UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Proyecto de Graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos
para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

Elaboración de quequitos libres de gluten a partir de harinas de tiquisque, ñampí, arroz, yuca y sus mezclas

Elaborado por:

Silvia María Quirós Alpízar

Carne: A23984

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Agosto 2013

Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

Ph.D. Elba Cubero Castillo

Directora del Proyecto

M.Sc. Jacqueline Aiello Ramírez

Asesora del Proyecto

MGA Yorleny Araya Quesada

Asesora del Proyecto

Licda. Marcia Cordero García

Presidenta del Tribunal

Licda. Milena Cerdas Nuñez

Profesor Designado

DEDICATORIA

A Dios por permitirme concluir con esta etapa

A mis papás, mis hermanos y a Cristian

por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios y a mi familia por todo el apoyo brindado y por ayudarme a cumplir mis metas.

A mis amigas y compañeras Hellen, Vivi, Susan, Dani, y todos los que estuvieron conmigo en los diferentes cursos y con los que compartí un gran cantidad de momentos que siempre recordaré.

A la profe Elba y a la profe Jacquie por la oportunidad de trabajar con ellas en este proceso tan importante, así como del apoyo y la guía que me brindaron.

A Yorle por su apoyo y amistad durante todo este tiempo, por sus consejos y motivaciones.

A Giova por toda la ayuda que siempre me ha brindado, en las diferentes circunstancias.

Al personal del CITA especialmente a Camacho y Alonso quienes me acompañaron y ayudaron muchas veces desde la elaboración de las harinas hasta terminar con los quequitos. A María Laura y Ana Mercedes con quienes fue un placer trabajar como asistente de investigación.

Al grupo de panelista: Pilar, Rocio, Héctor, Gloriana, Vanny, Paulina, Pame Canales, Pame Castro, María Fernanda, Adriana, Lau, Cristina por toda su colaboración.

A todos los que de una u otra manera participaron durante el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EXAMINADOR ..... **I**
ÍNDICE GENERAL ..... **IV**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **VI**
ÍNDICE DE CUADROS ..... **VIII**
RESUMEN ..... **X**
ABREVIATURAS ..... **XII**
1. JUSTIFICACIÓN **1**
2. OBJETIVOS **4**
2.1. OBJETIVO GENERAL 4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
3. MARCO TEÓRICO **5**
3.1. ENFERMEDAD CELÍACA 5
3.2. TRIGO 7
3.3. PRODUCTOS HORNEADOS CON SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE TRIGO 8
3.4. QUEQUITOS 9
3.5. HUEVO 9
3.6. RAICES, TUBÉRCULOS Y CEREALES 10
3.6.1. YUCA *12*
3.6.2. ÑAMPÍ *13*
3.6.3. TIQUISQUE *14*
3.6.4. ARROZ *15*
3.7. ANÁLISIS SENSORIAL 15
3.7.1. Análisis descriptivo *16*
3.7.2. Análisis de componentes principales *17*
3.7.3. Prueba de aceptación *18*
3.7.4. Mapeo preferencial *18*
3.7.5. Análisis Cluster *20*
3.8. MEDICIÓN DE TEXTURA 20
3.8.1. Análisis del perfil de textura *21*
4. MATERIALES Y MÉTODOS **25**

4.1 LOCALIZACIÓN 25
4.2 MATERIALES 25
4.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO 25
4.4 SELECCIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS PARA ELABORAR LOS QUEQUITOS 26
4.4.1 Análisis de Cluster 26
4.5 PRUEBAS PRELIMINARES 27
4.5.1 Elaboración de purés y harinas 27
4.5.2 Elaboración de quequitos con purés y harinas de ñampí, tiquisque y arroz 31
4.6. PRUEBAS DEFINITIVAS: DESARROLLO DE QUEQUITOS 34
4.6.1. Determinación de la proporción de las harinas alternativas en las mezclas para la sustitución de harina de trigo en quequitos. 34
4.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS 37
4.7.1. Análisis químico 37
4.7.2. Análisis físico 37
4.7.3. Análisis sensorial 38
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 44
5.1. SELECCIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS PARA ELABORAR LOS QUEQUITOS CON HARINAS ALTERNATIVAS 44
5.2. EVALUACIÓN DE LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS APLICADOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y LA ACEPTACIÓN DE LOS QUEQUITOS ELABORADOS CON HARINAS ALTERNATIVAS 45
5.2.1. Análisis Descriptivo 45
5.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS QUEQUITOS 62
6. CONCLUSIONES 68
7. RECOMENDACIONES 70
8. BIBLIOGRAFÍA 71
9. APÉNDICES 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama ideal para prueba de textura TPA. 21
Figura 2. Flujo de proceso para la elaboración de puré 28
Figura 3. Flujo de proceso para la elaboración de harina. 31
Figura 4. Flujo de proceso para la elaboración de quequitos. 32
Figura 5. Comparación de los atributos de apariencia evaluados en los quequitos con harinas libres de gluten, con mayor y menor contenido de proteína proveniente del huevo, según el nivel de sustitución. 47
Figura 6. Comparación de los atributos de aroma y sabor evaluados en los quequitos con harinas libres de gluten con mayor y con menor contenido de proteína proveniente del huevo, según el nivel de sustitución. 51
Figura 7. Comparación de los atributos textura evaluados en los quequitos con harinas libres de gluten con mayor y con menor contenido de proteína proveniente del huevo, según el nivel de sustitución. 53
Figura 8. Análisis de “Cluster” para la prueba de aceptación de quequitos sustituidos con diferentes harinas. 55
Figura 9. Comparación de medias de las calificaciones dadas por los consumidores de cada grupo para los quequitos con harinas libres de gluten y con mayor o menor contenido de proteína proveniente del huevo, a Grupo 1, b Grupo 2 y c Grupo 3. 56
Figura 10. Análisis de componentes principales (PC1) y (PC2), para las variables de análisis descriptivo de los quequitos sustituidos con harina libres de gluten y con diferente contenido de proteína. 58
Figura 11. Mapeo preferencial externo, mapa de consumidores y muestras (grupo 1 (19 consumidores), grupo 2 (24 consumidores), grupo 3 (14 consumidores), grupo 4 (6 consumidores), grupo 5 (8 consumidores), grupo 6 (16 consumidores), grupo 7 (13 consumidores) y grupo 8 (5 consumidores). 60
Figura 12. Comparación de las medias de contenido de humedad de los quequitos, según el contenido de huevo y la sustitución de la harina de trigo (diferentes letras indican diferencia significativa con $p<0,05$). 62

Figura 13. Comparación de medias de dureza, elasticidad, cohesividad, masticabilidad y adhesividad de los quequitos, según el contenido de huevo y la sustitución de la harina de trigo (diferentes letras indican diferencia significativa con p<0,05). 64
Figura B1. Análisis de “cluster” para la selección las materias primas a utilizar en los quequitos sustituidos con las harinas alternativas. 84
Figura G1. Gráfico obtenido durante la elaboración del análisis de “Cluster” para la elaboración del mapeo preferencial con los datos de la prueba de aceptación de quequitos sustituidos con diferentes harinas. 93
Figura J1. Gráfico obtenido durante la medición del perfil de textura en un quequitos elaborado con harina de arroz (P). 99
Figura J2. Gráfico obtenido durante la medición del perfil de textura en un quequitos elaborado con harina de tiquisque (-P). 99
Figura J3. Gráfico obtenido durante la medición del perfil de textura en un quequitos elaborado con harina de trigo (P). 100
Figura J4. Gráfico obtenido durante la medición del perfil de textura en un quequitos elaborado con harina de trigo (-P). 100

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Definiciones e interpretación de cada término de textura empleado en la técnica TPA. 22
Cuadro II. Información de los equipos utilizados para la elaboración de las harinas y los quequitos. 26
Cuadro III. Formulaciones base en porcentaje para los quequitos sustituidos. 32
Cuadro IV. Porcentajes de las harinas y purés utilizados para la sustitución total de la harina de trigo en los quequitos elaborados en las pruebas preliminares. 33
Cuadro V. Porcentajes de las harinas utilizados para la sustitución total de la harina de trigo en los quequitos elaborados en las pruebas definitivas..... 34
Cuadro VI. Tratamientos a realizados en la elaboración de quequitos. 35
Cuadro VII. Lista de descriptores utilizados para los quequitos durante la generación de términos del análisis descriptivo y referencias utilizadas durante la evaluación. 46
Cuadro A1. Datos de composición de las materias primas utilizadas para realizar el análisis de “Cluster”, para definir las harinas a utilizar en la elaboración de los quequitos. 83
Cuadro B1. Valores de masa para cada uno de los ingredientes utilizados para la elaboración quequitos. 85
Cuadro B2.Contenido de proteína determinados para 100 g de mezcla de las formulaciones de quequitos con más y menos contenido de huevo. 86
Cuadro E1. Datos de humedad determinados para las harinas utilizadas en la elaboración de los quequitos y obtenidos mediante el Método del Laboratorio de Química del CITA P-SA-MQ-002. 91
Cuadro E2. Datos de humedad determinados para los quequitos elaborados con harinas libres de gluten y obtenidos mediante el Método del Laboratorio de Química del CITA P-SA-MQ-002. 91
Cuadro E3. Análisis de varianza para determinar el efecto de las distintas harinas sobre la humedad de las harinas utilizadas en la elaboración de quequitos libres de gluten. 92

Cuadro E4. Valores promedio para cada valor de humedad medido en quequitos sustituidos con harinas libres de gluten y valores LSD para la humedad que presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), según los resultados del cuadro E2. 92
Cuadro G1. Análisis de varianza para determinar el efecto de los distintos tratamientos utilizados en la elaboración de quequitos libres de gluten sobre los atributos sensoriales evaluados..... 94
Cuadro G2.Valores promedio para cada atributo evaluado en quequitos sustituidos con harinas libres de gluten y valores LSD para los atributos que presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), según los resultados del cuadro G2. 95
Cuadro G3. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre los segmentos de consumidores que realizaron la prueba de aceptación de quequitos con harinas alternativas..... 96
Cuadro G4.Comparación de medias de la aceptación de quequitos con diferentes harinas, mezclas de harinas y con los dos niveles de proteína, para los segmentos de consumidores establecidos a partir del análisis de “cluster”. 96
Cuadro H1. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en el perfil de textura de los quequitos, para los distintos niveles de sustitución. 97
Cuadro H2. Valores LSD promedio para los parámetros de textura evaluados en quequitos sustituidos con harinas libres de gluten. 98
Cuadro J1. Valores obtenidos del tamizado de las harinas alternativas utilizadas en la elaboración de los quequitos libres de gluten, para muestras de 250 gramos de cada harina 101

RESUMEN

Quirós Alpízar, Silvia María
Tesis-Ingeniería de Alimentos. San José, CR:
Elaboración de quequitos libres de gluten a partir de harinas de tiquisque, ñampí, arroz, yuca, y sus mezclas.

El objetivo de la investigación fue estudiar el efecto de harinas de ñampí, tiquisque, yuca y arroz, sus posibles mezclas y dos porcentajes diferentes de proteína de huevo en quequitos con sustitución total de la harina de trigo.

Se elaboraron las harinas de tiquisque y de ñampí y se utilizaron harinas existentes en el mercado de yuca y arroz. A todas las harinas se les evaluó la humedad y se encontró que la harina de ñampí presentó un menor contenido de agua con respecto a las harinas de arroz, tiquisque y yuca.

Se elaboraron 22 formulaciones de quequitos utilizando las harinas (sustituciones 100%), mezcla de harinas (sustitución 50:50 de cada harina) y trigo como control, así como el contenido de huevo (contenido estándar de huevo y con menor contenido de huevo), para analizar sus características sensoriales y las preferencias del consumidor. El estudio de los datos se llevó a cabo con dos grupos independientes de personas, un panel entrenado que realizó el análisis descriptivo y un grupo de consumidores, que hizo el estudio de aceptación. A los datos se les aplicó un análisis de varianza, una prueba Fisher LSD y un mapeo preferencial externo, un análisis de "cluster" para la prueba de aceptación, con el que se determinaron tres grupos de consumidores, compuestos por 19, 51, 35 personas. Los tres grupos prefirieron las muestras control con trigo y en los grupos 2 y 3 los quequitos con arroz-yuca con contenido estándar y menos contenido de huevo, y yuca con menos huevo, no mostraron diferencias significativas en su preferencia ($p<0,0001$). El grupo 1 prefirió las muestras de trigo, tiquisque-yuca con los dos contenidos de proteína del huevo, tiquisque-arroz, arroz-yuca y tiquisque con menor contenido de huevo.

Para comprender cuáles características de cada tipo de quequito les gustaron a los consumidores se hizo un mapeo preferencial externo. Se observó que los quequitos con mayor aceptación por parte de los segmentos fueron los de yuca y mezclas con yuca, los cuales fueron más esponjosos, color amarillo o beige en la miga y sabor dulce. Los quequitos de ñampí con sustitución 100%, sus mezclas y las muestras 100% arroz tuvieron menos aceptación ya que fueron más pegajosos, arenosos, con mayor sabor a tubérculo, más puntos blancos, más apelmazado y mayor aroma gomoso o harinoso.

La determinación de la humedad mostró diferencias significativas ($p<0,05$) entre las muestras con el contenido de huevo estándar y con menor contenido de huevo, donde los valores

se mantuvieron en un intervalo de 29,28% a 21,24%. Además la sustitución de la harina, así como el uso de diferentes contenidos de proteína del huevo, tuvo un efecto significativo ($p<0,05$) sobre los parámetros del perfil de textura: elasticidad, cohesividad, masticabilidad, adhesividad a excepción de la dureza.

En términos generales, los quequitos elaborados con mezclas, especialmente las de yuca-arroz, presentaron mayor funcionalidad para sustituir la harina de trigo en quequitos, además de un contenido menor de huevo en las muestras elaboradas con harinas alternativas, ya que los consumidores mostraron mayor aceptación por estos en comparación con el contenido estándar de los quequitos.

Ph.D. Elba Cubero Castillo
Escuela de Tecnología de Alimentos

ABREVIATURAS

A	Arroz
Y	Yuca
A-Y	Arroz-Yuca
T	Tiquisque
TIQ	Tiquisque
T-Y	Tiquisque-Yuca
T-A	Tiquisque-Arroz
Ñ	Ñampí
Ñ-A	Ñampí-Arroz
Ñ-Y	Ñampí-Yuca
Ñ-T	Ñampí-Tiquisque
(P)	Contenido estándar de proteína de huevo
(-P)	Menor contenido de proteína de huevo que la formulación estándar
Ppm	Partes por millón
Cm	Centímetros
Mm	Milímetros
Plg	Pulgadas
AOAC	Association of Official Analytical Chemists

1. JUSTIFICACIÓN

Los productos horneados a base de harina de trigo, son consumidos en forma masiva en sus diferentes presentaciones a nivel mundial (Sánchez *et al*., 2008; Anton y Artfield, 2008). Según datos de PROCOMER (2011), Costa Rica es el sexto exportador de productos de panadería de América Latina y el Caribe. La oferta exportable incluye productos como: galletas dulces y saladas, repostería y pan congelado listo para hornear.

Una gran variedad de granos se han utilizado para la producción de productos horneados; sin embargo, el trigo es el más común en la panificación. Este es un cereal que contiene dos proteínas, glutenina y gliadina, que durante la mezcla se convierten en gluten (Anton y Artfield, 2008). Las proteínas del trigo son importantes para el proceso de panificación, pero la presencia de gluten puede ser un problema para algunas personas, ya que existe un grupo poblacional que presenta intolerancia a estas proteínas, la cual es conocida como la enfermedad celíaca (Federación de asociaciones de celiacos de España, 2001; Anton y Artfield, 2008).

La propuesta de una dieta para celíacos no es fácil, ya que la ausencia de gluten ha resultado en uno de los principales problemas para los panaderos, y muchos de los productos sin gluten disponibles en el mercado en la actualidad son de baja calidad (Anton y Artfield, 2008). Esto unido a que a la hora de seguir la dieta tiene especial trascendencia el precio de los alimentos especiales "sin gluten", que representan un costo muy alto frente a sus análogos con gluten (Federación de asociaciones de celiacos de España, 2001; Torbica *et al*. 2010).

La demanda de productos sin gluten no deja de aumentar. Por lo que estos productos pueden representar una oportunidad de mercado, asociado al incremento en la preocupación por la salud mundial y el mercado de bienestar. Los fabricantes de alimentos pueden desarrollar nuevos productos con altos niveles de valor añadido, y con buena aceptación por parte de los consumidores (Arendt y Dal Bello, 2008; Han *et al*., 2010). El desarrollo de nuevos productos está en estrecha relación con las necesidades y/o tendencias de consumo de la población, lo que trae como consecuencia que industrias de alimentos y centros de investigación deban responder con rapidez a las tendencias y demandas del mercado. Sin duda, dentro de la formulación de nuevos productos

destacan los alimentos funcionales destinados a personas con problemas cardiovasculares, hipertensión, diabetes, obesidad mórbida e intolerancia al gluten.

Los productos de panificación se pueden considerar alimentos de conveniencia que ayudan a minimizar el tiempo que los consumidores dedican a la preparación de sus comidas. Sin embargo en el caso de las personas celíacas en muchos casos deben prepararse en casa sus productos de panificación, lo cual demanda tiempo y esfuerzo.

Los quequitos son productos que se pueden consumir en diferentes períodos ya sea en el desayuno, a la hora del café, como postre; se pueden encontrar en el mercado fácilmente, en pulperías, supermercados y diferentes puntos de venta de alimentos, listos para consumir. Por lo tanto, puede considerarse un producto de conveniencia (Villarroel *et al*., 2009; Brunner *et al*., 2010) y, a la vez si se elaboran con harinas alternativas al trigo, vienen a satisfacer las necesidades de un grupo de la población que no cuenta con muchas opciones de consumo como son las personas intolerantes al gluten. Además pueden aumentar la disponibilidad para personas que buscan productos con variedad de sabores y texturas.

La sustitución del gluten presenta un desafío tecnológico importante, debido a que es una proteína de estructura esencial, la cual contribuye a la apariencia y estructura de la miga de muchos productos horneados. Específicamente en quequitos el gluten genera propiedades viscoelásticas, le da estabilidad a la masa para la obtención de una masa esponjosa que no colapse (Arocha *et al*., 2011). Un gran número de investigaciones se han hecho para entender la mecánica fundamental y las propiedades reológicas del gluten.

Para compensar el efecto de la falta de una red proteínica viscoelástica en los productos horneados libres de gluten se han realizado varios estudios donde se ha abordado la inclusión de proteínas lácteas y de productos de harina de soya para aumentar el contenido de proteínas. Además se utilizan las proteínas del huevo porque forman soluciones viscosas y una estructura continua de proteínas similar a la formada por el gluten de trigo lo que ha aumentado la calidad de los panes sin gluten (Arendt y Dal Bello, 2008).

En los últimos años, ha aumentado el estudio de harinas alternativas a partir de productos como maíz, papa, yuca, arroz, malanga, entre otros (Arendt y Dal Bello, 2008; Aboubakar *et al*., 2008; Torbica *et al*., 2010), que por su naturaleza no contienen gluten. Estas materias aparte de brindarle nuevas opciones a las personas que padecen la enfermedad celíaca permiten dar un uso diferente a productos que no están siendo tan aprovechados por los costarricenses o que no cumplen con los requerimientos de calidad para ser exportados en fresco y que además se producen en nuestro país, al contrario del trigo que se debe importar.

La actividad agropecuaria de Costa Rica es bastante diversa (336 productos), nuestro país se consolida como el principal suplidor de Estados Unidos de raíces tropicales y el cuarto exportador de yuca del mundo (PROCOMER, 2011). Lo cual muestra que Costa Rica presenta muchas materias primas que pueden ser de utilidad para sustituir el gluten, pero se deben estudiar.

A pesar de que existen diversos estudios sobre harinas y almidones libres de gluten, los cuales se utilizan en la elaboración de productos con sustitución parcial o con sustitución total de la harina de trigo; sin embargo, específicamente sobre quequitos sin gluten no existen muchos estudios.

Con este proyecto se buscó desarrollar quequitos a partir de mezclas de harinas de materias primas no tradicionales libres de gluten, que sustituyeran completamente el uso de harina de trigo y que a la vez presentaran características de calidad y similitud a los productos elaborados a partir de harina de trigo. Se pretendió aprovechar las materias primas existentes en el país, brindando nuevas opciones para su aprovechamiento y además se buscó satisfacer la necesidad de las personas celíacas, a través de nuevas opciones de productos aptos para su consumo, pero que no son exclusivos de esta población si no que también pueden ser consumidos por el resto de la población que no padece la enfermedad.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar el efecto de harinas de ñampí, yuca, arroz, tiquisque y sus posibles mezclas, con dos porcentajes de proteína de huevo, sobre las propiedades sensoriales y reológicas de los quequitos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar los componentes del trigo con los componentes de diferentes materias primas por medio de un análisis estadístico de "cluster" o conglomerados para escoger las posibles materias primas para elaborar quequitos libres de gluten.

- Escoger las harinas libres de gluten, ya sea simples o en mezclas, que generan quequitos con propiedades sensoriales y reológicas más similares a los elaborados con trigo.

- Medir el efecto de diferentes concentraciones de proteína de huevo sobre la textura y aceptación de quequitos elaborados con diferentes harinas libres de gluten, como son ñampí, arroz, tiquisque, yuca y sus mezclas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ENFERMEDAD CELÍACA

La enfermedad celíaca es una intolerancia permanente al gluten, proteína que forma parte de algunos cereales como el trigo, la cebada, el centeno y la avena, y que es capaz de provocar una lesión severa de la mucosa del intestino. Básicamente, es una intolerancia a ciertas secuencias de aminoácidos que se encuentran en la fracción de prolamina del trigo (gliadina), centeno (secalina), cebada (hordeína) y avena (avenina) siendo éste el orden descendente de potenciación de la enfermedad (Alvarado, 2009; Gallager, 2009; Turabi *et al.*, 2010; Cueto, 2011). En el caso de la avena no está muy claro su papel dentro de la dieta para los celíacos, algunas variedades de avena resultan tóxicas para los celíacos mientras otras son perfectamente aptas para el consumo de los celíacos. Por otro lado, se dice que el principal problema de la avena es que se puede ver muy fácilmente contaminada durante los procesos de cosecha, transporte, molienda y otros tratamientos posteriores al entrar en contacto con cereales que si contienen gluten (Araya, 2006; Milke, 2010; Cueto, 2011).

La enfermedad celíaca ocurre en individuos predispuestos genéticamente, en los cuales la ingestión de alimentos que contienen gluten daña la superficie de la mucosa del intestino delgado lo que lleva a la incapacidad o mala absorción de nutrientes (Turabi *et al.*, 2010). Las manifestaciones clínicas de la enfermedad pueden ser variadas. En la forma llamada clásica los síntomas más llamativos son diarrea, malnutrición, distensión abdominal y rechazo del alimento. Es conocido desde hace muchos años que la enfermedad celíaca puede asociarse a otras enfermedades de base autoinmune, sobre todo la diabetes mellitus tipo 1, el déficit selectivo de IgA, tiroiditis y hepatitis autoinmunes, entre otras (Federación de asociaciones de celiacos de España, 2001; Ciacci *et al*., 2007).

Esta enfermedad puede presentarse por primera vez en la infancia (lo más común) o en la edad adulta. La celiaquía consta de tres etapas. En la primera, una vez que la persona consume gluten, se produce una respuesta inmune de tipo alérgica, luego se genera un daño en el intestino o atrofia y finalmente se presentan los síntomas. Por eso, a veces es muy difícil diagnosticarla

precozmente, ya que los síntomas se manifiestan hasta en la última etapa. Cabe señalar que este problema, también reconocido como *sprue*, en muchos casos puede pasar desapercibido por años, hasta que sus manifestaciones son considerables (Alvarado, 2009).

En los países donde una parte sustancial de la población es de origen europeo, la prevalencia de la enfermedad celíaca es, por lo general, en el rango de 0,5-1% de la población en general. Una parte considerable de estos casos, están adecuadamente diagnosticados debido a las quejas sugerentes o situaciones de riesgo (por ejemplo, la historia familiar de enfermedad celíaca o enfermedad autoinmune asociada). En los países desarrollados, por cada caso diagnosticado de la enfermedad celíaca, un promedio de 10,05 casos permanecen sin diagnosticar (Ciacci *et al*., 2007; Han *et al.,* 2010).

Aunque la enfermedad celíaca es ahora reconocida como uno de los trastornos más comunes en Europa, parece seguir siendo una de las enfermedades más infradiagnosticadas en Norteamérica y América Latina (Anton y Artfield, 2008). En Costa Rica no existen cifras de la población con este problema y aunque no existen datos oficiales del Ministerio de Salud, la Asociación Pro-Personas Celíacas (APPCEL) asegura que al menos existen entre 60.000 y 66.000 costarricenses que son celíacos, los cuales se enfrentan a una gran incomprensión (Rodríguez, 2011).

Hasta ahora, el único tratamiento para la enfermedad celíaca viable ha sido la adopción estricta de una dieta sin gluten y consiste en la eliminación de la dieta de los cereales que contienen gluten y los productos elaborados a partir de sus harinas (Del Castillo *et al.,* 2009). Con el seguimiento de la dieta estricta sin gluten, las personas celíacas recuperan la estructura del intestino y les desaparecen los síntomas (Federación de asociaciones de celiacos de España, 2001; Arendt y Dal Bello, 2008).

Dado que el trigo es uno de los principales componentes de una dieta diaria en todo el mundo, una dieta libre de gluten es compleja y puede fácilmente abrumar a los pacientes celíacos (Turabi *et al.*, 2010). Debido a que la mayoría de los productos de panadería, confitería y pastelería

contienen harina de trigo como principal componente, el paciente celíaco encuentra limitaciones en su alimentación. Si bien se han desarrollado una serie de productos comerciales para estos pacientes no siempre son de la mejor calidad y presentan deficiencias en apariencia y sabor (Del Castillo *et al.,* 2009).

3.2. TRIGO

Una variedad de granos se han utilizado para la producción de productos de pastelería y repostería, sin embargo, el trigo es el más común (Anton y Artfield, 2008). El trigo es el cereal más adecuado para la elaboración de la pasta para panificación. Sus proteínas tienen la capacidad de interactuar entre ellas y con otros componentes como los lípidos, para formar complejos de lipoproteínas viscoelásticas (gluten), que contribuyen al desarrollo de la masa (Granito *et al*., 2003).

El gluten es responsable de la elasticidad de la masa de harina, así como la consistencia elástica y esponjosa de los panes y masas horneadas. Ofrece algunas características únicas como el comportamiento viscoelástico. Por otra parte, el gluten es responsable de la interacción almidón-proteína que está relacionada con la formación de gases de células, incluyendo la estabilización y conservación de las celdas de gas durante el proceso de cocción, aporta color y le da textura (Arendt y Dal Bello, 2008; Anton y Artfield, 2008, Torbica *et al*., 2010).

El ingrediente principal de la masa de pan es la harina de trigo, la cual está constituida por una mezcla de diversas clases de compuestos: almidón, proteínas, enzimas, lípidos, sales minerales y agua. El almidón es el elemento presente en mayor cantidad (aproximadamente 65% de la harina) y está compuesto principalmente por dos polisacáridos, la amilopectina (de cadena ramificada) y la amilosa (de cadena lineal). Las proteínas integrantes de la harina de trigo, que representan entre 10 y 15% de la harina, se pueden dividir en dos grandes grupos: las proteínas del gluten y aquellas que no forman gluten. Las primeras se denominan proteínas de almacenamiento y constituyen entre 75 y 80% del total de proteínas. Entre las proteínas no formadoras de gluten (20 a 25% restante) se encuentran la mayoría de las enzimas. Las gliadinas y gluteninas comprenden las proteínas de

almacenamiento, las cuales conforman la mayoría de las proteínas presentes en el gluten (Ribotta y Tadini, 2009).

Los lípidos se presentan en pequeñas cantidades (aproximadamente 2% de la harina), así como las sales minerales (0,5% de la harina expresado como el peso de las cenizas); también son pequeñas las cantidades de enzimas (α– y β–amilasas) y de otros polisacáridos (como los pentosanos). Finalmente, la harina de trigo contiene agua (aproximadamente 14%). La composición efectiva de la harina de trigo dependerá de la variedad de trigo usada para su producción y del método de molienda y extracción (Ribotta y Tadini, 2009).

Las propiedades de la harina de trigo para formar una masa cohesiva que puede ser horneada para obtener productos aireados y con estructura esponjosa, están relacionadas con las proteínas presentes en el gluten. El gluten es definido como una red tridimensional formada por las proteínas de almacenamiento del grano de trigo cuando se trabaja mecánicamente una mezcla de harina y agua. Los elementos estructurales responsables de las propiedades viscoelásticas de la masa son los puentes disulfuro, interacciones iónicas e hidrofóbicas y secuencias ricas en glicina. Las propiedades de la masa son gobernadas por la estructura del gluten y las interacciones que se establecen entre las proteínas que lo componen, particularmente entre los macropolímeros de gluteninas unidos por enlaces disulfuro (Ribotta y Tadini, 2009).

3.3. PRODUCTOS HORNEADOS CON SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE TRIGO

Se han desarrollado algunos estudios con diferentes harinas, la gran mayoría corresponden a sustituciones parciales de la harina de trigo por harina de arroz, harina de linaza, harina de yuca, harina de pejibaye y almidón de maíz, sorgo, entre otras, en productos como galletas y pan. Aunque estas harinas son libres de gluten, al usarlas en mezclas con trigo se pierde esta característica, ya que en muchos casos se da una sustitución parcial para mantener las características viscoelásticas y la estructura que son generados por la presencia del gluten (Ugalde, 2002; Baixauli *et al.*, 2008; Penichet *et al*., 2009; Aliani *et al.*, 2011).

Actualmente también se realizan estudios utilizando las harinas y sustancias como los hidrocoloides, o con ingredientes que por su contenido de proteína pueden ser utilizados para compensar la deficiencia de gluten en las harinas alternativas, para obtener productos similares a los producidos con harina de trigo y que puedan ser también consumidos por los celíacos, dentro de los cuales se encuentran el huevo, proteína de soya y derivados lácteos (Anton y Artfield, 2008; Alvarado, 2009; Gallagher, 2009; Aliani *et al.*, 2011).

3.4. QUEQUITOS

Los quequitos se caracterizan por una estructura típica porosa y de gran volumen (Baixauli *et al.*, 2008). La masa de los queques normalmente está formada por una estructura compleja, que consiste en una emulsión de grasa en agua, compuesta de una fase discontinua (burbujas) y la fase continua que es una mezcla de azúcar, agua, huevos y grasa, en la que se encuentran suspendidas las partículas de harina, polvo de hornear y otros ingredientes de sabor que se utilizan en pequeñas cantidades como sal, vainilla, especies y colorantes entre otros (Conforti y Archilla, 2001; Bauxauli *et al.*, 2008). Durante el horneado la emulsión se convierte en una estructura porosa debido a la gelatinización del almidón y la desnaturalización de las proteínas (Villalobos, 2008; Baixauli *et al.*, 2008).

Cada uno de los ingredientes tiene una función específica en el quequito y cualquier pequeño cambio en alguno de ellos puede cambiar la calidad del producto final. Es por esto que es necesario establecer un adecuado balance de los ingredientes para obtener un quequito estándar de calidad (Conforti y Archilla, 2001; Bauxauli *et al.*, 2008).

3.5. HUEVO

El huevo está formado de diferentes partes como son: yema, albumen, membranas y cáscara, cuyas proporciones relativas varían en función de numerosos factores. Dentro de los componentes principales del huevo se encuentran el agua (74%), proteína (11-12%), y lípidos (11%), pero también se encuentran presentes otros componentes importantes como lo son las vitaminas y

minerales, solo que en menor concentración, tales como las vitaminas del complejo B, vitaminas A, D y E, minerales como fósforo, sodio, potasio, calcio, entre otros (Closa *et al.*, 1999; Belitz *et al.*, 2009; Wilderjans *et al.*, 2013).

En términos generales, los huevos contienen valiosos nutrientes de forma concentrada y fácilmente absorbibles, son unas de las proteínas casi perfectas de los alimentos y de alta calidad. Los huevos son fácilmente digeridos y puede proporcionar una parte significativa de los nutrientes necesarios para el crecimiento diario y mantenimiento de los tejidos corporales. Se utilizan en muchas formas tanto en la industria alimentaria como a nivel doméstico. Cabe mencionar que los huevos de gallina son los más importantes en cuanto a producción y consumo a nivel mundial (Belitz *et al.*, 2009).

Según Arendt Y Dal Bello (2008), las proteínas del huevo forman fuertes películas viscoelásticas, cohesivas, que son esenciales para la formación de espumas estables y son muy similares a las formadas por el gluten. En formulaciones sin gluten, los resultados sugieren que las proteínas del huevo forman soluciones viscosas y una estructura continua de proteínas similar a la formada por el gluten de trigo (Bond, 2004; Gallagher, 2009).

3.6. RAICES, TUBÉRCULOS Y CEREALES

Las raíces, tubérculos tropicales (RTT) y cereales son alimentos básicos de la dieta de los pobladores de América Latina, África y Asia. Son producidos en climas tropicales principalmente por pequeños a medianos agricultores (Blanco *et al*., 2004) y juegan un rol significativo en el sistema global de alimentación. Son producidos por la mayoría de los países más pobres por los pequeños agricultores con mayor inseguridad alimentaria (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2007).

Una característica que tienen en común los cereales, las raíces y tubérculos es que normalmente el contenido de almidón es alto, puede variar con valores aproximados de 10 - 80%, el tamaño de los gránulos varía de acuerdo a la especie y presenta una composición de

aproximadamente 25% de amilosa y 75% de amilopectina, pero algunas variedades de maíz pueden contener valores de amilosa entre 55-80% (Badui, 1999; Belitz *et al*., 2009).

El contenido de proteína para cereales puede variar 7,4 – 12,6%, en el caso de las raíces y tubérculos, dependiendo de la variedad, pueden oscilar de valores relativamente bajos como, 2% en la yuca hasta valores cercanos al 12% en algunas variedades de tiquisque (Belitz *et al*., 2009).

En los países en desarrollo, durante décadas ha prevalecido la tendencia a tratar a las raíces y tubérculos como productos indiferenciados. Según Blanco *et al.,* (2004), "históricamente, los responsables de las políticas y los investigadores han prestado muy poca atención a las raíces y tubérculos, ya que la mayoría de sus esfuerzos se han centrado en los cultivos comerciales o en los cereales más conocidos". Dentro de estos productos se pueden mencionar la yuca que corresponde a una raíz, así como el tiquisque y el ñampí que son clasificados como tubérculos.

La actividad agropecuaria de Costa Rica es bastante diversa. Actualmente Costa Rica se consolida como el principal suplidor para Estados Unidos raíces tropicales. Los tubérculos muestran un crecimiento continuo (PROCOMER, 2012a).

El consumo nacional de raíces y tubérculos se ha reducido en Costa Rica en un 20% en las últimas tres décadas. De acuerdo a Blanco *et al*., (2004) en la población del área metropolitana nacional y mundial esta tendencia se podría atribuir a aspectos culturales y por desconocimiento de formas de preparación y de sus propiedades nutricionales. Además, presentan problemas locales de mercadeo debido a la baja calidad del producto ofrecido, a la falta de promoción de su consumo y al poco desarrollo tecnológico en el producto cosechado, entre otros.

Esta situación está cambiando con la apertura de nuevas zonas de consumo, especialmente en el litoral atlántico de los Estados Unidos, donde millones de latinos consumen tiquisque y otros cultivos tropicales, lo que ha promovido la producción comercial en las Antillas y América Central. Este mercado requiere productos de alta calidad, bien presentados, y a su vez está marcando las pautas de producción y mercadeo (Giacometti y León, 2012).

Aunque las raíces y tubérculos incluyen diversos tipos de especies, lo cierto es que la yuca es el producto que domina en este grupo, seguido de otras especies como el tiquisque, el ñampí, entre otros (Durán *et al*., 2012; Belitz *et al*., 2009).

3.6.1. YUCA

La yuca cuyo nombre científico es *Manihot sculenta* Crantz, también conocida como mandioca o cassava, es originaria del trópico sudamericano y ha sido extendida por todas las regiones tropicales del orbe. Es un cultivo de fácil adaptación, cuyos costos de producción, son bajos, los rendimientos altos y tiene amplio uso en la industria. Después de los cereales tradicionales (trigo, maíz, arroz), es uno de los principales productos alimenticios (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991; Gutiérrez y Schulz, 1992).

Su producción a nivel mundial está concentrada en África y Brasil y en Costa Rica se cultiva para ser exportada principalmente a la población latina y caribeña de los Estados Unidos de América (Fonseca y Argüello, 2001).

En nuestro país la yuca es un cultivo de autoconsumo y ha permanecido en manos de productores con bajo nivel tecnológico y económico. Cerca del 80% de sus productores siembra dos hectáreas o menos y lo hace en forma de monocultivo. Incluso, muchos productores de maíz y frijol han abandonado esos cultivos y se han dedicado al de la yuca y otras especies de raíces y tubérculos tropicales, básicamente por las perspectivas de exportación que poseen (Fonseca y Argüello, 2001).

Las zonas de mayor producción de yuca en Costa Rica son: la Zona Norte, principalmente el cantón de San Carlos, la Zona Atlántica, en Guácimo y Pococí y Alajuela, en Grecia, Atenas, San Ramón y Palmares. En la Zona Atlántica se puede plantar en cualquier época del año y en las otras localidades al inicio de las lluvias o en cualquier época del año siempre y cuando exista riego suplementario (Ministerio de agricultura y ganadería, 1991).

Según los datos del PROCOMER (2012a), Costa Rica se ubica como el cuarto exportador de yuca del mundo, con exportaciones para el 2011 de 85 249,8 toneladas, y fue el sexto producto de exportación del sector agrícola para el periodo 2011 (PROCOMER, 2012b).

Por otra parte, la yuca es una de las fuentes principales para la producción de almidón, dextrina, glucosa, alcohol, adhesivos, espesantes, todos ellos de gran uso industrial. Siendo la yuca una fuente barata de energía, ha sido objeto de estudios por parte de los agrónomos, genetistas, tecnólogos de alimentos e industriales (Gutiérrez y Schulz, 1992).

3.6.2. ÑAMPÍ

Dos Aráceas alcanzan importancia mundial como alimentos energéticos: el taro (*Colocasia esculenta*), originaria de Oceanía y sureste de Asia, y la yautía o malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), de los trópicos americanos. En ambas especies las partes utilizables son los tallos subterráneos tuberosos. Ambas son en valor nutritivo comparables a las papas y probablemente de mayor digestibilidad (Giacometti y León, 2012).

El ñampí *Colocasia esculenta* var. *Antiquorum* (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2007) es una variedad de lo que comúnmente se conoce como malanga. Existen dos tipos: la malanga, conocida mundialmente como "dasheen" es muy poco cultivada en el país y el tipo "eddoe" conocido como chamol o ñampí, cuya planta produce estructuras pequeñas, que son lo que conocemos como ñampí, es el tipo de mayor consumo y el utilizado durante este estudio (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991).

El ñampí se cultiva con excelentes resultados y con fines de exportación en la zona Atlántica, este cultivo produce aproximadamente siete toneladas por hectárea. La plantación se puede hacer al inicio de las lluvias en marzo, abril o mayo. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991).

Según el Consejo Nacional de producción (2011), para el 2011 se reportaron exportaciones de 5 491 205 kilogramos de malanga-ñampí y PROCOMER (2012c) reporta 805,1 toneladas para malanga-ñampí exportadas hasta el mes de junio del 2012.

3.6.3. TIQUISQUE

El tiquisque pertenece a la familia *Araceae al género Xanthosoma* y existe varias especies, siendo la de mayor importancia económica la especies *Xanthosoma sagittifolium y X. violaceum* (Demerutis, 2007; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2007) conocidas como tiquisque blanco o malanga blanca, y el tiquisque morado como malanga lila, que es el que se utilizó en este proyecto (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2007). El tiquisque también se conoce como new cocoyam, tannia o yautía, macal (México), quiscamote (Honduras), otó (Panamá), okumo (Venezuela), malangay (Colombia), (Giacometti y León, 2012).

El tiquisque es originario de la América Tropical. En Costa Rica se produce prácticamente en todo el país, en un mayor porcentaje en la zona Norte y en menor grado en las zonas Atlántica, Brunca y Pacífico Central. No existe época de siembra definida; sin embargo, generalmente se inicia con la entrada de las lluvias (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2007).

El tiquisque es uno de los cultivos más rentables dentro de las raíces y tubérculos tropicales y representa una excelente opción para el pequeño productor del trópico húmedo (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2007).

Como en el caso de otros cultivos marginados, los esfuerzos por industrializar el producto y diversificar su uso han sido muy pocos. En Puerto Rico se iniciaron ensayos con resultados muy satisfactorios para preparar *chips*, mediante la deshidratación, y harina de tiquisque (Giacometti y León, 2012).

El principal destino de la producción de tiquisque es el mercado de los Estados Unidos para la población Latina con influencia africana que constituye el principal consumidor (Ministerio de

Agricultura y Ganadería, 2007). Según datos del PROCOMER (2012c) Costa Rica exportó 5 160,8 toneladas de tiquisque en el 2011.

3.6.4. ARROZ

El arroz *Oryza sativa* es de origen asiático y africano, familia de las gramíneas (Turabi *et al*., 2008; Belitz *et al.*, 2009). Comercialmente, más de dos mil variedades de arroz se cultivan en todo el mundo (Lawal *et al.*, 2011). En Costa Rica el arroz es el cereal de mayor producción con 250 849 toneladas anuales de granza seca y limpia (CONARROZ, 2012).

El arroz es uno de los cultivos de cereales más importantes del mundo y su almidón es uno de los principales ingredientes de productos alimenticios diversos. Se conoce que el almidón del arroz tiene un sabor suave y textura suave, cremosa y untable. Estas cualidades lo hacen valioso en la formulación de productos alimenticios y debido a estas aplicaciones su precio suele ser superior al precio promedio de otros almidones. Además, el almidón de arroz es no alergénico, debido a la hipoalergenicidad de la proteína asociada (Lawal *et al.*, 2011).

Dentro de los cereales aptos para ser consumidos por los celíacos se encuentra el arroz como el más utilizado. Su bajo contenido de prolaminas, su carácter hipoalergénico, sabor insípido, bajo contenido en sodio y alto contenido de carbohidratos de fácil digestión lo transforman en un cereal especialmente apto no solo para preparar alimentos para celiacos sino también para dietas especiales (Sánchez *et al*., 2008). Sin embargo, este por sí solo no es suficiente y deben agregarse algunos aditivos alimentarios, tales como almidones, gomas, hidrocoloides o productos lácteos, para obtener productos alimenticios sin gluten con la calidad deseada (Turabi *et al*., 2008).

3.7. ANÁLISIS SENSORIAL

La evaluación sensorial es una ciencia que mide, analiza e interpreta las respuestas de las personas a los productos según la percepción de los sentidos. Durante décadas los científicos sensoriales han investigado y desarrollado métodos para capturar las reacciones de la gente a

diversos tipos de estímulos y comprender mejor el proceso de percepción, mientras que otros han utilizado la información sensorial para identificar productos exitosos de los consumidores (Stone, 2010).

Las pruebas sensoriales pueden describirse o clasificarse de diferentes formas. Los especialistas en pruebas sensoriales y los científicos de alimentos clasifican las pruebas en afectivas (orientadas al consumidor) y analíticas (orientadas al producto), en base al objetivo de la prueba (Watts *et al*., 1992).

Se debe tener clara la diferencia entre pruebas que son orientadas al consumidor, que son aquellas en las que se desea tener información sobre la aceptación de un determinado producto por los consumidores y las pruebas orientadas al producto, que son aquellas en las que se desea obtener información sobre las características sensoriales de un producto alimenticio específico por medio de panelistas entrenados (Jiménez, 2008).

3.7.1. Análisis descriptivo

El análisis descriptivo es una de las técnicas más sofisticadas, potentes y útiles del análisis sensorial, ya que permite obtener una descripción sensorial completa de los productos, que es útil para conocer los atributos más importantes para la aceptación del producto y brinda una base para comparar productos (sus características sensoriales) y es especialmente útil para optimizar las formulaciones (Villalobos, 2008; Marín *et al.,* 2010; Stone, 2010).

En general, el objetivo primordial de dicho análisis es encontrar un mínimo número de descriptores que contengan un máximo de información sobre las características sensoriales del producto. Se basa en la detección y la descripción de los aspectos sensoriales cualitativos y cuantitativos, por grupos de panelistas entrenados, quienes al dar valores cuantitativos proporcionales a la intensidad percibida de cada uno de los atributos evaluados, establecen la alteración del producto causada por un tratamiento o por el tiempo (Marín *et al.,* 2010).

El proceso de selección de los jueces para ser usados en análisis descriptivos debe tomar en cuenta el interés de éstos, tanto por el producto como por el proceso de adiestramiento, así como la capacidad de asimilación del aprendizaje. Entre los criterios para evaluar el desempeño y capacidad de los jueces se encuentra la habilidad de percibir las diferentes características del alimento, disponibilidad, el interés hacia la prueba y el producto, y funcionalidad como juez, es decir su capacidad de mantener equilibrio en el juicio y estabilidad en el criterio al analizar diferentes muestras (Sancho *et al,* 2002).

El análisis descriptivo de un alimento abarca la evaluación de características texturales, de sabor, aroma y apariencia. En una primera etapa se da una generación de términos que permiten describir las características del producto, utilizando estándares para facilitar la comprensión de los diferentes atributos. Posteriormente se evalúa la capacidad del grupo de jueces de manejar adecuadamente los términos y finalmente se desarrolla la evaluación descriptiva del o los productos (Meilgaard *et al*, 2007).

El entrenamiento de los jueces debe establecerse de manera tal que garantice la capacidad de los jueces de comprender los diferentes atributos y características evaluadas en los alimentos. Debe además, propiciar que los jueces tengan la capacidad de reproducir sus propios resultados y que éstos sean concordantes con los resultados del resto del grupo de evaluadores (Sancho *et al,* 2002).

3.7.2. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (PCA) es una técnica que se utiliza en la evaluación sensorial de alimentos para representar las interrelaciones entre variables múltiples dependientes (como los descriptores sensoriales) y entre muestras. La ventaja de este análisis es que al transformar los datos en nuevas variables (componentes principales) elimina los atributos redundantes para una misma característica (Villalobos, 2008).

Matemáticamente, esta representación ofrece información sobre el peso de cada variable para explicar la variabilidad global y las correlaciones entre las distintas variables. De esta forma, y al margen de la interpretación matemática pura, se obtiene una idea de cuáles son los descriptores que tienen más importancia en la diferenciación del producto (los más alejados del centro), o cuáles son los descriptores que varían de forma semejante (los más próximos entre sí), o cuáles varían de forma independiente (los más alejados pero no diametralmente opuesto) o los que varían en sentido inverso (Sancho *et al*., 2002; Quicazán *et al.*, 2011).

3.7.3. Prueba de aceptación

Los análisis sensoriales que involucran consumidores tienen como principal objetivo conocer el gusto, la aceptación o reacción de los consumidores ante un determinado producto o ante características dadas de ese producto (Rojas, 2010). En este caso, se determina cuál producto fue calificado significativamente más alto (mayor agrado) con respecto a los demás productos en la prueba (Stone y Sidel, 2004).

Con esta medición se intenta cuantificar la preferencia de los sujetos por un producto, midiendo cuánto les gusta o les disgusta, es decir, el grado de satisfacción. Estas pruebas se consideran pruebas hedónicas y entre sus principales características están: que los productos a evaluar se presentan en función del uso normal del producto y que los jueces no son entrenados, son consumidores del producto a evaluar. La medida de aceptación no garantiza el éxito del producto en el mercado, sin embargo, provee una idea de su potencial en el mercado (Sancho *et al.*, 2002; Stone y Sidel, 2004).

3.7.4. Mapeo preferencial

En los últimos años, el desarrollo de productos alimenticios se ha convertido en una tarea orientada al consumidor haciendo que la comprensión de la preferencia de los consumidores sea un factor clave para el éxito. Por lo tanto, saber cuánto le gusta un producto a los consumidores no es suficiente, es importante entender la razón de sus decisiones, lo cual es una tarea bastante difícil

para el marketing y los analistas sensoriales. Un enfoque tradicional utilizado por el análisis sensorial para comprender la preferencia de los consumidores consiste en el desarrollo del mapeo preferencial interno y externo combinando datos descriptivos proporcionadas por un panel entrenado con pruebas hedónicas realizadas por los consumidores (Symoneaux *et al*., 2012).

La razón de esto es que, aunque los consumidores pueden tener claro qué productos les gustan y cuáles no les gustan, no siempre son capaces de describir específicamente qué les gusta o qué no les gusta de un producto. Los análisis de preferencias son técnicas capaces de relacionar la información externa sobre las características del producto percibidas en las valoraciones de preferencia de los consumidores con el fin de entender cuáles son los atributos de un producto que están produciendo o conducen las preferencias (Van Kleef *et al*., 2006; Paulsen *et al*., 2013).

Las técnicas de mapeo preferencial pertenecen a las herramientas más populares de la investigación de mercados. Además de su aplicación a una amplia gama de problemas de comercialización, se utilizan con frecuencia para el propósito de mejorar el producto (Van Kleef *et al*., 2006).

Hay dos enfoques básicos para el análisis y la comprensión de las preferencias de los consumidores. Estos se denominan generalmente como análisis de mapeo preferencial interno y externo. A pesar de que se basan fundamentalmente en el uso de los mismos datos, el análisis de preferencia interna y externa representan diferentes perspectivas sobre estos datos y por lo tanto extraen información diferente (Van Kleef *et al*., 2006).

El mapeo preferencial es un enfoque importante para investigar la relación entre los datos descriptivos y datos hedónicos de agrado de productos. El mapeo preferencial se puede hacer con un enfoque interno, utilizando datos de aceptación como variable X con los datos sensoriales externos proyectados en el mapa de preferencia interna, en el que se observan las diferencias entre productos y en la preferencia por éstos, o vía externa, utilizando datos sensoriales como variable X con datos de aceptación proyectados en el espacio del producto sensorial. El término mapeo preferencial interno extendido se utiliza cuando la información sobre las propiedades sensoriales se

proyecta en el mapa de preferencias interna a través de la regresión (Van Kleef *et al*., 2006, Paulsen *et al*., 2013).

3.7.5. Análisis Cluster

El análisis de segmentación, o "cluster", tiene por objeto la búsqueda de grupos similares de individuos o variables que se van agrupando en conglomerados. Para ello se selecciona en cada caso, las variables que se consideran relevantes para identificar los grupos, la medida de proximidad más apropiada y el criterio para agrupar a los individuos en conglomerados (Bernabéu y Olmeda, 2008). Es una técnica que se puede utilizar en estudios de consumidor para identificar segmentaciones en preferencias; la base de esta técnica es identificar similitudes entre las observaciones realizadas por parte de los consumidores (McEwan *et al*., 1998).

3.8. MEDICIÓN DE TEXTURA

La textura, puede ser definida como los atributos que tiene un alimento resultado de la combinación de las propiedades físicas y las percibidas por nuestros órganos sensoriales. Esta característica permite apreciar la firmeza, suavidad, suculencia, resistencia a la masticación, fibrosidad, etc., de los productos comestibles (Sancho *et al*., 2002; Hernández, 2005).

El término textura también puede definirse como "todos aquellos atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y, si es apropiado, visuales y auditivos" (Wattson, 2010). Se conoce que después del sabor, la textura es la característica más importante a la hora de escoger un alimento, e incluso los consumidores la toman como una garantía sobre la calidad del mismo (Zúñiga *et al*., 2007).

La textura es relacionada principalmente a la suavidad, y junto con el color y el aspecto visual son importantes atributos para la aceptación de alimentos, siendo por tanto la evaluación de tales características, una forma de garantizar la satisfacción del consumidor en cuanto a sus

expectativas sensoriales, en especial en preparaciones como panes, tartas, pasteles y bizcochos (Von Atzinger y Silva, 2005).

3.8.1. Análisis del perfil de textura

Este método fue desarrollado por un grupo de investigadores de la General Foods Corporation en los años 60, mediante el uso de un texturómetro de la misma firma para obtener varios parámetros de textura, ha demostrado la elevada correlación que existe entre las mediciones por esta técnica y la evaluación sensorial (Castro y De Hombre, 2007).

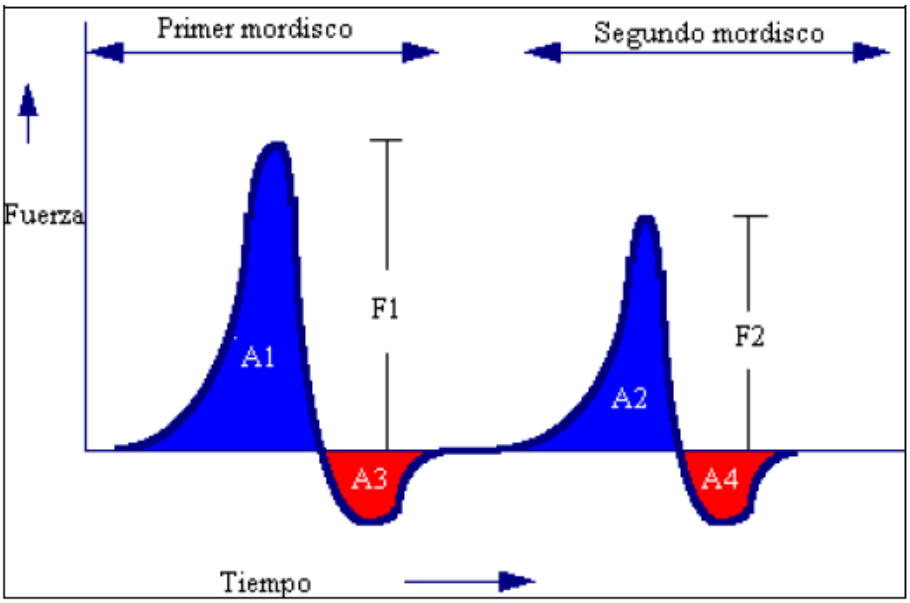


Figura 1. Diagrama ideal para prueba de textura TPA.

Fuente: Wattson (2010).

El análisis de perfil de textura, es un excelente procedimiento instrumental para medir, cuantificar y desarrollar nuevos parámetros relacionados con la textura; aunque la magnitud de estos parámetros será influenciada por las variables introducidas en las mediciones como la tasa de deformación, y para que ellas puedan proveer información objetiva y que se pueda comparar es necesario ejecutar las mediciones bajo unas condiciones estandarizadas (Zúñiga *et al*., 2007).

El perfil de textura está basado en el ensayo fuerza versus tiempo. De los siete parámetros texturales, cinco se obtienen de medidas directas y dos se logran por medio de cálculo (Castro y De Hombre, 2007). En el Cuadro I se muestran las definiciones de cada término de textura empleado para esta técnica y su interpretación, de acuerdo con la Figura 1 donde se muestra una curva general de un análisis TPA efectuado.

Cuadro I. Definiciones e interpretación de cada término de textura empleado en la técnica TPA.

Parámetro	Definición	Interpretación
Dureza	Fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares	**F1**
Elasticidad	Extensión a la que un alimento comprimido retorna a su tamaño original cuando se retire la fuerza	**F2/F1**
Adhesividad	Trabajo requerido para retirar el alimento de la superficie	**A3**
Cohesividad	Fuerza que los enlaces internos hacen sobre el alimento	**A2/A1**
Masticabilidad	Energía requerida para masticar un alimento hasta que está listo para ser tragado	**Dureza*Cohesividad*Elasticidad**
Gomosidad	Energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado	**Dureza*Cohesividad**

(Fuente: Wattson, 2010)

La evaluación de dicho parámetro es empleada en el desarrollo de nuevos alimentos, en el mejoramiento de los existentes, en el control de los procesos de elaboración y en el control de la calidad, ya que muchas de las propiedades texturales de los alimentos como la firmeza, dureza, terneza, entre otros, están directamente relacionadas con las propiedades mecánicas de los alimentos, es por ello que es importante su estudio y conocimiento para el control de calidad (Osorio *et al.*, 2004).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LOCALIZACIÓN

El desarrollo experimental se llevó a cabo en la Planta Piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) y en los laboratorios de química y de análisis sensorial, así como en las aulas y sala de profesores de la Escuela de Tecnología de Alimentos, localizada en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Universidad de Costa Rica.

4.2 MATERIALES

Se utilizó los materiales que se presentan a continuación para la elaboración de los quequitos, su uso se determinó de acuerdo a las pruebas realizadas en la etapa de pruebas preliminares.

- Harina de trigo Nacarina®
- Huevos
- Margarina Numar®
- Azúcar Doña María
- Jugo de naranja Sunfrut®
- Polvo de hornear Royal de kraft®
- Saborizante de vainilla Vainol Ancla

Las materias primas que se incluyeron dentro del desarrollo de los quequitos de harinas alternativas fueron:

- Harina de yuca
- Tiquisque fresco
- Ñampí fresco
- Harina de arroz

4.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Para la elaboración de las harinas y de los quequitos se utilizaron los equipos mostrados en el siguiente cuadro.

Cuadro II. Información de los equipos utilizados para la elaboración de las harinas y los quequitos.

EQUIPO	MARCA	MODELO
Secador de bandejas con aire caliente	National	Tray Dryer
Molino de martillos (malla 0,033 pulgadas)	Fitz mil	JT-6/1030
Analizador de textura	TA.XTPlus	----------
Estufa con vacío	Cole-Parmer	----------
Horno industrial discontinuo	Dicte S.A.	HF-65-45-6-E/2001
Batidora	Hobart	N-50/14070446
Rebanadora	Hobart	PD-35

4.4 SELECCIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS PARA ELABORAR LOS QUEQUITOS

4.4.1 Análisis de Cluster

Se realizó una búsqueda bibliográfica de las propiedades funcionales de los componentes del trigo que le dan la identidad a los quequitos, como son porcentajes de: proteína, grasa, carbohidratos y cenizas. Esa misma información se buscó para las materias primas alternativas. Se llevó a cabo una búsqueda de los componentes y características relevantes de los tubérculos, cereales, y vegetales con uso potencial en alimentos libres de gluten, y aunque se trató de utilizar otras características como contenido de fibra, almidón, amilosa y amilopectina no se pudo obtener, en la mayoría de los casos por falta de estudios. Se utilizaron fuentes que reportaran todos los valores para las características utilizadas por el mismo autor.

Todos los componentes se pasaron a base seca y organizaron en una matriz donde las columnas eran cada una de las materias primas (arroz, yuca, papa, tiquisque, ñampí, entre otras) y las filas correspondían a los componentes de las materias primas (grasa, proteína, carbohidratos y cenizas) (Apéndice A, Cuadro A1).

El análisis estadístico de los componentes de los tubérculos, cereales y el trigo se realizó con una prueba de conglomerados o prueba “cluster” (Apéndice B). Para ello se utilizó el paquete estadístico XLSTAT versión 9. Este análisis se utilizó para clasificar e identificar similitudes dentro de los grupos y diferencias entre grupos de datos (McEwan *et al*., 1998) en este caso fue entre las diferentes materias primas con respecto al trigo.

Dado que la información obtenida para realizar el análisis anterior no provenía de una misma fuente e incluso faltaron datos o hubo inconsistencias para las diferentes harinas o productos frescos, se decidió hacer también pruebas preliminares además de la revisión bibliográfica realizada.

4.5 PRUEBAS PRELIMINARES

Las pruebas preliminares se llevaron a cabo con el fin de definir las operaciones unitarias involucradas en la elaboración de purés (tiquisque, ñampí y arroz) y de harinas (tiquisque y ñampí) y para observar su efecto en formulaciones de quequitos. Se elaboró una formulación con harina de trigo para utilizarla como patrón de los productos desarrollados con sustitución.

4.5.1 Elaboración de purés y harinas

Se elaboraron purés (tiquisque, ñampí y arroz) y harinas de tiquisque y ñampí (Figuras 2 y 3) para observar el efecto de cada una de las materias primas sobre los quequitos, y determinar cuál sería el tratamiento (puré o harina) que se le aplicaría a la materia prima que se utilizará en las pruebas definitivas.

Cabe mencionar que estas pruebas se realizaron con tiquisque, ñampí y arroz porque, con base en una revisión bibliográfica realizada, se encontró poca información sobre productos a base de ñampí y tiquisque. El arroz se utilizó ya que se menciona en varios artículos sobre panificación, como materia prima en mezclas con otras harinas para sustituir la harina de trigo por su sabor neutro (Arendt y Dal Bello, 2008; Alvarado, 2009).

La elaboración de las harinas y purés de tiquisque y ñampí se llevó a cabo según las etapas mostradas en las Figuras 2 y 3. El puré de arroz se elaboró por cocción del arroz como se muestra en la Figura 2, y la harina de arroz se compró en el mercado local.

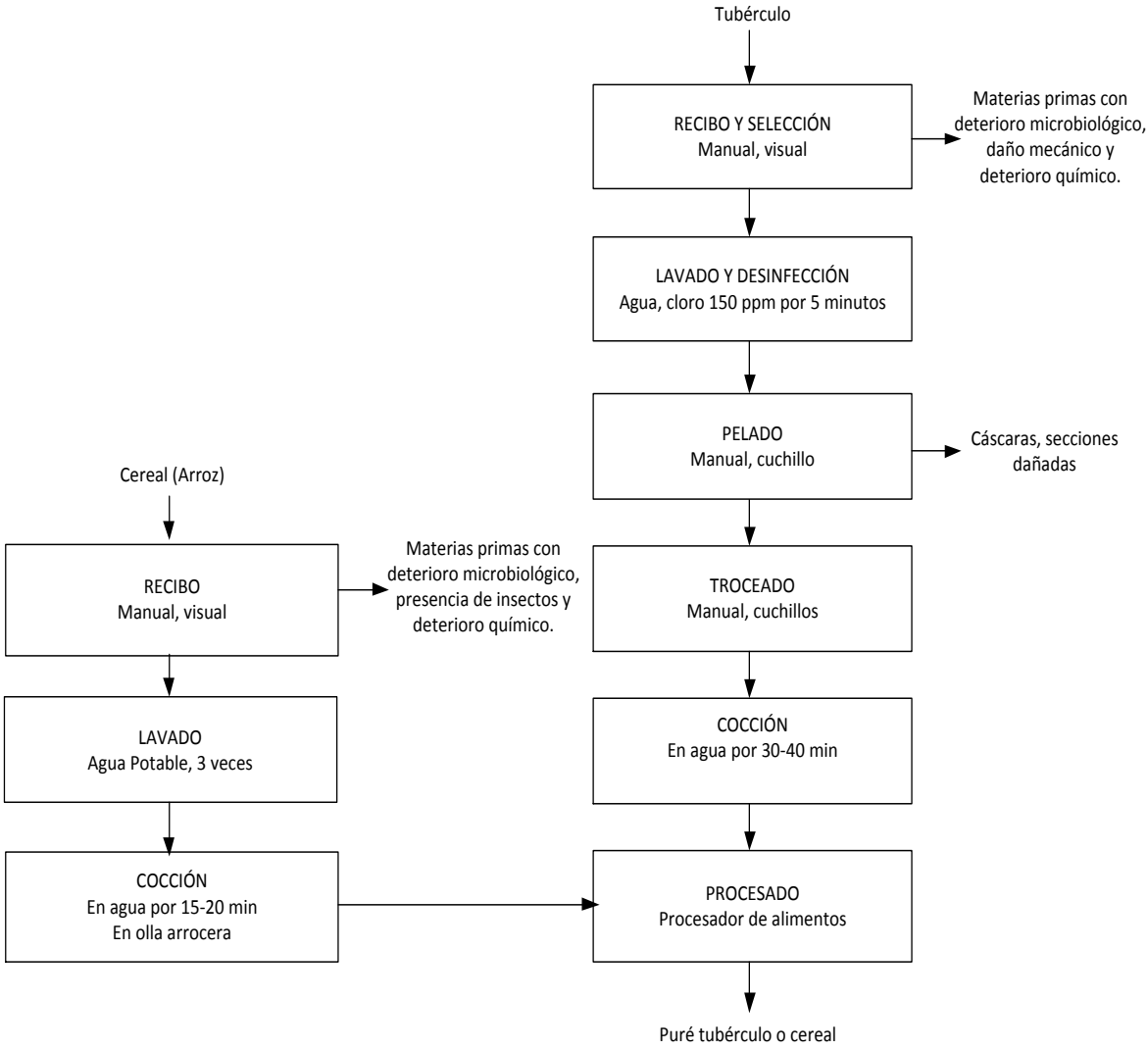


Figura 2. Flujo de proceso para la elaboración de puré

Operaciones involucradas en la elaboración de los purés

Recibo y selección

Se recibió la materia prima (tubérculos o cereales) y se hizo una selección visual donde se eliminaron los productos que presentaron daño microbiológico, químico o mecánico. En el caso del arroz se utilizó arroz que ya venía seleccionado y empacado por lo que solo se inspeccionó visualmente que el empaque no estuviera roto, ni con presencia de insectos.

Lavado y desinfección

El lavado se realizó con abundante agua por dispersión y cepillando para eliminar suciedad, posteriormente se colocaron por 5 minutos en una solución de agua con cloro con una concentración de 150 ppm de cloro. Por las características del arroz solo se lavó con agua potable y no se desinfectó, el procedimiento se llevó acabo agitando el arroz sumergido en agua y luego decantando el agua, este proceso se realizó tres veces.

Pelado

El pelado se realizó de forma manual con cuchillo retirando la totalidad de la cáscara y cualquier sección que pudo presentar daño.

Troceado

Se troceó con cuchillo de forma manual para obtener secciones de aproximadamente 3-4 cm de grosor.

Cocción

Las secciones obtenidas en la etapa anterior fueron colocadas en una olla con una cantidad de agua que apenas las cubriera y se calentó hasta llegar a ebullición por 30-40 minutos o hasta que se suavizaron.

El arroz se cocinó en una olla arrocera con una relación 1:2 de arroz agua por un tiempo de aproximadamente 15 a 20 minutos dependiendo de la cantidad elaborada.

Procesado

Posterior a la cocción se colocaron las secciones de los diferentes productos en un procesador de alimentos con la mínima cantidad de agua para que se formara el puré de tubérculo, aproximadamente de 3-5 minutos, el arroz se agregó sin adicionar agua por el mismo tiempo. Por ser pruebas con cantidades pequeñas se usó un procesador y no un molino de martillos, el cual se debería utilizar para cantidades altas de puré.

Operaciones involucradas en la elaboración de las harinas

Recibo y selección

Se recibió la materia prima (tubérculos) y se hizo una selección visual donde se eliminaron los productos que presentaron daños.

Lavado y desinfección

El lavado se realizó con abundante agua por dispersión y cepillando para eliminar suciedad posteriormente se colocaron por 5 minutos en una solución de agua con cloro con una concentración de 150 ppm de cloro.

Pelado

El pelado se realizó de forma manual con cuchillo retirando la totalidad de la cáscara y cualquier sección que pudo presentar daño.

Troceado

Se troceó en una rebañadora automática marca Hobart en secciones de aproximadamente 0,2-0,3 cm de grosor (Aboubakar *et al*., 2008).

Secado

Las secciones obtenidas en la etapa anterior fueron colocadas en las bandejas de un secador con aire caliente formando una capa, que se secó por alrededor de 3 horas a una temperatura de 65°C de acuerdo a la materia prima a secar y según lo recomendado para afectar lo menos posible sus características (Aboubakar *et al*., 2008).

Molienda

Las hojuelas secas se molieron en molino de martillos con la malla de 0,084 centímetros (0,033 pulgadas) donde se obtuvo la harina. Este tamaño de malla se escogió para las pruebas definitivas porque, en el caso de las harinas elaboradas en las primeras pruebas preliminares se usó la malla de 0,15 centímetros (0,060 pulgadas) del molino, con estas harinas las masas preparadas tenían la

presencia de gránulos blancos claramente visibles. Por lo que para evitar este defecto se cambió la molienda.

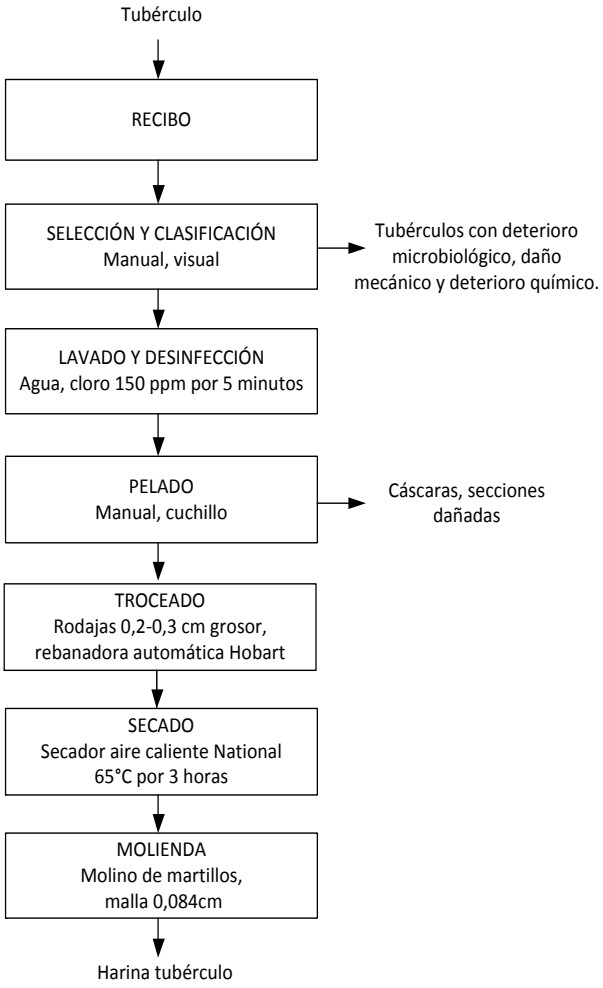


Figura 3. Flujo de proceso para la elaboración de harina.

4.5.2 Elaboración de quequitos con purés y harinas de ñampí, tiquisque y arroz

Para desarrollar un quequito control (100% harina trigo) que fuera agradable con respecto al sabor y textura, se realizaron varias pruebas con distintas formulaciones: diferentes contenidos de leche, jugo de naranja en lugar de leche y se varió el contenido de huevo (Cuadro III). De estas pruebas se escogieron las formulaciones que se presentan en el Cuadro III.

Cuadro III. Formulaciones base en porcentaje para los quequitos sustituidos.

Ingrediente	Huevo Estándar	Con Menos Huevo
Harina	29,09	32,65
Huevo	21,82	16,33
Azúcar	18,18	12,24
Margarina	14,55	20,41
Jugo de naranja	14,55	16,33
Polvo de hornear	0,91	1,02
Vainilla	0,91	1,02

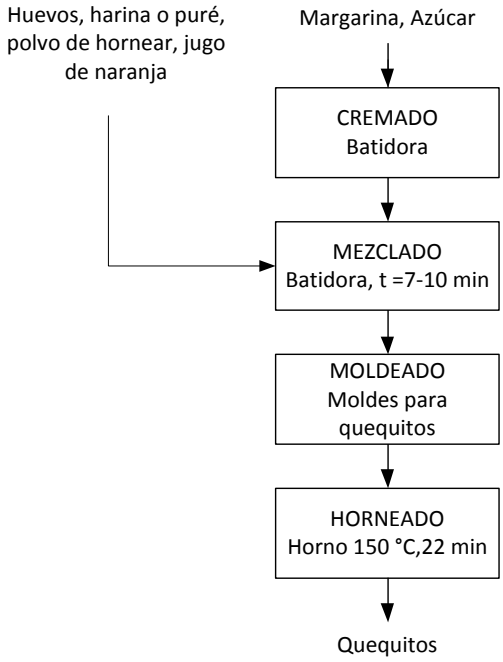


Figura 4. Flujo de proceso para la elaboración de quequitos.

Para elaborar los quequitos se siguieron las etapas indicadas en la Figura 4. Inicialmente se pesaron los ingredientes, luego se colocó en la batidora la margarina y el azúcar para iniciar con el mezclado y dar lugar al cremado hasta obtener una pasta cremosa y sin cristales de azúcar. Posteriormente se adicionó los demás ingredientes iniciando con los huevos y la mitad de los ingredientes secos (harina y polvo de hornear), el jugo de naranja y el resto de la mezcla de ingredientes en polvo se agregó de forma gradual y se mezcló de 7 a 10 min, pero no más de 10 min porque se puede afectar la estructura y viscosidad del quequito (Alvarado, 2009; Martínez-Cervera *et al*., 2011). En el caso de los quequitos elaborados con puré, éste se adicionó posterior al cremado

con el polvo de hornear. En ambos casos se continuó el mezclado hasta obtener una masa homogénea, la cual se colocó sobre canastitas de papel encerado que estaban sobre moldes para quequitos. El horneado se realizó a 150°C por 22 min en horno tipo industrial discontinuo (Villalobos, 2008).

Con el fin de determinar la posibilidad de uso de los purés y las harinas se elaboraron quequitos sustituyendo el 100% de la harina de trigo de la formulación control con un contenido estándar de huevo de la siguiente forma:

- 100% de harinas de tiquisque, ñampí o arroz
- 100% de purés de tiquisque, ñampí o arroz
- 50% harina de arroz y 50 por ciento de harina de ñampí o tiquisque
- 50 % puré de arroz y 50 por ciento con puré de tiquisque o ñampí (Cuadro IV).

Cuadro IV. Porcentajes de las harinas y purés utilizados para la sustitución total de la harina de trigo en los quequitos elaborados en las pruebas preliminares.

	Porcentaje Puré				Porcentaje Harina		
Quequito	**Ñampí**	**Tiquisque**	**Arroz**	**Quequito**	**Ñampí**	**Tiquisque**	**Arroz**
T1	100	---	---	**T6**	100	---	---
T2	---	100	---	**T7**	---	100	---
T3	---	---	100	**T8**	---	---	100
T4	50	---	50	**T9**	50	---	50
T5	---	50	50	**T10**	---	50	50

En cuanto a los resultados obtenidos, en términos generales se encontró que las formulaciones para quequitos con mejores características fueron los elaborados con harinas, las cuales presentaron una apariencia agradable. En el caso de los quequitos elaborados con purés, aún después de eliminar el jugo de naranja que llevaba la formulación base, quedaron muy líquidos, con deficiente crecimiento y apariencia de budines más que de queques.

Debido a las características presentadas por los quequitos elaborados en las pruebas preliminares se decidió utilizar en las pruebas definitivas únicamente harinas y sus mezclas, descartando el uso de los purés de forma parcial o total para el desarrollo de las formulaciones.

4.6. PRUEBAS DEFINITIVAS: DESARROLLO DE QUEQUITOS

4.6.1. Determinación de la proporción de las harinas alternativas en las mezclas para la sustitución de harina de trigo en quequitos.

Se utilizó la formulación de los quequitos que se trabajó en las pruebas preliminares y los porcentajes de cada harina alternativa en las mezclas utilizadas para sustituir el 100 por ciento de la harina de trigo se definieron de acuerdo con los resultados obtenidos en pruebas preliminares de la sección 4.5.2.

Para definir si se podían mezclar las harinas que se probaron, se elaboraron quequitos utilizando formulaciones con 100 por ciento de una harina alternativa (yuca, tiquisque, ñampí y arroz) y mezclas de 50 por ciento de una de las harinas mezclado con 50 por ciento de otra de las harinas alternativas en una misma formulación para observar si el producto formado presentaba características adecuadas en cuanto apariencia, sabor y textura (Cuadro V).

Cuadro V. Porcentajes de las harinas utilizados para la sustitución total de la harina de trigo en los quequitos elaborados en las pruebas definitivas.

Quequito	Porcentaje Harina			
	Ñampí	Tiquisque	Yuca	Arroz
T1	100	---	---	---
T2	---	100	---	---
T3	---	---	100	---
T4	---	---	---	100
T5	50	50	---	---
T6	50	---	50	---
T7	50	---	---	50
T8	---	50	50	---
T9	---	50	---	50
T10	---	---	50	50

El contenido de proteína puede afectar la textura del quequito, por lo que se probó dos niveles de huevo. Se desarrollaron quequitos con 2 niveles de proteína de huevo, para observar el efecto de este tipo de proteína sobre las características de los quequitos, ya que generalmente las harinas de otras fuentes poseen niveles bajos de proteína respecto al trigo como se puede observar en el Apéndice A, Cuadro A1. Se hizo un cálculo para obtener un porcentaje de proteína aproximado

en los quequitos elaborados con trigo, utilizando la cantidad de proteína que se reporta en la literatura para la harina de trigo y para el huevo (Ver Apéndice C), se omitieron las demás materias primas ya que el aporte de proteína era muy bajo. Seguidamente se hizo otro nivel que fuera bajo en proteína proveniente del huevo. De estas pruebas se consideró como parámetros la naturaleza de la harina y el contenido de proteína proveniente del huevo.

Para estandarizar el horneo, todos los tratamientos se hornearon en la sección central del horno por el mismo tiempo, es decir en las dos bandejas centrales y tendiendo al centro y no a los extremos del horno, ya que es la sección donde se distribuye uniformemente el calor.

4.6.2. Diseño experimental

En el diseño se consideraron los parámetros de naturaleza de la harina y contenido de proteína de huevo. La naturaleza de la harina se refiere a 4 formulaciones que usaron 100% de las harinas alternativas y 6 formulaciones, que combinaron dos de las harinas en un porcentaje del 50 por ciento cada una (Cuadro V). El contenido de proteína proveniente del huevo se varió en dos niveles tal como se decidió en la sección 4.5.2 Cuadro III.

El arreglo de los tratamientos realizados en los quequitos se muestra en el Cuadro VI. Se utilizó un diseño irrestricto aleatorio donde de forma aleatorizada se prepararon los 22 tratamientos y se realizaron por triplicado.

Las variables respuesta que se utilizaron para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos sobre los quequitos fueron el perfil de textura, la humedad, los descriptores sensoriales y el agrado de los consumidores.

Se aplicó un análisis de “cluster” a los datos generados por los consumidores para definir si había segmentos entre éstos y luego un análisis de varianza para determinar cuál era el producto más aceptado en cada grupo.

Cuadro VI. Tratamientos aplicados en la elaboración de los quequitos.

Tratamiento	Harina	Proteína*
1	Trigo	Estándar
2	Tiquisque	Estándar
3	Ñampí	Estándar
4	Arroz	Estándar
5	Yuca	Estándar
6	Ñampí –Tiquisque	Estándar
7	Ñampí – Arroz	Estándar
8	Ñampí – Yuca	Estándar
9	Tiquisque-Arroz	Estándar
10	Tiquisque-Yuca	Estándar
11	Arroz- Yuca	Estándar
12	Trigo	Menos
13	Tiquisque	Menos
14	Ñampí	Menos
15	Arroz	Menos
16	Yuca	Menos
17	Ñampí –Tiquisque	Menos
18	Ñampí – Arroz	Menos
19	Ñampí – Yuca	Menos
20	Tiquisque-Arroz	Menos
21	Tiquisque-Yuca	Menos
22	Arroz- Yuca	Menos

*Menos **(-P)** corresponde a los tratamientos con menor contenido de la proteína proveniente del huevo con respecto a la formulación estándar **(P)** (Ver Cuadro III).

Los datos obtenidos del análisis descriptivo, se analizaron mediante un análisis de varianza, para determinar si existían diferencias entre los productos, así como una comparación de las medias por medio de un análisis de Fisher´s LSD a $p< 0,05$ para los atributos que presenten diferencias significativas en el ANDEVA, y posteriormente se representaron en un gráfico de barras debido a que el gráfico de telaraña comparando los productos y atributos no favorecía la observación del comportamiento de los datos.

Además se hizo un análisis de mapeo preferencial, donde se llevó a cabo una regresión de los datos de agrado de los consumidores para cada tratamiento, sobre los datos del panel entrenado (análisis de componentes principales, PCA) para entender qué características les gustó a los segmentos de consumidores.

La humedad y la textura se analizaron por medio de un ANDEVA de los valores obtenidos para cada muestra, en los casos que se encontró diferencia significativa se aplicó un análisis de las medias con respecto a los valores Fisher´s LSD a $p< 0.05$.

4.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS

4.7.1. Análisis químico

Determinación de humedad de las harinas y quequitos

Se determinó humedad por triplicado en cada uno de los tipos de harinas utilizadas y de los quequitos correspondientes a cada uno de los tratamientos.

La determinación de la humedad se efectuó siguiendo el método establecido por el Laboratorio de Química del CITA P-SA-MQ-002, basado en la metodología de AOAC (2005), tomando en cuenta las modificaciones necesarias para la aplicación del método en muestras de productos horneados como los queques. El proceso de secado se realizó dentro de una estufa a una temperatura de 98-100°C, durante un lapso de 5 horas, hasta que cada muestra alcanzó masa constante, colocada previamente en cada cápsula limpia, seca y tarada. Por diferencia de masa se obtuvo la cantidad de agua que se evapora, la cual se relacionó con el porcentaje de humedad determinado (CITA, 2012).

4.7.2. Análisis físico

Perfil de textura en quequitos:

Se determinó con un texturómetro TA-XT plus Texture Analyser de Stable Micro Systems. Para cada tratamiento de quequitos se realizaron tres réplicas con 6 repeticiones, utilizando el quequito entero, sin la corteza, con una altura mínima de 20mm. La medición se realizó mediante compresión en dos ciclos. Con una celda cilindro (P/35), con un diámetro de 35 mm, a una velocidad de compresión de 2 mm/s y una distancia de compresión de 10mm.

4.7.3. Análisis sensorial

4.7.3.1. Estudio de consumidor

Se realizó un estudio de consumidor con un grupo de 105 consumidores para evaluar la aceptación general de los quequitos elaborados con harinas alternativas y con sus diferentes combinaciones (Cuadro VI). Para esto la evaluación se desarrolló en tres sesiones 35 consumidores cada una, donde cada sesión correspondió a cada repetición. Se reclutaron hombres y mujeres que cumplieran con los requisitos de ser consumidores de repostería o quequitos y que tuvieran deseos de participar en la prueba, quienes en su mayoría fueron estudiantes y funcionarios de la Universidad de Costa Rica (UCR) y de la Universidad Estatal a Distancia (UNED). Se realizó la evaluación de las muestras en las cabinas del laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos de forma individual en cubículos con luz blanca y con uso de extractor de aromas.

Las muestras se presentaron aleatorizadas, balanceadas y codificadas. Se usó una escala lineal híbrida de agrado como la que se muestra en el Apéndice D. Por ser 22 muestras, se presentaron en cuatro bloques de 5, 5, 6 y 6 muestras con un descanso de tres minutos entre cada bloque para evitar la fatiga de los consumidores participantes. Cada muestra correspondía a un cuarto del quequito entero la cual se sirvió a temperatura ambiente y los jueces debían tomar agua entre cada muestra.

Para efectos de este proyecto no se utilizó consumidores celíacos debido a que no todas las materias primas utilizadas se encontraban certificadas como libres de gluten, además los utensilios, equipos y la planta utilizados para elaborar los quequitos no eran exclusivos para productos libres de gluten por lo que no se podía asegurar la no existencia de contaminación cruzada.

4.7.3.2. Análisis descriptivo: Panel entrenado

Se conformó un panel entrenado para determinar los términos que describían las muestras de quequito, que permitieran establecer diferencias debidas a la utilización de las distintas harinas como sustitutos de la harina de trigo y del contenido de proteína.

Se eligió los jueces con base en su disponibilidad de tiempo, intención de participar en el panel y agrado por los quequitos. Se reclutaron 11 panelistas, 1 hombre y 10 mujeres, que trabajaban o estudiaban en la Universidad de Costa Rica.

En la primera sesión de entrenamiento se les explicó en qué consistía su trabajo en el panel y se les dieron las recomendaciones que debían seguir para un adecuado desempeño en el panel, como se presenta a continuación:

- Lavarse los dientes por lo menos una hora antes de asistir al panel
- No consumir alimentos, bebidas, no mascar chicles al menos una hora antes del panel.
- Enjuagarse con agua, tres veces, entre cada muestra y expectorar los enjuagues.
- Probar los estándares antes de probar la muestra que se analiza.
- Probar las muestras en el orden en que se les presentan, de izquierda a derecha.
- Seguir las instrucciones indicadas por la persona que administra el panel y solicitar su colaboración en caso necesario.

El entrenamiento del panel para la evaluación de quequitos se realizó en la sala de profesores, en el aula 6 y en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos. Consistió en tres etapas: generación de términos, alineación de términos y análisis de reproducibilidad de los jueces.

4.7.3.2.1. Entrenamiento para el análisis descriptivo de quequitos

Generación de términos

Se citó a los panelistas el mismo día a la misma hora, en la Escuela de Tecnología de Alimentos y en el aula 6, durante 2 sesiones de aproximadamente 45 minutos, para generar los términos que caracterizaron los quequitos con sustitución de la harina de trigo por harinas alternativas.

En la primera sesión se les presentó una bandeja con 4 muestras diferentes a las cuales se les llamó A, B, C y D. La muestra A correspondió a un quequito de harina de arroz con contenido estándar de huevo, el B era un quequito de harina de ñampí con menor contenido de huevo, el C fue un quequito de trigo con menos huevo y D correspondió a un quequito de harina de arroz y tiquisque con el contenido estándar de huevo de quequito de trigo control. Estos fueron escogidos del total de tratamientos utilizados para el estudio luego de una evaluación con el comité asesor donde se seleccionaron 4 muestras representativas de las características de apariencia, sabor, aroma y textura de las 22 muestras.

Los jueces evaluaron las muestras durante 30 minutos y anotaron las características encontradas con respecto a la apariencia, aroma, sabor y textura, en la guía que se les entregó al inicio de la sesión (Apéndice E). Durante el resto de la sesión y en la siguiente sesión, con la guía del moderador del panel, se elaboró una lista de descriptores y sus definiciones de acuerdo con los panelistas. A partir de esta lista se eligieron por consenso los términos que permitían explicar mejor las diferencias entre las muestras y sus respectivas definiciones.

Alineación de términos

Se desarrolló a lo largo de 3 sesiones, con el fin de aclarar los términos generados por los panelistas y para asegurar que todos entendían la sensación y que la identificaban con el mismo descriptor. Para cada descriptor se les presentó una serie de referencias de manera que las

confusiones se eliminaron, ya que estas muestras de referencia presentaban las características en menor y mayor intensidad que las muestras que evaluaron y ayudaron a definir el mínimo y máximo de las sensaciones. Se escogieron por consenso, los estándares que mejor representaban la sensación descrita para cada atributo y se descartaron aquellos que los panelistas no lograron relacionar con la sensación percibida en las muestras. Por otro lado, en esta etapa se logró identificar y descartar atributos que eran redundantes o poco importantes y que la mayoría del panel no los percibía.

Análisis de reproducibilidad

Se llevó a cabo durante 6 sesiones en el Laboratorio de Análisis Sensorial. La evaluación se hizo en cubículos individuales, con luz blanca, extractor de aromas y con el equipo de cómputo preparado para la utilización del software Fizz con el cual se realizó la evaluación de la intensidad de los atributos. Las muestras se presentaron balanceadas y en orden aleatorio, codificadas con un número de 3 dígitos. Además de las muestras se presentaron los estándares previamente definidos durante la alineación de términos, con sus respectivos nombres.

Para cada sesión los panelistas analizaron dos muestras diferentes por duplicado, en las que se varió las harinas utilizadas así como el contenido de azúcar y huevo. En la primera sesión se analizaron los atributos en una muestra quequito de ñampí-yuca con menos huevo y una de arroz-yuca con contenido de huevo estándar. El análisis en esta sesión se realizó de forma monádica, es decir los panelistas evaluaron todos los atributos en una muestra y luego procedieron con la siguiente muestra.

En la segunda sesión se evaluaron muestras de quequitos de trigo (100%) y de yuca (100%) ambos con la misma cantidad de huevo adicionada. Las muestras de la tercera sesión contenían harina de tiquisque y contenido estándar de huevo y la otra consistió en una mezcla de harina de ñampí-arroz con menor contenido de huevo.

La cuarta sesión se realizó en forma grupal, ya que los datos mostraban que algunos conceptos no estaban claros todavía. Se decidió dividir el grupo de panelistas en dos y se realizó una evaluación grupal de cada una de las muestras y sus respectivos atributos utilizando las escalas de la computadora, permitiendo aclarar algunas dudas de los jueces y aclarar el por qué de sus diferencias en las evaluaciones. Para ello se utilizó quequitos de trigo y de una mezcla de tiquisque-arroz ambas con el mismo contenido de huevo. Para asegurar que los conceptos estaban claros se realizaron dos sesiones más. En la quinta se evaluaron muestras de ñampí-yuca con más azúcar y menos huevo que el quequito de arroz que se usó como segunda muestra. En la sexta sesión se utilizaron quequitos de tiquisque con contenido estándar de huevo. La discusión de la evaluación de los atributos se hacía inmediatamente.

Los jueces llevaron a cabo el análisis en una escala lineal de 10 centímetros, sin divisiones, rotulada y anclada en los extremos. En el caso de los atributos de aroma, harinoso/gomoso, sabor dulce, fácil de masticar y apelmazado se ancló también en el centro la escala con la palabra normal, esto para que tomaran de referencia el sabor de un quequito normal para ellos y evaluaran si la sensación percibida era igual mayor o menor a la de un quequito normal (Apéndice E2).

El análisis de datos recolectados se realizó mediante el programa estadístico XLSTAT versión 9, mediante un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si habían diferencias significativas entre muestras, jueces, repeticiones, así como interacciones (muestra*juez, juez*repetición y muestra*repetición). También se elaboró un gráfico para cada atributo (juez contra la calificación dada en la escala para cada producto y repetición) que permitió observar en cuáles atributos tenían mayor dificultad para discriminar entre muestras. De acuerdo a los resultados del análisis de cada sesión se le explicó a cada juez los aspectos a mejorar y se les mencionó nuevamente la definición de cada término, cómo probar la muestra y cómo utilizar el estándar para aquellos atributos en los que tenían dificultad. Al final de las 6 sesiones se eliminaron los atributos que no pudieron discriminar los jueces y se estableció la lista final de términos con que se analizaron las muestras definitivas.

4.7.3.2.2. Evaluación de las muestras con diferente sustituciones de harina de trigo en los quequitos

Se evaluaron las 22 formulaciones (Cuadro VI) por triplicado, por lo que se realizaron 12 sesiones donde se analizaron 5 muestras en seis sesiones y 6 en otras seis sesiones, se analizaron las muestras usando una escala lineal de 10 centímetros, en forma monádica, en cubículos individuales, con el uso de luz blanca y extractor de aromas. Las muestras se codificaron mediante números de tres dígitos y se presentaron en forma aleatoria y balanceada. Para el análisis de sabor y textura se le dio agua a temperatura ambiente a cada panelista para realizar 2 enjuagues entre cada muestra, así como un recipiente para expectorar los enjuagues. Cada muestra correspondía a un cuarto del quequito entero, sin la canasta de papel encerado que se utilizó durante el horneo, y colocadas sobre una servilleta.

Para la evaluación de los atributos de apariencia correspondientes al relieve en la corteza, brillo en corteza, puntos blancos se les dio una muestra de quequito entero a todos los panelistas.

Antes de cada evaluación se les recordaron las siguientes instrucciones a cada panelista:

- Probar las muestras de izquierda a derecha corroborando que el número de muestra coincidiera con el que les mostraba el programa.
- Al evaluar los atributos de sabor y textura enjuagarse con agua entre cada muestra y expectorar el enjuague.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Selección de las materias primas para elaborar los quequitos con harinas alternativas

Con base en la revisión bibliográfica realizada se obtuvo la información del Apéndice A con la cual se realizó el análisis "cluster" que se muestra en el Apéndice B, Figura B1, con el fin de escoger las materias primas. Sin embargo, la base de datos recolectados no es robusta debido a que no se disponía de la información completa de cada variedad de tubérculo, raíz y no pudo obtenerse de un mismo autor, lo que provocó que la suma de los porcentajes de los diferentes componentes sobrepasará el 100%, e incluso muchos parámetros no se encontraron documentados. Se encontró que el resultado del análisis de "cluster" (Apéndice B) no era válido y se decidió utilizar para la selección otros criterios como los que se mencionan a continuación.

Los resultados obtenidos en las pruebas preliminares fueron utilizados para la selección de las materias primas, además se consideró que fueran producidas a nivel nacional y que fueran materias primas poco aprovechadas y poco estudiadas. Por último, se revisó estudios recientes de alimentos para celíacos para conocer también materias primas ya utilizadas, en sustituciones parciales. El arroz y la yuca, según los estudios, se han usado mucho para productos libres de gluten o con sustituciones parciales de la harina de trigo por sus sabores neutros entre otras características que aportan (Gan *et al*., 2007; Turabi *et al*., 2008; Alvarado, 2009; Ribotta y Tadini, 2009).

Se decidió utilizar las harinas de tiquisque y ñampí las cuales, a pesar de no tener una composición muy similar a la del trigo, dieron resultados buenos en las pruebas preliminares. Los quequitos tenían una apariencia similar comparados con los resultados obtenidos con harina de trigo.

Por otro lado, se escogieron estas dos materias primas que son producidos en Costa Rica, son de fácil acceso y se exporta una gran cantidad. Para la elaboración de la harina se podrían utilizar los excedentes o los productos que no cumplen con las características de calidad para la exportación y además, permite diversificar los productos obtenidos a partir de estas materias

primas. Aunque, la razón más fuerte quizás para su elección fue el que no se encontraron estudios específicos de estas dos harinas en la elaboración de quequitos u otros productos de panificación.

Cabe mencionar que el contenido de almidón del tiquisque es bastante alto y, aunque no presente valores iguales a los del trigo, representa un contenido elevado respecto a otras harinas. Como estos productos no han sido muy estudiados existe la posibilidad de que las gomas que presentan el tiquisque y el ñampí favorezcan la estructura de los quequitos, ya que las gomas como aditivos han sido utilizadas anteriormente para mejorar las características de queques de harina de trigo y queques con harinas sin gluten (Goméz *et al.*, 2007; Turabi *et al.*, 2008).

Además otro factor muy importante para seleccionar las materias primas fue la disponibilidad, y en caso del maíz con el paso de los años su producción ha presentado una disminución en el país (Consejo Nacional de Producción, 2013).

En cuanto al ñame esta materia prima se descartó debido a que no existe mucha disponibilidad en el mercado nacional ya que la mayor parte de la producción es utilizada para la exportación, además de no ser un producto de consumo tan común como las otras raíces y tubérculos.

5.2. Evaluación de los distintos tratamientos aplicados sobre las características sensoriales y la aceptación de los quequitos elaborados con harinas alternativas

5.2.1. Análisis Descriptivo

Los 4 tipos de harinas alternativas libres de gluten y la harina de trigo se utilizaron en la elaboración de quequitos, los cuales fueron evaluados por un panel de jueces entrenados, mediante una serie de descriptores o atributos generados previamente por los jueces. Los atributos se muestran en el Cuadro VII, junto con la definición generada por los panelistas y las referencias necesarias para la comprensión de las características definidas.

Cuadro VII. Lista de descriptores utilizados para los quequitos durante la generación de términos del análisis descriptivo y referencias utilizadas durante la evaluación.

Atributo		Definición	Referencia
Apariencia	Color miga	Variación de color de amarillo café, amarillo fuerte, amarillo suave, beige, café claro a café oscuro	Amarillo café: Amarillo fuerte, Amarillo suave, Beige, Café claro Café oscuro
	Esponjosidad de miga	Si la miga es compacta, apelmazada, aglomerada o por el contrario porosa	Compacto: Quequito tiquisque Poroso: Quequito control
	Relieve corteza	Si la corteza es lisa o presenta crestas o abultamientos.	Irregular: Quequito 100% harina de ñampí Lisa: Quequito harina arroz-yuca
	Brillo Corteza	Brillo en la superficie de la corteza	Brillante: Quequito control barnizado con huevo Opaco: Quequito control sin barniz
	Puntos Blancos	Puntos blancos presentes en la superficie del quequito	Muchos Puntos: Quequito 100% harina de ñampí Sin puntos: Quequito control
Aroma	Gomoso/ harinoso	Aroma goma blanca o harina	Harina de trigo mezclada con agua y con goma blanca
Sabor	Tubérculo	Con sabor a tubérculo	Sabor a tubérculo: Quequito 100% harina de ñampí. No sabor tubérculo: Quequito control
	Dulce	Sabor a azúcar	Dulce: Quequito yuca-arroz con doble de azúcar.
Textura	Arenoso/ Áspero	Que tiene partículas, arenoso, áspero o grumoso	Quequito 100% harina arroz
	Esponjoso, fácil de masticar	Sensación en las primeras dos mordidas	Fácil masticar: Quequito control Difícil masticar: Pan elaborado por fermentación con mezcla de harinas de ñampí, almidón de maíz y gomas.
	Pegajoso/ resbaloso	Sensación grasosa entre el cielo de la boca y la lengua luego de tragar	No pegajoso: Quequito control Pegajoso: Quequito 100% harina de tiquisque.
	Apelmazado/ Húmedo	Sensación luego de masticar varias veces y formar el bolo.	Seco: Quequito 100% harina de arroz Húmedo: Quequito 100% harina de tiquisque.

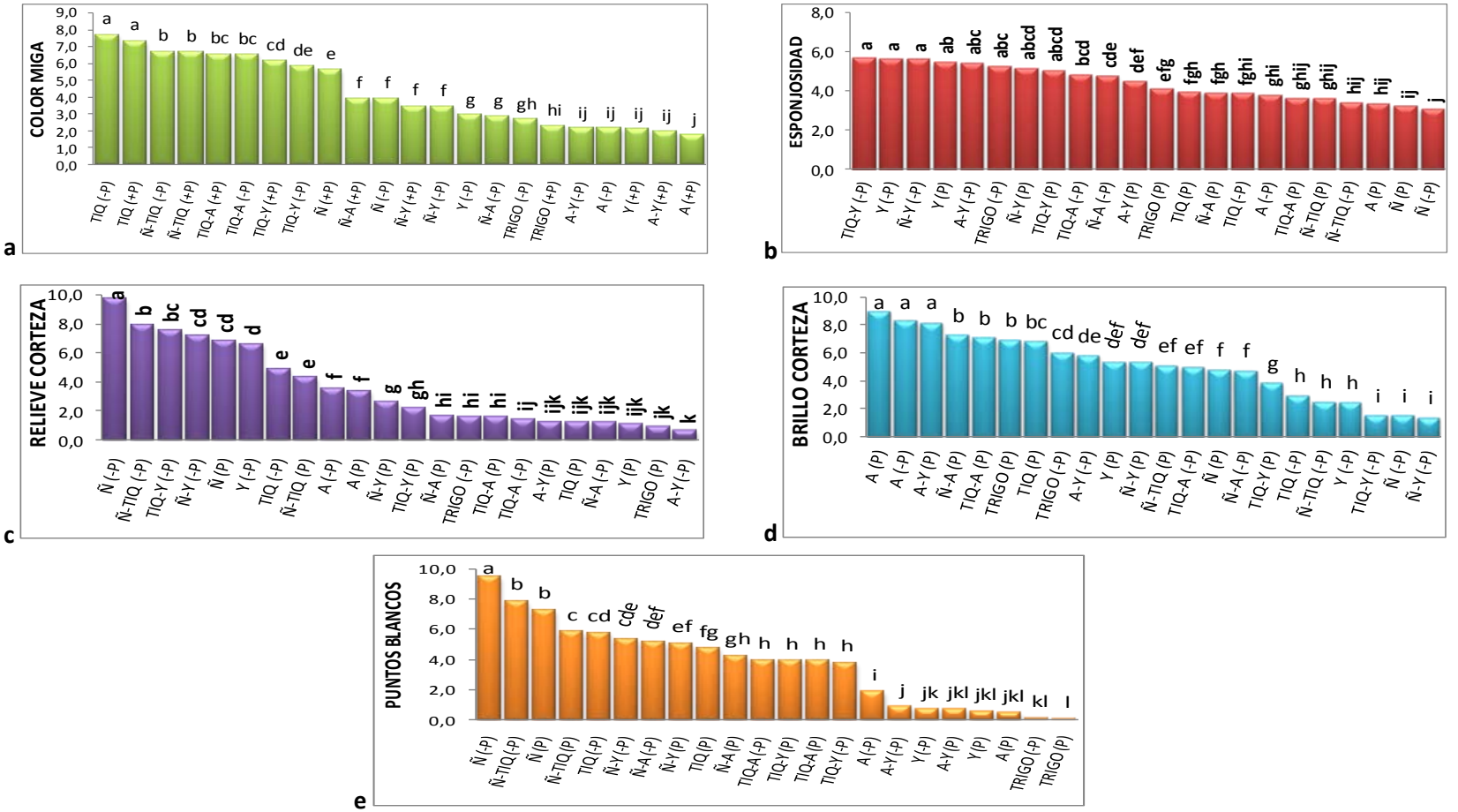


Figura 5. Comparación de los atributos de apariencia evaluados en los quequitos con harinas libres de gluten, con mayor y menor contenido de proteína proveniente del huevo, según el nivel de sustitución.

Se aprecia que el mayor número de descriptores tenían relación con la apariencia y la textura de los quequitos, lo cual era de esperarse en productos horneados. De acuerdo con el ANDEVA se encontraron diferencias significativas (datos en el Apéndice H, Cuadro H1) entre los quequitos para todos los atributos ($p<0,001$), lo que indicó que los descriptores analizados permitieron la separación de las muestras. Para estos descriptores se realizó una comparación de medias cuyos datos se muestran en el Apéndice H2, Cuadro H2 y se representan en las Figuras 5,6 y 7.

Los valores promedio del color de los quequitos (Figura 5a) mostraron que se obtuvieron diferencias entre los quequitos debidas a los tipos de harina ($p<0,001$). Se dio una clara separación entre los quequitos con tiquisque, en cualquier mezcla y ñampí sin mezclar con las otras harinas (yuca, arroz y trigo). La harina de tiquisque presentaba un color café oscuro y la de ñampí un color beige, de acuerdo a la escala usada, y las harinas de trigo, yuca y arroz presentaban un color amarillo suave bastante similar entre ellas.

En los quequitos con colores más claros se observó el impacto de la adición del huevo. En el caso de las muestras de trigo, yuca y arroz la tendencia fue que las muestras con huevo estándar presentaron valores promedio más cercanos a los amarillos más fuertes, en comparación con las mismas muestras con menor huevo, lo que posiblemente es debido a la cantidad de huevo, ya que se sabe que este aporta color debido a la presencia de carotenoides, normalmente del grupo de las xantófilas tales como luteína, zeaxantina, entre otras (Bond, 2004; Belitz *et al.*, 2009; Rossi *et al.*, 2010).

Los valores promedio para la apariencia esponjosa o esponjosidad se muestran en la Figura 5b. Las muestras que presentaron la apariencia más esponjosa (es decir porosa) fueron las elaboradas con harina de yuca, trigo y las mezclas de tiquisque-yuca, ñampí - yuca y arroz yuca, lo cual deja ver una tendencia en los productos con yuca hacia una apariencia esponjosa. Los quequitos elaborados con sustitución total con harinas de ñampí y de arroz presentaron valores más bajos, es decir fueron los menos esponjosos y más compactos seguidos por los elaborados con harina de tiquisque y las mezclas de estas tres harinas.

Según Goméz *et al.* (2007) y Conforti y Archilla (2001), los queques de calidad deben tener atributos como estabilidad de la mezcla batida en la primera etapa de horneado y en la final, volumen alto, aireación y esponjosidad. Por lo que estos resultados sugieren que la harina de arroz y ñampí por si solas no generan queques de características esponjosas. Según varios estudios, los productos con arroz presentan deficiencias como éstas si no se adicionan otras materias primas como gomas e hidrocoloides para evitarlas o controlarlas (Ribotta y Tadini, 2009; Turabi *et al.*, 2010; Ronda y Roos, 2011).

Para el atributo relieve en corteza se puede observar en la Figura 5c que las muestras de quequitos elaborados con harina de ñampí y mezclas de ñampí-tiquisque y ñampí-yuca, todas con menor contenido de huevo que las de contenido estándar, presentaron los valores promedio mayores. Estas muestras en su formulación presentaban menor contenido de líquido, así como una humedad de las harinas (Apéndice F, Cuadro F1) mucho menor que la presente en las otras harinas utilizadas, generando pastas más viscosas, lo que favoreció la formación de cortezas no uniformes.

Cabe mencionar que en la mayoría de los casos las muestras con contenido de huevo estándar mostraron menos relieves en su corteza, es decir una corteza más uniforme, porque la pasta tenía la capacidad de extenderse más fácilmente al ser más líquida, corroborando que conforme disminuyeron los ingredientes líquidos, disminuye la viscosidad de la pasta y disminuyen las irregularidades de la corteza (Altamirano-Fortoul *et al.*, 2012).

En la Figura 5d, se presentan los valores promedio para el descriptor de brillo en la corteza, donde los quequitos a base de harina de arroz y las mezclas de harina de arroz-yuca (P) mostraron los valores más altos; es decir, fueron los quequitos con más brillo. Se puede observar como las muestras con el contenido estándar de huevo presentaban más brillo en la corteza que las elaboradas con las mismas harinas pero con menos huevo. Las muestras elaboradas solamente con harina de arroz y las de trigo no presentaron una diferencia significativa entre las formulaciones con los dos contenidos de huevo.

En el caso de las muestras de arroz, pudo deberse a su dificultad para formar una mezcla e hidratarse, durante el horneado el agua de la formulación se pudo desprender como vapor con mayor facilidad, permitiendo que difundiera hacia la superficie y quedara depositado en la superficie durante el horneado favoreciendo que tuvieran cortezas más brillantes (Altamirano-Fortoul *et al.*, 2012).

Los quequitos con contenido estándar de huevo, contenían más líquido favoreciendo que al ser horneados tuvieran más brillo ya que conforme aumenta el contenido de huevo, aumenta el contenido de agua de la formulación, debido a que los huevos poseen aproximadamente un 74% de agua (Belitz *et al.*, 2009).

Las muestras con menor brillo en la corteza correspondieron a las elaboradas con harina de ñampí y mezclas de harina de ñampí-yuca y tiquisque-yuca, todas con menor contenido de huevo, siguiendo el comportamiento ya mencionado. Cabe mencionar que el brillo en la corteza pudo verse afectado por la coloración en las muestras al contar con coloraciones más oscuras, generadas por las harinas de tubérculos y que los panelistas asociaran el color amarillo con brillo, por lo que le asignaron valores menores a estas muestras y mayores a las muestras con colores amarillos.

Se encontraron diferencias significativas ($p<0,001$) para el descriptor de apariencia llamado puntos blancos (Figura 5e). Las muestras con valores promedio más altos, es decir, con mayor presencia de puntos blancos, fueron las de los quequitos elaborados con harina de ñampí (P) y (-P), seguidos por la mezcla de ñampí-tiquisque (-P), tiquisque (-P) y las demás mezclas con ñampí y con tiquisque. Los quequitos con harina de trigo, harina de yuca y harina de arroz presentaron valores bastante bajos y cercanos entre ellos, lo que permite pensar que la presencia de puntos blancos se asoció con las harinas de ñampí y de tiquisque.

En el procesamiento de las harinas de tiquisque y ñampí no se incluyó una operación de tamizado, por lo que se utilizaron todas las fracciones generadas en el proceso de molienda, a diferencia de las harinas adquiridas en el mercado nacional (trigo, yuca y arroz) las cuales normalmente son tamizadas y se utilizan solo algunas de sus fracciones. Se realizó un análisis de

tamaño de partícula por medio de tamizado (Apéndice K, Cuadro K1) y se encontró que la harina de arroz contenía mayoritariamente partículas que estaban entre 0,10 y 0,42 mm de diámetro, y la harina de yuca entre menores de 0,04 hasta 0,30 mm.

Por otro lado, las harinas de tiquisque y ñampí contaban con las fracciones con un tamaño de 0,8 mm y 0,6 mm y, por lo tanto, diferentes de las harinas de arroz y yuca. El mayor tamaño de partícula pudo causar que no se disolvieran bien y que fueran más visibles en el producto final como puntos blancos.

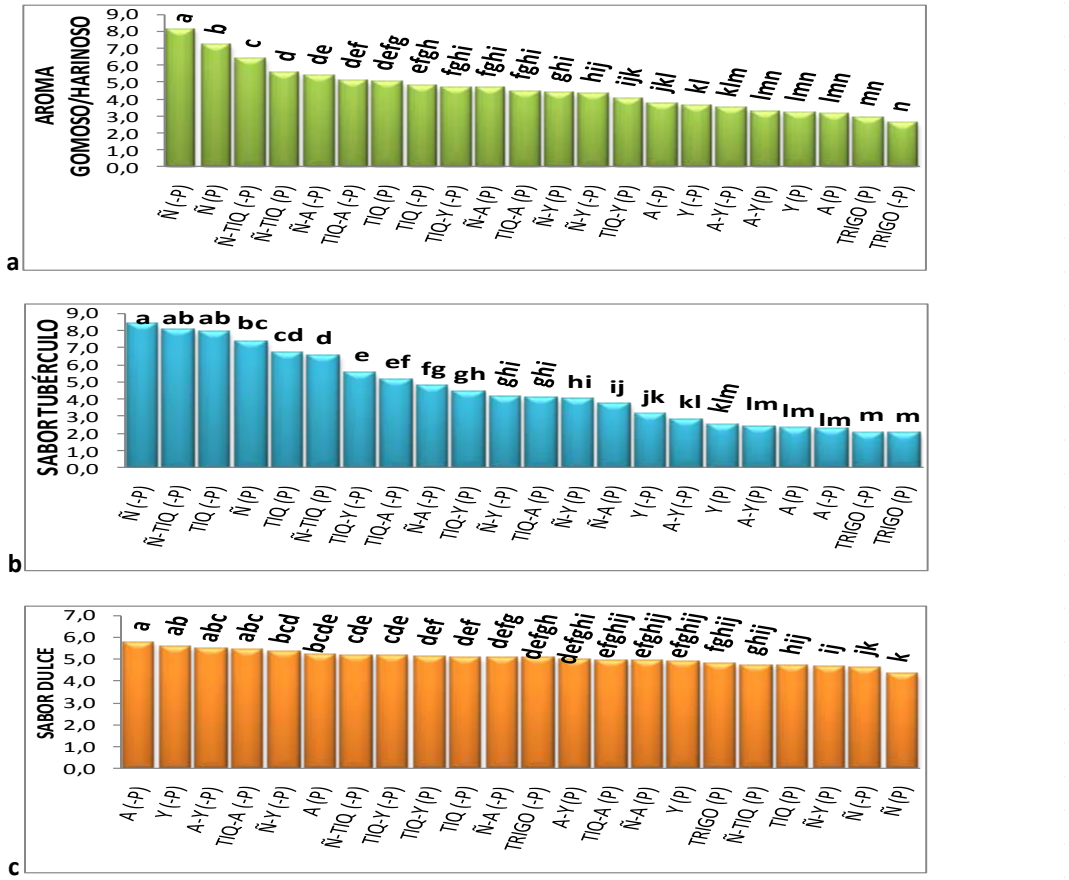


Figura 6. Comparación de los atributos de aroma y sabor evaluados en los quequitos con harinas libres de gluten con mayor y con menor contenido de proteína proveniente del huevo, según el nivel de sustitución.

Los valores promedio para el descriptor aroma gomoso/harinoso de los quequitos se muestran en la Figura 6a, donde se puede observar que las muestras de ñampí (-P) y (P) fueron las

que presentaron mayor aroma gomoso, seguidas por todas las muestras con mezcla de harina de ñampí-tiquisque así como la de tiquisque 100%. Los valores más bajos los presentaron las muestras con harina de trigo, arroz y yuca que, como era de esperarse, presentaron aromas más neutros. Cabe mencionar que este aroma gomoso fue un término que logró separar las muestras elaboradas con harina de tubérculo y las demás harinas, indicando que estas harinas presentaron aromas característicos a tubérculo y más fuertes comparado con harinas de arroz y de trigo que presentaron aromas más neutros.

En la Figura 6b, se observa como el sabor a tubérculo fue mayor en los quequitos elaborados con harina de tiquisque y de ñampí, y cualquier mezcla con ñampí y con tiquisque. Como era de esperarse las harinas de arroz y de trigo presentaron valores muy bajos, lo cual indicó que los panelistas notaron un sabor característico en las harinas de tubérculo. En el caso de la yuca también se pudo observar que el sabor a tubérculo presentó valores promedio bajos pero mayores a los del trigo el cual presentó los menores valores promedio.

Se observó que el sabor dulce no presentó muchas diferencias entre las muestras (Figura 6c). Los quequitos más dulces fueron los de arroz (-P), yuca (-P), tiquisque-arroz (-P) y arroz-yuca (-P). Las muestras con menos huevo fueron más dulces ya que tenían mayor porcentaje de azúcar. Aunque entre las muestras no se detectaron valores muy diferentes, la mayoría fueron cercanos a 5, un valor intermedio. Este atributo no diferenció las harinas.

Los quequitos elaborados con arroz (-P) y (P) fueron los de la mayor textura arenosa (Figura 7a) según los panelistas, seguidos por cualquiera de las muestras elaboradas con mezclas con harina de arroz. Las muestras con menor textura arenosa fueron las elaboradas con harinas de trigo, tiquisque, ñampí y la mezcla de ñampí-tiquisque, lo cual pudo deberse a que las partículas de arroz, aún después de cocido, tenían tendencia a mantenerse con cierta dureza por su poca capacidad de hidratación. Esta capacidad se puede ver también afectada por el contenido de sólidos de la formulación bloqueando en el horneado la absorción de líquido (Bond, 2004; Wilderjans *et al.*, 2013). El tamaño de partícula de la harina de arroz al ser mayor (Apéndice K) pudo provocar que la textura arenosa fuera mayor.

Para el descriptor fácil de masticar (Figura 7b) se observó que los quequitos con mayor dificultad para ser masticados fueron los elaborados con harina de arroz, seguidos por los elaborados con mezclas de harina de arroz, debida posiblemente a la retrogradación y baja retención de agua, y que esta harina está asociada con sequedad de las masas (Ribotta y Tadini, 2009; Wilderjans *et al.*, 2013).

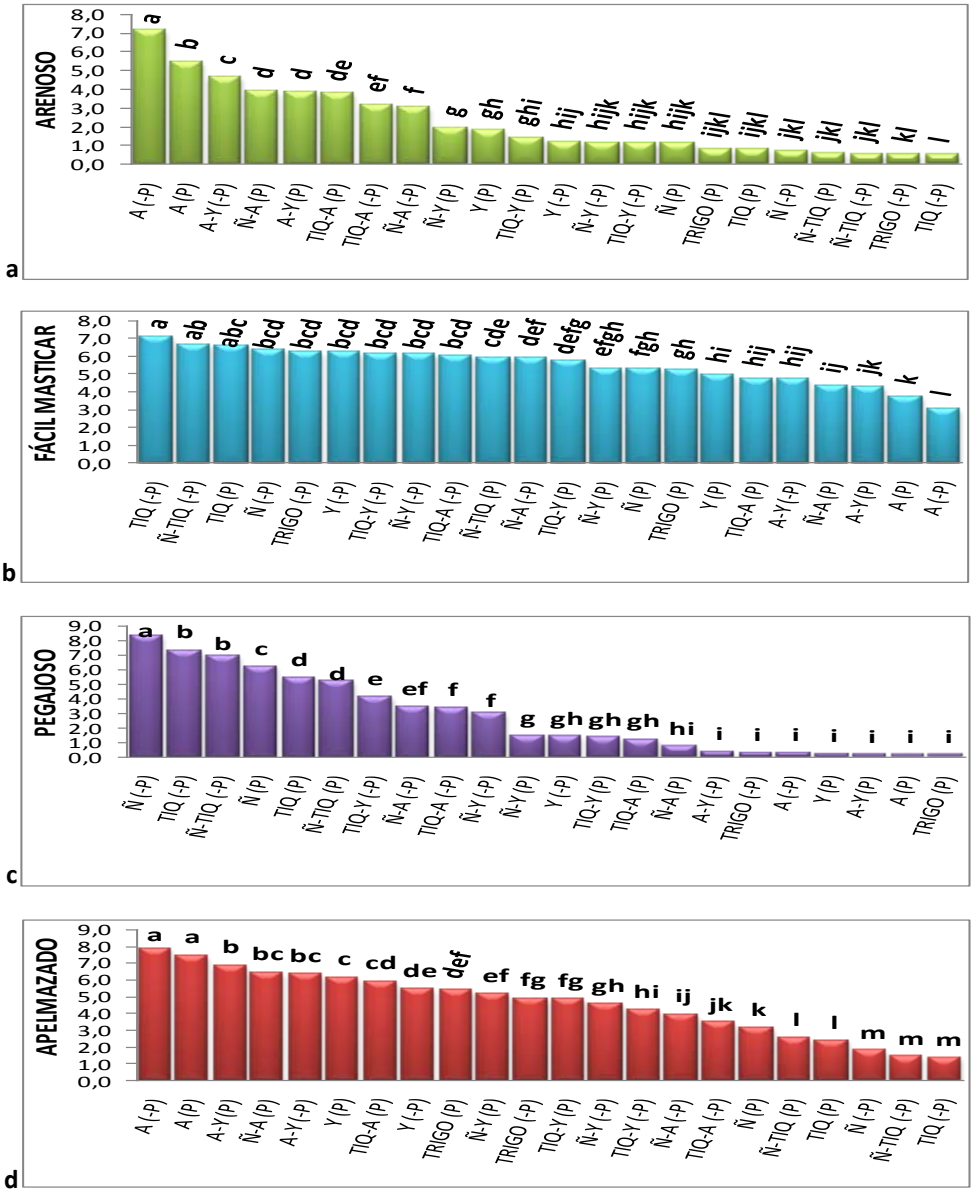


Figura 7. Comparación de los atributos textura evaluados en los quequitos con harinas libres de gluten con mayor y con menor contenido de proteína proveniente del huevo, según el nivel de sustitución.

Los quequitos con harina de tiquisque, ñampí y sus mezclas fueron los más fáciles de masticar y muy similares a los elaborados con harina de trigo o mayores (Figura 7b). Se pudo observar una tendencia en la mayoría de las formulaciones a disminuir la facilidad de masticar el quequito en aquellas muestras con contenido estándar de huevo. El huevo, pero específicamente la clara al coagularse en el horneado, genera un sistema de red que es modulada por la capacidad de fijación por calor de las proteínas lo que causa rígidez pudiendo haber afectado la textura de los quequitos (Belitz *et al.*, 2009; Rossi *et al.*, 2010; Jaya, 2011).

En cuanto a la textura pegajosa (Figura 7c) los quequitos que mostraron mayor pegajosidad fueron los elaborados con harinas de tubérculos (tiquisque, ñampí) y sus mezclas. Se observó que a medida que disminuía la proporción de huevo, la pegajosidad fue mayor, en quequitos de la misma harina. Para este atributo los quequitos de trigo (P) y (-P) no mostraron diferencia respecto de los elaborados con harina de arroz, harina de yuca, mezcla arroz-yuca, además de que los valores que mostraron fueron casi nulos.

La pegajosidad asociada con estas harinas se pudo deber a la presencia de sustancias como los polisacáridos mucilaginosos o gomas. Estos mucílagos son polisacáridos solubles en agua y están compuestos de azúcares neutros (incluyendo galactosa, arabinosa, glucosa, manosa, ramnosa y xilosa), ácidos urónicos y proteínas, principalmente se habla de proteínas arabinogalactanos (AGPs) (Charles *et al.*, 2008; Huang *et al*., 2010).

Respecto al descriptor de textura que correspondía a apelmazado (Figura 7d) las muestras de arroz con contenido estándar y con menos proteína del huevo fueron las que presentaron mayor sequedad (menor apelmazamiento) comparado con las muestras elaboradas con las harinas de tiquisque, ñampí y la mezcla tiquisque-ñampí, las cuales fueron mucho más húmedas (más apelmazadas).

Cabe mencionar que algunas muestras no presentaron diferencia significativa con respecto a las formulaciones que utilizaron trigo, como fueron los quequitos de yuca (-P), tiquisque-arroz (P), ñampí-yuca (P) y (-P). Este comportamiento se pudo deber a que las proteínas de estas harinas

lograron incorporar el líquido de las formulaciones con la masa de forma similar a la harina de trigo. La textura más húmeda en el caso del ñampí y del tiquisque se puede deber a la presencia de gomas o los polisacáridos mucilaginosos que favorecen la formación de la masa y la absorción de agua a diferencia de las masas de arroz que generalmente son más secas (Turabi *et al.*, 2008; Huang *et al.*, 2010; Wilderjans *et al.*, 2013).

Para la harina de arroz como se mencionó anteriormente, esta sequedad se asocia con la imposibilidad de la harina de arroz de formar una fase continua y una estructura de masa cuando son mezclados con agua, por la falta de proteínas con propiedades viscoelásticas (Sánchez *et al.*, 2008).

5.2.2. Estudio de consumidores para los quequitos

Se evaluó la aceptación de los 22 tipos de quequitos por parte de 105 consumidores. Para determinar si existían segmentos entre los consumidores, se realizó un análisis de "cluster" (Figura 8), donde se observó que los consumidores se agruparon en tres segmentos, de acuerdo con su agrado por los diferentes quequitos.

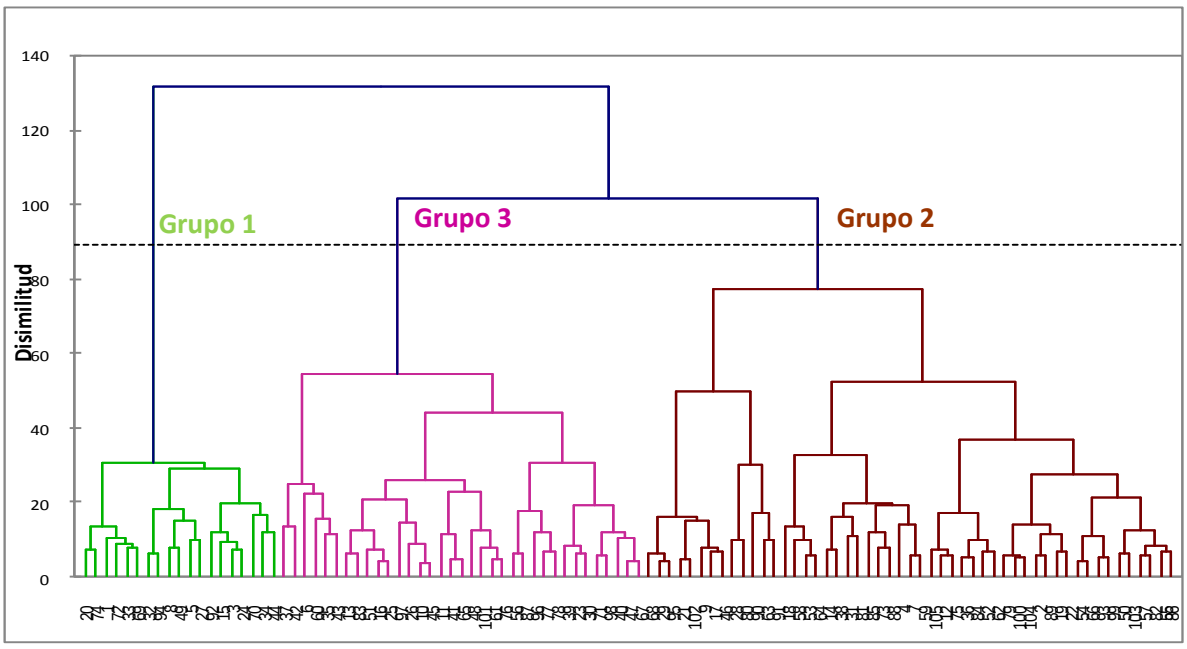


Figura 8. Análisis de "Cluster" para la prueba de aceptación de quequitos sustituidos con diferentes harinas.

El segmento 1 agrupó a 19 consumidores, representando un 18,10% del grupo total de consumidores, el segmento 2 agrupó a 51 consumidores, representando un 48,57% y el segmento 3 estuvo formado por 35 consumidores para un 33,33%.

Se realizó un análisis de varianza para cada uno de los segmentos (Apéndice H, Cuadro H3) y se determinó que los consumidores encontraron diferencias significativas entre el agrado ($p<0,0001$) de las muestras en cada segmento.

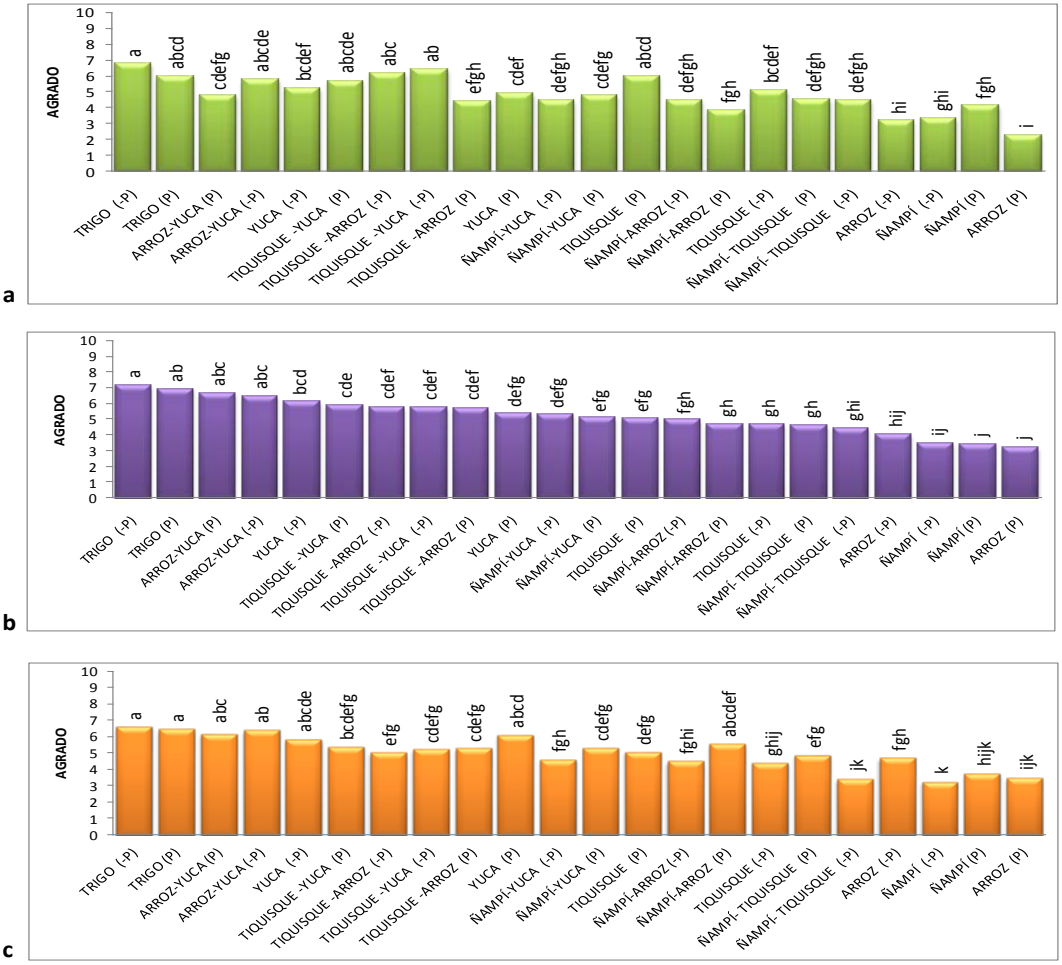


Figura 9. Comparación de medias de las calificaciones dadas por los consumidores de cada grupo para los quequitos con harinas libres de gluten y con mayor o menor contenido de proteína proveniente del huevo, a Grupo 1, b Grupo 2 y c Grupo 3.

Para determinar la tendencia específica de aceptación en cada segmento se realizó una prueba de comparación de medias (Apéndice H, Cuadro H4) que se muestra gráficamente en la

Figura 9, y también se pudo conocer si los consumidores prefirieron el producto con trigo o algún quequito con harinas alternativas y variaciones en el contenido de proteína.

Los consumidores del grupo 1 prefirieron las muestras de trigo (P) y (-P), las de tiquisque-yuca (P) y (-P), tiquisque-arroz (-P), tiquisque (P) y arroz-yuca (-P), las cuales no presentaron diferencias significativas entre sí. La muestra de trigo (P) tampoco presentó diferencias significativas con las muestras de quequitos elaborados con harina de tiquisque (-P), yuca (-P) y (P) y con muestras con menor aceptación como los quequitos con mezclas con ñampí-yuca (-P) y (P), ñampí-tiquisque (-P) y (P) y arroz-yuca (P). Las muestras que menos gustaron fueron las elaboradas con harina de arroz y harina de ñampí y la mezcla ñampí-arroz con contenido estándar de huevo. Este grupo fue el más pequeño.

Para el grupo 2 los quequitos con harina de trigo fueron los de mayor agrado y no mostraron diferencias con respecto a los quequitos de arroz-yuca con más y menos proteína, en el caso del queque de trigo (P) tampoco mostró diferencias con los quequitos elaborados con yuca (-P). Es importante mencionar que aunque se presentaron diferencias las muestras que más agradaron después de las de trigo y la mezcla arroz-yuca fueron las elaboradas con mezclas de tiquisque-arroz, tiquisque-yuca, ambas con los dos contenidos de huevo. En este grupo las muestras menos gustadas fueron las de harina de arroz y ñampí con huevo estándar y menos huevo al igual que en el grupo 1.

El grupo 3 correspondió a los individuos a los que más les gustaron los quequitos elaborados con harina trigo (-P) y (P) seguidos por las mezclas de arroz-yuca con más y menos huevo, y por los quequitos de yuca con ambos contenidos de huevo, para todas estas muestras no se encontraron diferencias significativas. En este grupo los quequitos menos aceptados fueron los de harina de ñampí y arroz con (-P) y (P).

Es importante mencionar que para todos los grupos, las muestras con trigo fueron las más gustadas y las de ñampí y arroz las de menor aceptación. Por otro lado, los quequitos elaborados con las mezclas de harinas contaron con mayor aceptación en la mayoría de los casos con respecto a los quequitos elaborados con una sola harina, lo cual es importante porque se podrían mejorar los

productos elaborados a partir de estas mezclas haciendo cambios en los porcentajes de cada harina y encontrar un balance más adecuado entre los sabores, aromas y texturas de los quequitos, y de esta forma lograr formulaciones con mayores niveles de aceptación.

5.2.3. Mapeo preferencial externo

A partir del análisis descriptivo de los quequitos elaborados con las diferentes harinas y con diferente contenido de proteína (Cuadro V) se realizó un análisis de componentes principales (PCA) con el fin de determinar la relación existente entre los distintos descriptores sensoriales que mejor caracterizan los quequitos elaborados con diferentes harinas y sus mezclas, con más y menos proteína.

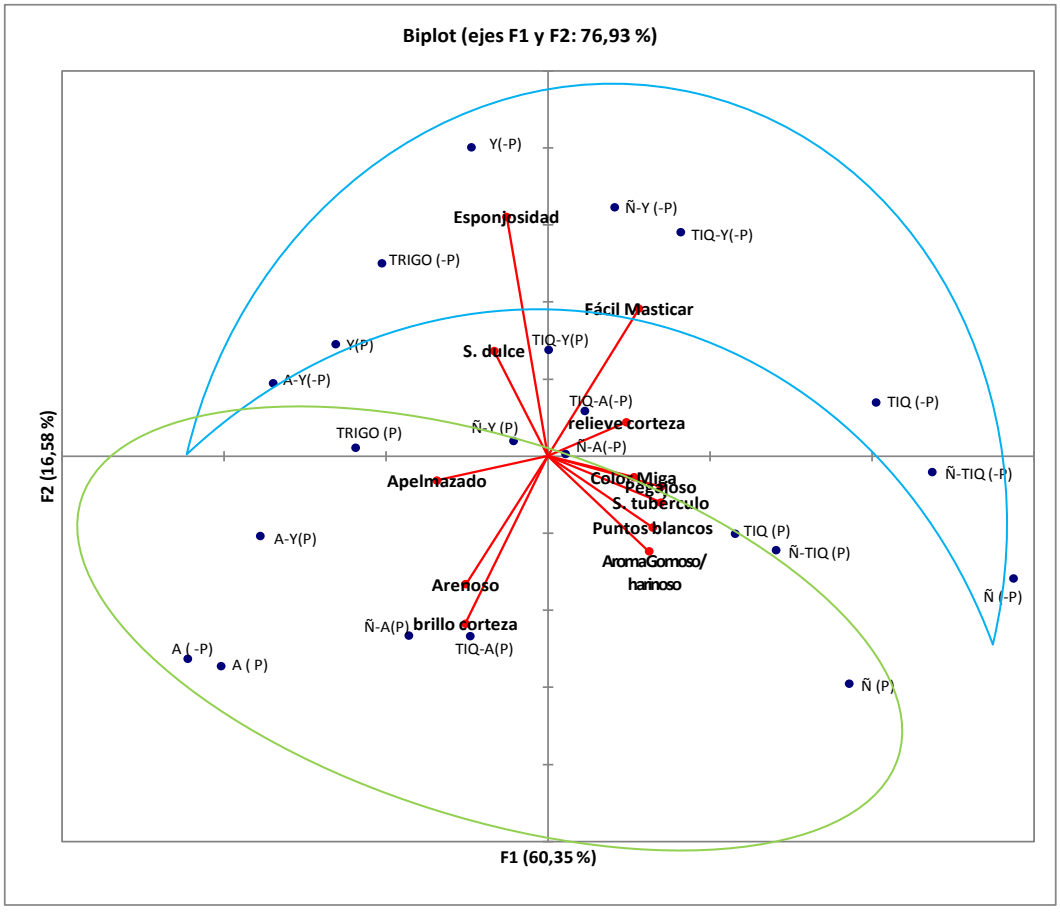


Figura 10. Análisis de componentes principales (PC1) y (PC2), para las variables de análisis descriptivo de los quequitos sustituidos con harina libres de gluten y con diferente contenido de proteína.

En la Figura 10 se observa que el componente principal 1 (PC1) fue el que explicó un mayor porcentaje de la varianza (diferencias) (60,35 %) entre los quequitos. Y se encontró que las diferencias se describieron por la combinación de los descriptores color miga, pegajoso, sabor tubérculo, relieve corteza, apelmazado. En el caso del componente principal 2 (PC2) explicó el 16,58% de la varianza en los atributos sensoriales arenoso, brillo corteza, aroma gomoso/harinoso, esponjosidad, sabor dulce y fácil de masticar. Al analizar los dos componentes se pudo explicar un 76,93% de la varianza entre las muestras, generalmente se conservan sólo aquellos componentes que recogen la mayor parte de la variabilidad de los datos, de modo que permitan explicar más de un 70% de ésta, por esta razón se utilizó el PC1 y PC2 únicamente (Villalobos, 2008).

Los quequitos elaborados con harina de arroz y yuca y sus mezclas, junto con el trigo, se agruparon opuestos a los elaborados con tiquisque y ñampí, y sus mezclas, a lo largo del PC1. Las mezclas de tiquisque y ñampí con arroz y yuca se encontraron en el centro. El PC2 separó las muestras con respecto al contenido de proteína. Los quequitos elaborados con menos proteína se encontraban principalmente en los cuadrantes superiores y los elaborados con más en los inferiores. Los quequitos con menos proteína fueron más esponjosos, fáciles de masticar, más dulces, con menos brillo y arenosidad, mientras que las muestras con más proteína generaron las características de forma inversa.

Para el mapeo preferencial externo se subdividió cada uno de los tres grupos de consumidores en grupos más pequeños para lograr captar cualquier variación en el agrado por más pequeña que fuera.

En la Figura 11 se puede observar que los quequitos elaborados con el estándar de proteína de huevo no tuvieron alta aceptación entre ninguno de los grupos de consumidores estudiados, ya que no hubo ningún vector o círculo que apuntara en dirección a ellos.

Es interesante resaltar que los quequitos con el contenido estándar de proteína tenían el contenido aproximado de huevo de un quequito de trigo común (21,82%), dejando ver que una reducción en la formulación aumenta la aceptación en lugar de afectarla negativamente y esto

genera una ventaja a la hora de producirlos al disminuir los costos, ya que en algunas masas para queques los huevos pueden ser responsables de un 70% del costo (Bond, 2004). Por otro lado, se mostró mediante las pruebas sensoriales e instrumentales que un mayor contenido de huevo al necesario en lugar de favorecer más bien puede causar una disminución en la aceptación.

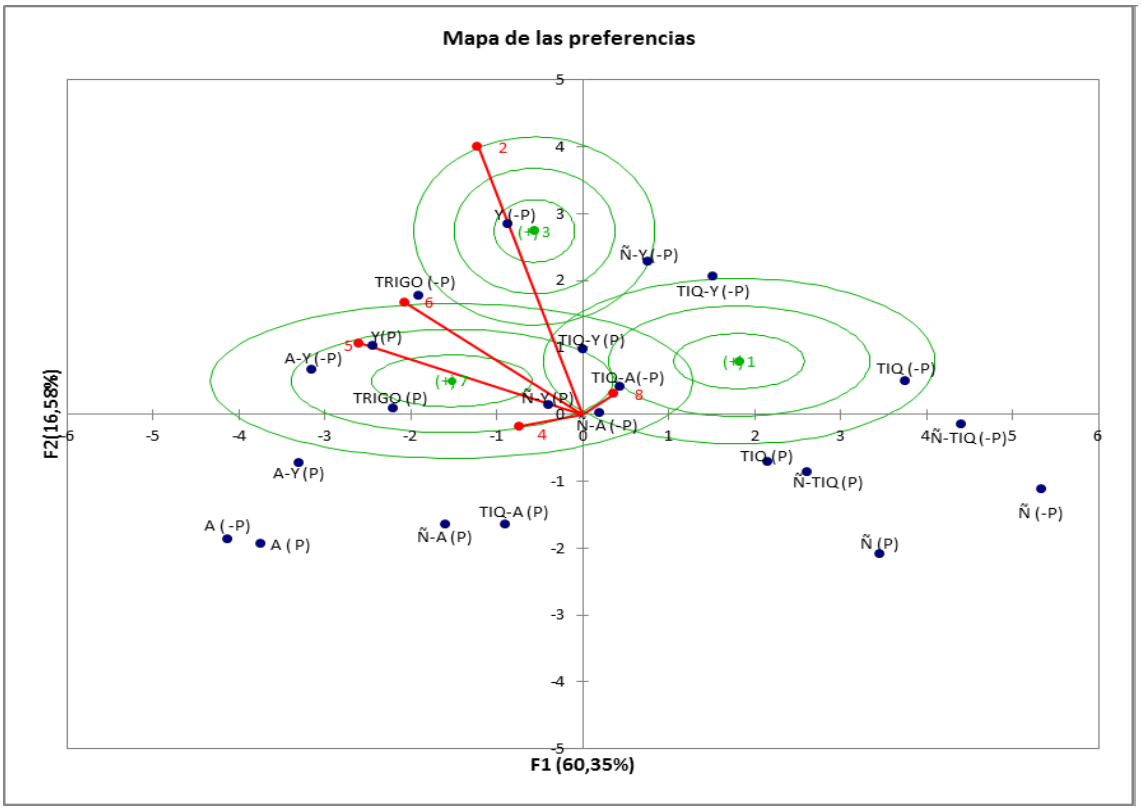


Figura 11. Mapeo preferencial externo, mapa de consumidores y muestras (grupo 1 (19 consumidores), grupo 2 (24 consumidores), grupo 3 (14 consumidores), grupo 4 (6 consumidores), grupo 5 (8 consumidores), grupo 6 (16 consumidores), grupo 7 (13 consumidores) y grupo 8 (5 consumidores).

Los quequitos de trigo con (P) y (-P) se encontraban muy cercanos en los mapas, y estos quequitos, junto con los que tenían características más parecidas a ellos, fueron los de mayor agrado para cuatro grupos de consumidores (4, 5, 6 y 7). La proteína del huevo no afectó el agrado ni las características de los quequitos de trigo. Los quequitos con yuca (P) y arroz-yuca (-P) fueron los más cercanos a los quequitos de trigo y, por lo tanto, los más parecidos en agrado.

En el grupo 2 y 3 se presentó una inclinación por parte de los consumidores hacia las muestras con harina de yuca. En el caso del grupo 2 se notó que las muestras que preferían eran las de yuca (-P) y las mezclas de tubérculos con yuca con más proteína, mientras que el grupo 3 prefirió las muestras de yuca (-P) y la de ñampí-yuca (-P). Es decir, a los consumidores de los grupos 2 y 3 les gustaron los quequitos con características esponjosas y con sabor dulce.

El grupo 1 resultó ser el más diferente donde la tendencia fue que a sus consumidores les gustaron los quequitos elaborados con harina de tiquisque, específicamente con tiquisque (-P), tiquisque-yuca, tiquisque-arroz (-P) y ñampí-arroz (-P), los cuales se caracterizaron por facilidad para ser masticados, con relieve en la corteza, sin arenosidad y sin brillo en la corteza.

Los grupos de consumidores 5, 6 y 7 tuvieron inclinación por los queques con características como colores amarillos, que no presentaran sabor a tubérculo, ni textura pegajosa, así como tampoco presencia de puntos blancos en la corteza, ni aroma gomoso. En cuanto al grupo 4 su preferencia fue hacia los quequitos de arroz-yuca (P) con una corteza uniforme y una textura un poco apelmazada es decir con una textura no muy seca.

En el caso de los grupos 4 y 8, cabe mencionar que fueron dos grupos de consumidores que pudieron no generar diferencia al discriminar entre muestras, ya que los vectores eran cortos (en el centro) (Figura 11). Por otro lado ambos grupos estuvieron conformados por pocos consumidores.

El grupo 8 correspondió a los individuos que sintieron preferencia por los quequitos elaborados con la mezcla de harina de tiquisque-arroz (-P), siguiendo un poco la tendencia del grupo 1, pero en este caso el grupo representó un 8% de los individuos evaluados los cuales prefirieron las muestras fáciles de masticar, con relieve en la corteza, poco brillo y poca arenosidad.

Considerando los grupos, con base en los resultados, se puede establecer que a la mayoría de consumidores les gustaron los quequitos con características esponjosas, con facilidad para ser masticados, con colores amarillos o tendencia a cafés claros, con sabor dulce, sin textura arenosa, sin aroma gomoso, con pocos o sin puntos blancos y con un sabor a tubérculo bajo normalmente. Es

muy importante mencionar que la mayoría de los grupos tuvo tendencia a preferir muestras elaboradas con las harinas alternativas especialmente con yuca y mezclas de arroz y yuca, lo cual puede representar una gran oportunidad para realizar productos con estas harinas.

5.3. Propiedades físicas de los quequitos

Se estudió el perfil de textura y el contenido de humedad en los quequitos con las diferentes harinas, sus mezclas y los dos contenidos de huevo.

Los valores del contenido de humedad obtenidos fueron analizados por medio de un análisis de varianza (Apéndice F, Cuadro F3). En este caso se determinó que pocas de las muestras presentaron diferencias significativas ($p<0,05$) para el contenido de humedad. En el Apéndice F, Cuadro F4 se muestra la comparación de medias por medio de la prueba Fisher LSD para observar la tendencia entre las muestras que se presenta gráficamente en la Figura 12.

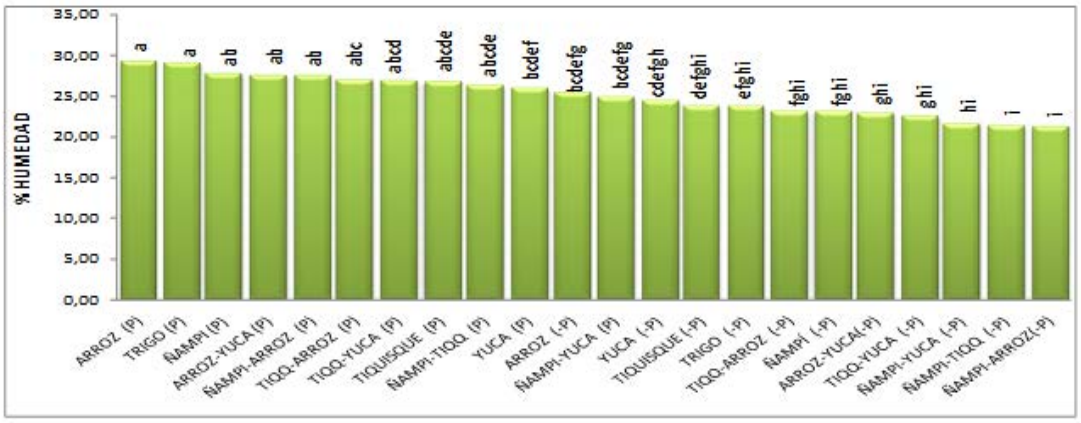


Figura 12. Comparación de las medias de contenido de humedad de los quequitos, según el contenido de huevo y la sustitución de la harina de trigo (diferentes letras indican diferencia significativa con $p<0,05$).

Los quequitos de harina de trigo (P) y los de harina de arroz (P) presentaron los valores de humedad más altos, los cuales no mostraron diferencias significativas respecto a las muestras con contenido estándar de huevo, a excepción de la muestra de yuca (P). Esto era de esperarse ya que eran formulaciones con contenido estándar de huevo el cual se adicionó líquido y aportó humedad. Por otro lado, la humedad inicial de la harina utilizada también pudo influir para generar estos

resultados ya que la harina de arroz y la de trigo contaban con mayor contenido de humedad respecto de las demás harinas utilizadas como se observa en el Apéndice F, Cuadro F1.

Los menores porcentajes de humedad se observaron en las muestras con ñampí (-P) y las mezclas de ñampí-yuca (-P), ñampí-tiquisque (-P) resultados que también eran de esperarse debido a que las harinas utilizadas contaban con humedades iniciales mucho menores que las demás harinas.

Cabe mencionar que los valores de humedad obtenidos para los quequitos con (P) y (-P) se encuentran entre 29,28% y 21,24% valores promedios muy cercanos o dentro de los valores que se reportan en la literatura por autores como Wilderjans *et al.* (2013) que indican un contenido típico de humedad entre 18% y 28% para queques.

Al realizar la medición del perfil de textura para los quequitos se obtuvo información acerca de la dureza, elasticidad, cohesividad, masticabilidad y adhesividad de los quequitos. Se realizó un análisis de varianza cuyos resultados se presentan en el Apéndice I, Cuadro I1. Las muestras estudiadas presentaron diferencias significativas ($p<0,05$) para cada uno de los parámetros evaluados en el perfil de textura, a excepción del parámetro de dureza. En el Apéndice I, Cuadro I2 se presentan los resultados obtenidos al aplicar la prueba Fisher LSD para comparación de las medias y de esta forma observar el comportamiento de las muestras (Figura 13).

La dureza de la muestra de arroz (P), como se muestra en la Figura 13a, fue la mayor. En el Apéndice J, Figura J1 muestra la gráfica característica obtenida al realizar la medición de textura donde se puede observar como el primer pico alcanza valores mucho más altos en el eje “y” comparado con las Figuras J2, J3 y J4 correspondientes a diferentes muestras. En cuanto a las demás muestras fueron más suaves y no presentaron diferencias significativas entre sí. Las muestras de tiquisque (-P), ñampí-yuca (-P) presentaron los valores más bajos, posiblemente porque estas muestras eran más húmedas. Aunque en la mayoría de las muestras no se observó diferencias significativas los valores de dureza fueron mayores para las muestras con harinas o mezclas de harinas y con contenido estándar de huevo respecto a las muestras con la misma harina o mezclas

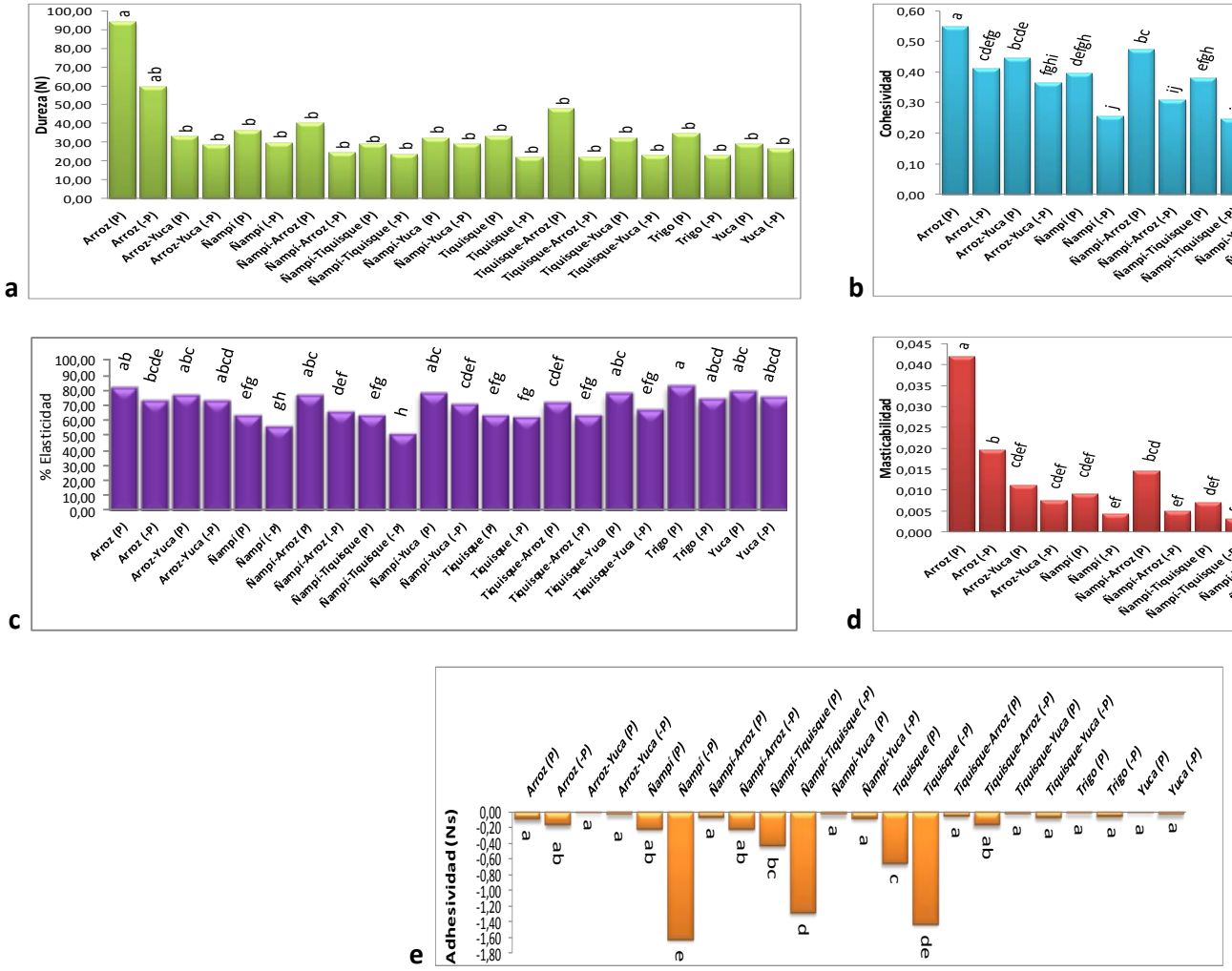


Figura 13. Comparación de medias de dureza, elasticidad, cohesividad, masticabilidad y adhesividad de los quequitos, según el contenido de huevo y la sustitución de la harina de trigo obtenidos (diferentes letras indican diferencia significativa con p<0,05).

de harina pero menor contenido de huevo.

La dureza instrumental pudo estar relacionada con el descriptor fácil de masticar evaluado en el análisis descriptivo donde las muestras con mayor dificultad de masticar fueron las elaboradas con harina de arroz. Cabe mencionar que en el caso del arroz la retrogradación es muy frecuente causando aumento de la dureza de los productos horneados (Sánchez *et al*., 2008; Heenan *et al.*, 2010).

Los valores de cohesividad se asocian con una mayor resistencia a la manipulación y a la masticación (Conforti y Archilla, 2001). En la Figura 13b, se observa como el quequito de harina de arroz con contenido estándar de huevo obtuvo el mayor valor de cohesividad, es decir fue el más resistente y difícil de masticar como se pudo observar también al realizar el análisis descriptivo y evaluar el descriptor de textura llamado fácil de masticar, donde las muestras con arroz fueron las más difíciles de masticar.

Los quequitos de harina de tiquisque, ñampí y la mezcla de ñampí-tiquisque, todos con el menor contenido de huevo, y sin diferencias significativas entre ellos, mostraron los valores más bajos de cohesividad. En este caso las muestras con mayor contenido de huevo obtuvieron valores con diferencias significativas con respecto a las formulaciones con la misma harina o mezcla de harina y con menor contenido de huevo, lo cual era de esperarse ya que el contenido de huevo influencia la cohesividad, causando que al aumentar el contenido de huevo aumente la cohesividad o viceversa (Heenan *et al.*, 2010). Los quequitos con harina de yuca fueron los que obtuvieron una menor diferencia entre las dos muestras con diferente contenido de proteína de huevo.

En la Figura 13c se observan los valores de elasticidad en los quequitos. En este caso los quequitos con harina de trigo (P) y (-P) presentaron valores de elasticidad muy altos. El quequito de trigo (P) fue el de mayor valor, lo cual era de esperarse por las características elásticas, que han sido muy estudiadas, y que caracterizan a los queques con harina de trigo que les permite formar estructuras que logran retener el gas durante el horneado (Van Riemsdijk *et al.*, 2010). Se destaca que las muestras con harina de yuca (-P) y (P), arroz-yuca (-P) y (P), ñampí-arroz (P), tiquisque-yuca

(P), tiquisque-arroz (P) no mostraron diferencias significativas respecto a las muestras de trigo con la mayor elasticidad.

Los quequitos con harina de tiquisque-ñampí con menos proteína del huevo mostraron el menor valor de elasticidad seguido por el quequito de ñampí (-P), donde se pudo ver que las muestras con menor contenido de huevo presentaron en todos los casos valores más bajos de elasticidad que las muestras con (P), lo que hace pensar que el contenido de huevo se encontraba muy asociado con las características elásticas de los quequitos (Rossi *et al.*, 2010). Estas muestras se pudieron ver afectadas por la baja capacidad de las proteínas de formar una red resistente que retuviera el gas en la pasta durante el horneado de forma similar a las proteínas del trigo (Hüttner y Arendt, 2010).

En cuanto a la masticabilidad, como se observa en la Figura 13d, el quequito elaborado con harina de arroz (P) presentó el mayor valor de masticabilidad, es decir, es el más difícil de masticar, lo cual era de esperarse ya que coincide con los resultados de dureza donde el quequito de arroz con más proteína presentó la mayor dureza y cohesividad. También coincide con los resultados del análisis descriptivo donde fue una muestra considerada difícil de masticar. Además mostró diferencias significativas respecto a los demás quequitos. En este caso las muestras con mayor contenido de huevo y con la misma harina o mezcla de harinas también obtuvieron valores promedio mayores es decir fueron más difíciles de masticar que las que tenían menos huevo. Lo cual indica que un exceso de huevo en lugar de favorecer la pasta puede afectar características como la masticabilidad.

Los valores de la adhesividad se presentan en la Figura 13e. Los quequitos elaborados con harina de ñampí (-P) presentaron la mayor adhesividad, seguidos por los de harina de ñampí-tiquisque (-P), tiquisque (-P) y tiquisque (P), y que presentaron diferencias significativas respecto a las demás muestras. Es importante observar que las harinas de ñampí y tiquisque generaron adhesividades por encima de las demás, que se pudo ver asociado con la presencia de polisacáridos mucilaginosos (como se mencionó anteriormente) (Huang *et al*., 2010). Esta característica instrumental se puede relacionar con la característica sensorial de pegajosidad.

Al igual que con los parámetros anteriores las muestras siguieron una misma línea, es decir, las muestras con menor contenido de huevo presentaron mayor adhesividad comparadas con las muestras con la misma harina o mezcla de harinas pero con mayor contenido de huevo.

En el Apéndice J, Figura J2 se puede observar una gráfica obtenida de la determinación del perfil de textura para un quequito con valor mayor de adhesividad donde la sección entre las líneas 3 y 4 es más amplia y se puede ver un área negativa que no se observa por ejemplo en muestras como la de la Figura J1 una para un quequito con baja adhesividad, en la cual no se observa prácticamente nada bajo el eje x (tiempo). En el mismo apéndice se muestra la Figura J3 y en la Figura J4 que corresponden a la medición realizada a un quequitos elaborados con harina de trigo con menos huevo y con huevo estándar en las cuales se observa como entre las líneas 3 y 4 tampoco hay un valor de adhesividad elevado por lo que no se ve que haya un área negativa como en el caso de la Figura J2.

Cabe mencionar que la Figura J3 y la Figura J4 son gráficas obtenidas para muestras control elaboradas con harina de trigo, donde se puede ver que el comportamiento obtenido para la adhesividad fue muy similar a las muestras elaboradas con harina de yuca y arroz con las cuales no se obtuvieras diferencias significativas.

Es posible concluir que el contenido de huevo afectó apreciablemente el contenido de humedad y la textura. A mayor contenido de huevo se presentó mayor dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad con respecto a las muestras elaboradas con las mismas harinas y mezclas de harinas pero con menor contenido de huevo.

Se pudo observar que la presencia de harina de ñampí y tiquisque influyó en la textura generando mayores valores de adhesividad, así como en los valores más bajos de cohesividad y elasticidad con respecto a los quequitos elaborados con harina de trigo, arroz y yuca.

6. CONCLUSIONES

- Para que el análisis "cluster" sea un instrumento útil en la selección de materias primas con características de composición similares a las del trigo se requiere de una base de datos más completa.

- Los descriptores de *apariencia* que caracterizaron a los quequitos fueron: color miga, brillo corteza, relieve corteza, esponjosidad, los de *textura:* pegajoso, apelmazado, arenoso y fácil de masticar, y los atributos de *aroma y sabor*: aroma gomoso/harinoso, sabor tubérculo y sabor dulce.

- Se determinó que los quequitos de mayor agrado fueron los elaborados con harina de yuca y la mezcla de harina de arroz-yuca los cuales presentaron características sensoriales más similares a las de las formulaciones control elaboradas con harina de trigo.

- Las muestras elaboradas con mezclas de harinas presentaron mayor aceptación por parte de los consumidores que los quequitos elaborados con un solo tipo de harina, especialmente las que contenían en la mezcla harina de yuca o de arroz.

- Los quequitos de menor agrado para la mayoría de consumidores fueron los elaborados con harinas de ñampí o de arroz en sustitución al 100%.

- El contenido de huevo utilizado afectó las características de los quequitos y tuvo efecto en su aceptación por parte de los consumidores, donde el contenido estándar de huevo generó que la aceptación de los quequitos fuera menor para muestras con la misma harina o mezcla de harinas.

- El mapeo preferencial, que relaciona el agrado de los consumidores con la información suministrada por el panel entrenado, mostró que los quequitos más parecidos al trigo fueron los de harina de yuca y la mezcla arroz- yuca.

- La prueba de agrado y el mapeo preferencial mostraron que existió un grupo de consumidores que prefirió los productos con harina de tiquisque, sobre todo en mezclas con harina de arroz y con harina de yuca.

- El mapeo preferencial permitió determinar que los quequitos que más gustaron a los consumidores fueron en la mayoría de los casos, los de menor contenido de proteína de huevo con excepción de las muestras elaboradas con harina de yuca y las mezclas de ñampí-yuca, tiquisque-yuca.

- En la evaluación instrumental de textura los quequitos con contenido estándar de huevo presentaron valores mayores de dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad respecto a las muestras elaboradas con las mismas harinas y menor contenido de huevo.

7. RECOMENDACIONES

- Optimizar las formulaciones con mejores características y de mayor agrado para los consumidores y el proceso de elaboración de los quequitos con harinas alternativas para mejorar las características sensoriales y evitar que la sustitución total de la harina de trigo las afecte. Estudiar la utilización de aditivos tales como gomas para favorecer las características sensoriales de los quequitos elaborados con las harinas alternativas y sus mezclas.

- Probar porcentajes menores de harina de tiquisque, que fue la que dio buenos resultados, sin embargo no los óptimos. Se recomienda utilizar la mezcla de arroz-yuca para agregarle diferentes porcentajes de harina de tiquisque.

- Evaluar la utilización de las harinas alternativas y de las mezclas de harinas en otros productos en los cuales se ha utilizado anteriormente harina de trigo tales como pastas, sopas, salsas, galletas y panes, para así aprovechar los excedentes de raíces, y tubérculos que se producen en el país.

- Estudiar la utilización de otras fuentes de proteína en las formulaciones con harinas alternativas para buscar mejorar las características sensoriales.

- Analizar la composición química de raíces, tubérculos y cereales de producción nacional para comparar y a la vez determinar las características de cada una que contribuyen para la elaboración de productos horneados.

8. BIBLIOGRAFÍA

ABOUBAKAR, A., NJINTANG, B, Y. N., SCHER, C. J. Y MBOFUNG, C. M. F. 2008. Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (Colocasia esculenta L. Schott) flours and starches. Journal of Food Engineering 86: 294–305.

ALIANI, M., RYLAND, D. Y PIERCE, G. N. 2011. Effect of flax addition on the flavor profile of muffins and snack bars. Food Research International 44 (8): 2489-2496.

ALTAMIRANO-FORTOUL, R., LE-BAIL, A., CHEVALLIER, S. Y ROSELL, C.M. 2012. Effect of the amount of steam during baking on bread crust features and water diffusion. Journal of Food Engineering 108: 128–134.

ALVARADO, L. G. 2009. Obtención De Harina De Yuca Para El Desarrollo De Productos Dulces Destinados Para La Alimentación De Celíacos. Tesis para optar por el grado de Ing. en Alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil.

ALVIS, A., VÉLEZ, C. Y RADA-MENDOZA, M. 2008. Composición de ñames frescos cultivados en Colombia y sometidos a freído por inmersión. Información Tecnológica 19 (1): 3-10.

ANTON, A. A. Y ARTFIELD, S. D. 2008. Hydrocolloids in gluten-free breads: A review. International Journal of Food Science and Nutrition 59(1): 11-23.

ARAYA, M. 2006. Mejorar el manejo de la enfermedad celíaca. Un desafío urgente. Revista Médica Chile 134 (3): 361-364.

ARENDT, E. K. Y DAL BELLO, F., **eds**. 2008. Gluten-free cereal: products and beverages. Elsevier's Science & Technology. Amsterdam.

AROCHA, M., GÓMEZ, M. Y ROSELL C. 2012. Impact of Legume Flours on Quality and In Vitro Digestibility of Starch and Protein from Gluten-Free Cakes. Food Bioprocess Technology 5(8): 3142-3150.

BADUI, S. 1999. Química de los alimentos. 4 ed. Pearson Educación. México.

BAIXAULI, R., SANZ, T., SALVADOR, A. Y FISZMAN, S. M. 2008. Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter. Journal of Cereal Science 47(3): 502-509.

BELITZ, H.D., GROSCH, W. Y SCHIEBERLE, P. 2009. Food Chemistry.4th ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

BERNABÉU, R Y OLMEDA, M. 2008. El consumidor de alimentos ecológicos en Castilla-La Mancha. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

BLANCO, A., TOVAR, J. Y FERNÁNDEZ, M. 2004. Caracterización nutricional de los carbohidratos y composición centesimal de raíces y tubérculos tropicales cocidos, cultivados en Costa Rica. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 54(3): 322-7.

BOND, A. E. 2004. Consumer sensory characteristic of butter cake made from wheat and rice flours. Thesis of the requirements for the degree of Master of Science. Louisiana State University.

BRUNNER, T. A., VAN DER HORST, K. Y SIEGRIST, M. 2010. Convenience food products. Drivers for consumption. Appetite 55(3): 498-506.

CASTRO, E., DE HOMBRE, R. 2007. Parámetros mecánicos y textura de los alimentos. Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas. Universidad de Chile. La Habana, Cuba.

CHARLES, A. L., HUANG, T. C. Y CHANG, Y. H. 2008. Structural analysis and characterization of a mucopolysaccharide isolated from roots of cassava (Manihot esculenta Crantz L.). Food Hydrocolloids 22: 184–191.

CIACCI, C., MAIURI, L., CAPORASO, N., BUCCI, C., GIUDICE, L. DEL., MASSARDO, D. R., PONTIERI, P., DI FONZO, N., BEAN, S. R., IOERGER, B. Y LONDEI, M. 2007. Celiac disease: In vitro and in vivo safety and palatability of wheat-free sorghum food products. Clinical Nutrition 26: 799-805.

CITA. 2012. Servicios analíticos. Método de análisis humedad (P-SA-MQ-002). Emisión N° 3. San Pedro.

CLOSA, S.J., MARCHESICH, C., CABRERA, M. Y MORALES, J.C. 1999. Composición de huevos de gallina y codorniz. Departamento de tecnología. Universidad Nacional de Luján. Buenos Aires. Argentina 49(2): 182-185.

CONFORTI, F. Y ARCILLA, L. 2001. Evaluation of a maltodextrin gel as a parcial replacement for fat in a high-ratio white-layer cake. Journal of Consumer Studies and Home Economic 25 (3): 238-245.

CONARROZ. 2012. Estadísticas arroceras. San José, Recuperado el 14 de agosto del 2012. INTERNET. http://www.conarroz.com/index.php?option=comcontent&view=article&id =78:estadisticas-ano-arrocero&catid=53:informacion-y-estadisticas-olumna-derecha.

COSTA RICA. CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN. 2011. Información de mercados. San José, Recuperado el 14 de agosto del 2012. INTERNET. http://web.cnp.go.cr /index.php/informacion -de-mercados/exportaciones/raices-y-tuberculos.

COSTA RICA. CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN. 2013. Producción de Maíz blanco en Costa Rica. Recuperada el 20 de marzo del 2012. INTERNET. http://web.cnp.go.cr/index.php/informacion-de-mercados/area-rendimiento-y-produccion

/produccion/maiz-blanco. San José.

COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 2007. Ministerio de agricultura y ganadería dirección región central sur agencia de servicios agropecuarios de Carara. Planificación de la agro-cadena de tiquisque en la región central sur de Costa Rica. Recuperada el 23 mayo del 2012. INTERNET. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual /a00062.pdf.

CUETO, E. 2011. La nueva enfermedad celíaca. Revista Gastrohnup 13 (1): 51-57.

DEL CASTILLO, V., LESCANO, G.Y ARMADA, M.2009. Formulación de alimentos para celíacos con base en mezclas de harinas de quínoa, cereales y almidones. Archivos latinoamericanos de nutrición 59 (3): 332-336.

DEMERUTIS, C. 2007. Cámara para el curado de tiquisque. Horticultura internacional (59): 80-81.

DURÁN, A.; GONZÁLEZ, M. I. Y MORA, D. 2012. Análisis de la competitividad técnica de los productores de yuca para exportación. Plan de trabajo para su mejoramiento. San José, Recuperado el 22 de mayo del 2012. INTERNET. http://www .apoyoexportacion.ucr.ac.cr /diagnostico/YUCAPARAEXPORTACION.pdf.

FAO. 2006. CAMOTE *(Ipomea batatas)*. Food and Agriculture Organization. Recuperado el 15 de marzo del 2011. INTERNET. http://www.fao.org/inphoarchive/content /documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/CAMOTE.HTM

FAO/LATINFOODS. 2009. Tabla de Composición de Alimentos de América Latina. Recuperado el 15 de marzo del 2011. INTERNET. http://www.rlc.fao.org/es/bases/alimento/print.asp?dd=1239.

FEDERACIÓN DE ASOCIACIONES DE CELIACOS DE ESPAÑA. 2001. Enfermedad Celíaca: Manual del celíaco. Madrid, España.

FONSECA LAURENT MAE, J. M. Y ARGÜELLO, D. 2001. Tecnología poscosecha de la yuca fresca parafinada *(Manihot esculenta* Crant) para exportación en Costa Rica. Recuperado el 9 de octubre del 2012. INTERNET. http://www.mag.go.cr/bibioteca_virtual_ciencia/tec-yuca-post.pdf

GALLAGHER, E., ed. 2009. Gluten-free food science and technology.Wiley-blackwell. Dublin, Ireland.

GAN, H.E. KARIM, R. MUHAMMAD, S.K.S. BAKAR, J.A. HASHIM, D.M. Y RAHMAN, R.ABD. 2007. Optimization of the basic formulation of a traditional baked cassava cake using response surface methodology. LWT 40: 611–618.

GIACOMETTI, D. Y LEÓN, J. 2012. FAO: La agricultura amazónica y caribeña Yautía o malanga (Xanthosoma sagittifolium). San José, Recuperado el 22 de mayo del 2012. INTERNET: http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/Cap4_8.htm

GOMEZ, M.; RONDA, F.; CABALLERO, P.; BLANCO, C. Y ROSELL, C. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and self-life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloids 21: 167-173.

GRANITO, M., TORRES, A. Y GUERRA, M. 2003. Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. INCI 28(7): 372-379.

GUTIÉRREZ, B. Y SCHULZ, E. 1992. Características físicas y químicas de harina blanca y almidón de yuca (*Manihot esculenta Crantz*). Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela.

HAN, J., JANZ, J. A. M. Y GERLAT, M. 2010. Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. Food Research International 43: 627–633

HEENAN, S. P., DUFOUR, J. P., HAMID, N., HARVEY, W. Y DELAHUNTY, C. M. 2008. The sensory quality of fresh bread: Descriptive attributes and consumer perceptions. Food Research International 41(10): 989-997.

HERNÁNDEZ, E. 2005. Evaluación sensorial. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Nacional Abierta y Adistancia. Bogotá.

HUANG, C.C., LAI, P., CHEN, I.H., LIU, Y. F. Y WANG, C. R. 2010. Effects of mucilage on the thermal and pasting properties of yam, taro, and sweet potato starches. LWT - Food Science and Technology 43: 849–855.

HÜTTNER, E.K. Y ARENDT, E.K. 2010. Recent advances in gluten-free baking and the current status of oats. Trends in Food Science & Technology 21 (6): 303-312.

JAYA, E.M. 2011. Evaluación del Potencial Nutritivo y Nutracéutico de Donas Elaboradas con una Mezcla de Harina de Quinua (Chenopodium quinoa Willd) y Harina de Trigo (Triticum vulgare). Tesis Lic. en bioquímica farmaceútica. Escuela Politécnica Superior de Chimborazo, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba, Ecuador.

JIMÉNEZ, A. 2008. Usos alternativos del chayote (*Sechium edule* Sw.): elaboración y aplicación de un puré de chayote como sustituto de grasa en alimentos. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

LAWAL, O. S. LAPASIN, R., BELLICH, B., OLAYIWOLA, T. O., CESÀRO, A., YOSHIMURA, M. Y NISHINARI, K. 2011. Rheology and functional properties of starches isolated from five improved rice varieties from West Africa. Food Hydrocolloids 25: 1785-1792

MARÍN, Z. T., CORTÉS, M. Y MONTOYA, O.I. 2010. Evaluación sensorial de Chuva (*Physalis peruviana* L.) ecotipo Colombia impregnada con la cepa nativa *Lactobacillus plantarum* LPBM10 y la cepa comercial *Lactobacillus casei* ATCC 393. Colombia Revista de la facultad de química farmacéutica 17 (1): 21-28.

MARTÍNEZ-CERVERA, S., SALVADOR, A., MUGUERZA, B., MOULAY, L. Y FISZMAN, S. M. 2011. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. LWT - Food Science and Technology 44(3): 729-736

McEWAN, J. A., EARTHY, P. J. Y DUCHER, C. 1998. Preference Mapping: A review. Campden & Chorleywood. Food Research Association. Project No. 29742 (5): 1-32.

MEILGAARD, M; VANCE, G Y CARR, T. 2007. Sensory Evaluation Techniques. 4 ed. ED CRC Press. Florida, Estados Unidos.

MONTALDO, A. 1985. La yuca o mandioca. Capítulo 4: Composición química y valor nutritivo. San José, Editorial Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

MILKE, P. 2010. Tratamiento dietético de la enfermedad celíaca. Revista de Gastroenterología de México 75 (2):187-188.

OSORIO, J., CIRO, H., Y MEJIA, L. 2004. Caracterización textural y fisicoquímica del queso Edam.Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 57(1): 2275-2286.

PAULSEN, M. T., NÆS, T., UELAND, Ø., RUKKE, E. Y HERSLETH, M. 2013. Preference mapping of salmon–sauce combinations: The influence of temporal properties. Food Quality and Preference 27(2): 120-127.

PENICHET, M., DARIAS, M., SAUCEDO, O. Y GUERRA, M. 2009. El sorgo en la alimentación de niños celíacos: una alternativa

PROCOMER. 2011. Sectores que exportan: Sector agrícola y sector alimentario. San José, Recuperado el 23 de setiembre del 2012. INTERNET. http://www.procomer.com/contenido/sectores-que-exportan.html

PROCOMER. 2012a. Sector Agrícola. San José, Recuperado el 14 de mayo del 2012. INTERNET. http://www.procomer.com/contenido /sector-agr%C3%ADcola.html.

PROCOMER, 2012b. Estadísticas de comercio exterior de Costa Rica 2011. San José, Recuperado el 23 de setiembre del 2012. INTERNET. http://www.procomer.com/contenido/descargables/estadísticas/web_libroestadistica 2011_v2-web.pdf

PROCOMER. 2012c. Portal Estadísticos de comercio exterior. San José, Recuperado el 23 de setiembre del 2012. INTERNET. http/servicios.procomer.go.cr/estadisticas/inicio.as px

QUAGLIA, G. 1991. Ciencia y tecnología de la panificación. ACRIBIA. Zaragoza.

QUICAZÁN, M. C., DÍAZ A. C. Y ZULUAGA, C. M.2011. La nariz electrónica, una novedosa herramienta para el control de procesos y calidad en la industria agroalimentaria. VITAE. Revista de la facultad de química farmacéutica Medellín 18(2): 209-217.

RIBOTTA, P. D. Y TADINI, C.C., **eds**. 2009. Alternativas tecnológicas para la elaboración y la conservación de productos panificados. Editorial Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Córdoba, Argentina.

RODRIGUEZ, I. 2011. Miles de ticos intolerantes al trigo luchan contra la incomprensión. La Nación, San José. Recuperada el 23 de marzo de 2012. INTERNET: http://www.nacion.com/2011-01-24/AldeaGlobal/NotaPrincipal/AldeaGlobal2657056 . aspx.

ROJAS, A. 2010. Características de un puré de papaya (Carica papaya L.) variedad Pococí que influyen en su utilización como sustituto de grasa. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

RONDA, F. Y ROOS, Y. H. 2011. Staling of fresh and frozen gluten-free bread. Journal of Cereal Science 53(3): 340-346.

ROSSI, M., CASIRAGHI, E., PRIMAVESI, L., POMPEI, C. Y A. HIDALGO. 2010. Functional properties of pasteurised liquid whole egg products as affected by the hygienic quality of the raw eggs. LWT - Food Science and Technology 43: 436–441.

SANCHÉZ, H. D., GONZÁLEZ, R. J, OSELLA, C. A., TORRES, R. L. Y DE LA TORRE, M. A. G. 2008. Elaboración de Pan sin Gluten con Harinas de Arroz Extrudidas. Ciencia y Tecnología Alimentaria 6(2): 109-116.

SANCHO, J, BOTA, E. Y CASTRO, J. 2002. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Alfaomega Editores. México D.F.

STONE, H., SIDEL, J. 2004. Sensory evaluation practices. Elsevier Academic Press, California.

STONE, H. 2010. Sensory Evaluation: Applications and opportunities in the Product development process. Chicago, Recuperado el 20 de setiembre del 2012. INTERNET. http://www.worldfoodscience.org/cms/?pid=1005 394

SYMONEAUX, R., GALMARINI, M.V. Y MEHINAGIC, E. 2012. Comment analysis of consumer's likes and dislikes as an alternative tool to preference mapping. A case study on apples. Food Quality and Preference 24: 59–66.

TORBICA, A., HADNAĐEV, M. Y DAPČEVIĆ, T. 2010. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. Food Hydrocolloids 24 (6-7): 626-632.

TURABI, E., SUMNU, G. Y SAHIN, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. Food Hydrocolloids 22: 305–312.

TURABI, E., SUMNU, G. Y SAHIN, S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. Food Hydrocolloids 24: 755-762.

UGALDE, H. C. 2002. Estudio de la deshidratación del pejibaye (Bactris gasipaes H.B.K.) para la elaboración de harina y su utilización en la formulación de una premezcla para queques. Tesis de Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

VAN KLEEF, E., VAN TRIJP, H. C.M. Y LUNING, P. 2006. Internal versus external preference analysis: An exploratory study on end-user evaluation. Food Quality and Preference 17: 387–399.

VAN RIEMSDIJK, L. E., SPRAKEL, J., VAN DER GOOT, A. J. Y HAMER, R. J. 2010. Elastic Networks of Protein Particles. Food Biophysics 5: 41-48.

VAN RIEMSDIJK, L. E. 2011. The Formation and Deformation of Protein Structures with Viscoelastic Properties. Thesis of the requirements for the degree of doctor, Wageningen University, Wageningen, NL.

VILLALOBOS, G. 2008. Elaboración de un puré de papaya híbrido Pococí para sustituir grasa en quequitos y “cheese cake”. Tesis de Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

VILLARROEL, M., HUIRIQUEO, C. Y CARRILLO, D. 2009. Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celiacos utilizando harina desengrasada de avellana chilena (*Gevuina avellana*) y harina de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 59(2):184-190.

VON ATZINGER, M. C. Y SILVA, M. E. 2005. Evaluación de la textura y color de almidones y harinas en preparaciones sin gluten. Ciencia y Tecnología Alimentaria 4 (5): 319-323.

WATTSON, D. A. 2010. Aprovechamiento de la harina de pejibaye en la elaboración de alimentos enriquecidos con compuestos bioactivos beneficiosos y la evaluación de su aceptación sensorial en consumidores. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

WATTS, B. M., YLIMAKI, G. L., JEFFERY, L. E. Y ELÍAS, L. G. 1992. Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos. CIID, Ottawa.

WILDERJANS, E., LUYTS, A., BRIJS, K. Y DELCOUR, J. A. 2013. Ingredient functionality in batter type cake making. Trends in Food Science & Technology 30 (1): 1-10.

ZÚÑIGA, L.A.; CIRO, H.J.; OSORIO, J. 2007. Estudio de la dureza del queso edam por medio de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 60 (1): 3797-3811.

9. APÉNDICES

Apéndice A. Datos de composición de las materias primas utilizadas para realizar el análisis cluster, para definir las harinas a utilizar en la elaboración de los quequitos.

Cuadro A1. Datos de composición de las materias primas utilizadas para realizar el análisis de "Cluster", para definir las harinas a utilizar en la elaboración de los quequitos.

Parámetro	Ñame [1]	Ñame [2]	Yuca [1]	Yuca [5]	Ñampí [4]	Camote [3]	Camote [1]	Papa Blanca [1]	Trigo [1]	Trigo [4]	Trigo [6]	Arroz [4]	Arroz pulido [1]	Maíz [1]	Tiquisque [4]
Ceniza (g/100g)	3,22	3,71	1,90	3,33	4,38	3,49	3,57	4,95	1,73	1,73	2,01	0,57	1,38	1,49	4,55
Grasa (g/100g)	0,32	0,20	0,54	1,03	0,34	1,10	1,95	0,45	2,53	1,85	2,01	0,46	2,76	4,34	0,61
Proteína (g/100g)	6,43	5,83	2,44	3,08	6,73	6,07	5,19	9,01	13,48	12,49	14,37	8,88	8,52	10,51	11,82
Carbohidratos (g/100g)	72,03	90,82	86,72	89,49	88,55	89,26	78,25	66,67	68,66	83,93	88,97	90,09	85,27	73,37	83,03

[1] Belitz *et al.,* 2009.

[2] Alvis *et al., 2008.*

[3] FAO, 2006.

[4] FAO/LATINFOODS, 2009.

[5] Montaldo, 1985

[6] Quaglia, 1991.

Apéndice B. Análisis de "Cluster" para la selección las materias primas a utilizar en los quequitos sustituidos con las harinas alternativas.

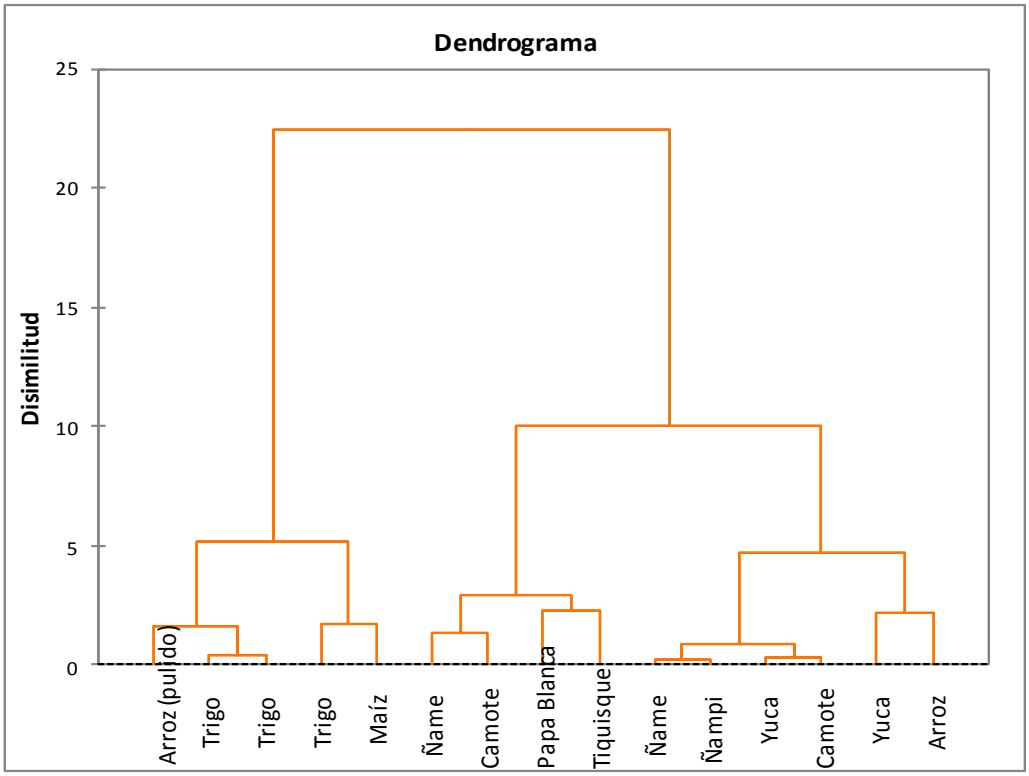


Figura B1. Análisis de "cluster" para la selección las materias primas a utilizar en los quequitos sustituidos con las harinas alternativas.

Apéndice C. Cálculo realizado para determinar la cantidad de proteína adicionada a los quequitos a partir del huevo.

Los cálculos se realizaron para el quequito con la formulación con un contenido estándar de huevo el cual se desarrolló en las pruebas preliminares (Cuadro C1) y con base a estos datos se definió la formulación del quequito con menos huevo.

Cuadro C1. Valores de masa para cada uno de los ingredientes utilizados para la elaboración quequitos.

Ingrediente	Cantidad estándar proteína huevo (g)	Menos Cantidad proteína huevo(g)
Harina	29,09	29,09
Huevo	21,82	10,91
Azúcar	18,18	18,18
Margarina	14,55	14,55
Jugo de naranja	14,55	14,55
Vainilla	0,91	0,91
Polvo de hornear	0,91	0,91
Total	100,0	89,10

Se utilizó el contenido de proteína para la harina de trigo normal de 11% (promedio entre 10-12%) y para el huevo (12%) reportados en (Belitz *et al.,* 2009; Badui, 1999). Y omitiendo el contenido de proteína que pudieran aportar los demás ingredientes, ya que por su naturaleza aportan cantidades muy bajas.

$$g\ Proteína\ huevo = 21{,}82\ g\ huevo * \frac{12g\ Proteína\ huevo}{100\ g\ huevo}$$

$$g\ Poteína\ huevo = 2{,}6184\ g\ Proteína\ huevo$$

$$g\ Proteína\ harina = 29{,}09\ g\ harina * \frac{11g\ Proteína}{100\ g\ harina}$$

$$g\ Proteína\ harina = 3{,}1999\ g\ Proteína\ harina$$

$$g\ Proteína\ Total = (3{,}1999 + 2{,}6184)\ g\ Proteína$$

$$g\ Proteína\ Total = 5{,}8183g\ Proteína$$

Para 100 gramos de quequito con menos huevo:

- ✓ Con base a la información de Cuadro C1 se calculó la cantidad de harina y de huevo para 100 gramos del quequito con menos huevo:

$$g\ huevo = 12{,}24\ g\ huevo$$

$$g\ huevo = 29{,}09 g\ huevo * \frac{100\ g\ quequito}{89{,}10\ g\ quequito}$$

$$g\ harina = 32{,}65\ g\ harina$$

- ✓ Cálculo realizado para determinar la cantidad de proteína total en 100 gramos del quequito con menos huevo:

$$g\ Proteína\ huevo = 12{,}24 g\ huevo * \frac{12 g\ Proteína\ huevo}{100\ g\ huevo}$$

$$g\ Proteína\ huevo = 1{,}4688 g\ Proteína\ huevo$$

$$g\ Proteína\ harina = 32{,}65\ g\ harina * \frac{11 g\ Proteína}{100\ g\ harina}$$

$$g\ Proteína\ harina = 3{,}5915\ g\ Proteína\ harina$$

$$g\ Proteína\ Total = 1{,}4688 + 3{,}5915 g\ Proteína$$

$$g\ Proteína\ Total = 5{,}0609\ g\ Proteína$$

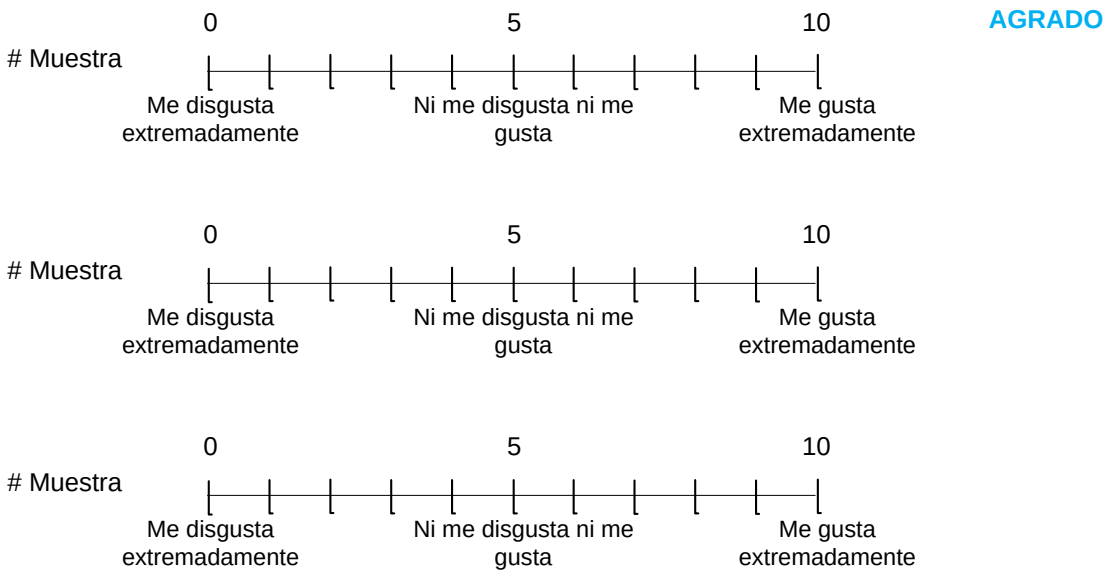
Cuadro C2. Contenido de proteína determinados para 100 g de mezcla de las formulaciones de quequitos con más y menos contenido de huevo.

Formulación	Contenido estándar huevo	Menos Huevo
g Proteína huevo	2,62	1,47
% proteína de huevo	**45,02**	**29,02**
g Proteína harina trigo	3,20	3,60
% proteína harina trigo	54,98	70,95
g Proteína total en 100 g quequito	5,82	5,06

Apéndice D. Escala hedónica híbrida utilizada para realizar las pruebas con consumidores.

Instrucción:

Por favor tome el pedacito de queque que corresponda al código que aparece al lado de la escala en la pantalla y muerda una cantidad suficiente. Indique cuanto le gusta el queque marcando con un clic en la escala. Antes de probar la siguiente muestra, por favor enjuáguese dos veces y escupa los enjuagues.



Apéndice E1. Hoja de respuesta utilizada en el análisis descriptivo de quequitos durante la etapa de generación de términos para la generación de términos.

Análisis Descriptivo

Por Favor anote la lista de descriptores seleccionada por su grupo, junto con la descripción.

Descriptor Definición

Aroma

Sabor

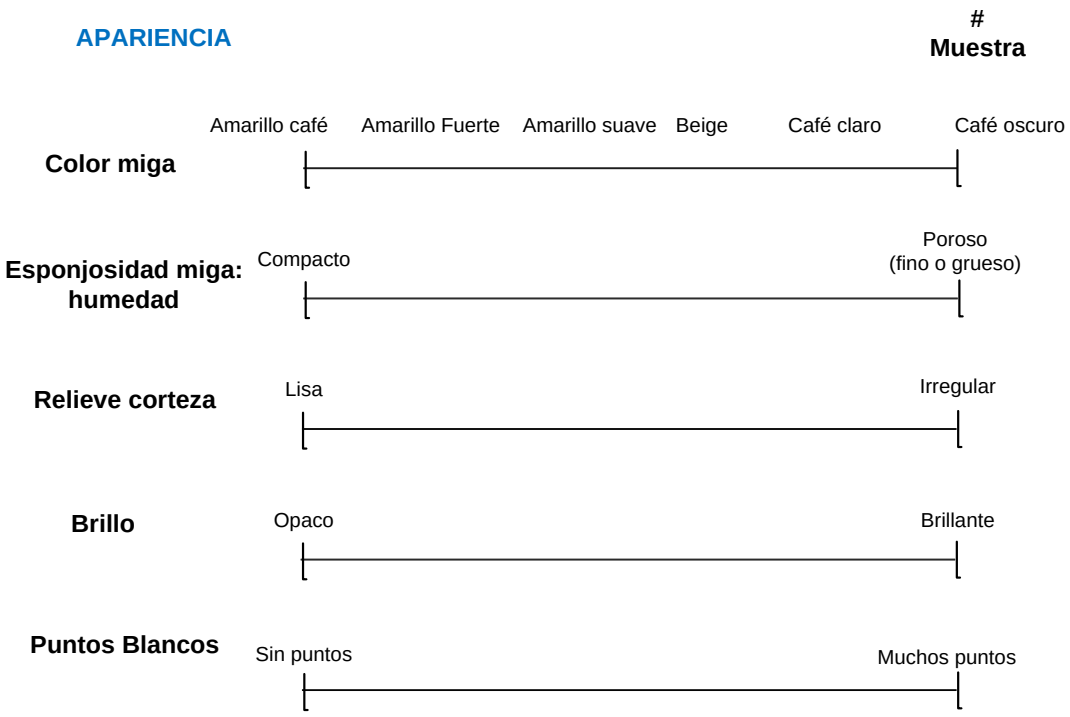
Textura o sensación bucal

Apariencia

Apéndice E2. Escalas utilizadas en las pruebas con consumidores y con los panelistas del panel entrenado.

Instrucción:

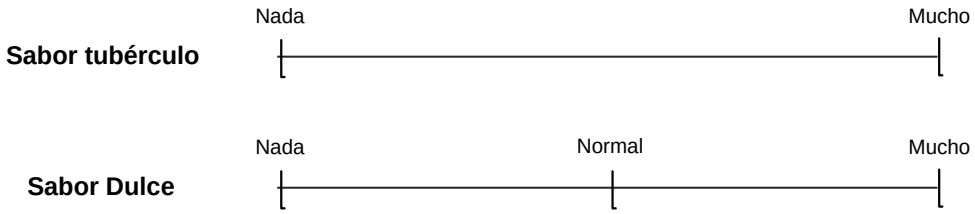
Por favor observe el quequito y evalúe los siguientes atributos:



Por favor huela el quequito y evalué. Huela agua antes de volver a oler la muestra

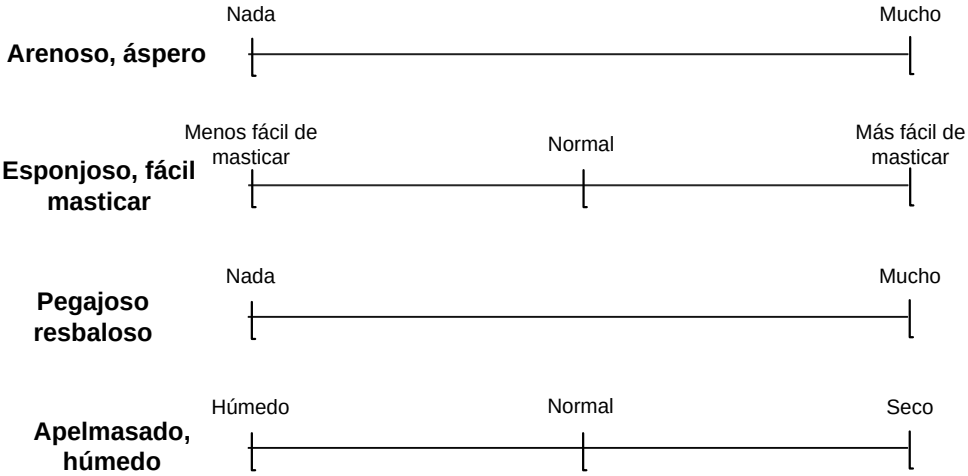
Pruebe el quequito y evalúe el quequito. Enjuáguese con agua dos veces y escupa los enjuagues por favor.

SABOR



Muerda la muestra y en las primeras dos mordidas evalúe esponjosidad. Luego continúe masticando y evalue la textura apelmasada, y cuando termina presione el cielo de la boca con la lengua y evalúe si esta resbaloso.

TEXTURA



Escalas utilizadas para el análisis descriptivo para evaluar los quequitos sustituidos con las harinas libres de gluten mediante distintos tratamiento.

Apéndice F. Datos de humedad para las harinas utilizadas y para los quequitos libres de gluten

Cuadro F1. Datos de humedad determinados para las harinas utilizadas en la elaboración de los quequitos y obtenidos mediante el Método del Laboratorio de Química del CITA P-SA-MQ-002.

HARINA	% Promedio de humedad
Trigo	12,58
Tiquisque	5,49
Ñampí	3,95
Arroz	9,86
Yuca	4,86

Cuadro F2. Datos de humedad determinados para los quequitos elaborados con harinas libres de gluten y obtenidos mediante el Método del Laboratorio de Química del CITAP-SA-MQ-002.

Tratamiento/Repeticiones	% Humedad			
	1	2	3	4
YUCA (-P)	22,58	28,79	23,11	23,37
YUCA (P)	26,80	25,45	25,49	26,31
TRIGO (-P)	23,32	23,28	24,39	24,30
TRIGO (P)	29,43	29,32	29,30	28,36
TIQUISQUE (-P)	26,63	23,59	22,14	23,05
TIQUISQUE (P)	28,25	25,30	25,19	28,57
TIQ-YUCA (-P)	22,49	23,13	22,26	22,26
TIQ-YUCA (P)	26,19	26,03	27,78	27,59
TIQ-ARROZ (-P)	23,64	23,95	21,81	23,28
TIQ-ARROZ (P)	27,27	27,08	27,11	26,77
ÑAMPÍ -YUCA (-P)	21,54	21,79	21,40	21,81
ÑAMPÍ -YUCA (P)	21,74	25,48	25,78	26,54
ÑAMPÍ -TIQ (-P)	21,55	20,41	20,83	22,83
ÑAMPÍ-TIQ (P)	26,41	26,13	26,20	26,73
ÑAMPÍ-ARROZ (-P)	20,02	19,85	23,15	21,94
ÑAMPÍ-ARROZ (P)	28,96	26,77	26,81	27,86
ÑAMPÍ (-P)	21,71	27,43	21,82	21,54
ÑAMPÍ (P)	26,70	25,21	27,37	31,71
ARROZ-YUCA (-P)	24,88	21,51	21,64	23,47
ARROZ-YUCA (P)	28,33	27,50	27,43	27,18
ARROZ (-P)	27,81	26,85	23,68	23,64
ARROZ (P)	30,64	29,43	29,62	27,44

Cuadro F3. Análisis de varianza para determinar el efecto de las distintas harinas sobre la humedad de las harinas utilizadas en la elaboración de quequitos libres de gluten.

	Parámetro	Muestra	Repetición
% Humedad	**F**	212,305	13,670
	P	0,054	0,196

Cuadro F4. Valores promedio para cada valor de humedad medido en quequitos sustituidos con harinas libres de gluten y valores LSD para la humedad que presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), según los resultados del cuadro E2.

Muestras	% Humedad
ARROZ (P)	29,28 a
ARROZ (-P)	25,49 bcdefg
ARROZ-YUCA (P)	27,61 ab
ARROZ-YUCA (-P)	22,88 ghi
ÑAMPÍ (-P)	23,12 fghi
ÑAMPI (P)	27,75 ab
ÑAMPI-ARROZ (P)	27,60 ab
ÑAMPI-ARROZ (-P)	21,24 i
ÑAMPI-TIQ (P)	26,37 abcde
ÑAMPI-TIQ (-P)	21,40 i
ÑAMPI-YUCA (P)	24,89 bcdefg
ÑAMPI-YUCA (-P)	21,63 hi
TIQ-ARROZ (P)	27,06 abc
TIQ-ARROZ (-P)	23,17 fghi
TIQ-YUCA (P)	26,90 abcd
TIQ-YUCA (-P)	22,54 ghi
TIQUISQUE (P)	26,83 abcde
TIQUISQUE (-P)	23,85 defghi
TRIGO (-P)	23,82 efghi
TRIGO (P)	29,10 a
YUCA (P)	26,01 bcdef
YUCA (-P)	24,46 cdefgh

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas con $p < 0,05$.

Apéndice G. Análisis de "Cluster" para la elaboración del mapeo preferencial con los datos de la prueba de aceptación de quequitos sustituidos con diferentes harinas.

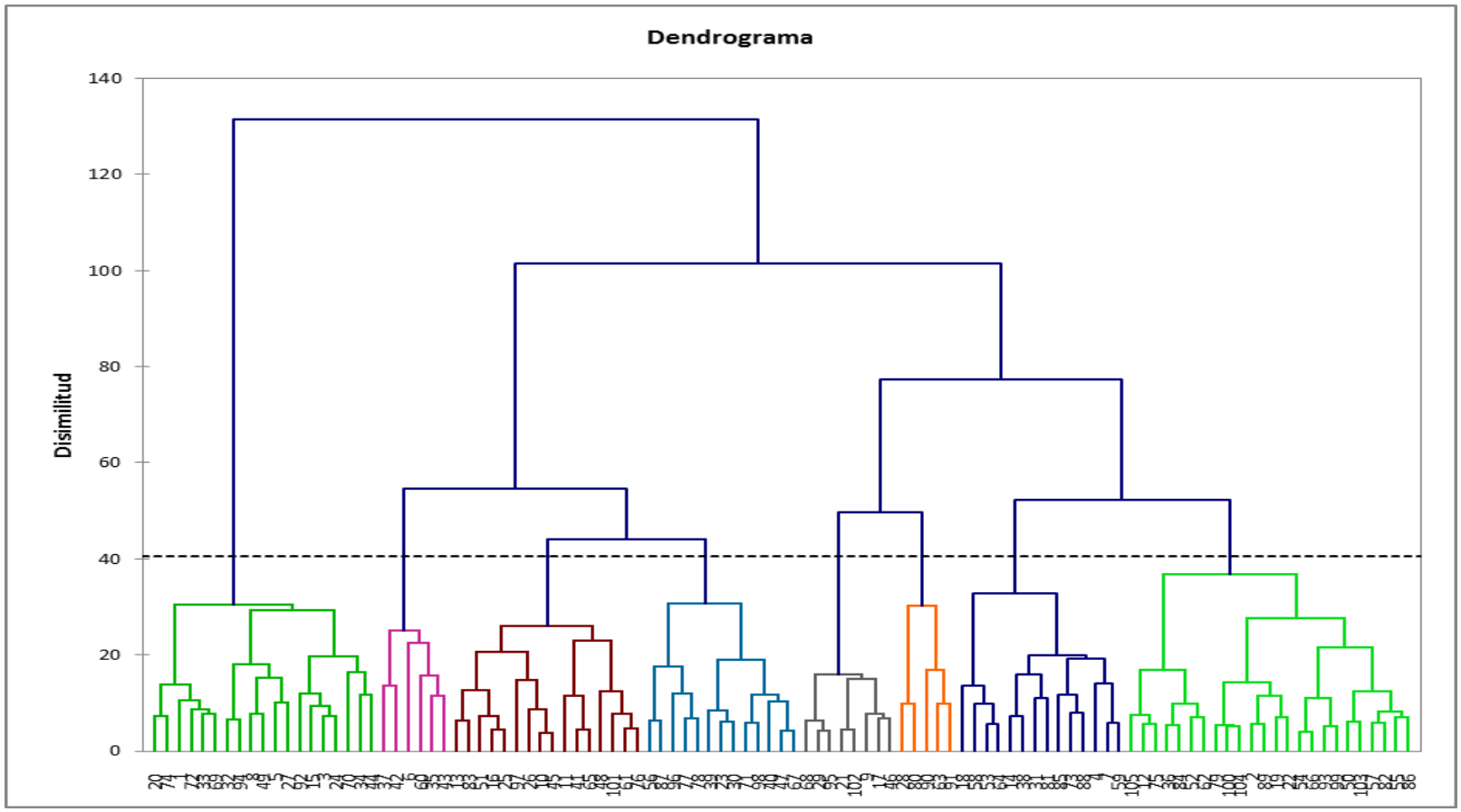


Figura G1. Gráfico obtenido durante la elaboración del análisis de "Cluster" para la elaboración del mapeo preferencial con los datos de la prueba de aceptación de quequitos sustituidos con diferentes harinas.

Apéndice H. Análisis descriptivo de quequitos, elaborado mediante distintos tratamientos y evaluación de las harinas utilizadas para la sustitución de la harina de trigo.

Cuadro H1. Análisis de varianza para determinar el efecto de los distintos tratamientos utilizados en la elaboración de quequitos libres de gluten sobre los atributos sensoriales evaluados.

Atributo	Parámetro	Efecto					
		Muestra (M)	Réplica (R)	Juez (J)	M*R	M*J	J*R
Color Miga	F	25,33	1,30	76,29	0,73	6,03	2,50
	P	< 0,0001	0,273	< 0,0001	0,893	< 0,0001	0,000
Esponjosidad	F	4,91	6,13	95,84	1,32	2,73	2,74
	P	< 0,0001	0,002	< 0,0001	0,094	< 0,0001	< 0,0001
Relieve corteza	F	74,27	0,84	15,46	3,99	1,75	1,30
	P	< 0,0001	0,434	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,173
Brillo corteza	F	43,32	36,37	20,80	3,43	1,34	1,94
	P	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,006	0,009
Puntos blancos	F	49,28	41,63	91,73	4,33	3,02	2,58
	P	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,000
Aroma Gomoso/harinoso	F	17,34	4,59	165,30	0,93	2,10	3,26
	P	< 0,0001	0,011	< 0,0001	0,595	< 0,0001	< 0,0001
S. tubérculo	F	29,81	1,93	113,45	0,86	2,51	3,03
	P	< 0,0001	0,147	< 0,0001	0,713	< 0,0001	< 0,0001
S. dulce	F	4,13	1,07	12,03	1,53	1,82	3,59
	P	< 0,0001	0,343	< 0,0001	0,022	< 0,0001	< 0,0001
Arenoso	F	22,64	18,49	73,31	1,36	2,78	1,88
	P	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,071	< 0,0001	0,012
Fácil Masticar	F	7,13	0,42	13,42	1,33	2,82	3,31
	p	< 0,0001	0,659	< 0,0001	0,086	< 0,0001	< 0,0001
Pegajoso	F	40,95	4,93	40,55	1,43	2,92	3,32
	p	< 0,0001	0,008	< 0,0001	0,046	< 0,0001	< 0,0001
Apelmazado	F	40,57	2,48	4,60	2,04	2,17	1,13
	P	< 0,0001	0,085	< 0,0001	0,000	< 0,0001	0,319

Cuadro H2. Valores promedio para cada atributo evaluado en quequitos sustituidos con harinas libres de gluten y valores LSD para los atributos que presentan diferencias significativas (p< 0,05), según los resultados del cuadro G2.

Muestras	Color Miga	Esponjosidad	Relieve corteza	Brillo corteza	Puntos blancos	Aroma Gomoso/ harinoso	Sabor tubérculo	Sabor dulce	Arenoso	Fácil Masticar	Pegajoso	Apelmazado
YUCA (-P)	2,89g	5,66a	6,57d	2,45h	0,72jk	3,59kl	3,10 jk	5,54ab	1,14hij	6,21bcd	1,40gh	5,44de
YUCA (P)	2,07ij	5,47ab	1,04ijk	5,34def	0,59jkl	3,13lmn	2,50klm	4,88efghij	1,74gh	4,94hi	0,21i	6,10c
TRIGO (-P)	2,63gh	5,27abc	1,6hi	6,03cd	0,11kl	2,57n	2,03m	5,02defgh	0,48kl	6,22bcd	0,29i	4,87fg
TRIGO (P)	2,29hi	4,11efg	0,85jk	6,9b	0,08l	2,87mn	1,97m	4,76fghij	0,74ijkl	5,19gh	0,15i	5,32def
TIQ (-P)	7,69a	3,9fghi	4,88e	2,96h	5,74cd	4,81efgh	7,92ab	5,03def	0,45l	7,08 a	7,28b	1,34m
TIQ (P)	7,28a	3,97fgh	1,19ijk	6,82bc	4,74fg	5,00defg	6,67cd	4,67hij	0,74ijkl	6,54abc	5,40d	2,34l
TIQ-Y (-P)	5,81de	5,69a	7,48bc	1,54i	3,78h	4,65fghi	5,52e	5,15cde	1,12hijk	6,08bcd	4,08e	4,19hi
TIQ-Y (P)	6,12cd	5,05abcd	2,18gh	3,85g	3,91h	4,02ijk	4,40gh	5,06def	1,38ghi	5,76defg	1,33gh	4,80fg
TIQ-A (-P)	6,49bc	4,84bcd	1,42ij	5,02ef	3,95h	5,09def	5,12ef	5,44abc	3,13ef	6,01bcd	3,32f	3,41jk
TIQ-A (P)	6,52bc	3,65ghij	1,58hi	7,06b	3,91h	4,45fghi	4,06ghi	4,92efghij	3,73de	4,73hij	1,22gh	5,87cd
Ñ -Y (-P)	3,42f	5,63a	7,17cd	1,39i	5,37cde	4,29hij	4,07ghi	5,32bcd	1,12hijk	6,08bcd	3,02f	4,51gh
Ñ-Y (P)	3,46f	5,18abcd	2,6g	5,34def	5,05ef	4,39ghi	3,96hi	4,65ij	1,89g	5,29efgh	1,47g	5,12ef
Ñ-TIQ (-P)	6,66b	3,41hij	7,86b	2,52h	7,88b	6,34c	8,02ab	5,16cde	0,51jkl	6,62ab	6,93b	1,37m
Ñ-TIQ (P)	6,64b	3,62ghij	4,30e	5,11ef	5,84c	5,54d	6,49d	4,68ghij	0,53jkl	5,91cde	5,17d	2,49l
Ñ-A (-P)	2,86g	4,78cde	1,19ijk	4,71f	5,18def	5,34de	4,72fg	5,02defg	3,01f	5,85def	3,43ef	3,92ij
Ñ-A (P)	3,87f	3,93fgh	1,62hi	7,25b	4,23gh	4,61fghi	3,67ij	4,90efghij	3,88d	4,32ij	0,73hi	6,40bc
ÑAMPÍ (-P)	3,87f	3,08j	9,66 a	1,52i	9,48ª	8,11a	8,40a	4,59jk	0,66jkl	6,37bcd	8,28a	1,75m
ÑAMPÍ (P)	5,62e	3,24ij	6,81cd	4,78f	7,28b	7,14b	7,35bc	4,29k	1,11hijk	5,27fgh	6,14c	3,10k
A-Y (-P)	2,14ij	5,45abc	0,61k	5,81de	0,88j	3,44klm	2,78kl	5,46abc	4,63c	4,71hij	0,38i	6,34bc
A-Y (P)	1,95ij	4,52def	1,24ijk	8,16a	0,7jkl	3,21lmn	2,37lm	4,99defghi	3,81d	4,26jk	0,18i	6,82b
ARROZ (-P)	2,12ij	3,83ghi	3,50f	8,32a	1,85i	3,69jkl	2,22lm	5,72a	7,14a	3,02l	0,29i	7,83a
ARROZ (P)	1,78j	3,37hij	3,35f	8,95a	0,47jkl	3,06lmn	2,25lm	5,21bcde	5,43b	3,69k	0,17i	7,41a

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas con p< 0,05.

Cuadro H3. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre los segmentos de consumidores que realizaron la prueba de aceptación de quequitos con harinas alternativas.

Grupo	Número de personas	Parámetro	Efecto
			Muestra
Grupo 1	**19**	**F**	4,430
		P	< 0,0001
Grupo 2	**51**	**F**	10,063
		P	< 0,0001
Grupo 3	**35**	**F**	6,674
		P	< 0,0001

Cuadro H4. Comparación de medias de la aceptación de quequitos con diferentes harinas, mezclas de harinas y con los dos niveles de proteína, para los segmentos de consumidores establecidos a partir del análisis de "cluster".

Muestra	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
TRIGO (-P)	6,74 a	7,07a	6,57 a
TRIGO (P)	5,92abcd	6,86ab	6,43 a
ARROZ-YUCA (P)	4,71cdefg	6,62abc	6,12abc
ARROZ-YUCA(-P)	5,76abcde	6,41abc	6,36ab
YUCA (-P)	5,19bcdef	6,06bcd	5,79abcde
TIQUISQUE -YUCA (P)	5,66abcde	5,88cde	5,34bcdefg
TIQUISQUE -ARROZ (-P)	6,12abc	5,76cdef	4,99efg
TIQUISQUE -YUCA (-P)	6,37ab	5,72cdef	5,19cdefg
TIQUISQUE -ARROZ (P)	4,42efgh	5,70cdef	5,27cdefg
YUCA (P)	4,88cdef	5,35defg	6,05abcd
ÑAMPÍ-YUCA (-P)	4,48defgh	5,25defg	4,58fgh
ÑAMPÍ-YUCA (P)	4,73cdefg	5,04efg	5,29cdefg
TIQUISQUE (P)	5,92abcd	5,01efg	5,04defg
ÑAMPÍ-ARROZ(-P)	4,47defgh	4,90fgh	4,47fghi
ÑAMPÍ-ARROZ (P)	3,82fgh	4,66gh	5,51abcdef
TIQUISQUE (-P)	5,07bcdef	4,63gh	4,37ghij
ÑAMPÍ- TIQUISQUE (P)	4,53defgh	4,57gh	4,85efg
ÑAMPÍ- TIQUISQUE (-P)	4,48defgh	4,39ghi	3,39jk
ARROZ (-P)	3,17hi	4,01hij	4,67fgh
ÑAMPÍ (-P)	3,34ghi	3,45ij	3,23k
ÑAMPÍ (P)	4,10fgh	3,38j	3,72hijk
ARROZ (P)	2,29i	3,18j	3,46ijk

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas con p< 0,05**.**

Apéndice I. Textura de los quequitos libres de gluten

Cuadro I1. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en el perfil de textura de los quequitos, para los distintos niveles de sustitución.

Variable	Parámetro	Efecto	
		Muestra	Lote
Dureza (N)	F	58,09	11,17
	P	0,103	0,207
Elasticidad (%)	F	249,67	3,09
	P	0,050	0,373
Cohesividad	F	485,16	139,53
	P	0,036	0,060
Masticabilidad (Nm)	F	320,21	11,13
	P	0,044	0,207
Adhesividad (Ns)	F	1065,20	12,86
	P	0,024	0,193

Cuadro I2. Valores LSD promedio para los parámetros de textura evaluados en quequitos sustituidos con harinas libres de gluten.

Producto	Dureza (N)	Elasticidad (%)	Cohesividad	Masticabilidad (Nm)	Adhesividad (Ns)
ARROZ (P)	94,06 a	81,74 ab	0,55 a	0,042 a	-0,09 a
ARROZ (-P)	59,49 ab	72,69 bcde	0,41 cdefg	0,019 b	-0,17 ab
ARROZ-YUCA(P)	32,70 b	77,04 abc	0,45 bcde	0,011 cdef	-0,02 a
ARROZ-YUCA(-P)	28,08 b	73,62 abcd	0,36 fghi	0,007 cdef	-0,04 a
ÑAMPÍ (P)	35,93 b	63,48 efg	0,39 defgh	0,009 cdef	-0,22 ab
ÑAMPÍ (-P)	29,32 b	55,68 gh	0,25 j	0,004 ef	-1,62 e
ÑAMPÍ-ARROZ(P)	39,88 b	77,36 abc	0,47 bc	0,014 bcd	-0,07 a
ÑAMPÍ-ARROZ(-P)	24,03 b	65,70 def	0,31 ij	0,005 ef	-0,22 ab
ÑAMPÍ- TIQUISQUE (P)	28,68 b	63,33 efg	0,38 efgh	0,007 def	-0,43 bc
ÑAMPÍ -TIQUISQUE (-P)	23,46 b	51,33 h	0,24 j	0,003 f	-1,28 d
TIQUISQUE -YUCA(P)	31,87 b	78,26 abc	0,49 ab	0,012 bcde	-0,04 a
TIQUISQUE -YUCA(-P)	28,54 b	70,35 cdef	0,39 defgh	0,008 cdef	-0,09 a
ÑAMPÍ -YUCA (P)	32,90 b	63,18 efg	0,35 ghi	0,007 cdef	-0,66 c
ÑAMPÍ -YUCA (-P)	21,64 b	61,93 fg	0,25 j	0,003 f	-1,42 de
TIQUISQUE (P)	47,41 b	71,57 cdef	0,45 bcd	0,015 bc	-0,06 a
TIQUISQUE (-P)	21,77 b	63,18 efg	0,30 ij	0,004 ef	-0,17 ab
TIQUISQUE -ARROZ(P)	31,89 b	77,98 abc	0,49 ab	0,012 bcde	-0,03 a
TIQUISQUE -ARROZ(-P)	22,60 b	66,66 def	0,34 hi	0,005 ef	-0,08 a
TRIGO (P)	34,01 b	83,28 a	0,50 ab	0,014 bcd	-0,02 a
TRIGO (-P)	22,68 b	74,04 abcd	0,40 cdefgh	0,007 def	-0,07 a
YUCA(P)	28,56 b	79,00 abc	0,42 cdef	0,009 cdef	-0,02 a
YUCA(-P)	25,83 b	75,06 abcd	0,38 defgh	0,007 cdef	-0,04 a

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas con $p < 0,05$.

Apéndice J. Gráficos de textura obtenidos durante la medición de textura de las diferentes muestras de quequitos sustituidos con harinas alternativas.

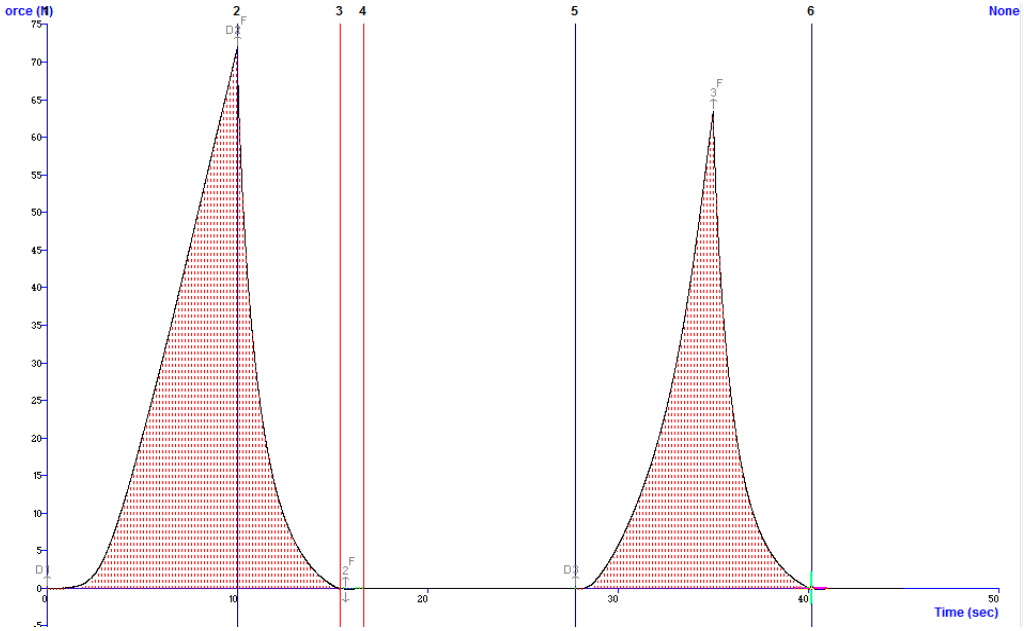


Figura J1. Gráfico obtenido durante la medición del perfil de textura en un quequitos elaborado con harina de arroz (P).

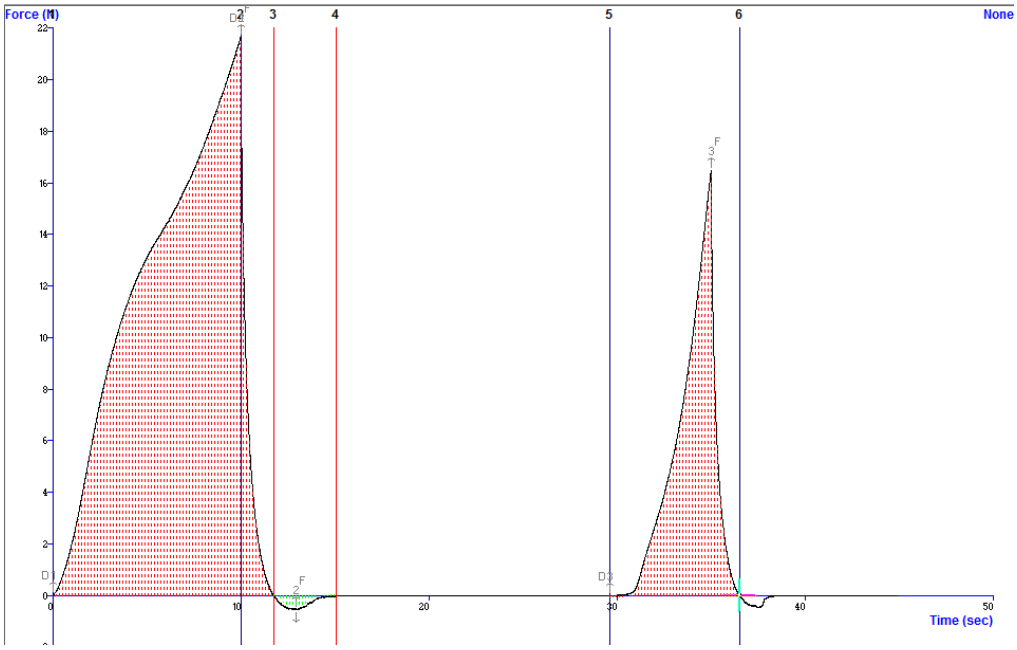


Figura J2. Gráfico obtenido durante la medición del perfil de textura en un quequitos elaborado con harina de tiquisque (-P).

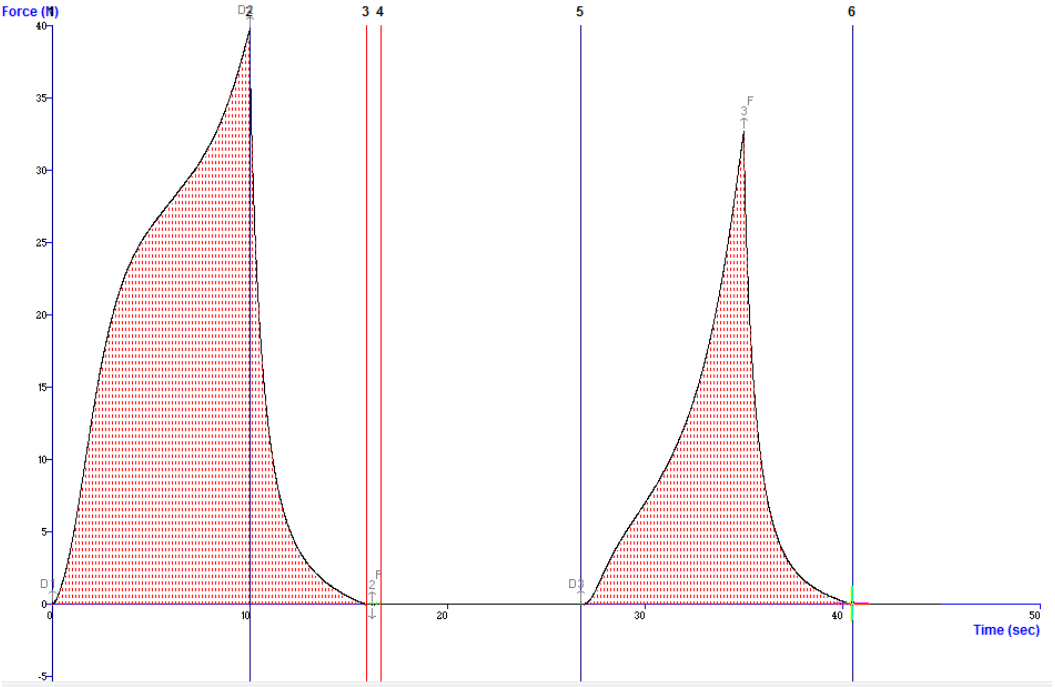


Figura J3. Gráfico obtenido durante la medición del perfil de textura en un quequitos elaborado con harina de trigo (P).

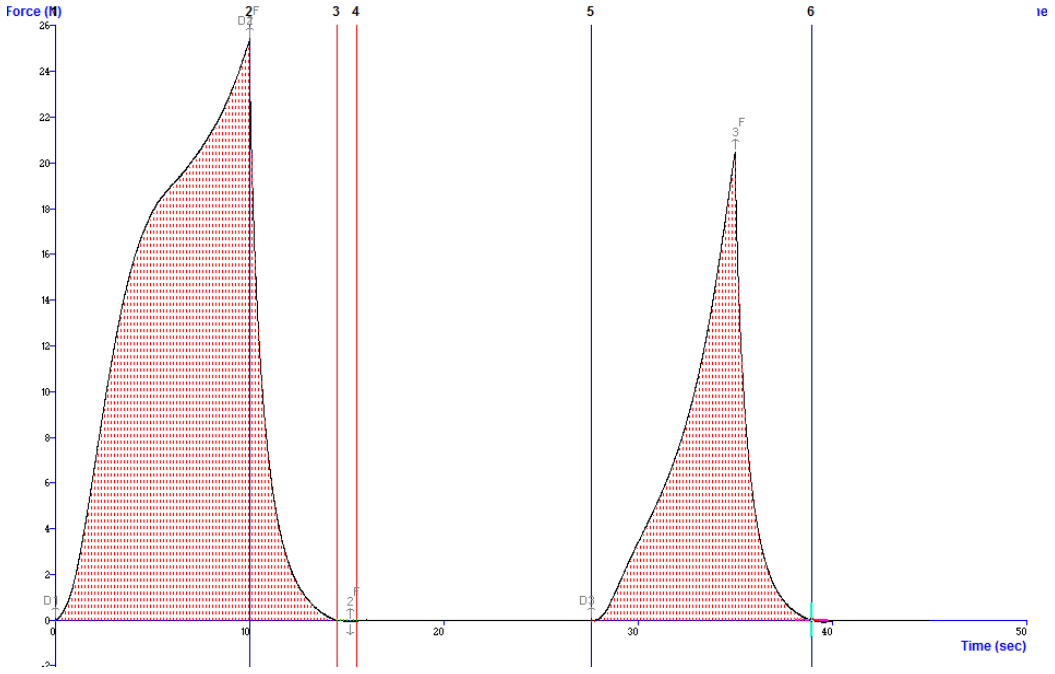


Figura J4. Gráfico obtenido durante la medición del perfil de textura en un quequitos elaborado con harina de trigo (-P).

Apéndice K. Datos obtenidos del tamizado de las harinas alternativas

Cuadro K1. Valores obtenidos del tamizado de las harinas alternativas utilizadas en la elaboración de los quequitos libres de gluten, para muestras de 250 gramos de cada harina.

#Tamiz Serie US Standard	Apertura (mm)	% Porcentaje de harina			
		Arroz	Yuca	Tiquisque	Ñampí
20	0,833	0,0	-	1,8	0,0
30	0,589	0,2	0,0	4,8	3,2
40	0,417	15,7	2,2	7,0	18,4
50	0,295	17,9	5,6	9,8	17,3
70	0,208	22,5	9,0	10,4	13,0
100	0,147	17,3	8,8	7,4	8,6
140	0,104	23,7	7,6	6,2	7,0
200	0,074	0,8	5,0	4,2	4,3
270	0,053	-	6,2	5,6	7,0
400	0,037	-	20,3	9,6	18,4
Plato	0,000	2,0	35,5	33,5	2,7
Total	**-**	100	100,0	100,0	100,0