfico fuerza (N) vs deformación (mm), aplicado al borde de las muestras.....  | 38 |
| <b>Figura 6:</b> Gráfico calidad del producto desarrollado y del producto comercial..            | 40 |
| <b>Figura 7:</b> Diferencias del producto desarrollado contra ideal (control).....               | 41 |
| <b>Figura 8:</b> Rangos de pH y temperatura de la transglutaminasa.....                          | 58 |

## RESUMEN

En los últimos años ha aumentado la patología gastrointestinal crónica llamada enfermedad celiaca y la demanda de alimentos saludables, es por esto que ha aumentado el interés por elaborar alimentos que ejerzan efectos beneficiosos para la salud, es decir, alimentos funcionales. El objetivo de esta memoria fue desarrollar una tortilla para tacos utilizando harina de quínoa, ya que contiene todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos, destaca el contenido de ácidos grasos poliinsaturados, es buen aporte de vitaminas, minerales y fibra y no contiene gluten. Teniendo el valor agregado de ser un cultivo que tiene una amplia variabilidad genética, por lo que crece en diferentes tipos de suelo y climas.

Se elaboró una formulación con 47,62% de harina de quínoa, 1,25% de enzima transglutaminasa, 42,86% de agua, 0,47% de sal más un aditivo natural reductor de sal, 0,048% de glutamato mono sódico, 0,29% de emulsionante, 0,19% de conservador de panificación, 0,33% de goma guar y 4% de carragenina más agua. Se hornea a 200°C por 7 min, obteniéndose un producto delgado y circular de grosor de 1 a 2 mm y diámetro de 13 a 14 cm.

Las características físico químicas arrojaron un pH de  $5,5 \pm 0,0$  y una actividad de agua de  $0,9114 \pm 0,0033$ . Con respecto a la caracterización nutricional, el producto es libre de sellos cumpliendo con el etiquetado nuevo hasta julio del 2018.

Los ensayos texturales entregaron que la tortilla con harina de quínoa, era más suave, menos firme y menos elástica con respecto a los controles (producto comercial harina de trigo integral), ya que obtuvieron valores de fuerza máxima cercanas a los 5N y porcentaje de deformación cercanos al 20%, a diferencia de los controles que obtuvieron valores cercanos a los 7N y porcentaje de deformación cercanos al 10%.

La evaluación sensorial se realizó con un panel entrenado en gustos básicos de 8 jueces, se ejecutó un test de valoración de calidad y un test descriptivo contra control, el primero indicó que el producto fue bien valorado por los jueces, obteniendo un puntaje promedio de 6,0 en calidad total en una escala de 7,0 puntos. El segundo arrojó diferencias significativas al 5%, indicando que el producto elaborado era más oscuro, presentaba bordes poco definidos, estaba bien de sal, era menos firme y menos flexible.

El producto envasado en bolsas plásticas transparentes de polietileno de baja densidad (LDPE) con una banda hermética abre/cierra, en refrigeración a 5°C, a la semana 2 perdió firmeza, aumentó su dureza y se colocó rígido.

## SUMMARY

### "DEVELOPMENT OF A FORMULATION OF TORTILLA FOR GLUTEN-FREE TACOS FOR PEOPLE WITH CELIAC DISEASE USING QUÍNOA (*Chenopodium quinoa Willd.*) FLOUR"

In the last years the chronic gastrointestinal condition called celiac disease and the demand for healthy food has been increased, and due to this fact the interest of food processing which provide beneficial health effects has increased, that is to say, functional foods. The objective of this thesis was to develop a taco tortilla utilizing quinoa flour, because it contains all the essential amino acids, trace elements, whereby the content of polyunsaturated fatty acids is highlighted along with being a good supply of vitamins, minerals and fiber and it does not contains gluten. This crop grows in different types of soil and climates, because of its value of a wide genetic variability.

A formulation was elaborated with 47.62% of quinoa flour, 1.25% of enzyme transglutaminase, 42.86% of water, 0.47% of a reducing salt natural additive, 0.048% of monosodium glutamate, 0.29% of emulsifier, 0.19% of preservative, 0.33% of guar gum and 4% carrageenan and water. It bakes at 200°C for 7 minutes. Obtaining a thin circular mass with a thickness of 1 to 2 mm and diameter of 13 to 14 cm.

The physicochemical characteristics showed a pH  $5.5 \pm 0,0$  and a water activity from  $0,9114 \pm 0,0033$ . Concerning the nutritional characterization, the product is free of labels compliance with the new labeling until July 2018.

From textural tests the tortilla with flour quinoa was softer, less firm and less elastic, regarding to controls (commercial product of whole wheat flour), since values of maximum close force at 5 N and percentage of close deformation 20% were obtained, in contrast of obtained controls near to 7 N and a near deformation percentage of 10%.

A sensory evaluation was performed with a trained panel in basic tastes formed by 8 judges. It was executed a quality assessment test and a descriptive test against control. The first one showed which the product was positively valued by the judges, obtaining an average score earning an average score of 6.0 of total quality in a scale of 7.0 points. The second one showed significant differences of a 5%, indicating which the elaborated product was darker, it showed poorly defined edges, and salt level was good. It was less firm and less flexible.

The product packed in transparent plastic bags of low density polyethylene (LDPE) with opening/closing in refrigeration at 5°C, after 2 weeks it lost firmness and increased his hardness and became rigid.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Procesamiento a altas temperaturas

En la industria alimentaria se producen dos tipos generales de conversiones: en unas, se buscan cambios físicos y, en otras, cambios químicos irreversibles. Las conversiones físicas, como la reducción de tamaño o la centrifugación, se suelen denominar operaciones básicas. Las conversiones en las que el principal objetivo es de naturaleza química, se denomina habitualmente procesos básicos. El proceso básico “tratamiento térmico”, incluye el horneado, la cocción en agua, la fritura, el asado y otras conversiones en las que se suministra calor, con la finalidad primordial de modificar químicamente los alimentos (Brennan et al., 1998).

## 1.2 Proceso de Horneado/Cocción

El horneado es uno de los procesos más populares y antiguos en el procesamiento de alimentos (Egan y Alle, 1992), es un método de cocción por calor seco (Colina, 2013) y es un proceso de transferencia de calor y de masa simultáneo. Durante la cocción el calor se transfiere principalmente por convección del medio de calentamiento, por radiación de las paredes de horno y por conducción como resultado del calentamiento por contacto con la superficie caliente en la parte inferior (Dermirkol et al., 2006).

Su función principal es transformar la masa fermentada en masa cocida, esta transformación es necesaria ya que nuestro organismo no tiene la posibilidad de digerir el glúten y el almidón, sino han sido cocidos anteriormente. Además la cocción permite el paso del estado semilíquido del producto (masa) al estado sólido (Manual de panadería, s.f).

En Chile se consume un 31% de productos horneados (Granotec, 2015). Su aplicación industrial presenta grandes ventajas debido al tratar una mezcla de ingredientes (masa), a temperaturas de 190 – 260 °C por breve tiempo (40 seg-15 min) (Lallemand, 2015), cambian rápidamente las características físico-químicas y

sensoriales, obteniendo un alimento de buen color, sabor agradable y textura deseada.

El proceso de horneado consiste en:

-La formación y expansión de los gases, donde se forma dióxido de carbono y vapor de agua.

-La captura de gases en las células, donde las proteínas del gluten se extienden por una matriz de celdas de aire, que atrapan los gases producidos por agentes de fermentación.

-La gelatinización de los almidones que contribuye a la estructura general y firmeza de la masa durante la cocción, cambio que empieza aproximadamente a los 66°C.

-La coagulación de las proteínas que contribuye a la estructura general de la masa, y forma la red proteica. La coagulación de la proteína empieza aproximadamente a 74°C.

-Evaporación del agua.

-La formación de la corteza, cuando el agua se evapora desde el exterior de la masa (Wayne, 1994).

-Aumento de la digestibilidad de proteínas y almidones, pérdida del valor biológico de las proteínas y oxidación de lípidos, sin embargo, el contenido de éstos disminuye, reduciendo así el valor calórico del alimento.

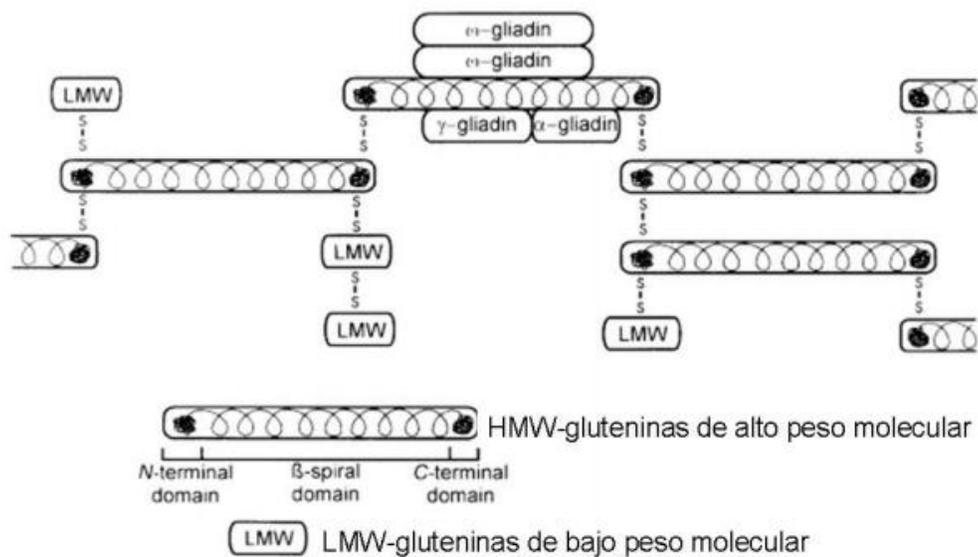
-Destrucción en gran proporción de las vitaminas C y tiamina, no así las vitaminas A, D y la riboflavina (Colina, 2013).

### **1.3 Antecedentes del Gluten**

Las proteínas de gluten de trigo corresponden a las principales proteínas de almacenamiento que se depositan en las células del endospermo, del grano en desarrollo. El gluten comprende un 75% de proteína en base a peso seco, el resto corresponde a almidón y lípidos (Shewry et al., 2002).

La mayoría de las proteínas del gluten corresponden a las prolaminas (Jancurová et al., 2009). Las principales prolaminas del trigo son gliadina y glutenina, ambas se encuentran en una proporción del 4-9% (Amos et al., 1969).

Las subunidades de glutenina, son particularmente importantes para conferir altos niveles de elasticidad (es decir, resistencia de la masa), en conjunto con las unidades de gliadina que entrega extensibilidad (es decir, cohesión a la masa) (Belitz et al., 1986). La Figura 1, muestra el modelo estructural del gluten en el cual las gluteninas de alto peso molecular proporcionan una cadena principal unidas por puentes disulfuro, interactuando con las gluteninas de bajo peso molecular por enlaces disulfuro y con gliadinas por interacciones no covalentes (Cuevas, 2014).



**Figura 1:** Modelo estructural del gluten de trigo.

#### 1.4 Antecedentes de la quínoa

La quínoa (*Chenopodium quínoa Willd.*) es una de las semillas consideradas como pseudocereales; se trata de una planta con hojas anchas, que se ha utilizado como cereal desde varios siglos en América (Abugoch, 2009).

Cuenta con más de tres mil variedades o ecotipos tanto cultivadas como silvestres que se resumen en cinco categorías básicas según el gradiente altitudinal: ecotipos del nivel del mar, del altiplano, de valles interandinos, de los salares y de los Yungas. Si bien los principales productores son Bolivia, Perú y Estados Unidos, el cultivo se está expandiendo a otros continentes y actualmente se está cultivando en varios países de Europa y de Asia con altos niveles de rendimiento. (FAO, 2011).

Es el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales y no esenciales, oligoelementos, vitaminas y no contiene gluten (FAO, 2011). También es un alimento funcional (Abugoch, 2009), ya que reduce el colesterol, el riesgo de diabetes y enfermedades cardiovasculares, además de ser antioxidante y antiinflamatorio (Mateljam, 2015).

#### 1.4.1 Composición química

El aporte nutricional de la semilla de quínoa está dado por el contenido de aminoácidos esenciales, oligoelementos, vitaminas y minerales.

La Tabla 1 muestra la composición proximal del grano de quínoa.

**Tabla 1:** Composición proximal del grano de quínoa.

| Composición proximal   | Grano quínoa |
|------------------------|--------------|
| Energía (kcal/100g)    | 365,14       |
| Proteína (g/100g)      | 11,57        |
| Grasa (g/100g)         | 6,1          |
| Carbohidratos (g/100g) | 65,69        |
| Fibra Cruda (g/100g)   | 2            |
| Cenizas (g/100g)       | 2,17         |
| Humedad (%)            | 12,17        |

(Castro, 2010)

La cantidad de proteínas en la quínoa depende de la variedad, con un rango comprendido entre un 10,0 % y un 21,3 % de su parte comestible (FAO, 2011; Meyhuay, 2013).

La quínoa es considerada un grano libre de gluten, ya que contiene muy poco o ninguna prolaminas y es alto en lisina (aminoácido que no es abundante en el reino vegetal) (Jancurová et al., 2009), aminoácido que cumple un papel importante en el desarrollo del cerebro y en el crecimiento, por lo que es asociado a la inteligencia y a la memoria. Es necesario para la síntesis de proteínas así como para el metabolismo de los carbohidratos y ácidos grasos, y mejora la producción de energía y la absorción de calcio (Burgi et al., 2008).

Su perfil de aminoácidos esenciales es mayor que el recomendado por la FAO, como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Comparación de los perfiles de los aminoácidos esenciales de la quínoa y patrón de puntuación recomendado por la FAO, para edades comprendidas entre los 3 y los 10 años.

| Aminoácidos esenciales* | FAO (g/100 g de proteína). | Quínoa (g/100 g de proteína). |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Isoleucina              | 3,0                        | 4,9                           |
| Leucina                 | 6,1                        | 6,6                           |
| Lisina                  | 4,8                        | 6,0                           |
| Metionina               | 2,3                        | 5,3                           |
| Fenilalanina            | 4,1                        | 6,9                           |
| Treonina                | 2,5                        | 3,7                           |
| Triptofano              | 0,66                       | 0,9                           |
| Valina                  | 4,0                        | 4,5                           |

\*Composición de aminoácidos no esenciales se encuentran en Anexo 1.

(FAO, 2013)

La quínoa contiene de un 4% a 9% de grasa, de los cuales la mitad es ácido linoleico (omega-6) (COACEL, 2010). Este ácido es beneficioso para la salud ya que actúa como anticancerígeno, evita la obesidad, es antiaterogénico, evita la diabetes, es inmunomodulador y apoptótica (Obregón y Valenzuela, 2009).

Los carbohidratos varían de 53,5% a 74,3% (Meyhuay, 2013). Contiene 58% de almidón (Ranhotra et al., 1993), donde un 20-30% corresponde a amilosa y 70-80% corresponde a amilopectina (Abugoch, 2009). También contiene D-xilosa (120,0 mg/ 100g) y maltosa (101,0 mg/ 100g), y un bajo contenido de glucosa (19,0 mg/ 100g) y fructosa (19,6 mg/ 100g) (Ogungbenle, 2003).

Es una buena fuente de tiamina y vitamina B6, fibra y es alta en calcio, magnesio, potasio, manganeso, hierro, zinc y ácido fólico. Cabe destacar que el descriptor “buena fuente” significa que una porción contiene al menos 10 a 19% de la dosis diaria del nutriente, mientras que “alto en” significa que una porción proporciona el 20% del valor diario de este nutriente” (Zacarías y Olivares, 2015). Su contenido de fibra soluble e insoluble es 2,49g y 5,31g/100g de quínoa, respectivamente (Meyhuay, 2013).

La Tabla 3, muestra el contenido de minerales del grano de quínoa.

**Tabla 3:** Contenido de minerales del grano de quínoa.

| Minerales | Grano de quínoa (mg/kg) |
|-----------|-------------------------|
| Ca        | 545                     |
| P         | 0,26                    |
| K         | 1142 (g/100g)           |
| Mg        | 230                     |
| Fe        | 56                      |
| Zn        | 30                      |
| Na        | 205                     |
| Cu        | 4,1                     |
| Mn        | 38                      |
| Cd        | <0,02                   |
| Pb        | <0,2                    |
| Li        | <0,5                    |

(Castro, 2010)

Hay que destacar la presencia de litio y la de calcio con zinc que hace más asimilable el calcio (Castro, 2010).

Con respecto al contenido de vitaminas (mg/100g de peso seco) la quínoa contiene: 0,2-0,4 de Tiamina, 0,2-0,3 de Riboflavina, 0,0781 de Ácido Fólico y 0,5-0,7 de Niacina. (FAO, 2013).

### 1.5 Harina de quínoa

La harina de quínoa es un producto que se obtiene de la molienda del grano de quínoa y su calidad nutritiva está representada por su composición de aminoácidos esenciales, tanto en calidad como en cantidad, constituyéndose en un alimento funcional e ideal para el organismo.

Contiene entre 4,8%-11,2% de humedad, 12,2%-13,5% de proteínas, 5,6%-6,3% de lípidos, 2,3% de cenizas, 58,3%-74,9% de carbohidratos totales y 4,1%-9,5% fibra (Jancurová et al., 2009; Ogungbenle, 2003). Presenta un mayor contenido de proteínas y más altos niveles de ciertos aminoácidos, tales como lisina y ácido aspártico, además es rica en minerales, especialmente en K, Fe, Mg Ca y P, en comparación con otras harinas (maíz y arroz) (Jancurová et al., 2009).

La Tabla 4, muestra la composición de aminoácidos esenciales de la harina de quínoa.

**Tabla 4:** Composición de aminoácidos esenciales de harina de quínoa.

| Aminoácidos esenciales* | Harina quínoa (g/100g de producto) |
|-------------------------|------------------------------------|
| Isoleucina              | 0,6                                |
| Leucina                 | 0,9                                |
| Lisina                  | 0,6                                |
| Metionina               | 0,3                                |
| Fenilalanina            | 0,6                                |
| Treonina                | 0,6                                |
| Triptofano              | 0,6                                |
| Valina                  | 0,7                                |

\*Composición de aminoácidos no esenciales se encuentran en Anexo 2.

(Castro, 2010)

Se utiliza por lo general para mejorar harinas de cocción en la preparación de galletas, fideos y pastas, y para la preparación de alimentos horneados para

mantener la humedad y dar una sabor agradable (Vilche et al., 2003). También se puede utilizar en alimentos para lactantes y para los personas con enfermedad celíaca (Ascheri et al., 2002).

La harina de quínoa se puede conservar entre 4½ meses hasta 1 año, sin presentar deterioro, incluso en las peores condiciones de almacenamiento (40°C) (Pajarito, 2015).

### **1.6 Transglutaminasa (Tg)**

La transglutaminasa es una enzima, de tipo transferasa, su nombre completo es R-glutaminil-péptido amina  $\gamma$ -glutamyltransferasa (CE 2.3.2.13), tiene una cadena polipeptídica de 331 aminoácidos con cisteína, como centro activo (Activa SGT-M, 2015), con un PM de 38.000 daltons.

La transglutaminasa se puede encontrar en plantas, mamíferos y microorganismos. En plantas la enzima se encuentra en los compartimentos como cloroplastos, mitocondrias, pared celular y citoplasma. Sus funciones se relacionan con el crecimiento de las plantas, la división celular, la diferenciación, la muerte celular programada y la fertilización. En mamíferos la transglutaminasa es estrictamente dependiente del calcio para su actividad y está relacionada con distintos procesos fisiológicos y enfermedades (lo que es de gran interés para médicos y profesionales de la salud). En microorganismos, la enzima no requiere calcio para su actividad, ni tampoco de cofactor o coenzima, y se obtiene gracias a un método de fermentación, en el que se emplea almidón y otras materias primas (Arrizubieta, 2007).

Las transglutaminasas son enzimas de reticulación, actualmente disponibles para catalizar la formación de enlaces covalentes entre moléculas de proteínas. La introducción de enlaces covalentes cruzados, por medio de enzimas, se presenta como una herramienta prometedora para mejorar propiedades fisicoquímicas, tales como la solubilidad, capacidad emulsionante, formación de espuma, la viscosidad, la elasticidad y la gelificación (Vergara, 2011).

### **1.6.1 Reacción de la transglutaminasa**

La transglutaminasa cataliza la polimerización de proteínas (Pagani, 2016), catalizando la reacción de acil transferencia entre los grupo  $\gamma$ -carboxiamida de los residuos de glutamina ligados a proteínas o péptidos y aminas primarias (Arrizubieta, 2007). Generalmente la amina primaria es el grupo  $\epsilon$ -amino del residuo de lisina (Zarate et al., 2012). Cuando la amina primaria no está disponible, el agua puede funcionar como grupo acilo aceptor (Vergara, 2011).

El resultado es la formación de enlaces covalentes por unión cruzada o entrecruzamiento (cross-link) entre el grupo  $\epsilon$ -amino del residuo de lisina y el grupo  $\gamma$ -carboxiamida de proteína o péptido unido a una glutamina ( $\epsilon$ -( $\gamma$ -glutaminil) lisina) y la liberación de amonio (Pagani, 2016; Zarate et al., 2012). Los enlaces covalentes son mucho más estables que otros tipos de enlaces (electrostáticos, iónicos, enlaces puente de hidrógeno) y no son rotos por calentamientos normales de proceso ni fuerza física (Jozami y Seselovsky, 2003).

La reacción es controlada por la relación entre tiempo y temperatura.

La transglutaminasa cataliza la reacción en un amplio rango de pH y temperatura como se muestra en el Anexo 3 y es debido a esta versatilidad, que aplicaciones efectivas pueden ser logradas en varios procesos alimenticios, abarcando variados tipos de alimentos (Activa SGT-M, 2015). La inactivación de la enzima Tg se logra cuando la temperatura interna es de 75°C o más. De todos modos, el tiempo y la temperatura necesarios para la inactivación dependerán del tipo de alimento (Vergara, 2011).

### **1.6.2 Aplicaciones de la transglutaminasa en la Industria alimentaria**

La transglutaminasa tiene una aplicación potencial en muchos sistemas alimentarios. Para que puedan funcionar estos sistemas, deben tener proteínas en su interior, especialmente las que presentan numerosas terminaciones de lisina o glutamina. La soya y el trigo son excelentes sustratos para esta enzima (Ahn et al., 2005).

El modo de aplicación más conocido es específicamente el diseñado para reestructurar y dar sabor a alimentos musculares como la carne roja, las aves de corral y mariscos (Yamamura, 2010).

En la industria láctea, al adicionar Tg al yogur mejora su viscosidad y cremosidad, garantiza una mayor estabilidad reológica durante el almacenaje, y además reduce la sinéresis, es decir, reduce la separación del suero en el yogur, ya que mejora la capacidad de retención de agua del gel (Palafox y García, 2006). En el queso la enzima tiene el potencial de aumentar el rendimiento de la cuajada en el proceso de fabricación, ya que captura más proteínas del suero durante su elaboración (Soeda, 2000).

En la industria de cereales la enzima es un gran aporte, ya que actúa como adhesivo y texturizante. El impacto de su adición ha sido evaluado en panes de harina de trigo blanco, de trigo integral, y pan de molde de quínoa, con el fin de conocer sus diferencias con preparaciones que no la contienen. Muchos estudios han demostrado que el uso de la enzima mejora las propiedades y la calidad de los productos de la panificación (Zarate, 2012). Un ejemplo es el desarrollo de pan en base a harina de quínoa. Éste consistió en la evaluación de 10 muestras, donde se encontró que los atributos apariencia, sabor residual, y aceptabilidad general, tenían los puntajes más altos en muestras que contenían la Tg (Vergara, 2011).

### **1.7 Antecedentes de las tortillas**

Las primeras tortillas radican hace 7.000 años cuando los indígenas habitaban el Valle de México y su alimentación estaba constituida en base a semillas de maíz, que consumían en forma de tortilla (Obregón, 2005). En 1542, al no encontrar los ingredientes necesarios para elaborar pan, los españoles empiezan a fabricar el zaraki, mezcla de trigo quebrado con agua que después se convirtió en la tortilla de harina (Cruz, 2008). Convirtiéndose ambas tortillas en un alimento típico y tradicional de México que forman parte de la dieta de todos los estratos

sociales y de gran parte de la población mexicana, la que consume per cápita 80 kg/año (Martanez, 2010).

Su forma y sabor depende de la harina que se utiliza en su preparación, si se utiliza harina de trigo se obtienen tortillas redondas, planas de color blanquecinas, suaves y flexibles, a diferencia de la harina de maíz en que obtiene una masa de textura dura, gruesa y áspera de color café amarillento.

En México se consumen 12 millones de toneladas de tortilla de maíz al año y este consumo va en aumento (Acero, 2000). Con respecto a las tortillas de harina de trigo se producen 126 millones de toneladas al año (Herrera, 2015).

La tortilla provee energía por su alto contenido de carbohidratos y aporta calcio, potasio, fósforo, fibra, proteínas y algunas vitaminas como A, tiamina, riboflavina, y niacina (Espeje, 2012). Las tortillas de trigo en su composición muestran un gran contenido de lípidos (Herrera y Gallardo, 2015), a diferencia de la tortilla de maíz que es baja en grasas totales y grasas saturadas (Herrera, 2015).

### **1.8 Enfermedad celíaca**

La enfermedad celíaca, es una patología gastrointestinal crónica (Hernández et al., 2015). Ésta radica en la intolerancia permanente al gluten, conjunto de proteínas presentes en el trigo, avena, cebada y centeno (TACC) y productos derivados de estos cuatro cereales. Pueden padecerla tanto niños como adultos. Actualmente, la incidencia es mayor en mujeres, que en varones (Guinand, 2013).

La enfermedad consiste en el daño del revestimiento del intestino delgado, el que impide que el organismo digiera y absorba apropiadamente los alimentos. El resultado es una malnutrición crónica, con una deficiencia de calorías y nutrientes esenciales, como proteínas, vitaminas y minerales (EUFIC, 2006). En Chile, existen cerca de 70 mil personas con esta dolencia y va en aumento (ISP, 2015).

Por esta problemática y a fin de mejorar la dieta se han creado nuevos desafíos tecnológicos en la industria alimentaria, por lo que se pretende crear un

alimento versátil, funcional y nutritivo, interesante de incluir en la dieta de la población chilena. Es por esto que se ha querido desarrollar tortillas para tacos, utilizando harina de quínoa.

## **2. HIPÓTESIS**

Es posible desarrollar una formulación de tortilla para tacos libre de gluten para celíacos, utilizando harina de quínoa y transglutaminasa, entre otros ingredientes y aditivos, con forma y textura similar a las comerciales que contienen gluten.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

Desarrollar y formular una tortilla para tacos libre de gluten para celíacos, utilizando harina de quínoa y transglutaminasa, entre otros ingredientes y aditivos.

### **3.2 Objetivos específicos**

- ✓ Formular y elaborar una tortilla para tacos en base a harina de quínoa.
- ✓ Caracterizar físico-químicamente la tortilla elaborada.
- ✓ Caracterizar nutricionalmente el producto
- ✓ Caracterizar y comparar las propiedades texturales de la tortilla para tacos en base a harina de quínoa, con la tortilla para tacos en base a harina de trigo integral (producto comercial).
- ✓ Evaluar la calidad del producto desarrollado y medir los atributos sensoriales con un test de diferencia con respecto al producto comercial.
- ✓ Determinar el cambio de textura en el tiempo del producto desarrollado, mediante ensayos texturales.

## **4. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **4.1 Materiales**

#### **4.1.1 Materia prima**

- Harina tostada de quínoa envasada, marca Las Nieves.
- Transglutaminasa, marca Activa STG-M.

#### **4.1.2 Ingredientes**

- Agua potable.
- Sal, marca Lobos.
- Levadura seca, marca Lefersa
- Manteca combinada modificada de cerdo, marca Palmin.
- Azúcar de remolacha, marca Dama Blanca.

#### **4.1.3 Aditivos**

- \*Puraq Arome NA4 (Saborizante natural reductor de sodio).
- \*Glutamato monosódico (Acentuador de sabor).
- \*Estearoil-2-lactil lactato de Calcio (Emulsionante).
- \*Conservador de panificación (Propionato de Calcio, Sorbato de Potasio, Dióxido de Sílice).
- \*Desmoldeador 2654.
- Carragenina EC 072, J Gold. Proporcionada por la empresa Hela.
- Goma Guar (Espesante o estabilizador).

*(\*Aditivos proporcionados por la empresa Prinal.)*

#### **4.1.4 Materiales de laboratorio y reactivos**

Para la realización de los análisis proximales y sensoriales se utilizaron materiales y reactivos de los laboratorios de Ingeniería de Procesos y Química y

Análisis de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.

## **4.2 Equipos**

### **4.2.1 Equipos para la elaboración del producto**

- Máquina tortilladora eléctrica, PE220V, marca González México.
- Horno eléctrico, marca Valory modelo VTO.
- Balanza granataria, Radwag WTB 3000.

### **4.2.2 Equipos para análisis laboratorios**

- pHmetro: Microprocessor pH meter, modelo KFW
- Instrumento para medir actividad de agua: Aqua Lab 4TEV
- Máquina Universal de Ensayo de Materiales Lloyd LR5-5K, (Lloyd Instruments, England).
- Balanza analítica, Radwag AS220/C2.
- Balanza analítica, Equilab CHYO JK-180.
- Balanza infrarroja A&D Instrument, modelo MS-70, Japón
- Horno mufla, Arquimed NEYO, M-525.Serie II.
- Agitador con calefactor, Nuova, modelo: SP18420-26
- Digestor, Digestión unit Buchi modelo 426.
- Rota vapor, Buchi rotavapor, modelo R-205

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Formulación de la tortilla para tacos libre de gluten utilizando harina de quínoa

Para encontrar la formulación óptima, los ingredientes, aditivos y sus proporciones, fueron ensayados y probados de acuerdo a información bibliográfica y recomendaciones del proveedor.

Se comenzó con la fórmula tradicional, compuesta de harina, agua, sal y materia grasa (manteca combinada modificada de cerdo).

La Tabla 5 muestra la formulación tradicional de las tortillas para tacos.

**Tabla 5:** Formulación tradicional de las tortillas para tacos.

| Componente | %   |
|------------|-----|
| Harina     | 60  |
| Agua       | 30  |
| Sal        | 1-2 |
| Manteca    | 8   |

(Herrera y Gallardo, 2015; Haegens, 2015)

Luego se determinó la formulación base, constituida de harina de quínoa, agua, sal, saborizante natural para reducción de sodio, materia grasa (manteca), levadura seca y azúcar.

Por último se empleó un emulsionante, un conservador de panificación mezcla de propionato de calcio, sorbato de potasio, dióxido de sílice, glutamato mono sódico, goma guar, carragenina y transglutaminasa, (proporciones dadas por el proveedor) para obtener la formulación final.

La cantidad de enzima a adicionar fue calculada en base a la cantidad de proteína presente en la harina de quínoa y la actividad enzimática que contenía el polvo entregado por el proveedor, según lo indicado por Renzetti et al., (2008) los

valores óptimos de actividad enzimática debieran estar entre 1 y 10U de Tg/g de proteína. Si se considera que el polvo entregado por el proveedor de la enzima, compuesto por ésta, maltodextrina, almidón, proteína de leche aislada y coadyuvante de transglutaminasa, posee entre 20-34 U/g de polvo y que la harina de quínoa posee 14,2g proteína/ 100g de harina, además del rango indicado, se probaron 3 concentraciones de enzima, con cantidad mínima 1U (0,260 g), media 5U (1,315 g) y máxima 10U (2,630 g).

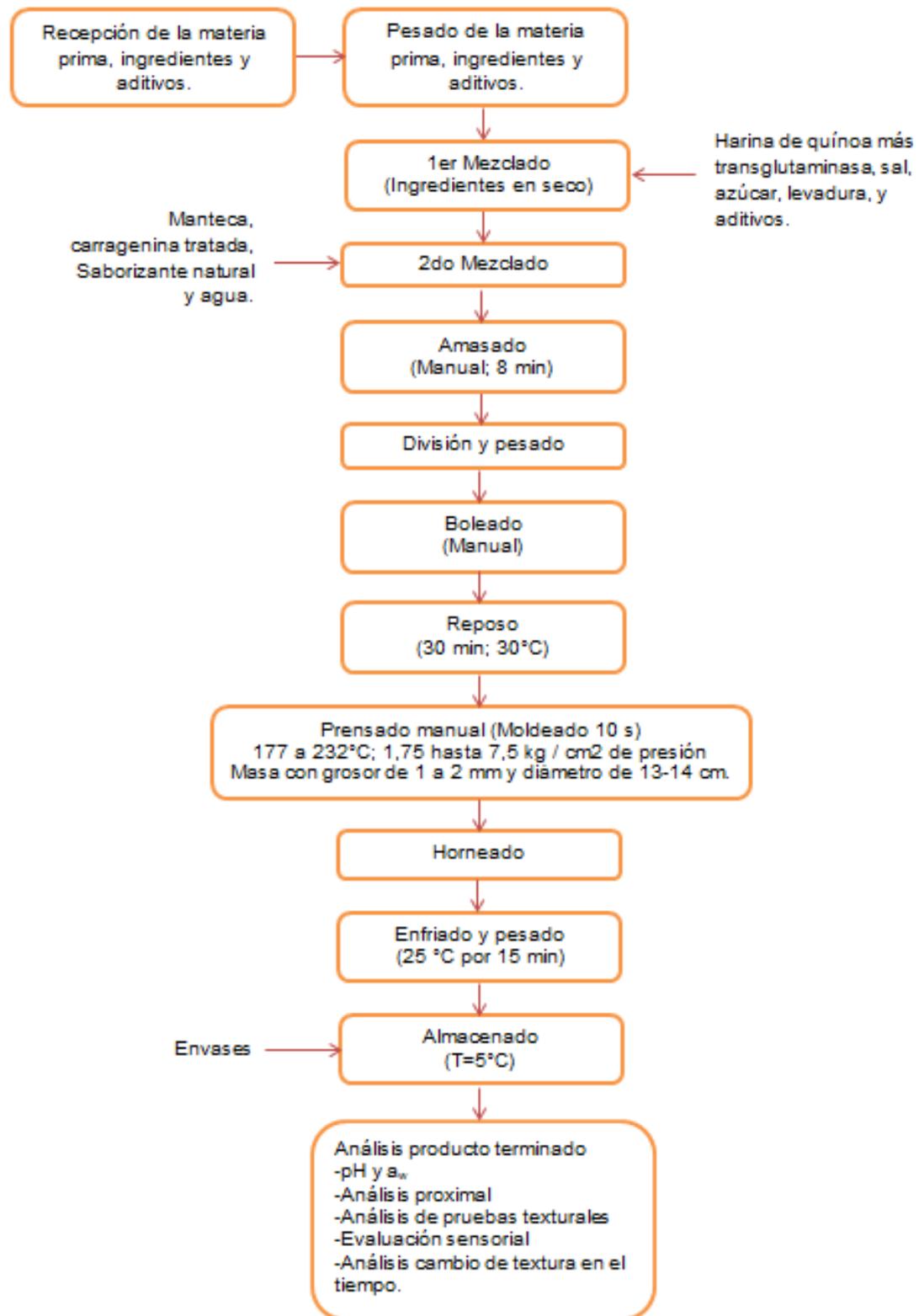
Cabe mencionar que se utilizó el promedio de actividad enzimática entregada por el proveedor (27 UTg/g) y 50g de harina correspondiente a 7,1g de proteína. (Cálculos en Anexo 4).

La temperatura y tiempo de acción de la transglutaminasa se mantuvo constante para todas las muestras, ésta fue de 30°C por 30 min, datos recomendados por el fabricante (Prinal, 2016).

Los tiempos y temperatura de horneado se realizaron por ensayos y bibliografía, variando entre 190-260°C en un lapso de tiempo de 40 s a 15 min.

Después de ensayos exploratorios se determinó el siguiente proceso de elaboración del producto.

## 5.2 Diagrama de bloques del proceso de elaboración de las tortillas para tacos libre de gluten.



**A continuación se detalla la descripción de las etapas del proceso de elaboración de la tortilla para tacos libre de gluten.**

**5.2.1 Selección y recepción de la materia prima, ingredientes y aditivos:**

Se realizó una selección y recepción de la materia prima, ingredientes y aditivos, de acuerdo a pruebas preliminares, en este caso se usó harina tostada de quínoa envasada marca: “Las Nieves”, su composición se muestra en el Anexo 5, almacenada a temperatura ambiente (25°C), al igual que la sal marca Lobos y el azúcar de remolacha marca Dama blanca. La manteca combinada modificada de cerdo, marca Palmin, la levadura seca marca Lefersa y la transglutaminasa marca Activa STG-M, proporcionada por la empresa Prinal, fueron refrigeradas (T=5°C). Además se utilizaron aditivos, siguiendo las BPM y recomendaciones del proveedor.

**5.2.2 Pesado de la materia prima, ingredientes y aditivos:** Se realizó el pesado de la materia prima, ingredientes y aditivos, en balanza granataria.

**5.2.3 Primer mezclado:** Consistió en la mezcla de la materia prima, ingredientes y aditivos en seco.

**5.2.4 Segundo mezclado:** Consistió en la incorporación de la materia grasa (manteca combinada modificada de cerdo), carragenina tratada (carragenina+agua), saborizante natural y agua, en el primer mezclado.

**5.2.5 Amasado:** El amasado se realizó de manera manual a temperatura ambiente, en un tiempo de 8 min.

**5.2.6 División y pesado:** Se dividió la masa en porciones, pesadas en balanza granataria.

**5.2.7 Boleado:** Las masas ya pesadas se ovillaron y se juntaron manualmente dentro una fuente tapada con un paño.

**5.2.8 Reposo:** Las piezas de masa tienen un periodo de reposo de 30 min a 30 °C (Activa STG-M, 2015).

**5.2.9 Prensado:** Después del reposo, se realizó un cocimiento en prensa de manera manual utilizando una máquina tortilladora eléctrica (Figura 2),

en un rango de 177 a 232°C (350 a 450°F) con 1,75 hasta 7,5 kg / cm<sup>2</sup> de presión (Lallemand, 2015; Haegens, 2015) en un tiempo de 10 s, para obtener una masa delgada y fina de forma circular. La masa obtenida tiene un grosor de 1 a 2 mm aproximadamente y un diámetro aproximado de 13-14 cm.



**Figura 2:** Prensado en caliente realizado en máquina tortilladora.

**5.2.10 Horneado:** El proceso de horneado se realizó en un horno eléctrico. Se le agregó humedad al medio, colocando una bandeja con agua en la superficie inferior al interior del horno, para que las tortillas no se sequen.

**5.2.11 Enfriado y pesado:** Las tortillas se enfriaron a temperatura ambiente (25°C) por 15 min y luego se pesaron.

**5.2.12 Almacenado:** Las tortillas se almacenaron en bolsas plásticas transparentes de polietileno de baja densidad (LDPE) con una banda hermética abre/cierra (Plastinort, 2016) a temperatura de refrigeración (5°C).

Finalmente se obtiene una tortilla para tacos libre de gluten (Figura 3), según las disposiciones generales de los alimentos farináceos del Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA, (2015) (Ver Anexo 6).



**Figura 3:** Tortilla para tacos libre de gluten.

### **5.3 Análisis producto terminado**

#### **5.3.1 Caracterización físico-química de la tortilla elaborada.**

- 5.3.1.1 **Determinación del pH:** Se determinó preparando una suspensión con 10 g de muestra triturada en 100 ml de agua destilada, mediante el método potenciométrico de la AOAC 943.02 (1997). Se realizó en triplicado en el equipo Microprocessor pH meter, modelo KFW, medido a 20°C, donde se sumergió el electrodo del pH-metro en la suspensión y se esperó el registro de la medición.
- 5.3.1.2 **Determinación de la actividad de agua ( $a_w$ ):** Se determinó la actividad de agua, en triplicado, utilizando el equipo Aqua Lab 4TEV. Se pesó 1,5 g de tortilla en balanza analítica (medida de llenado hasta la mitad de la cápsula) y se dejó en una cápsula dentro del equipo, hasta que la aguja no muestra variación. Los ensayos se realizaron a 20°C.

#### **5.3.2 Caracterización nutricional del producto.**

Se realizó un análisis proximal en duplicado, para caracterizar la composición nutricional de la tortilla para tacos libre de gluten, obtenida de la formulación encontrada.

- 5.3.2.1 **Determinación del contenido de proteínas:** Se estimó el contenido total de proteína bruta a partir de la cuantificación del nitrógeno total de la muestra mediante el método de Kjeldahl descrito en el método oficial de A.O.A.C. 920.87 (1997) ( $N \times 6,25$ ).
- 5.3.2.2 **Determinación de materia grasa:** Se determinó el contenido de grasa total mediante el método de hidrólisis ácida, de acuerdo al método oficial de la A.O.A.C. 922.06 (1997).
- 5.3.2.3 **Determinación del contenido de cenizas:** Se determinó el contenido de acuerdo al método oficial de la A.O.A.C. 923.03 (1997). La determinación consistió en calcinar una muestra (2-3 g) contenida en un crisol, en una mufla a 550°C, hasta que quede un residuo de color blanco, luego se enfrió en el desecador y se pesó.

5.3.2.4 **Determinación de humedad:** Se determinó el contenido de humedad de la muestra de quínoa y del control marca Ideal, mediante una balanza infrarroja (A&D Instrument, modelo MS-70, Japón) la cual hace la medición mediante gravimetría a través de un proceso de secado con una lámpara halógena y un sensor para registrar las variaciones de peso de la muestra. El porcentaje de humedad final se obtiene cuando la balanza detecta un peso constante.

Se pesó 1 g de tortilla en la balanza, lo cual corresponde a una precisión media del equipo. Se usó un programa de 105°C con un tiempo de medición de 5 min.

5.3.2.5 **Determinación del contenido de carbohidratos totales:** Se determinó el contenido de carbohidratos totales mediante diferencia.

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

5.3.2.6 **Determinación del contenido calórico:** Se calculó el contenido calórico a partir de las siguientes equivalencias calóricas: 1 g de carbohidratos = 4 Kcal; 1 gramo de proteínas= 4 Kcal; 1 gramo de grasa= 9 Kcal.

Además se realizó un desglose teórico del análisis proximal, donde se calculó la pérdida de agua en la masa y se procedió a los cálculos de los análisis. Se desglosó carbohidratos en azúcares totales y almidón, materia grasa, en grasas saturadas, grasas trans, grasas mono insaturadas, grasas poliinsaturadas y colesterol, y cenizas donde se calculó el contenido de sodio.

### **5.3.3 Caracterización y comparación de las propiedades texturales de la tortilla para tacos en base a harina de quínoa, con la tortilla para tacos en base a harina de trigo integral (producto comercial).**

Se realizaron ensayos de textura instrumental, por medio de una prueba de compresión simple, a partir de un test de esfuerzo-deformación, en la Máquina Universal de Ensayo de Materiales Lloyd LR5-5K, (Lloyd Instruments. England), donde se evaluaron los parámetros fuerza máxima (N), extensión fuerza máxima (mm), fuerza elástica máxima (N), deformación fuerza máxima (%) y deformación elástica máxima (%).

El estudio de dureza aplicado, se basó en la medición de fuerza de presión, la cual consiste en someter una fuerza tangencial a la sección en la cual actúa, causando la perforación en el punto central de la muestra. Para esto se utilizó una celda de resistencia de 5000N y una sonda “TG83 Texture Probe” de 1,2 cm de diámetro, a una velocidad de cabezal de 100 mm/min. En la parte inferior se colocó la muestra en una pieza adaptable de 7cm de diámetro y un centro de 1,35 cm de diámetro.

Estos ensayos se realizaron en triplicado al centro y al borde de la tortilla en base a harina de quínoa y a dos productos comerciales, en base a harina de trigo integral marca Ideal y marca Pancho Villa, con el fin de comparar sus texturas.

Los datos fueron analizados mediante Anova simple en el Software Statgraphics versión 16 para determinar la existencia de diferencias significativas entre las texturas de las muestras.

#### **5.3.4 Evaluación de la calidad del producto desarrollado y medición de los atributos sensoriales con un test de diferencia con respecto al producto comercial.**

Se realizó una sesión inicial en que se presentó el producto, se definió su calidad y se explicaron los posibles defectos, a un panel entrenado en gustos básicos de 8 jueces, pertenecientes a la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad de Chile, todos con experiencia en evaluación sensorial (ver Anexo 7).

Una vez finalizada la sesión inicial, se realizó un test de valoración de calidad y un test de diferencias contra control. El test de valoración de calidad consistió en evaluar el producto desarrollado (tortilla en base a harina de quínoa) y el producto comercial marca Ideal (tortilla en base a harina de trigo integral), en una escala numérica del 1 al 7, donde el 1 corresponde a muy malo, 2 malo, 3 defectuoso, 4 regular, 5 satisfactorio, 6 bueno y 7 muy bueno. Se evaluaron los atributos apariencia/forma, sabor, textura y calidad total, además se preguntó si los productos son comercializables, informaciones complementarias al desarrollo del producto y serviría para investigaciones comerciales futuras.

Los datos del test de valoración de calidad fueron analizados mediante Anova multifactorial (análisis de varianza) de dos factores (muestras y jueces) en el Software Statgraphics versión 16, para determinar la existencia de diferencias significativas entre las muestras.

Con respecto al test de diferencias contra control, éste consistió en evaluar el control producto comercial tortilla en base a harina de trigo integral marca Ideal, su forma es plana, delgada (1-2 mm), circular y de color café claro, seguido del producto desarrollado tortilla en base a harina de quínoa. Este test, se evaluó en una escala numérica donde el valor -5 corresponde a “Mucho menos”, el valor -2 a “Algo menos”, 0 “Igual al control”, +2 “Algo más intenso” y +5, “Mucho más”. Se evaluaron los atributos, intensidad de color, forma circular, tamaño, grosor, bordes, olor, intensidad de amargor, intensidad de salado, sabor general, rollabilidad o flexibilidad y firmeza, estos dos últimos atributos se estudian para referirnos a la

calidad esperada de las tortillas para tacos (Profeco, 2012). \*Ficha evaluación sensorial se adjunta en el Anexo 8.

Los datos del test de diferencias contra control fueron analizados por intervalos de confianza del 95% en el Software Statgraphics versión 16.

### **5.3.5 Determinación del cambio de textura en el tiempo del producto desarrollado, mediante ensayos texturales.**

Se determinó el cambio de textura en el tiempo del producto mediante ensayos de textura instrumental, por medio de una prueba de compresión simple, a partir de un test de esfuerzo-deformación, en la Máquina Universal de Ensayo de Materiales Lloyd LR5-5K (Lloyd Instruments. England), donde se evaluaron los parámetros fuerza máxima (N), extensión fuerza máxima (mm), fuerza elástica máxima (N), deformación fuerza máxima (%) y deformación elástica máxima (%).

El estudio de dureza aplicado, se basó en la medición de fuerza de presión, la cual consiste en someter una fuerza tangencial a la sección en la cual actúa, causando la perforación en el punto central de la muestra. Para esto se utilizó una celda de resistencia de 5000N y una sonda "TG83 Texture Probe" de 1,2 cm de diámetro, a una velocidad de cabezal de 100 mm/min. En la parte inferior se colocó la muestra en una pieza adaptable de 7cm de diámetro y un centro de 1,35 cm de diámetro. Estos ensayos se realizaron al centro del producto en triplicado, el día 0 y cada 7 días, hasta que perdiera firmeza y aumentara su dureza y rigidez.

Los parámetros que se evaluaron son, firmeza esfuerzo para romperse, atributo esencial para la resistencia del peso de los ingredientes (Profeco, 2012), dureza y rigidez, ya que si el producto se coloca duro o rígido en el tiempo no tiene la flexibilidad de enrollar un taco.

El producto se almacenó en bolsas plásticas transparentes de polietileno de baja densidad (LDPE), con una banda hermética abre/cierra (Plastinort, 2016) a temperatura de refrigeración (5°C).

Los datos fueron analizados mediante Anova simple en el Software Statgraphics versión 16 para determinar la existencia de diferencias significativas entre el día 0 y cada 7 días.

## 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Formulaciones de la tortilla para tacos libre de gluten utilizando harina de quínoa.

Para la creación de las formulaciones, primero se determinó la formulación tradicional, constituida de harina (quínoa), agua, sal y materia grasa (manteca) (ver Tabla 5) (Herrera y Gallardo, 2015). Las proporciones de la harina y el agua inicialmente se obtuvieron de un estudio de tortillas de harina de trigo realizado en México (Herrera y Gallardo, 2015) y bibliografías que concordaban tanto en los ingredientes como en las proporciones (Gonzalez, 2015; Cruz, 2008; Cruz et al., 2002; Profeco, 2015). Los porcentajes eran 60% de harina de trigo y 30% de agua aproximadamente. Sin embargo por tratarse de una materia prima diferente, la harina de quínoa no se hidrató lo suficiente por lo que se fue agregando agua hasta alcanzar el porcentaje obtenido (ver Tabla 7).

Con respecto a la sal, generalmente se utiliza entre 1-2% (Lallemand, 2015), sin embargo al ocupar estas cantidades se estaría excediendo el límite de sodio de la ley 20.606, por lo que se redujo a un 0,67% (0,7g de sal). Si bien esta cantidad está dentro de los límites, se utilizó un saborizante natural reductor de sal para entregar valor agregado al producto, reduciendo en un 30% la sal de éste (ver cálculo Anexo 9).

Con relación a la materia grasa se usó manteca combinada modificada de cerdo, ya que realza el sabor, da terneza, humedad y suavidad en la boca (Lauterbach y Albrecht, 1994). Además ayuda a mantener las tortillas blandas, evitando que se vuelvan quebradizas y evitando el desarrollo de grietas cuando se pliega, se ocupa entre 1-2% (Haegens, 2015).

En la fórmula tradicional se empleó levadura seca para mejorar el sabor, otorgando sabor característico a la masa y aumentando el valor nutritivo, suministrando proteína de buena calidad (UNAD, s.f) y azúcar, factor necesario para el crecimiento de la levadura, su proporción es 2:1 (Lefersa, 2016),

obteniéndose así la formulación base. La formulación base se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6:** Formulación base de la tortilla para tacos libre de gluten.

| <b>Ingredientes</b>                  | <b>Cantidad (%)</b> |
|--------------------------------------|---------------------|
| Harina de quínoa                     | 50,51               |
| Agua                                 | 45,45               |
| Manteca                              | 2,02                |
| Sal+ aditivo natural reductor de sal | 0,49                |
| Levadura                             | 1,01                |
| Azúcar                               | 0,51                |

Para la formulación final se utilizó un emulsionante que fortalece y mejora la masa aireándola, su cantidad es de 3g/kg de producto (Prinal, 2016), un conservador de panificación mezcla de propionato de calcio, sorbato de potasio, dióxido de sílice, actuando como inhibidor de mohos, en una cantidad de 2g/kg de producto (Prinal, 2013), glutamato monosódico para mejorar el sabor, cantidad recomendada 3g/kg, no obstante se fue disminuyendo hasta 0,05g.

Además se empleó en la formulación un polisacárido, goma guar en cantidad de 0,35%, valor utilizado en productos horneados (Industria alimentaria, s.f) y un hidrocoloide carragenina en una cantidad de 2g/kg de producto (RSA, 1997), tratada con agua en una proporción de 1:20 (Hela, 2015). Con estos elementos la masa presentó elasticidad y flexibilidad. Esto se debió a que la carragenina forma geles y retiene agua entre otras diversas aplicaciones industriales (Porto, 2003). La goma guar al tener una naturaleza no iónica, es compatible con prácticamente todos los hidrocoloides, incluyendo almidones (Gelymar, 2013), por lo que actúa sinérgicamente con la carragenina, otorgando elasticidad a la masa, y flexibilidad al producto, imitando a las subunidades de glutenina, proteína del gluten, que confiere altos niveles de elasticidad a la masa (Belitz et al., 1986).

Por último se agregó transglutaminasa con el fin de generar una red proteica (glutamina-lisina), y otorgarle cohesión a la masa y unión al producto, imitando a

las unidades de gliadina, proteína del gluten que entrega cohesión a la masa (Belitz et al., 1986). Obteniéndose finalmente la emulación del gluten.

A continuación se presentan en la Tabla 7, las 3 fórmulas propuestas con diferentes cantidades de transglutaminasa.

**Tabla 7:** Fórmulas propuestas variando la cantidad de transglutaminasa.

|   | Cantidad mínima de enzima (1U) | Cantidad media de enzima (5U) | Cantidad máxima de enzima (10U) |
|---|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| <b>Ingredientes y aditivos</b>                  | Cantidad (%)                   | Cantidad (%)                  | Cantidad (%)                    |
| <b>Harina de quínoa</b>                         | 47,92                          | 47,62                         | 46,85                           |
| <b>Enzima</b>                                   | <b>0,25</b>                    | <b>1,25</b>                   | <b>2,46</b>                     |
| <b>Agua</b>                                     | 43,12                          | 42,86                         | 42,17                           |
| <b>Sal+ saborizante natural reductor de sal</b> | 0,47                           | 0,47                          | 0,46                            |
| <b>Manteca</b>                                  | 1,92                           | 1,90                          | 1,87                            |
| <b>Levadura</b>                                 | 0,96                           | 0,95                          | 0,94                            |
| <b>Azúcar</b>                                   | 0,48                           | 0,48                          | 0,47                            |
| <b>Glutamato monosódico</b>                     | 0,048                          | 0,048                         | 0,047                           |
| <b>Emulsionante</b>                             | 0,29                           | 0,29                          | 0,28                            |
| <b>Conservador</b>                              | 0,19                           | 0,19                          | 0,19                            |
| <b>Goma guar</b>                                | 0,34                           | 0,33                          | 0,33                            |
| <b>Carragenina+ agua</b>                        | 4,02                           | 3,98                          | 3,94                            |

De las 3 formulaciones propuestas, la óptima fue la que contenía cantidad media de enzima transglutaminasa (5U), otorgándole cohesión y mejorando la flexibilidad del producto, con esta fórmula se realizaron las pruebas de análisis de producto terminado (punto 5.3).

Con respecto a las otras dos formulaciones, la formulación con cantidad mínima de enzima (1U) no generó cohesión, por lo que no se logró el producto, en

contraste la formulación con cantidad máxima de enzima (10U), que si bien demostró una cohesión adecuada se obtuvo un producto rígido y no funcional.

## 6.2 Temperatura y tiempo de horneado.

Los primeros ensayos se realizaron a 190°C, rango de temperatura inferior utilizada según bibliografía (punto 1.2), y por tratarse de un producto fino y delgado. Con respecto al tiempo de horneado, como su rango es amplio, de 40 s a 15 min, se fue probando minuto a minuto. La Tabla 8, muestra los ensayos propuestos a diferentes tiempos y manteniendo la temperatura de horneado.

**Tabla 8:** Tiempos propuestos, manteniendo la temperatura (190°C) en el proceso de horneado.

| Temperatura (°C) | Tiempo (min) |
|------------------|--------------|
| 190              | 1            |
| 190              | 2            |
| 190              | 3            |
| 190              | 4            |
| 190              | 5            |

Con respecto a la temperatura y tiempos propuestos, en todos los casos se obtuvo un producto crudo, testeado de manera visual y bucal, por lo que se aumentó la temperatura a 200°C y se mantuvo el tiempo de 5 min, sin embargo se logró una masa con las mismas características. Finalmente se mantuvo la temperatura y se aumentó en 1 min, hasta alcanzar la cocción adecuada de 7 min a 200°C, tortilla evaluada por jueces entrenados.

Cabe mencionar que, con esta formulación se obtiene 105 g de masa terminada, del cual se logran 2 unidades de 40g cada una.

La masa después de la cocción tiene un peso final de 30 g aproximadamente, con un grosor de 1 a 2 mm y diámetro de 13 a 14 cm, características físicas iguales a las del mercado.

### 6.3 Caracterización físico-química de la tortilla para tacos en base a harina de quínoa.

Para la caracterización fisicoquímica se determinó la actividad de agua y el pH del producto terminado. El resultado es expuesto en la Tabla 9.

**Tabla 9:** Resultados de análisis de pH y  $a_w$  del producto terminado.

| Análisis | Valor               |
|----------|---------------------|
| $a_w$    | $0,9114 \pm 0,0033$ |
| pH       | $5,5 \pm 0,0$       |

$\pm$  = desviación estándar para análisis realizados en triplicado.

De acuerdo a los resultados la actividad de agua del producto elaborado, indica que el alimento puede permitir el crecimiento de bacterias, levaduras, y hongos (Raso, 2011), además de bacteria halófilas, levaduras osmófilas, mohos xerofilos y *Salmonella*, entre otras (UNAM, 2011).

El pH del producto elaborado, permite el crecimiento de microorganismos tales como bacterias, que se desarrollan a pH 5 – 9; levaduras que crecen a pH 1,5 – 8; y mohos que se presentan en el rango de pH 1,5 – 11 (Raso. 2011), además permite el crecimiento de la bacteria formadora de espora *Clostridium botulinum* (Brennan et al., 1998).

Este parámetro es importante dado que tiene gran influencia en el almacenamiento y vida útil, por lo que debe ser controlado. Por la naturaleza del alimento se agregó 0,2 g en 105 g de masa de conservador de panificación, su composición es propionato de calcio, sorbato de potasio y dióxido de sílice, éste permite prolongar la vida útil del alimento (Raso. 2011).

### 6.4 Caracterización nutricional del producto.

Se realizó un análisis proximal, para caracterizar la composición nutricional de la tortilla para tacos libre de gluten, obtenida de la formulación encontrada. Los resultados se presentan en la Tabla 10.

**Tabla 10:** Composición proximal en 100 g y por porción (30g) de tortillas para tacos libre de gluten.

| <b>Composición proximal</b> | <b>Tortilla para tacos libre de gluten en 100g</b> | <b>Tortilla para tacos libre de gluten en 30 g (por porción)</b> |
|-----------------------------|--|--|
| Energía (Kcal)              | 314,77   | 94,43  |
| Carbohidratos (g)           | 48,43  | 14,53  |
| Proteínas (g)               | 10,26  | 3,08   |
| Materia grasa (g)           | 8,89   | 2,67   |
| Cenizas (g)                 | 2,41   | 0,72   |
| Humedad (g)                 | 30   | 9  |

\*Cálculos se encuentran en Anexo 10.

La Tabla 11 muestra el desglose teórico del análisis proximal realizado. Se observa el desglose de carbohidratos en azúcares totales y almidón, de materia grasa en grasas saturadas, grasas trans, grasas mono insaturadas, grasas poli insaturada y colesterol, y de cenizas donde se calculó el contenido de sodio.

**Tabla 11:** Desglose teórico del análisis proximal realizado de la tortilla para tacos libre de gluten.

|                                  | <b>Tortilla para tacos libre de gluten en 100g</b> | <b>Tortilla para tacos libre de gluten en 30 g (por porción)</b> |
|----------------------------------|--|--|
| <b>Energía (Kcal)</b>            | 314,77   | 94,43  |
| <b>Carbohidratos (g)</b>         | 48,43  | 14,53  |
| <b>Azúcares totales (g)</b>      | 20,67  | 6,20   |
| <b>Almidón (g)</b>               | 27,76  | 8,33   |
| <b>Proteínas (g)</b>             | 10,26  | 3,08   |
| <b>Materia grasa (g)</b>         | 8,89   | 2,67   |
| <b>Grasa saturada (g)</b>        | 1,74   | 0,52   |
| <b>Grasa trans (g)</b>           | 0,009  | 0,003  |
| <b>Grasa mono insaturada (g)</b> | 2,50   | 0,75   |
| <b>Grasa poli insaturada (g)</b> | 4,62   | 1,39   |
| <b>Colesterol (mg)</b>           | 2,57   | 0,77   |
| <b>Cenizas (g)</b>               | 2,41   | 0,72   |
| <b>Sodio (mg)</b>                | 266,40   | 79,92  |
| <b>Humedad (g)</b>               | 30   | 9  |

\*Cálculos se encuentran en Anexo 11.

Los carbohidratos que entrega el producto son de reservas en el organismo, mayoritariamente almidones (Qian et al, 1999).

La proteína que posee es de origen vegetal y contiene todos los aminoácidos esenciales para el organismo, ver Tabla 2. Cabe destacar que es alto en lisina.

Con respecto a la materia grasa destaca el contenido de ácidos grasos poli insaturados, principalmente ácido linoleico con un 56% y oleico con un 21% (Rubio et al., 2005), los que reducen el nivel de colesterol de la sangre y protegen de enfermedades del corazón.

El producto “es libre de gluten”, “libre de colesterol”, “reducido en sal en un 30%”, además contiene 0,72g de minerales por porción y 30% de humedad, dato similar a la humedad obtenida del control marca Ideal, que arrojó un valor cercano al 30%, dando la característica de otorgar movimiento a la masa. En contraste el producto elaborado en este estudio contiene “azúcares añadidos”.

Cabe destacar que el producto es libre de sellos hasta Julio del 2018, después quedara con sellos en el contenido de energía y azúcares totales, según la nueva ley de alimentos 20.606, modificación del decreto N°977, de 1996 Reglamento Sanitario de los Alimentos, sección Artículos Transitorios, Artículo 2° (Diario oficial de la República de Chile (2015).

La Tabla 12 muestra la comparación entre el límite de contenido de energía, sodio, azúcares totales y grasas saturadas en alimentos sólidos, de la nueva ley con el producto desarrollado.

**Tabla 12:** Límites de contenido de energía, sodio, azúcares totales y grasas saturadas en alimentos sólidos.

| Nutriente y Energía      | Fecha de entrada en vigencia | 24 meses después de entrada en vigencia | 36 meses después de entrada en vigencia | Producto Desarrollado | Hasta Julio 2018 (2 año de vigencia) |
|--------------------------|------------------------------|---|---|-----------------------|--------------------------------------|
| Energía Kcal/100 g       | 350,00                       | 300,00                                  | 275,00                                  | 314,77                | Cumple                               |
| Sodio mg/100 g           | 800,00                       | 500,00                                  | 400,00                                  | 266,40                | Cumple                               |
| Azúcares totales g/100 g | 22,50                        | 15,00                                   | 10,00                                   | 20,67                 | Cumple                               |
| Grasas saturadas g/100 g | 6,00                         | 5,00                                    | 4,00                                    | 1,74                  | Cumple                               |

### 6.5 Caracterización y comparación de las propiedades texturales de la tortilla para tacos en base a harina de quínoa, con la tortilla para tacos en base a harina de trigo integral (producto comercial).

La Tabla 13, muestra el cuadro resumen con análisis estadístico de los parámetros texturales aplicado al centro de los productos.

**Tabla 13:** Cuadro resumen con análisis estadístico de parámetros texturales aplicado al centro de los productos.

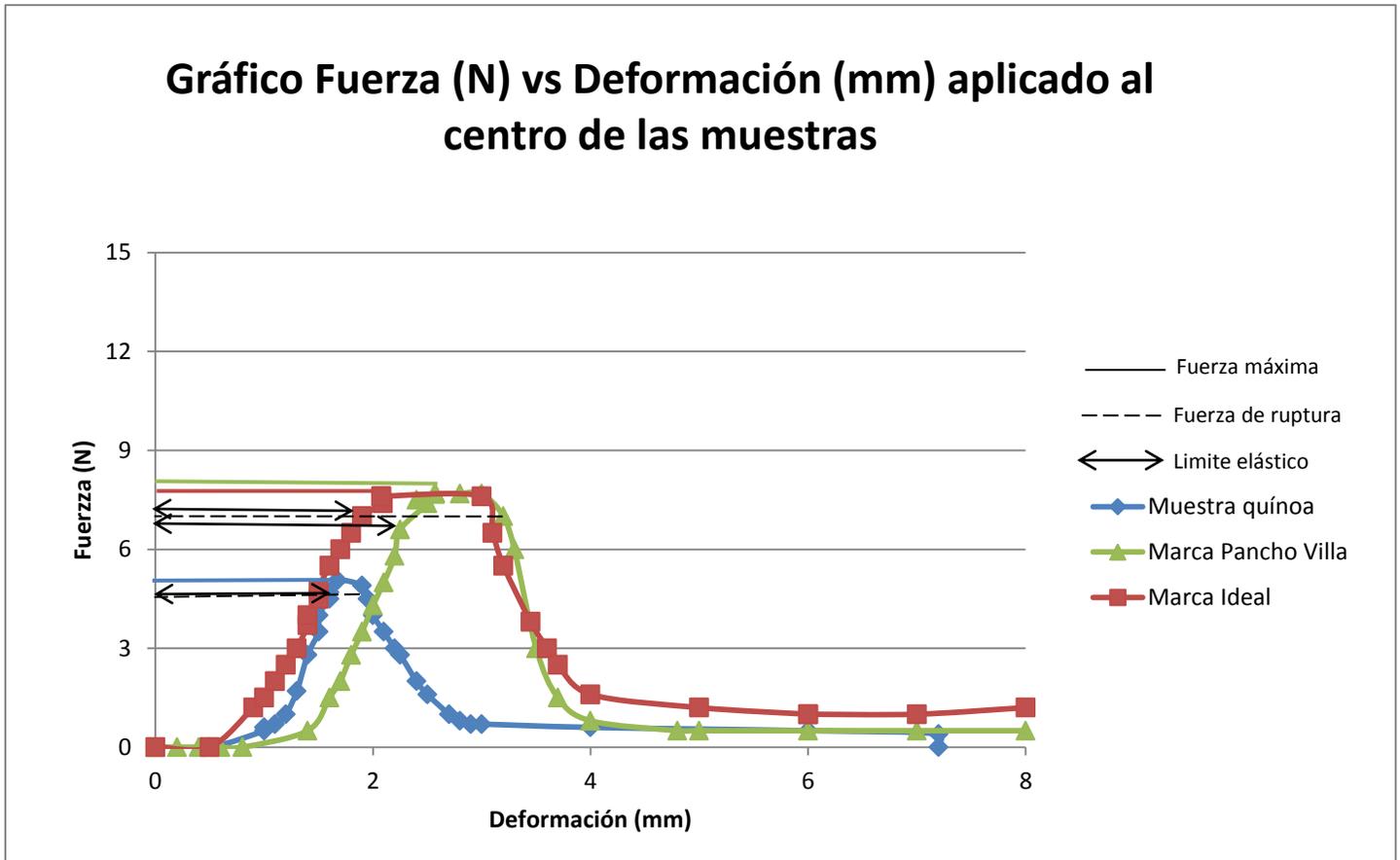
| Parámetros texturales           | Muestra quínoa              | Marca Pancho Villa         | Marca Ideal                 |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Fuerza máxima (N)               | 5,062 ± 0,167 <sup>a</sup>  | 7,690 ± 0,078 <sup>b</sup> | 7,608 ± 0,007 <sup>b</sup>  |
| Ext. Fuerza máxima (mm)         | 1,674 ± 0,274 <sup>a</sup>  | 2,573 ± 0,057 <sup>b</sup> | 2,076 ± 0,002 <sup>c</sup>  |
| Deformación fuerza máxima (%)   | 20,887 ± 3,427 <sup>b</sup> | 12,95 ± 0,035 <sup>a</sup> | 10,388 ± 0,008 <sup>a</sup> |
| Fuerza elástica Máxima (N)      | 5,062 ± 0,167 <sup>a</sup>  | 7,690 ± 0,078 <sup>b</sup> | 7,608 ± 0,007 <sup>b</sup>  |
| Deformación elástica máxima (%) | 20,887 ± 3,427 <sup>b</sup> | 12,95 ± 0,035 <sup>a</sup> | 10,388 ± 0,008 <sup>a</sup> |

± = desviación estándar para análisis realizados en triplicado.

\*Letras distintas en el superíndice, indican diferencias significativas (p≤0,05).

\*Detalle se encuentra en Anexo 13

En la Figura 4, se puede apreciar el gráfico Fuerza (N) vs Deformación (mm) aplicado al centro de las muestras de quínoa y a dos marcas comerciales.



\*Análisis realizados en triplicado.

**Figura 4:** Gráfico fuerza (N) vs deformación (mm), aplicado al centro de las muestras.

En el parámetro dureza (parámetros fuerza máxima (N) y fuerza elástica máxima (N) (Valdés et al., 2014), hubo diferencias significativas entre la muestra de quínoa y ambas marcas comerciales (ver Tabla 13), señalando que la muestra de quínoa es más suave. Esto se aprecia gráficamente (ver Figura 4) ya que de las 3 curvas obtenidas el peak mas bajo la obtuvo la muestra de quínoa.

En contraste en el parámetro dureza, no hubo diferencias significativas entre la marca Pancho Villa y la marca Ideal.

Con respecto a la firmeza (parámetros deformación fuerza máxima (%) y deformación elástica máxima (%)), hubo diferencias significativas entre la muestra

de quínoa y ambas marcas comerciales (ver Tabla 13), señalando que la muestra de quínoa es menos firme que el resto de las muestras. Esto se corrobora con la Figura 4, donde se aprecia que la fuerza de ruptura (Valdés et al., 2014) (línea punteada) es menor en la muestra de quínoa, lo que hace que sea más fácil de romper en comparación a las marcas comerciales. Cabe mencionar que no hubo diferencias significativas entre la marca Pancho Villa y la marca Ideal.

Acerca de la extensibilidad hubo diferencias significativas entre las tres muestras (ver Tabla 13), señalando que la marca Pancho Villa es más extensible, seguida de la marca Ideal y por último la muestra de quínoa.

En relación al límite elástico que separa en dos secciones a la curva, antes de límite se muestra un comportamiento elástico y después del límite un comportamiento plástico (Valdés et al., 2014), es posible decir que el comportamiento elástico de la muestra de quínoa se produce hasta aproximadamente los 1,6 mm donde la recta empieza a curvarse (ver Figura 4). En el caso de la marca Ideal y Pancho Villa se produce aproximadamente a los 2,09 mm y 2,50 mm respectivamente. Siendo la más elástica la marca Pancho Villa.

También se puede apreciar que la marca Ideal presenta un comportamiento más plástico que el resto de las muestras, presentando más distancia desde el límite elástico hasta el final de la curva, seguida de la marca Pancho Villa y luego la muestra de quínoa.

La Tabla 14 muestra el cuadro resumen con análisis estadístico de los parámetros texturales aplicado al borde de los productos.

**Tabla 14:** Cuadro resumen con análisis estadístico de parámetros texturales aplicado al borde de los productos.

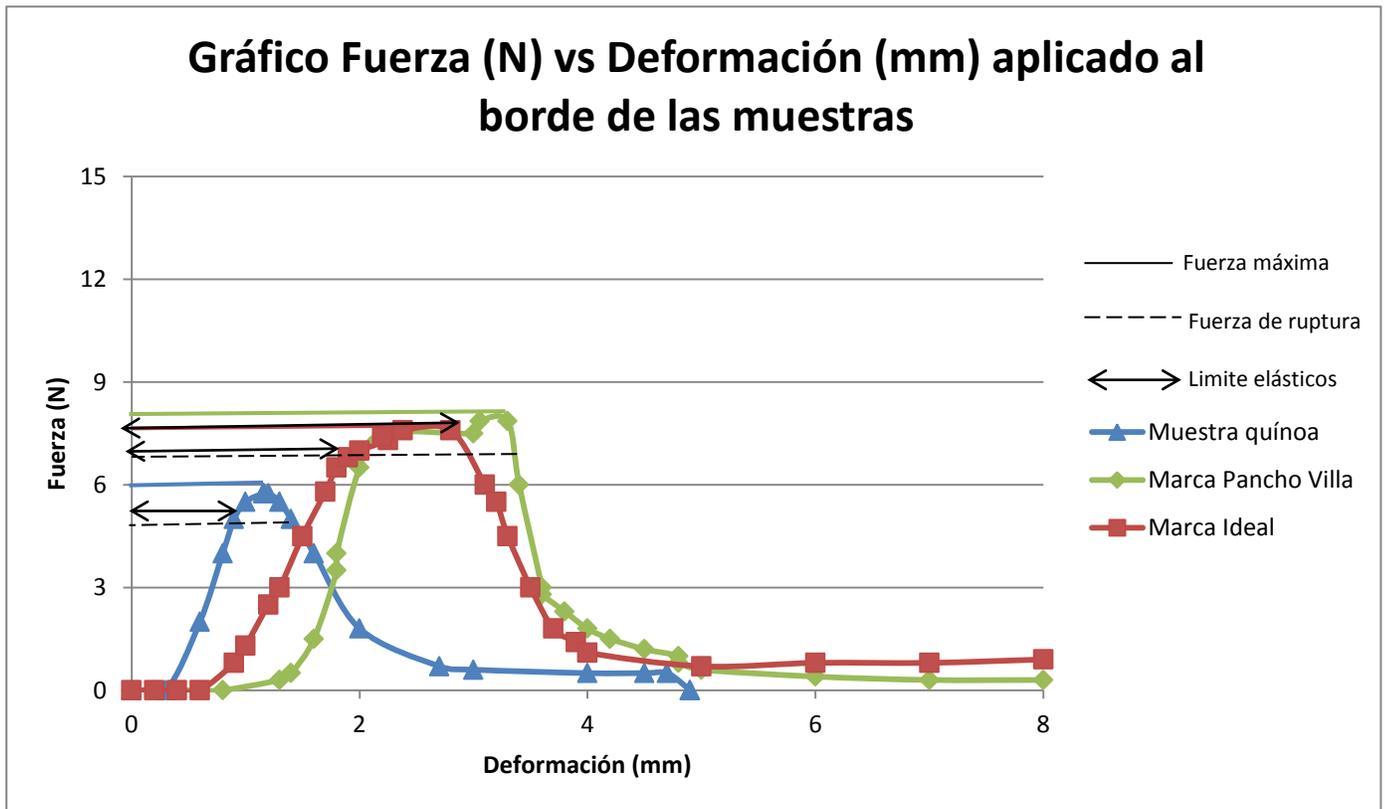
| Parámetros texturales           | Muestra quínoa              | Marca Pancho Villa          | Marca Ideal                 |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Fuerza máxima (N)               | 5,754 ± 0,769 <sup>a</sup>  | 7,857 ± 0,053 <sup>b</sup>  | 7,592 ± 0,023 <sup>b</sup>  |
| Ext. Fuerza máxima (mm)         | 1,159 ± 0,399 <sup>a</sup>  | 3,056 ± 0,070 <sup>b</sup>  | 2,381 ± 0,234 <sup>c</sup>  |
| Deformación fuerza máxima (%)   | 14,478 ± 4,988 <sup>a</sup> | 15,373 ± 0,230 <sup>a</sup> | 12,393 ± 0,386 <sup>a</sup> |
| Fuerza elástica Máxima (N)      | 5,754 ± 0,769 <sup>a</sup>  | 7,857 ± 0,053 <sup>b</sup>  | 7,592 ± 0,023 <sup>b</sup>  |
| Deformación elástica máxima (%) | 14,478 ± 4,988 <sup>a</sup> | 15,373 ± 0,230 <sup>a</sup> | 12,393 ± 0,386 <sup>a</sup> |

± = desviación estándar para análisis realizados en triplicado.

\*Letras distintas en el superíndice, indican diferencias significativas (p≤0,05).

\*Detalle se encuentra en Anexo 14.

La Figura 5 muestra el gráfico fuerza (N) vs deformación (mm) aplicado al borde de las muestras.



\*Análisis realizados en triplicado.

**Figura 5:** Gráfico fuerza (N) vs deformación (mm), aplicado al borde de las muestras.

La Tabla 14 muestra que hubo diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en el parámetro dureza (parámetros fuerza máxima (N) y fuerza elástica máxima (N)), entre la muestra de quínoa y ambas marcas comerciales, indicando que la muestra de quínoa es más suave en el borde que el resto de las muestras. Esto se confirma con la Figura 5, ya que de las 3 curvas obtenidas, el peak más bajo lo obtuvo la muestra de quínoa. En contraste no hubo diferencias significativas entre la marca Pancho Villa y la marca Ideal

Cabe mencionar que las fuerzas aplicadas al borde fueron heterogéneas, mostrando valores cercanos de 4,8 N a 6,2, N esto se explica, debido a que la máquina tortilladora al ser manual dejaba por un lado bordes gruesos y por otro bordes delgados, esto se podría mejorar utilizando prensas industriales.

Con respecto a la firmeza (parámetros deformación fuerza máxima (%) y deformación elástica máxima (%)), no hubo diferencias significativas entre las tres muestras (ver Tabla 14). Esto se debió a que los valores de deformación de las tortillas comerciales aumentaron a  $15,373 \pm 0,230$  y  $12,393 \pm 0,386$ , siendo marca Pancho Villa e Ideal respectivamente, y la muestra de quínoa si bien era heterogénea con valores de deformación cercanos a 8,7 y 17,5, en promedio entregaban un valor de  $14,478 \pm 4,988$  siendo bastante cercano al resto de las muestras, pero con una desviación y coeficiente de variación mayor, aunque aún precisa (Dane, 2008).

Gráficamente (ver Figura 5) se aprecia que la fuerza de ruptura (línea punteada) de la muestra de quínoa es menor, corroborando que es menos firme en comparación a las marcas comerciales.

Acerca de la extensibilidad hubo diferencias significativas entre las tres muestras, señalando que la marca Pancho Villa es más extensible, seguida de la marca Ideal y por último la muestra de quínoa.

En relación al límite elástico, la Figura 5 expone que la muestra de quínoa, presenta un comportamiento elástico menor, seguida de la marca Ideal y siendo la

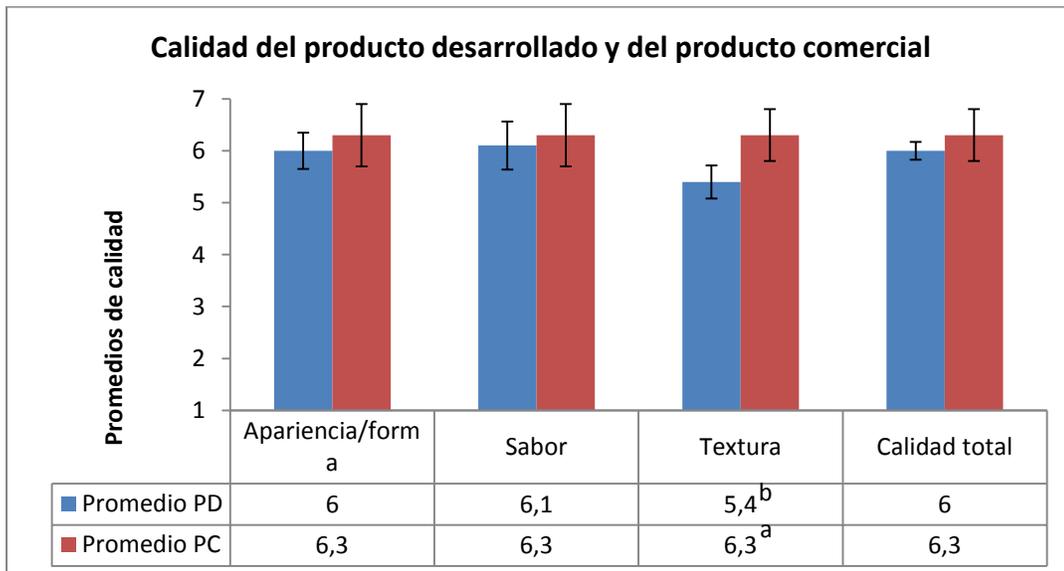
más elástica la marca Pancho Villa. Cabe mencionar que el borde de la muestra de quínoa es menos elástico que su centro.

También se puede apreciar de la Figura 5, que la marca Ideal presenta el comportamiento más plástico de las tres muestras, con mayor distancia desde el límite elástico hasta el final de la curva, seguida de la marca Pancho Villa y luego la muestra de quínoa.

Finalmente se puede indicar que la masa de quínoa es más suave, menos firme y menos elástica, atributos que se podrían mejorar en investigaciones futuras, además es heterogénea en textura en menor medida entre el centro y el borde, modificándose con la utilización de una prensa industrial, no así las marcas comerciales, que ambas fueron homogéneas más duras, elásticas y firmes.

### 6.6 Evaluación de la calidad del producto desarrollado y medición de los atributos sensoriales con un test de diferencia con respecto al producto comercial.

Los resultados del test de valoración de calidad del producto desarrollado y del producto comercial marca Ideal, se muestran en la Figura 6.



\*Letras distintas en el superíndice, indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

\*Barras de promedios por atributos, con intervalos de desviación estándar de los jueces.

\*PD= Producto desarrollado. PC= Producto comercial marca Ideal.

\*Detalle se encuentra en Anexo 15 y Anexo 16.

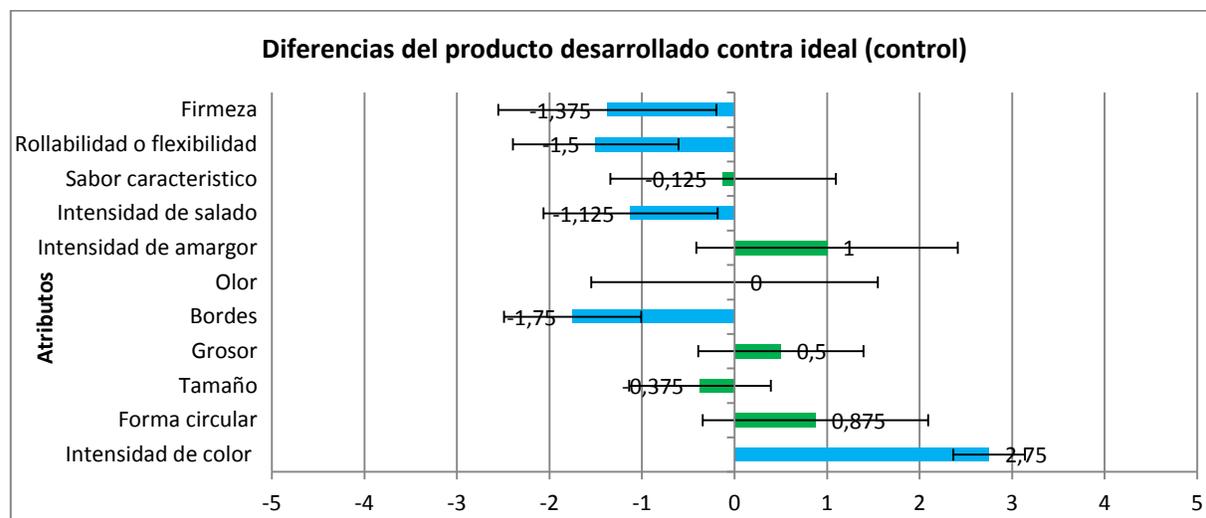
**Figura 6:** Gráfico calidad del producto desarrollado y del producto comercial.

La Figura 6, muestra diferencias significativas entre los productos en el atributo textura, siendo mejor evaluada el producto comercial marca Ideal con un promedio de  $6,3 \pm 0,5$ , a diferencia del producto desarrollado que obtuvo un promedio de  $5,4 \pm 0,32$ . Si bien PD cumplió en el atributo textura encontrándose entre “satisfactorio” y “bueno”, el panel pudo constatar que estaba poco firme, “fácil de romper”. Esta apreciación de parte de los jueces concuerda en gran medida con los resultados analizados en el punto 6.5.

Por otra parte, no hubo diferencias significativas entre los productos, en los atributos apariencia/forma y sabor, de esto podemos decir que los dos productos, no son diferentes entre ellos en cuanto a sus atributos, y que solo difieren en la textura de la tortilla. Cabe destacar que en el atributo sabor se consideró el sabor característico a la materia prima correspondiente.

En relación a la calidad total no se observaron diferencias significativas entre los productos y sus promedios eran cercanos, siendo ambos bien valorados por los jueces. Además éstos indicaron que ambos productos son comercializables.

Los resultados del test de diferencias contra control, se presentan en la Figura 7.



\*Las barras corresponden a la media, las de color celeste indican diferencias significativas al 5%.

\*Las líneas corresponden a los intervalos de confianza al 95%

\*Detalle se encuentra en Anexo 17.

**Figura 7:** Diferencias del producto desarrollado contra ideal (control).

Los datos arrojados, muestran que hubo diferencias significativas al 5%, de sus respectivos intervalos de confianzas (ver Anexo 18) indicando que el producto desarrollado era más oscuro, presentaba bordes poco definidos, estaba bien de sal, era menos flexible y menos firme. Esto se aprecia gráficamente, ya que los intervalos de confianza donde se encuentra la media no cruzan el cero.

En relación al primer atributo si bien hubo diferencias significativas, era lo esperado, ya que la semilla de quínoa es más oscura, que la semilla de trigo, el segundo atributo también muestra diferencias significativas arrojando que los bordes no se encuentran bien definidos y quebradizo, esto se puede mejorar utilizando un acondicionador texturizante y suavizante, como por ejemplo un producto llamado NEX PLUS (Tiasa, 2016), en el tercer atributo intensidad de salado los jueces encontraron bien de sal al producto elaborado, sin embargo tuvo diferencias significativas, ya que el control tenía demasiada sal. El cuarto atributo pese a que no fue tan flexible como el control (tortilla de trigo integral) y tuvo diferencias significativas, la masa respondió bastante bien cumpliendo con la facilidad de enrollar un taco. Por último, el atributo firmeza, aunque arrojó que tenía diferencias significativas al 5%, la masa respondió positivamente logrando la unión necesaria para sostener los ingredientes, además en la Figura 7, el intervalo de confianza se acerca bastante al control.

Los atributos forma circular, tamaño, grosor, olor característico, intensidad de amargor y sabor característico, no presentaron diferencias significativas al 5%, en sus intervalos de confianzas (ver Anexo 19), por lo que estos atributos se acercaron bastante al control.

#### **6.7 Determinación del cambio de textura en el tiempo del producto desarrollado, mediante ensayos texturales.**

Los resultados de la determinación del cambio de textura en el tiempo del producto desarrollado, mediante ensayos texturales aplicados en el centro, se muestran en la Tabla 15.

**Tabla 15:** Resultados del cambio de textura en el tiempo del producto desarrollado, medido los días 0, 7 y 14 mediante ensayos texturales.

| Parámetros texturales           | Día 0                      | Día 7                       | Día 14                      |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Fuerza máxima (N)               | 5,137 ± 0,038 <sup>a</sup> | 11,107 ± 0,083 <sup>c</sup> | 10,088 ± 0,308 <sup>b</sup> |
| Ext. Fuerza máxima (mm)         | 1,411 ± 0,205 <sup>a</sup> | 1,443 ± 0,212 <sup>a</sup>  | 1,381 ± 0,156 <sup>a</sup>  |
| Deformación fuerza máxima (%)   | 1,775 ± 0,161 <sup>a</sup> | 1,815 ± 0,118 <sup>a</sup>  | 3,501 ± 0,213 <sup>b</sup>  |
| Fuerza elástica máxima (N)      | 5,137 ± 0,038 <sup>a</sup> | 11,107 ± 0,083 <sup>c</sup> | 10,07 ± 0,06 <sup>b</sup>   |
| Deformación elástica máxima (%) | 1,775 ± 0,161 <sup>a</sup> | 1,815 ± 0,118 <sup>a</sup>  | 3,501 ± 0,213 <sup>b</sup>  |
| Rigidez (N/mm)                  | 3,694 ± 0,549 <sup>a</sup> | 7,817 ± 1,247 <sup>b</sup>  | 7,368 ± 0,846 <sup>b</sup>  |

± = desviación estándar para análisis realizados en triplicado.

\*Letras distintas en el superíndice, indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

\*Gráficos se muestran en Anexo 20.

\*Detalle se muestra en Anexo 21.

La Tabla 15 muestra que hubo diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en los parámetros fuerza máxima y fuerza elástica máxima aumentando de  $5,137 \pm 0,038$  N a  $11,107 \pm 0,083$  N a los 7 días, indicando un aumento en la dureza del producto, debido a una pérdida de humedad (Castro et al., 2002). Al llevarse a cabo la retogradación del almidón, aumenta la rigidez del producto (Hoseney, 1991), lo que explicaría el incremento de este parámetro. En contraste aún mantenía su extensibilidad (mm) y firmeza (deformación fuerza máxima (%)) y deformación elástica máxima (%)) no mostrando diferencias significativas.

Hubo diferencias significativas del día 7 al día 14 en los parámetros fuerza máxima y fuerza elástica máxima disminuyendo de  $11,107 \pm 0,083$  N a  $10,088 \pm 0,308$  N y por ende disminuyendo su dureza y rigidez. Este fenómeno se atribuye a un período de ajuste en la humedad del producto (Alcalde, 1997), no obstante si hubo diferencias significativas entre el día 0 y día 14, mostrando un aumento de

5,137 ± 0,038 N a 10,088 ± 0,308 N, confirmando que el producto continuaba duro. En contraste mantuvo su extensibilidad del día 7 al día 14.

Con respecto a los parámetros deformación fuerza máxima (%) y deformación elástica máxima (%), hubo diferencias significativas del día 7 al día 14, aumentando de 1,775 ± 0,161 % a 3,501 ± 0,213 %, señalando una pérdida de firmeza en el producto, atributo esencial en el sostén de los ingredientes y calidad de los tacos (Profeco, 2012). Por esta razón más la dureza y rigidez involucrada la duración del producto en base a las características texturales es de 2 semanas, tiempo similar a las realizadas con tecnología doméstica (casera) (Revista del Consumidor, 2012).

Para prolongar la duración del producto en base a las características texturales, se sugiere cambiar el material de envasado a una bolsa pouch, estructura bilamina de poliamida laminada con polietileno, que son las utilizadas actualmente en el mercado para este tipo de producto (Eroflex, 2016). La poliamida es usada en coextrusión para la obtención de film, ya que presenta buen comportamiento como barrera a gases, aromas y vapor de agua. Además es muy resistente frente a la perforación y rasgado, aún a altas temperaturas. El polietileno actúa como una capa de barrera otorgando la impermeabilidad al oxígeno, este incidirá en la duración del alimento (Illanes, 2004).

## 7 CONCLUSION

- ✓ Se obtuvo un producto con características similares a las del mercado, tanto en textura como en forma física, con grosores de 1 a 2 mm, y diámetros de 13 a 14 cm.
- ✓ Se determinó que al elaborar la tortilla para tacos con harina de quínoa la presencia de la enzima transglutaminasa es fundamental, otorgando cohesión al producto, junto con un hidrocoloide y un polisacárido, que entregan flexibilidad.
- ✓ La temperatura y tiempo de horneado fue de 200°C por 7 min.
- ✓ Al tener un pH de  $5,5 \pm 0,0$  y  $a_w$  de  $0,9114 \pm 0,0033$  el producto elaborado permite el crecimiento de bacterias, levaduras y hongos, parámetros importantes en la vida útil del producto. Dada la composición del alimento se agregó un conservador de panificación y sus condiciones de almacenamiento fueron a 5°C, envasados en bolsas transparentes de polietileno de baja densidad (LDPE) con una banda hermética abre/cierra. La duración del producto fue de dos semanas.
- ✓ El producto, dada la composición de la harina presenta todos aminoácidos esenciales y aceites de buena calidad, es reducido en un 30% de sal, además es libre de sellos hasta Julio del 2018, “libre de gluten” y “libre de colesterol”. De acuerdo a la nueva ley y reglamentación sanitaria chilena.
- ✓ Se determinó mediante ensayos texturales, que la tortilla sin gluten es más suave, menos firme y menos elástica que las tortillas comerciales (harina de trigo integral).
- ✓ El producto fue bien valorado por los jueces, obteniendo un puntaje promedio de 6.0 en calidad total, además determinaron que el producto es comercializable.
- ✓ El resultado del test de diferencia arrojó diferencias significativas al 5%, indicando que el producto desarrollado era más oscuro, presentaba bordes poco definidos, estaba bien de sal, era menos flexible y menos firme con respecto al producto comercial.

- ✓ Es posible desarrollar una formulación de tortillas para tacos libre de gluten para celíacos utilizando harina de quínoa.

## 8 BIBLIOGRAFIA

- Abugoch L. (2009). Chapter 1: Quínoa (*Chenopodium quinoa Willd.*): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. Pág 5.
- Acero G. (2000). Uso del cerdo como modelo biológico para evaluar la calidad de la tortilla por dos procesos de nixtamalización y la fortificación de vitaminas y pasta de soya. Programa Interinstitucional en Ciencias Pecuarias PICP. Universidad de Colima. México. Pág 15.
- Activa SGT-M. (2015). Ajinomoto. "Propiedades básicas de la Transglutaminasa".
- Activa SGT-M. (2015). "Transglutaminase basic".
- Ahn H.J, Kim J.H, Ng P.K.W. (2005). Functional and thermal properties of wheat, barley, and soy flours and their blends treated with a microbial Transglutaminase. Food Chemistry and Toxicology. 70,(6):1.
- Alcalde G., (1997), Jefe de Desarrollo y Aseguramiento de Calidad. Fábrica Maipú Nestlé Chile S.A. Comunicación personal.
- Amos A.J, Billington A.E, Burrell J.R, Colquhoun J.M, Cutting C.L, Dalgleish J.McN, Davis J.G, Dickinson D, Evans G, Gerrard F, Gooding E.G.B, Ingrams C.E, Paine F.A, Schwitzer M.K, Slade F.H, Williams C.T. (1969). Harina y Molinería; Panadería y Pastelería. Manual de industria de los alimentos. Capítulo 1 y 2. Editorial Acribia. Pág 30, 73.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists (1997). Official Methods of Analysis (16thEd.). Maryland, U.S.A.
- Arrizubieta M.J. (2007). Transglutaminases. En P. J. A., Industrial Enzymes. Structure, Functions and Applications (págs. 567-581). Valencia: Springer.
- Ascheri J.L.R., Spehar C.R., Nascimento R.E. (2002): Comparative chemical characterization of instantaneuous flours by extrusion – cooking from quinoa (*Chenopodium quínoa Willd.*), corn and rice. Alimentaria, 331: 89–92.
- Brennan J.G, Butters J.R, Cowell N.D y Lilley A.E.V (1998). Tratamiento térmico 1. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Tercera edición. Editorial Acribia, S.A. pág. 271.

- Burgi M.L, Cuetos M, Serraluna M.A (2008). La reinserción en la sociedad actual de la quinua y el amaranto. Seminario de Integración. Instituto Superior N° 4044”Sol”. Santa Fe. Pág 22.
- Castro E. (2010).Harina y aceite de quínoa (*Chenopodium quínoa Willd.*) de la región VI. Pág.10-28.
- Castro E. (2005) Desarrollo de Harina de Quínoa Orgánica de Alta Calidad como Alternativa de Consumo y de Producción Sustentable. Informe Proyecto FIA. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas Farmacéuticas. Santiago. Chile.
- Castro E, Verdugo M, Miranda, M, Rodríguez A. (2002).Determinación de parámetros texturales de galletas. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Facultad de Cs. Químicas y Farmac. U. de Chile. Stgo. Chile. Casilla 233. Santiago, Chile. Pág 1-15.
- Cecu. (2010). La sal. Confederación de consumidores y usuarios.[En línea]<  
<http://cecu.es/campanas/alimentacion/La%20Sal.pdf>>[Consulta:12/07/16]>. Pág 2.
- COACEL, (2010). “Recetas y beneficios nutricionales de la Quínoa”. [En línea].< <http://www.coacel.cl/documentos/recetas.pdf>>[Consulta: 07/05/15].
- Colina J. (2013).Efecto de los métodos de cocción sobre los nutrientes y las características sensoriales de los alimentos. Diplomado en Ciencia y Gerencia Gastronómica. Pág 1-4.
- Cruz R, Soto S, Hernández J.F, Reyes M, Pérez E, Guemes N. (2002). Características reológicas de masas de harina de trigo elaboradas con diferentes marcas comerciales, para la elaboración de tortillas de harina. Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad km1, Col. Rancho Universitario C.P. 43600 Tulancingo, Hidalgo. Mar del Norte No. 5, Col. San Álvaro Azcapotzalco C. P. 02090, México, D. F. V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica VI Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular. Pág 6-7.

- Cruz R. (2008). Estudio del análisis de perfil de textura (APT), extensibilidad y adhesividad en masas y tortillas elaboradas con diferentes marcas comerciales de harina de trigo. (Tesis). Universidad autónoma del estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Pág 28.
- Cuevas G. (2014). Máster Universitario en Técnicas Avanzadas en Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario Estudio Comparativo de las Propiedades Sensoriales y de Textura de Platos Preparados a Base de Pastas de Hoja, con y sin Gluten. Universidad Politécnica de Cartagena. Pág. 2
- Dane, (2008). Interpretación del coeficiente de variación. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Estimación e interpretación del coeficiente de variación de la encuesta cocensal. Pág 5.
- Dermirkol E, Erdogdu F, y Koray T. (2006). A numerical approach with variable temperatura boundary conditions to determine the effective heat transfer coefficient values during baking cookies. Journal of Food Process Engineering. 29: 478-497.
- Diario Oficial de la República de Chile (2015). Modifica decreto N°977, de 1996, Reglamento Sanitario de los Alimentos. Cuerpo I -16. Artículos transitorios. Artículo 2°. Tabla N°2.
- DI N°88. Publicado en el Diario Oficial de 06.01.11. Ministerio de Salud SUBSECRETARÍA DE SALUD PÚBLICA. Pág. 6-7.
- Egan M y Alle S. (1992). Baking ingredient a brief. history .Healthful Quantity Baking. Edition 1, Textsprache eng, Verlag Wiley. USA Pág 3.
- Eroflex. (2016). Catálogo envases y embalajes. Bolsas pouch. [En línea] <<http://www.eroflex.cl/productos.php>> [Consulta: 24/05/16].
- Espeje M. (2012). Caracterización del consumo de tortilla en el estado de México. Post grado de socio economía, estadística e informática-economía. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados. México. Pág 7.

- EUFIC. (2006). “La enfermedad celíaca o intolerancia al gluten”, [En línea] <<http://www.eufic.org/article/es/artid/enfermedad-celiaca-intolerancia-gluten/>>[Consulta: 09/03/16].
- FAO. (2011). “La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria”. [En línea] <<http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>> [Consulta: 07/05/15].
- Gelymar, (2013).Goma Guar. [En línea]< <http://www.gelymar.com/es/goma-guar/>>[Consulta: 24/05/2016].
- Granotec. (2015) “XXVI Seminario Internacional de cereales/centro Tecnológico.Granotec”. [En línea]<<http://www.granotec.com/chile/new/20150429131735/>>[Consulta: 22/10/2015].
- Gonzalez (2015). Tortilladora “Gonzalez”. Folleto “Manual de operaciones y recetas básicas”. Tortilla de harina. Ingredientes. Compras en México. Comyvenmex, S.A de C.V.
- Guinand C. (2013). Formulación de una masa para pizza libre de gluten utilizando harinas alternativas. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Agroindustrial.Pág 11.
- Haegens N. (2015), Bakery technology: Tortilla. Class Foods.[En línea]< [http://www.classofoods.com/page4\\_5.html](http://www.classofoods.com/page4_5.html)>[Consulta: 06/09/15].
- Hela (2015). Especificaciones EC 072 Carragenina J Gold.
- Herrera D. y Gallardo Y, (2015). Elaboración de Tortillas de Harina con Bajo Contenido en Grasa. Departamento de Graduados e Investigación, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. México, Guanajuato.
- Herrera E. (2015). Noticia: Cuatro estados concentran 46% del consumo de tortilla de harina. Milenio. [En línea]< [http://www.milenio.com/negocios/tortillas\\_harina-manteca\\_inca\\_0\\_568743385.html](http://www.milenio.com/negocios/tortillas_harina-manteca_inca_0_568743385.html)>[Consulta:10/08/16].
- Hernández N, Reyes M, González F, Núñez L, Cooper B. (2015). Importancia de las proteínas de almacenamiento en cereales (prolaminas). VERTIENTES Revista Especializada en Ciencias de la Salud, 18(1):3-7, 2015.

- Hosney R.C., (1991). “Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales”. Edirora Acibia, España.
- Illanes J. (2004). Envases flexibles plásticos: Uso y aplicación en la industria alimentaria. 2 Revisión bibliográfica. Pág 13 y 17.
- Industria alimentaria. (Sin fecha). La goma guar y sus usos en alimentos. Alimentarios y Técnicas, S.A de C.V. México. Tabla 3, pág. 14.
- ISP. (2015). “Especial enfermedad celiaca”. [En línea]<<http://www.ispch.cl/documentos/tenga/celiaca.pdf>>[Consulta:09/03/16].
- Jancurová M., Minarovičová L., Dandár A. Czech J.(2009).Quínoa. A review. Food Sci. 27, (2): 71–79. [En línea]<<http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/06732.pdf>> [Consulta: 02/09/15].
- Jozami F y Seselovsky R. (2003). Usos de la transglutaminasa en la industria alimentaria. Elaboración de carne reconstituida Invenio, vol. 6, núm. 10, junio, 2003, pp. 157-164 Universidad del Centro Educativo Latinoamericano Rosario, Argentina. Pág 158.
- Lallemand inc. (2015) Baking update. “Flour tortilla Production”. Volumen 2, No 4. Pág 1-2.
- Las Nieves. (2016). Quínoa, harina tostada. Producto orgánico. Región del Libertador Bernardo O’Higgins/Chile.
- Lauterbach S y Albrecht J. (1994). NF94-186 Functions of Baking Ingredients. University of Nebraska—Lincoln. Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension. File NF186 under FOODS & NUTRITION A-2c.
- Lefersa. (2016). [En línea]<<http://lefersa.cl/2016/04/13/levadura-seca/>>[Consulta:28/03/16].
- Manual de panadería. (Sin fecha). Área gastronómica. Duoc UC. [En línea] <[http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/Documentos\\_Digitales/600/640/38435.pdf](http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/Documentos_Digitales/600/640/38435.pdf)> [Consulta: 09/08/16]. Pág 29.

- Martanez K. (2010). La tortilla pierde popularidad. CNN. Noticia. [En línea] <<http://expansion.mx/expansion/2010/02/11/consumo-pan-tortilla>. [Consulta: 9/07/16].
- Mateljam G, (2015). “Quínoa”, [En línea].< <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=142>> [Consulta: 06/09/15].
- Meyhuay M. (2013). Quinoa: Operaciones poscosechas. INPhO. Compendio de Poscosecha. Composición y valor nutricional. Usos. Pag 9-11.
- Obregón A. y Valenzuela A. (2009). Ácido linoleico conjugado (ALC), metabolismo de lípidos y enfermedad cardiovascular. Rev. Chil.Nutr. 3: 1-2.
- Obregón O. (2005). El uso de harina minsa en sustitución del maíz contribuye a la reducción de costos de producción en los industriales de la masa y la tortilla, en la zona conurbada Veracruz, Boca del rio en el año 2004. Memoria para obtener el grado de Maestro en Ciencias Administrativas. Pág 3.
- Ogungbenle H.N. (2003). Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quínoa*) flour. International Journal of Food Sciences and Nutrition 54 (2):1.
- Pagani C. (2016). Presentación: Uso de TG (transglutaminasa) en yogures y quesos. 6 to Congreso Internacional de Lechería. Ajinomoto. Uruguay.
- Pajarito J. (2015). Obtención y caracterización de la harina integral de quínoa orgánica. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.
- Palafox C. H. y García C. F. (2006). Transglutaminasas: de Importante papel fisiológico en los seres vivos al desarrollo novedoso de tecnología de los alimentos. Biotecnología, 10 (1):24.
- Porto, S. (2003). Agar gel. Carragenina: Propiedades y Especificaciones. [En línea]< <http://www.agargel.com.br/carragenina.html>> [Consulta: 24/05/2016].

- Plastinort. (2016). "Bolsas Ziploc". [En línea].<  
[http://www.plastinort.com.pe/productos.html?page=shop.browse&category\\_id=9](http://www.plastinort.com.pe/productos.html?page=shop.browse&category_id=9)>[Consulta: 11/03/16].
- Prinal (2013;2016).Activa. Ajinomoto. Improving volumen and providing soft crumb of bread.
- Profeco (2012).Estudio de calidad y económico. Tortillas de maíz. Revista del consumidor. Pág 66-70.
- Profeco (2015). Tecnología domestica Profeco. Tortilla de harina de trigo. Revista el consumidor. Ingredientes. Pág 1.
- Purac (2011).Presentación. Funciones de la sal en los alimentos. Purac pure by nature. (Proporcionada por Prinal).
- Qian J, Yangzhou P.R y Kuhn M. (1999). Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quínoa* Starch. *Starch/Stärke* (1999).51(4):116-120.
- Ranhotra G.S, Gelroth J.A, Glaser B.K, Lorenz K.J y Johnson D.L. (1993). Composition and protein nutritional quality of quínoa. *Cereal Chem.* 70(3):303-305.
- Raso J. (2011). Microbiología Industrial Alimentaria. Departamento Bioquímica y Biología UNIZAR:73 [En línea]<[http://www.unizar.es/departamentos/bioquimica\\_biologia/docencia/ByMInd/de%20javier%20Raso/MICROBIOLOGIA%20INDUSTRIAL%20Alimentaria.pdf](http://www.unizar.es/departamentos/bioquimica_biologia/docencia/ByMInd/de%20javier%20Raso/MICROBIOLOGIA%20INDUSTRIAL%20Alimentaria.pdf)> [Consulta:26/03/2016].
- Renzetti. S., Dal Bello. F. y Arendt. E. (2008). Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from differents gluten free flours treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 48 (1): 33-45.
- Revista del consumidor, (2012). Tecnología doméstica. Tortillas de harina de trigo. Profeco. [En línea] <<http://revistadelconsumidor.gob.mx/wp-content/uploads/2012/04/Tortillas-de-harina-de-trigo.pdf>>[Consulta: 12/03/16].

- RSA. (2015).Párrafo V, “De otros productos Farináceos”. Artículo 368, pág. 126.
- RSA. (1997). Párrafo V, “De productos lácteos”. Artículo 215, pág. 102.
- Rubio Y, Castro E, Masson S. (2005).Extracción de Aceite de Quínoa (*Chenopodium quínoa Willd.*) y sus caracterización de dos Ecotipos Provenientes del Secano Costero de la Región VI de Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Pág 49.
- Shewry P.R, Halford GN., Belton P.S y Tatham A.S. (2002). The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. The Royal Society. Institute of Arable Crops Research, Long Ashton Research Station, Department of Agricultural Science, University of Bristol, Long Ashton, Bristol BS41 9AF, UK 2 School of Chemical Sciences, University of East Anglia, Norwich NR47TJ, UK. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B (2002) 357, 133–142 DOI 10.1098/rstb.2001.1024.
- Soeda T. (2000). Cheese whey protein having improved texture, process for producing the same and use thereof. Ajinomoto Co. Inc, assignee. European Patent Application (E P 0966887 A1).
- Steffe J. (1996). Rheological Methods in Food Process Engineering. Michigan: Freeman Press.
- Tiasa, (2016).Tecnología en ingredientes alimenticios, S.A de C.V. NEX PLUS Blanqueador. [En línea] <<http://tiasaalimentos.com.mx/detalle.php?producto=5&grupo=1>> [Consulta:25/05/2016].
- UNAD. (Sin fecha). Lección 21: Panificación. Componentes del pan. [En línea]<[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/232016/contLinea/leccin\\_21\\_panificacin\\_componentes\\_del\\_pan.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/232016/contLinea/leccin_21_panificacin_componentes_del_pan.html)>[Consulta:10/03/16].
- UNAM. (2011). Administración de Manuales y Documentos Universidad Nacional Autónoma de México. Distribución del Agua en los Alimentos: [En línea]<[http://depa.pquim.unam.mx/amyd/archivero/AwBadui\\_3608.pdf](http://depa.pquim.unam.mx/amyd/archivero/AwBadui_3608.pdf). [Consulta>: 12/01/2016].

- Valdés O, Tejero J, Del Valle J, Servin A, Muñoz C, (2014). Determinación de las curvas de esfuerzo-deformación sobre cargas axiales de una raíz tropical. Congreso Internacional en Ingeniería Electrónica. Mem. Electro, Vol. 36, pp 82-85, Chihuahua, Chih. México.
- Vergara P. (2011). Efecto de la adición de enzima transglutaminasa en el desarrollo de pan a base de harina de quínoa. (*Chenopodium quínoa Willd*). Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos de Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Pág 1-25.
- Vilche C., Gely M., Santalla E. (2003): Physical properties of quinoa seeds. Biosystems Engineering, 86: 59–65.
- Wayne G. (1994) “Professional Baking 2<sup>nd</sup> edition “.Editorial: Wiley. New York.
- Yamamura C, (2010). Transglutaminasa, una Herramienta Innovadora en la Industria Alimentaria. Ajinomoto. [En línea]<  
[http://www.tecnocarnicos.com/project/tecnocarnicos/resumen/dateien/cecilia\\_yamamura\\_ajinomoto.pdf](http://www.tecnocarnicos.com/project/tecnocarnicos/resumen/dateien/cecilia_yamamura_ajinomoto.pdf)> [Consulta: 09/08/16].
- Zacarías I y Olivares S. (2015). . ”Etiquetado Nutricional de los Alimentos”, INTA, [En línea]<  
[http://www.inta.cl/material\\_educativo/cd/Etiquet.pdf](http://www.inta.cl/material_educativo/cd/Etiquet.pdf)>[Consulta: 21/10/15]`.
- Zarate P, Zarate M, Carrillo M, Portilla O. (2012). Importancia de la producción de transglutaminasa microbiana para su aplicación en alimentos. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. 4(8):1-13.

## 9 ANEXOS

### 9.1 Anexo 1: Composición de aminoácidos no esenciales del grano de quínoa.

**Tabla 16:** Composición de aminoácidos no esenciales del grano de quínoa.

| Aminoácidos no esenciales | mg/g de quínoa |
|---------------------------|----------------|
| Acido Aspártico           | 80,3           |
| Acido Glutámico           | 132,1          |
| Serina                    | 40,2           |
| Glicina                   | 49,2           |
| Alanina                   | 41,6           |
| Tirosina                  | 18,9           |
| Cistina                   | 14,4           |

(Abugoch, 2009).

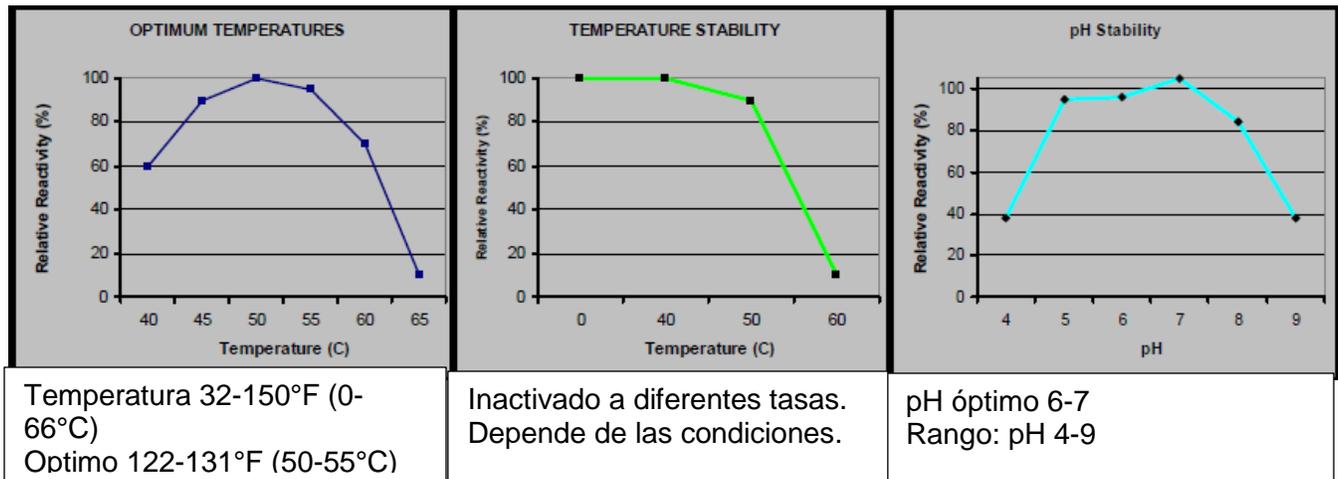
**9.2 Anexo 2:** Composición de aminoácidos no esenciales de la harina de quínoa.

**Tabla 17:** Composición de aminoácidos no esenciales de la harina de quínoa

| Aminoácidos no esenciales | g/100 g de harina |
|---------------------------|-------------------|
| Acido Aspártico           | 0,9-1,4           |
| Acido Glutámico           | 1,5-3,2           |
| Serina                    | 0,5-0,9           |
| Glicina                   | 0,6-1,3           |
| Alanina                   | 0,4-1,1           |
| Tirosina                  | 0,3-0,7           |
| Cistina                   | 0,1-0,2           |

(Castro, 2005)

### 9.3 Anexo 3: Rangos de pH y temperatura de la transglutaminasa.



(Activa SGT-M, 2015).

**Figura 8:** Rangos de pH y temperatura de la transglutaminasa.

**9.4 Anexo 4:** Cálculos cantidad de enzima transglutaminasa a utilizar en la elaboración de la tortilla para tacos libre de gluten.

a) Cálculo cantidad de enzima mínima 1 U tg/g de proteína de harina de harina de quínoa:

$$\frac{1 \text{ Utg}}{1 \text{ g de proteína}} = \frac{x \text{ Utg}}{7,1 \text{ g de proteína}}$$

x= 7,1 U tg.

$$\frac{1 \text{ g de polvo}}{27 \text{ UTg}} = \frac{x \text{ g de polvo}}{7,1 \text{ g UTg}}$$

x= 0,260 g de polvo que contiene la enzima.

b) Cálculo cantidad de enzima media 5U tg/g

$$\frac{5 \text{ Utg}}{1 \text{ g de proteína}} = \frac{x \text{ Utg}}{7,1 \text{ g de proteína}}$$

x= 35,5 U tg.

$$\frac{1 \text{ g de polvo}}{27 \text{ UTg}} = \frac{x \text{ g de polvo}}{35,5 \text{ UTg}}$$

x= 1,315 g de polvo que contiene la enzima.

c) Cálculo cantidad de enzima máxima 10 U tg/ g de proteína

$$\frac{10 \text{ Utg}}{1 \text{ g de proteína}} = \frac{x \text{ Utg}}{7,1 \text{ g de proteína}}$$

x= 71 U tg.

$$\frac{1 \text{ g de polvo}}{27 \text{ UTg}} = \frac{x \text{ g de polvo}}{71 \text{ UTg}}$$

x= 2,630 g de polvo que contiene la enzima.

**9.5 Anexo 5:** Composición nutricional de la harina de quínoa proveniente de la VI región, de la localidad de Paredones:

**Tabla 18:** Composición nutricional de la harina de quínoa proveniente de la VI región, de la localidad de Paredones.

| <b>Composición nutricional g/100g de harina</b> |             |
|---|-------------|
| <b>Energía (Kcal)</b>                           | <b>373</b>  |
| <b>Proteína</b>                                 | <b>14,2</b> |
| <b>Grasa total</b>                              | <b>6,4</b>  |
| <b>Hidrato de carbono</b>                       | <b>64,7</b> |
| <b>Humedad (%)</b>                              | <b>11</b>   |
| <b>Sodio (mg)</b>                               | <b>23</b>   |
| <b>Calcio (mg)</b>                              | <b>46</b>   |
| <b>Hierro (mg)</b>                              | <b>5,8</b>  |
| <b>Fitoestrogenos</b>                           |             |
| <i>Daidzaina (mg)</i>                           | <b>37,8</b> |
| <i>Gneisteina (mg)</i>                          | <b>13,9</b> |
| <b>Fibra cruda</b>                              | <b>2,2</b>  |
| <b>Cenizas (%)</b>                              | <b>1,47</b> |

(Las Nieves, 2016).

**9.6 Anexo 6:** Exigencias del producto, según el Reglamento Sanitario de los Alimentos farináceos. (RSA (2015)).

---

## **DE LOS ALIMENTOS FARINACEOS**

### **Párrafo I** ***Disposiciones generales***

**ARTÍCULO 346.-** La denominación genérica de alimentos farináceos está reservada para designar a los productos naturales, simples o transformados, que se caracterizan por contener sustancias amiláceas como componente dominante, acompañado o no de otros nutrientes, tales como proteínas, grasas, azúcares y otros.

**ARTÍCULO 359.-** El pan, los pasteles, las masas, pastas y otros productos de pastelería y repostería, no deberán contener sustancias extrañas, insectos, parte de estos o sus estados evolutivos, ni ácaros.

**ARTÍCULO 360.-** Las mezclas de aditivos mejoradores de panificación usados en la industria panadera no deberán contener bromato de potasio.

**9.7 Anexo 7:** Fotografías del panel sensorial realizado.



**9.8 Anexo 8:** Ficha evaluación sensorial de las tortillas para tacos.

**HOJA DE RESPUESTA  
EVALUACIÓN DE CALIDAD**

**Producto:** Tortillas para tacos.

Nombre:

Fecha:

Por favor califique la calidad de las muestras según la escala de valoración presentada.

Escala de valoración

- 7 Muy bueno
- 6 Bueno
- 5 Satisfactorio
- 4 Regular
- 3 Defectuoso
- 2 Malo
- 1 Muy malo

Muestra:

| Atributo                | Puntaje | Observaciones (Defectos si la nota es 5 o inferior ) |
|-------------------------|---------|--|
| 1.-Apariencia/Forma     |         |  |
| 2.-Sabor                |         |  |
| 3.-Textura              |         |  |
| <b>4.-Calidad total</b> |         |  |

El producto evaluado es comercializable: SI NO

Muestra:

| Atributo                | Puntaje | Observaciones (Defectos si la nota es 5 o inferior ) |
|-------------------------|---------|--|
| 1.-Apariencia/Forma     |         |  |
| 2.-Sabor                |         |  |
| 3.-Textura              |         |  |
| <b>4.-Calidad total</b> |         |  |

El producto evaluado es comercializable: SI NO

## TEST DESCRIPTIVO CONTRA CONTROL

### Instrucciones

- Pruebe el control primero
- Pruebe la muestra.
- Para la muestra, califique GRADO Y DIRECCIÓN de diferencia con el control en cada atributo.
- alguna(s) de la(s) muestra(s) pueden ser similar(es) al control.

### MUESTRA CON RESPECTO AL CONTROL:

Primero compare la muestra y su control en forma visual:

#### Intensidad de color:

| -5                  | -4 | -3 | -2                 | -1 | 0                | +1 | +2               | +3 | +4 | +5                |
|---------------------|----|----|--------------------|----|------------------|----|------------------|----|----|-------------------|
| Mucho menos intenso |    |    | Algo menos intenso |    | Igual al control |    | Algo más intenso |    |    | Mucho más intenso |

#### Forma circular:

| -5                   | -4 | -3 | -2                  | -1 | 0                | +1 | +2                | +3 | +4 | +5                 |
|----------------------|----|----|---------------------|----|------------------|----|-------------------|----|----|--------------------|
| Mucho menos circular |    |    | Algo menos circular |    | Igual al control |    | Algo más circular |    |    | Mucho más circular |

#### Tamaño:

| -5                | -4 | -3 | -2               | -1 | 0                | +1 | +2              | +3 | +4 | +5               |
|-------------------|----|----|------------------|----|------------------|----|-----------------|----|----|------------------|
| Mucho más pequeño |    |    | Algo más pequeño |    | Igual al control |    | Algo más grande |    |    | Mucho más grande |

#### Grosor:

| -5                 | -4 | -3 | -2                | -1 | 0                | +1 | +2              | +3 | +4 | +5               |
|--------------------|----|----|-------------------|----|------------------|----|-----------------|----|----|------------------|
| Mucho menos grueso |    |    | Algo menos grueso |    | Igual al control |    | Algo más grueso |    |    | Mucho más grueso |

#### Bordes (observe el borde de la tortilla para tacos):

| -5                    | -4 | -3 | -2                   | -1 | 0                | +1 | +2                 | +3 | +4 | +5                  |
|-----------------------|----|----|----------------------|----|------------------|----|--------------------|----|----|---------------------|
| Mucho menos definidos |    |    | Algo menos definidos |    | Igual al control |    | Algo más definidos |    |    | Mucho más definidos |

#### Olor

| -5                   | -4 | -3 | -2                        | -1 | 0                | +1 | +2                      | +3 | +4 | +5                 |
|----------------------|----|----|---------------------------|----|------------------|----|-------------------------|----|----|--------------------|
| Menos característico |    |    | Algo menos característico |    | Igual al control |    | Algo más característico |    |    | Más característico |

Ahora pruebe el control y luego la muestra y evalúe los siguientes atributos:

**Intensidad de amargor:**

| -5                  | -4 | -3 | -2                 | -1 | 0                | +1 | +2               | +3 | +4 | +5                |
|---------------------|----|----|--------------------|----|------------------|----|------------------|----|----|-------------------|
| Mucho menos intenso |    |    | Algo menos intenso |    | Igual al control |    | Algo más intenso |    |    | Mucho más intenso |

**Intensidad de salado:**

| -5                  | -4 | -3 | -2                 | -1 | 0                | +1 | +2               | +3 | +4 | +5                |
|---------------------|----|----|--------------------|----|------------------|----|------------------|----|----|-------------------|
| Mucho menos intenso |    |    | Algo menos intenso |    | Igual al control |    | Algo más intenso |    |    | Mucho más intenso |

**Sabor general (Característico a quínoa):**

| -5                   | -4 | -3 | -2                        | -1 | 0                | +1 | +2                      | +3 | +4 | +5                 |
|----------------------|----|----|---------------------------|----|------------------|----|-------------------------|----|----|--------------------|
| Menos característico |    |    | Algo menos característico |    | Igual al control |    | Algo más característico |    |    | Más característico |

Ahora compare la textura del control y luego de la muestra y evalúe los siguientes atributos:

**Rollabilidad o flexibilidad (Doble con sus manos la masa) :**

| -5              | -4 | -3 | -2                    | -1 | 0                | +1 | +2                  | +3 | +4 | +5             |
|-----------------|----|----|-----------------------|----|------------------|----|---------------------|----|----|----------------|
| Poco enrollable |    |    | Algo menos enrollable |    | Igual al control |    | Algo más enrollable |    |    | Muy enrollable |

**Firmeza (Esfuerzo para romperse):**

| -5         | -4 | -3 | -2               | -1 | 0                | +1 | +2             | +3 | +4 | +5        |
|------------|----|----|------------------|----|------------------|----|----------------|----|----|-----------|
| Cero firme |    |    | Algo menos firme |    | Igual al control |    | Algo más firme |    |    | Muy firme |

***¡Muchas Gracias!***

**9.9 Anexo 9:** Cálculo reducción de sal en un 30% al producto.

Cantidad inicial: 0,7 g de sal en la mezcla.

$$0,7g * 0.3 = 0,21 g$$

$$0.7g - 0.21g = 0,49g \text{ de sal}$$

Finalmente 0,49g de sal se adicionan a la mezcla. Por otra parte del 30% reducido, se agrega un 2% del aditivo natural reductor de sal, para generar el reemplazo.

$$0,21 * 0,02 = 0,0042g \text{ aditivo reductor}$$

Por último como la cantidad del aditivo es casi despreciable, se agregó una gota a la mezcla.

**9.10 Anexo 10:** Cálculos análisis proximal realizado.

a) Cálculo del contenido de humedad en duplicado.

| Peso muestra quínoa (g) | % de humedad   |
|-------------------------|----------------|
| 1,0802                  | 30,397         |
| 1,1430                  | 30,384         |
| Promedio                | 30,304 ± 0,004 |

| Peso muestra Marca Ideal (g) | % de humedad   |
|------------------------------|----------------|
| 1,170                        | 30,276         |
| 1,157                        | 29,358         |
| Promedio                     | 29,817 ± 0,649 |

b) Cálculo del contenido de cenizas en duplicado:

\*Pesos iniciales

| Peso crisol + muestra         | Peso crisol + Contra muestra  |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 37,2622 + 2,9499 =<br>40,2121 | 29,6877 +<br>2,9651 = 32,6528 |

\*Pesos finales

| Cenizas muestra               | Cenizas Contra muestra        |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 37,3343 - 37,2622 =<br>0,0721 | 29,7591 - 29,6877<br>= 0,0714 |

$$\frac{2,9499g}{100\%} = \frac{0,0721}{x\%}$$

x=2,42%

$$\frac{2,9651g}{100\%} = \frac{0,0714}{x\%}$$

x=2,40%

Promedio (%):

$$\frac{2,42 + 2,40}{2} = 2,41 \pm 0,01$$

Porcentaje promedio cenizas:  $2,41 \pm 0,01$  g en 100g de producto.

c) Cálculo determinación del contenido de materia grasa.

Pesos iniciales:

a) Muestra = 3,0058g.

b) Contra muestra= 3,0018g.

Peso Matraces:

a) Matraz muestra=113,1621g

b) Matraz contra muestra= 111,3270g

Pesos finales matraz más aceite:

a) Matraz más aceite muestra= 113,4287g

b) Matraz más aceite contra muestra= 111,5944g

Diferencia de peso muestra: 0,2666g

Diferencia de peso contra muestra: 0,2674g

Peso muestra inicial: 3,0058g

Peso contra muestra inicial: 3,0018g

Peso final aceite obtenido muestra: 0,2666g

Peso final aceite obtenido contra muestra: 0,2674g

$$\frac{3,0058g \text{ muestra}}{100\%} = \frac{0,2666g \text{ muestra}}{x \%}$$

Porcentaje de materia grasa muestra: 8,87%

$$\frac{3,0018g \text{ muestra}}{100\%} = \frac{0,2674g \text{ muestra}}{x \%}$$

Porcentaje de materia grasa contra muestra: 8,91%

Porcentaje promedio materia grasa: 8,89± 0,03

d) Determinación del contenido de proteínas.

$$\text{Cálculo g de N que contiene la tortilla} = \frac{14,2g}{6,25} = 2,272g$$

$$\frac{2,272g}{100g} = \frac{0,03g}{x g}$$

X= 1,32g de tortilla

a) Muestra: 1,3213g

b) Contra muestra: 1,3206g

ml gastados de NaOH muestra= 34,5 ml

ml gastados de NaOH contra muestra= 34,55 ml.

Cálculo:

$$\text{Mg N} = (V_{H_2SO_4} * N_{H_2SO_4} - V_{NaOH} * N_{NaOH}) * 14$$

Datos:

V H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>= 50 ml

N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>= 0,1 N

V muestra NaOH= 34,5 ml

V contra muestra NaOH= 34,55 ml

N NaOH= 0,1 N.

Reemplazando muestra:

$$\text{mg N} = (50 \text{ ml } H_2SO_4 * 0,1 H_2SO_4 - 34,5 \text{ ml NaOH} * 0,1 NaOH) * 14$$

$$\text{mg N} = (5 H_2SO_4 - 3,45 NaOH) * 14$$

$$\text{mg N} = 1,55 * 14 = 21,7$$

$$\frac{21,7 \text{ mg} * 6,25 * 100}{1321,3 \text{ mg}} = 10,27\% \text{ de proteína}$$

Reemplazando contra muestra:

$$\text{mg N} = (50 \text{ ml } \text{H}_2\text{SO}_4 * 0,1 \text{ H}_2\text{SO}_4 - 34,55 \text{ ml NaOH} * 0,1 \text{ NaOH}) * 14$$

$$\text{mg N} = (5 \text{ H}_2\text{SO}_4 - 3,455 \text{ NaOH}) * 14$$

$$\text{mg N} = 1,55 * 14 = 21,63$$

$$\frac{21,63 \text{ mg} * 6,25 * 100}{1320,6 \text{ mg}} = 10,24\% \text{ de proteína}$$

Promedio de porcentaje de proteína:  $10,26 \pm 0,02$

e) Cálculo de la determinación del contenido de carbohidratos:

Se calculó por diferencia de peso en 100g de producto:

*Carbohidratos* =

$$(100 - (2,42 \text{ g de cenizas} + 10,26 \text{ g de proteínas} + 8,89 \text{ g de materia grasa} + 30 \text{ g de humedad})) = 48,43 \text{ g de carbohidratos.}$$

f) Cálculo de la determinación de las energía calórica en Kcal:

$$\text{Proteína: } 10,26 \text{ g} * 4 \text{ Kcal/g} = 41,04 \text{ kcal}$$

$$\text{Materia grasa: } 8,89 \text{ g} * 9 \text{ Kcal/g} = 80,01 \text{ Kcal}$$

$$\text{Carbohidratos: } 48,43 \text{ g} * 4 \text{ Kcal/g} = 193,72 \text{ Kcal}$$

$$\text{Total Kcal: } 314,77 \text{ Kcal.}$$

### 9.11 Anexo 11: Cálculos teóricos del desglose del análisis proximal realizado.

$45g \text{ de agua} + 4g \text{ de agua} = 49g \text{ agua}/105g \text{ de masa} \rightarrow 46,67\% \text{ de agua en la masa}$

La humedad de la tortilla fue de 30%.

$$46,67\% - 30\% = 16,67\% \rightarrow \text{agua perdida}$$

En 105g de masa:

$$\frac{16,67}{x} = \frac{100}{105}$$

X=17,5g de agua en 105g de masa, por lo tanto:

$$105g - 17,50 = 87,5 \text{ masa horneada(tortilla)}$$

→Cálculo desglose carbohidratos:

48,43g de carbohidratos en 100g de tortilla.

Se añadió 0,5g de azúcar a 87,5g de tortilla.

$$\frac{0,5g \text{ azúcar}}{x} = \frac{87,5g \text{ de tortilla}}{100g \text{ de tortilla}}$$

X= 0,57g en 100g → 0,57%

$$48,43\% - 0,57\% \text{ azúcar añadida} = 47,86g \text{ de carbohidratos}$$

La quínoa aporta un 58% de almidón, por lo tanto:

$$47,86 * 0,58 = 27,76g \text{ de almidón}$$

$$47,86g \text{ carbohidratos} - 27,76g \text{ almidón} = 20,10g \text{ de azúcares en 100g}$$

$$\text{Azúcares totales: } 20,10g \text{ azúcar} + 0,57g \text{ azúcar añadida} = 20,67g \text{ en 100g de tortilla}$$

Por porción 30g,

$$\frac{20,67g \text{ de azúcares}}{x} = \frac{100g}{30g}$$

X=6,20 g de azúcares por porción.

→Desglose materia grasa:

**Manteca:** 2g de manteca en 87,5g de tortilla.

$$\frac{2g \text{ de manteca}}{x} = \frac{87,5g \text{ de tortilla}}{30g}$$

X= 0,69g de manteca en 30g de tortilla.

→Si 44g de grasa saturada están en 100g de manteca

$$\frac{44g \text{ de grasa saturada}}{x} = \frac{100g \text{ de manteca}}{0,69g \text{ de manteca en tortilla}}$$

X= 0,30g de grasa saturada en 30g de tortilla, en 100g:

$$\frac{0,30g \text{ de grasa saturada}}{x} = \frac{30g}{100g}$$

X=1,00g de grasa saturada en 100g de tortilla.

→0,4g de grasa trans en 100g de manteca

$$\frac{0,4g \text{ de grasa trans}}{x} = \frac{100g \text{ de manteca}}{0,69g \text{ de manteca en tortilla}}$$

X=2,76x10<sup>-3</sup>g ~ 0g de grasas trans en 30g de producto. En 100g:

$$\frac{2,76x10^{-3}g \text{ de grasa trans}}{x} = \frac{30g \text{ tortilla}}{100g \text{ tortilla}}$$

X=9,2x10<sup>-3</sup>g de grasa trans.~ 0g en 100g de tortilla.

→112mg de colesterol en 100g de manteca:

$$\frac{112\text{mg de colesterol}}{x} = \frac{100\text{g de manteca}}{0,69\text{g de manteca en tortilla}}$$

X=0,77mg de colesterol en 30g, en 100g:

$$\frac{0,77\text{mg de colesterol}}{x} = \frac{30\text{g tortilla}}{100\text{g tortilla}}$$

X=2,57mg de colesterol en 100g de tortilla.

→37g de grasa mono insaturada en 100g de manteca

$$\frac{37\text{g de grasa mono insaturada}}{x} = \frac{100\text{g de manteca}}{0,69\text{g de manteca en tortilla}}$$

X=0,25g de grasa mono insaturada en 30g de tortilla, en 100g:

$$\frac{0,25\text{g de grasa mono insaturada}}{x} = \frac{30\text{g tortilla}}{100\text{g tortilla}}$$

X=0,83g de grasa mono insaturada en 100g de tortilla.

→19g de grasa poli insaturada en 100g de manteca:

$$\frac{19\text{g de grasa poli insaturada}}{x} = \frac{100\text{g de manteca}}{0,69\text{g de manteca en tortilla}}$$

X=0,13g de grasa poli insaturada en 30g de tortilla, en 100g:

$$\frac{0,13\text{g de grasa mono insaturada}}{x} = \frac{30\text{g tortilla}}{100\text{g tortilla}}$$

X=0,43g de grasa poli insaturada en 100g de tortilla.

**Quínoa:**

\*No tiene colesterol

\*No tiene grasas trans

2g de manteca están en 87,5g de tortilla, en 100g:

$$\frac{2g \text{ de manteca}}{x} = \frac{87,5g \text{ tortilla}}{100g \text{ tortilla}}$$

X=2,29g de manteca en 100g de tortilla, 2,29%, por lo tanto:

$$8,89\% - 2,29\% = 6,6\%$$

→Quínoa tiene 11,2% de grasa saturada

$$6,6 * 0,112 = 0,74g \text{ de grasa saturada en } 100g \text{ de tortilla}$$

Por porción (30g):

$$\frac{0,74g \text{ de grasa saturada}}{x} = \frac{100g \text{ tortilla}}{30g \text{ tortilla}}$$

X=0,22g de grasa saturada en 30g de tortilla.

→Tiene un 25,3% de grasa mono insaturada.

$$6,6 * 0,253 = 1,67g \text{ de grasa mono insaturada en } 100g \text{ de totilla}$$

Por porción (30g):

$$\frac{1,67g \text{ de grasa mono insaturada}}{x} = \frac{100g \text{ tortilla}}{30g \text{ tortilla}}$$

X=0,50g de grasa mono insaturada en 30g de tortilla.

→Tiene un 63,5% de grasa poli insaturada.

$$6,6 * 0,635 = 4,19g \text{ de grasa poli insaturada en } 100g \text{ de totilla}$$

Por porción (30g):

$$\frac{4,19g \text{ de grasa poli insaturada}}{x} = \frac{100g \text{ tortilla}}{30g \text{ tortilla}}$$

X=1,26g de grasa poli insaturada en 30 de tortilla.

**Grasa total por porción (30g) y en 100g de tortilla:**

***Grasa saturada total: grasa saturada manteca + grasa saturada quínoa***

*Grasa saturada total: 0,30g + 0,22g = 0,52g de grasa saturada por porción*

*Grasa saturada total: 1g + 0,74g = 1,74g de grasa saturada en 100g.*

***Grasa mono insaturada total: grasa mono insat manteca + grasa mono insat quínoa***

*Grasa mono insaturada total: 0,25g + 0,50g = 0,75g de grasa mono insat por porción*

*Grasa mono insaturada total: 0,83g + 1,67g = 2,5g de grasa mono insat en 100g*

***Grasa poli insaturada total: grasa poli insat manteca + grasa poli insat quínoa***

*Grasa poli insaturada total: 0,13g + 1,26g = 1,39g de grasa poli insat por porción*

*Grasa poli insaturada total: 0,43g + 4,19g = 4,62g de grasa poli insat en 100g*

Colesterol por porción (30g) 0,77mg y en 100g 2,57mg.

→Desglose cenizas (Sodio):

La harina de quínoa aporta 23mg de sodio en 100g de harina, en este caso ocupe 50g de harina, por lo tanto:

$$\frac{23 \text{ mg de Na}}{x} = \frac{100 \text{ g de harina}}{50 \text{ g de harina}}$$

X=11,5 mg de Na entregado por la harina de quínoa.

Por otra parte se agregó 490mg de sal (NaCl). 1g de sal está compuesta aproximadamente de 0,4g de Na (Cecu, 2010). Equivalente a 400mg por ende 600mg son de cloro, por lo tanto:

$$\frac{1000\text{mg de sal}}{490\text{mg}} = \frac{400\text{mg de Na}}{x\text{mg de Na}}$$

X=196mg de Na agregada.

**Tabla 19:** Cuadro resumen aporte de Na por aditivos, enzima y levadura.

| Aditivos y enzima    | mg/100g  | Cantidad adicionada a la fórmula (g) | Na (mg) |
|----------------------|----------|--------------------------------------|---------|
| Glutamato monosódico | 12.290,0 | 0,050                                | 6,145   |
| Esterlac             | 3.440,0  | 0,300                                | 10,320  |
| Carragenina          | 2.964,8  | 0,200                                | 5,930   |
| Enzima               | 187,0    | 1,315                                | 2,459   |
| Levadura             | 75       | 1,000                                | 0,750   |
| Total Na             |          |                                      | 25,604  |

\*El resto de los aditivos e ingredientes no aportan Na.

**Tabla 20:** Cuadro resumen Na total de la tortilla.

| Componente                    | mg de Na |
|-------------------------------|----------|
| Harina de quínoa              | 11,500   |
| Na adicionado                 | 196,000  |
| Na total de aditivos y enzima | 25,604   |
| Total Na                      | 233,104  |

$$\frac{233,104 \text{ mg de sal}}{x} = \frac{87,5 \text{ g de tortilla}}{100 \text{ g de tortilla}}$$

X=266,40 de Na en 100g de tortilla, por porción (30g):

$$\frac{266,40 \text{ mg de sal}}{x} = \frac{100 \text{ g de tortilla}}{30 \text{ g de tortilla}}$$

X=79,92 mg de sal por porción.

**9.12 Anexo 12:** Límites de los descriptores según el decreto N°88, publicado el 2011.

Según decreto N°88:

| <b>GRASA SATURADA</b> | <b>DESCRIPTOR</b>  | <b>CONDICIÓN REQUERIDA</b>   |
|-----------------------|--|--|
|                       | <b>“LIBRE”</b><br><b>“NO CONTIENE”</b><br><b>“EXENTO”</b><br><b>“SIN”</b><br><b>“CERO”</b><br><b>“0”</b><br><b>“0%”</b><br><b>“NO TIENE”</b> | La porción de consumo habitual contiene menos de 0,5 g de grasa saturada y deberá ser libre de grasas trans (máximo 0,2 g de ácidos grasos trans por porción de consumo habitual). |

Por porción hay 0,52g > 0,5g, de grasa saturada y 0,00276g < 0,2 g de ácidos grasos trans. Por lo tanto no cumple con este descriptor.

|  | <b>DESCRIPTOR</b>  | <b>CONDICIÓN REQUERIDA</b>  |
|--|--|---|
| <b>GRASA TRANS<br/>ACIDOS GRASOS<br/>TRANS</b> | <b>“LIBRE”</b><br><b>“NO CONTIENE”</b><br><b>“EXENTO”</b><br><b>“SIN”</b><br><b>“CERO”</b><br><b>“0”</b><br><b>“0%”</b><br><b>“NO TIENE”</b> | La porción de consumo habitual contiene menos de 0,5 g de grasa saturada y deberá contener como máximo 0,2 g de grasas trans. |

Por porción hay 0,52g > 0,5g, de grasa saturada y 0,00276g < 0,2 g de ácidos grasos trans. Por lo tanto no cumple con este descriptor.

| <b>COLESTEROL</b> | <b>DESCRIPTOR</b>  | <b>CONDICIÓN REQUERIDA</b>  |
|-------------------|--|---|
|                   | <b>“LIBRE”</b><br><b>“NO CONTIENE”</b><br><b>“EXENTO”</b><br><b>“SIN”</b><br><b>“CERO”</b><br><b>“0”</b><br><b>“0%”</b><br><b>“NO TIENE”</b> | La porción de consumo habitual contiene menos de 2 mg de colesterol, menos de 2 g de grasa saturada y es libre de grasas trans (máximo 0,2 g de ácidos grasos trans por porción de consumo habitual). |

Por porción hay 0,77mg < 2 mg de colesterol, además de 0,52g < 2g de grasa saturada y 0,00276g < 0,2 g de ácidos grasos trans. Por lo tanto cumple con este descriptor.

**9.13 Anexo 13:** Detalle de pruebas múltiple de rangos, de los parámetros texturales aplicados al centro de las muestras.

0= Muestra quínoa

1= Marca Ideal

2= Marca Pancho Villa

**Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza máxima (N) y Fuerza elástica máxima (N) por A.Muestras**

Método: 95,0 porcentaje LSD

| <i>A.Muestras</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 0                 | 3            | 5,06167      | X                        |
| 1                 | 3            | 7,60767      | X                        |
| 2                 | 3            | 7,72067      | X                        |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 0 – 1            | *           | -2,546            | 0,217187           |
| 0 – 2            | *           | -2,659            | 0,217187           |
| 1 – 2            |             | -0,113            | 0,217187           |

\* indica una diferencia significativa.

**El StatAdvisor**

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**Pruebas de Múltiple Rangos para A.Extensión Fuerza máxima (mm) por A.Muestras**

Método: 95,0 porcentaje LSD

| <i>A.Muestras</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 0                 | 3            | 1,67367      | X                        |
| 1                 | 3            | 2,07633      | X                        |
| 2                 | 3            | 2,573        | X                        |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 0 – 1            | *           | -0,402667         | 0,322316           |
| 0 – 2            | *           | -0,899333         | 0,322316           |
| 1 – 2            | *           | -0,496667         | 0,322316           |

\* indica una diferencia significativa.

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Deformación Fuerza máxima (%) y Deformación elástica máxima (%) por A.Muestras**

Método: 95,0 porcentaje LSD

| <i>A.Muestras</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 1                 | 3            | 10,388       | X                        |
| 2                 | 3            | 12,9497      | X                        |
| 0                 | 3            | 20,8867      | X                        |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 0 – 1            | *           | 10,4987           | 3,95327            |
| 0 – 2            | *           | 7,937             | 3,95327            |
| 1 – 2            |             | -2,56167          | 3,95327            |

\* indica una diferencia significativa.

**9.14 Anexo 14:** Detalle de pruebas múltiple de rangos de los parámetros texturales aplicados al borde de las muestras.

0= Muestra quínoa

1= Marca Ideal

2= Marca Pancho Villa

**Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza máxima (N) y Fuerza elástica máxima (N) por B.Muestras**

Método: 95,0 porcentaje LSD

| <i>B.Muestras</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 0                 | 3            | 5,75433      | X                        |
| 1                 | 3            | 7,59233      | X                        |
| 2                 | 3            | 7,857        | X                        |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 0 – 1            | *           | -1,838            | 0,889834           |
| 0 – 2            | *           | -2,10267          | 0,889834           |
| 1 – 2            |             | -0,264667         | 0,889834           |

\* indica una diferencia significativa.

**Pruebas de Múltiple Rangos para B.Extensión fuerza máxima (mm) por B.Muestras**

Método: 95,0 porcentaje LSD

| <i>B.Muestras</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 0                 | 3            | 1,15867      | X                        |
| 1                 | 3            | 2,38133      | X                        |
| 2                 | 3            | 3,05567      | X                        |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 0 – 1            | *           | -1,22267          | 0,5399             |
| 0 – 2            | *           | -1,897            | 0,5399             |
| 1 – 2            | *           | -0,674333         | 0,5399             |

\* indica una diferencia significativa.

**Pruebas de Múltiple Rangos para Deformación Fuerza máxima (%) y Fuerza elástica máxima (%) por B.Muestras**

Método: 95,0 porcentaje LSD

| <i>B.Muestras</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 1                 | 3            | 12,3933      | X                        |
| 0                 | 3            | 14,4783      | X                        |
| 2                 | 3            | 15,3733      | X                        |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferenci<br/>a</i> | <i>+/- Límites</i> |
|------------------|-------------|------------------------|--------------------|
| 0 - 1            |             | 2,085                  | 5,77711            |
| 0 - 2            |             | -0,895                 | 5,77711            |
| 1 - 2            |             | -2,98                  | 5,77711            |

\* indica una diferencia significativa.

**9.15 Anexo 15:** Detalle test de valoración de calidad y respuestas de comercialización.

| Juez                           | Tortilla en base a harina de quínoa<br>(Producto comercial) |             |             |               |                                       |                     |          | Tortilla en base harina de trigo integral<br>(producto comercial) |            |            |               |             |                     |          |
|--------------------------------|---|-------------|-------------|---------------|---------------------------------------|---------------------|----------|---|------------|------------|---------------|-------------|---------------------|----------|
|                                | Apariencia /<br>forma                                       | Sabor       | Textura     | Calidad total | Comentarios                           | Comercializa<br>ble | %        | Apariencia /<br>forma   | Sabor      | Textura    | Calidad total | Comentarios | Comercializa<br>ble | %        |
| 1                              | 5,5   | 6           | 5,3         | 5,8           |                                       | Si                  | 100      | 5,5   | 5,5        | 6,0        | 5,7           |             | Si                  | 100      |
| 2                              | 6   | 6           | 5,5         | 5,8           |                                       | Si                  | 100      | 6   | 5,8        | 6,2        | 6,0           |             | Si                  | 100      |
| 3                              | 6   | 6           | 5,5         | 6             |                                       | Si                  | 100      | 7,0   | 6,0        | 6,5        | 6,5           |             | Si                  | 100      |
| 4                              | 6,5   | 5,5         | 5,3         | 5,9           | Fácil de romper,<br>Amargor residual. | Si                  | 100      | 7,0   | 6,8        | 7,0        | 6,9           | .           | Si                  | 100      |
| 5                              | 6,3   | 5,8         | 5           | 5,8           | Fácil de romper                       | Si                  | 100      | 6,5   | 7,0        | 7,0        | 6,8           |             | Si                  | 100      |
| 6                              | 6   | 6,5         | 5,5         | 6             |                                       | Si                  | 100      | 6,5   | 6,5        | 6,5        | 6,5           |             | Si                  | 100      |
| 7                              | 6   | 7           | 6           | 6,3           |                                       | Si                  | 100      | 5,5   | 6,0        | 5,5        | 5,8           |             | Si                  | 100      |
| 8                              | 5,5   | 6           | 5           | 6             |                                       | Si                  | 100      | 6,0   | 7,0        | 6,0        | 6,5           |             | Si                  | 100      |
| <b>Promedio</b>                | <b>6,0</b>  | <b>6,1</b>  | <b>5,4</b>  | <b>6,0</b>    |                                       | -                   | <b>1</b> | <b>6,3</b>  | <b>6,3</b> | <b>6,3</b> | <b>6,3</b>    |             | -                   | <b>1</b> |
| <b>Desviación<br/>Estándar</b> | <b>0,35</b>   | <b>0,46</b> | <b>0,32</b> | <b>0,17</b>   |                                       | -                   |          | <b>0,6</b>  | <b>0,6</b> | <b>0,5</b> | <b>0,5</b>    |             | -                   |          |

## 9.16 Anexo 16: Anova multifactorial (análisis de varianza) de dos factores (muestras y jueces).

### ANOVA Multifactorial - Apariencia/Forma

Variable dependiente: Apariencia/Forma

Factores:

Jueces

Muestras

Número de casos completos: 16

#### **El StatAdvisor**

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de varios factores para Apariencia/Forma. Realiza varias pruebas y gráficas para determinar que factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Apariencia/Forma. También evalúa la significancia de las interacciones entre los factores, si es que hay suficientes datos. Las pruebas-F en la tabla ANOVA le permitirán identificar los factores significativos. Para cada factor significativo, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La Gráfica de Medias y la Gráfica de Interacciones le ayudarán a interpretar los efectos significativos. Las Gráficas de Residuos le ayudarán a juzgar si los datos han violado los supuestos subyacentes al análisis de varianza.

#### **Análisis de Varianza para Apariencia/Forma - Suma de Cuadrados Tipo III**

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |           |                       |                |                |
| A:Jueces                    | 2,6175                   | 7         | 0,373929              | 3,65           | 0,0546         |
| B:Muestras                  | 0,3025                   | 1         | 0,3025                | 2,95           | 0,1295         |
| RESIDUOS                    | 0,7175                   | 7         | 0,1025                |                |                |
| TOTAL (CORREGIDO)           | 3,6375                   | 15        |                       |                |                |

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### ANOVA Multifactorial - Sabor

Variable dependiente: Sabor

Factores:

Jueces

Muestras

Número de casos completos: 16

#### **Análisis de Varianza para Sabor - Suma de Cuadrados Tipo III**

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |           |                       |                |                |
| A:Jueces                    | 1,2875                   | 7         | 0,183929              | 0,51           | 0,8005         |
| B:Muestras                  | 0,2025                   | 1         | 0,2025                | 0,57           | 0,4766         |
| RESIDUOS                    | 2,5075                   | 7         | 0,358214              |                |                |
| TOTAL (CORREGIDO)           | 3,9975                   | 15        |                       |                |                |

### ANOVA Multifactorial - Textura

Variable dependiente: Textura

Factores:

Jueces

Muestras

Número de casos completos: 16

**Análisis de Varianza para Textura - Suma de Cuadrados Tipo III**

| <i>Fuente</i>        | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|----------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES |                          |           |                       |                |                |
| A:Jueces             | 0,6575                   | 7         | 0,0939286             | 0,34           | 0,9126         |
| B:Muestras           | 3,61                     | 1         | 3,61                  | 12,96          | 0,0087         |
| RESIDUOS             | 1,95                     | 7         | 0,278571              |                |                |
| TOTAL (CORREGIDO)    | 6,2175                   | 15        |                       |                |                |

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**ANOVA Multifactorial - Calidad total**

Variable dependiente: Calidad total

Factores:

Jueces

Muestras

Número de casos completos: 16

**Análisis de Varianza para Calidad total - Suma de Cuadrados Tipo III**

| <i>Fuente</i>        | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|----------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES |                          |           |                       |                |                |
| A:Jueces             | 0,694375                 | 7         | 0,0991964             | 0,75           | 0,6423         |
| B:Muestras           | 0,600625                 | 1         | 0,600625              | 4,55           | 0,0704         |
| RESIDUOS             | 0,924375                 | 7         | 0,132054              |                |                |
| TOTAL (CORREGIDO)    | 2,21938                  | 15        |                       |                |                |

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**9.17 Anexo 17:** Detalle diferencias en contra control respecto de los atributos estudiados.

| Juez     | Intensidad de color | Forma circular | Tamaño | Grosor | Bordes | Olor | Intensidad de amargor | Intensidad de salado | Sabor característico | Rollabilidad o flexibilidad | Firmeza |
|----------|---------------------|----------------|--------|--------|--------|------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|---------|
| 1        | 3                   | 1              | 0      | 0      | -1     | 0    | 2                     | -2                   | 2                    | -2                          | 0       |
| 2        | 2                   | 3              | 0      | -1     | -3     | 0    | 2                     | -2                   | -1                   | -2                          | -3      |
| 3        | 3                   | 1              | 1      | 1      | -1     | 0    | 1                     | -1                   | 0                    | 0                           | 1       |
| 4        | 3                   | 0              | -1     | 2      | -1     | 0    | 2                     | -3                   | 0                    | -3                          | -3      |
| 5        | 3                   | -1             | -1     | 0      | -2     | -2   | 3                     | 0                    | -2                   | -2                          | -2      |
| 6        | 2                   | -1             | 0      | 0      | -1     | -2   | 1                     | 0                    | -1                   | 0                           | -1      |
| 7        | 3                   | 2              | -2     | 0      | -3     | 4    | -2                    | 0                    | 2                    | -2                          | -2      |
| 8        | 3                   | 2              | 0      | 2      | -2     | 0    | -1                    | 0                    | -1                   | -1                          | -1      |
| Promedio | 2,75                | 0,875          | -0,375 | 0,5    | -1,75  | 0    | 1                     | -1,125               | -0,125               | -1,5                        | -1,375  |

**9.18 Anexo 18:** Intervalos de confianza, entregados por el programa Statgraphic, de los atributos que contenían diferencias significativas al 5%.

**Intervalos de Confianza para Int de color**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: 2,75 +/- 0,387003 [2,363, 3,137]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [0,306064, 0,942148]

**Intervalos de Confianza para Bordes**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: -1,75 +/- 0,741055 [-2,49106, -1,00894]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [0,586068, 1,80408]

**Intervalos de Confianza para Intensidad de salado**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: -1,125 +/- 0,941355 [-2,06635, -0,183645]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [0,744476, 2,2917]

**Intervalos de Confianza para Rollabilidad y flexibilidad**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: -1,5 +/- 0,893746 [-2,39375, -0,606254]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [0,706825, 2,1758]

**Intervalos de Confianza para Firmeza**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: -1,375 +/- 1,17703 [-2,55203, -0,197975]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [0,930858, 2,86543]

**9.19 Anexo 19:** Intervalos de confianza, entregados por el programa Statgraphic, de los atributos que no contenían diferencias significativas al 5%.

**Intervalos de Confianza para Forma circular**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: 0,875 +/- 1,2187 [-0,343702, 2,0937]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [0,963818, 2,96689]

**Intervalos de Confianza para Tamaño**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: -0,375 +/- 0,765902 [-1,1409, 0,390902]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [0,605718, 1,86456]

**Intervalos de Confianza para Grosor**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: 0,5 +/- 0,893746 [-0,393746, 1,39375]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [0,706825, 2,1758]

**Intervalos de Confianza para Olor**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: 0 +/- 1,54801 [-1,54801, 1,54801]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [1,22426, 3,76859]

**Intervalos de Confianza para Intensidad de amargor**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: 1,0 +/- 1,41314 [-0,413137, 2,41314]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [1,11759, 3,44024]

**Intervalos de Confianza para Sabor característico**

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: -0,125 +/- 1,2187 [-1,3437, 1,0937]

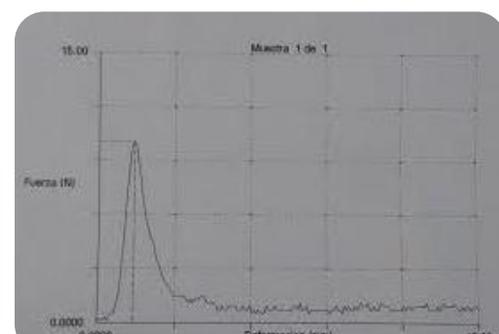
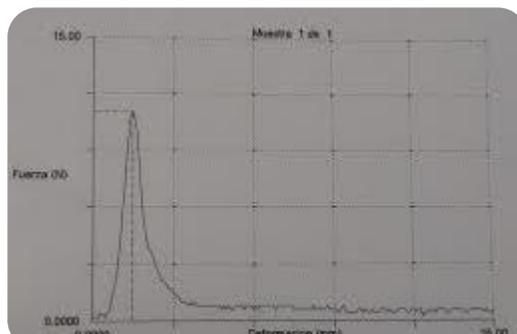
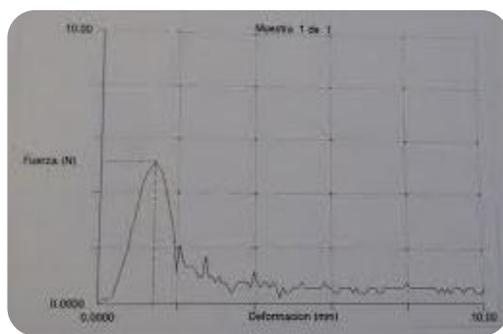
Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [0,963818, 2,96689]

**9.20 Anexo 20:** Gráficos del cambio de textura en el tiempo del producto desarrollado, medido los días 0, 7 y 14 mediante ensayos texturales.

| Fuerza máx (N) | Ext Fmax (mm) | Deformación Fmax (%) | Fuerza Elástica. Max (N) | Deformación Elás. Max (%) |
|----------------|---------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| 5,137 ± 0,038  | 1,411 ± 0,205 | 1,775 ± 0,161        | 5,137 ± 0,038            | 1,775 ± 0,161             |

| Fuerza máx (N) | Ext Fmax (mm) | Deformación Fmax (%) | Fuerza Elástica. Max (N) | Deformación Elás. Max (%) |
|----------------|---------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| 11,107 ± 0,083 | 1,443 ± 0,212 | 1,815 ± 0,118        | 11,107 ± 0,083           | 1,815 ± 0,118             |

| Fuerza máx (N) | Ext Fmax (mm) | Deformación Fmax (%) | Fuerza Elástica. Max (N) | Deformación Elás. Max (%) |
|----------------|---------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| 10,070 ± 0,056 | 1,381 ± 0,156 | 3,501 ± 0,213        | 10,070 ± 0,056           | 3,501 ± 0,213             |



± = desviación

estándar para análisis realizados en triplicado.

**9.21 Anexo 21:** Detalle diferencias significativas aplicadas al centro de las muestras para la determinación del cambio de textura en el tiempo.

**Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza máxima (N) y Fuerza elástica máxima (N) por Días.**

Método: 95,0 porcentaje LSD

| <i>Día</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 0          | 3            | 5,137        | X                        |
| 14         | 3            | 10,0883      | X                        |
| 7          | 3            | 11,1067      | X                        |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 0 – 7            | *           | -5,96967          | 0,114275           |
| 0 – 14           | *           | -4,95133          | 0,114275           |
| 7 – 14           | *           | 1,01833           | 0,114275           |

\* indica una diferencia significativa.

**El StatAdvisor**

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**Pruebas de Múltiple Rangos para Extensión fuerza máxima (mm) por Días.**

Método: 95,0 porcentaje LSD

| <i>Día</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 14         | 3            | 1,381        | X                        |
| 0          | 3            | 1,411        | X                        |
| 7          | 3            | 1,44333      | X                        |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 0 – 7            |             | -0,0323333        | 0,384768           |
| 0 – 14           |             | 0,03              | 0,384768           |
| 7 – 14           |             | 0,0623333         | 0,384768           |

\* indica una diferencia significativa.

**Pruebas de Múltiple Rangos para Deformación fuerza máxima (%) y Deformación elástica máxima (%) por Días.**

Método: 95,0 porcentaje LSD

| <i>Día</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 0          | 3            | 1,775        | X                        |
| 7          | 3            | 1,81467      | X                        |
| 14         | 3            | 3,50133      | X                        |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 0 - 7            |             | -0,0396667        | 0,336952           |
| 0 - 14           | *           | <b>-1,72633</b>   | 0,336952           |
| 7 - 14           | *           | <b>-1,68667</b>   | 0,336952           |

\* indica una diferencia significativa.

### **Pruebas de Múltiple Rangos para Rigidez (N/mm) por Días.**

Método: 95,0 porcentaje LSD

| <i>Día</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 0          | 3            | 3,694        | X                        |
| 14         | 3            | 7,36833      | X                        |
| 7          | 3            | 7,81667      | X                        |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 0 - 7            | *           | <b>-4,12267</b>   | 1,85073            |
| 0 - 14           | *           | <b>-3,67433</b>   | 1,85073            |
| 7 - 14           |             | 0,448333          | 1,85073            |

\* indica una diferencia significativa.