

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“DESARROLLO DE MUFFINS LIBRES DE GLUTEN  
FORTIFICADOS CON HIERRO A BASE DE KAÑIWA (*Chenopodium  
pallidicaule*) Y TARWI (*Lupinus mutabilis*)”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

**ROBERTH JUNIOR YURIVILCA VARGAS**

**LIMA – PERÚ**

**2023**

---

**La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	Tesis Roberth Yurivilca (1).docx (D167471282)
<b>Submitted</b>	5/19/2023 1:23:00 AM
<b>Submitted by</b>	Julio Vidaurre Ruiz
<b>Submitter email</b>	vidaurrejm@lamolina.edu.pe
<b>Similarity</b>	6%
<b>Analysis address</b>	vidaurrejm.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / DOCUMENTO FINAL DE TESIS DANIEL ISHARA.pdf</b> Document DOCUMENTO FINAL DE TESIS DANIEL ISHARA.pdf (D154022705) Submitted by: ibp@lamolina.edu.pe Receiver: ibp.unalm@analysis.arkund.com	 6
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / Documento de Tesis - GUTIERREZ CASTILLO...docx</b> Document Documento de Tesis - GUTIERREZ CASTILLO...docx (D134843933) Submitted by: cencina@lamolina.edu.pe Receiver: cencina.unalm@analysis.arkund.com	 28
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / DOCUMENTO DE TESIS-EXTRACCION ALMIDON CAÑIHUA-YEFERSON MARTEL ARANDA.pdf</b> Document DOCUMENTO DE TESIS-EXTRACCION ALMIDON CAÑIHUA-YEFERSON MARTEL ARANDA.pdf (D143262151) Submitted by: ibp@lamolina.edu.pe Receiver: ibp.unalm@analysis.arkund.com	 19
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4607/cuba-canales-alejandra...">https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4607/cuba-canales-alejandra...</a> Fetched: 5/19/2023 1:24:00 AM	 11
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / DOCUMENTO TESIS_ALVARO BRACAMONTE 2023.docx</b> Document DOCUMENTO TESIS_ALVARO BRACAMONTE 2023.docx (D156841728) Submitted by: cencina@lamolina.edu.pe Receiver: cencina.unalm@analysis.arkund.com	 9
<b>SA</b>	<b>ESPAÑA SALAZAR GARCES DIEGO MANOLO.pdf</b> Document ESPAÑA SALAZAR GARCES DIEGO MANOLO.pdf (D152365181)	 15
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4593/cipra-rodriguez-jose-al...">https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4593/cipra-rodriguez-jose-al...</a> Fetched: 5/19/2023 1:24:00 AM	 1

## Entire Document

42%

**MATCHING BLOCK 1/89**

**SA**

DOCUMENTO FINAL DE TESIS DANIEL ISHARA.pdf (D154022705)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS "DESARROLLO DE MUFFINS LIBRES DE GLUTEN FORTIFICADOS CON HIERRO A BASE DE KAÑIWA (Chenopodium pallidicaule) Y TARWI (Lupinus mutabilis)" TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Presentado por: ROBERTH JUNIOR YURIVILCA VARGAS LIMA – PERÚ 2022 La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“DESARROLLO DE MUFFINS LIBRES DE GLUTEN  
FORTIFICADOS CON HIERRO A BASE DE KAÑIWA (*Chenopodium  
pallidicaule*) Y TARWI (*Lupinus mutabilis*)”**

Presentado por:

**ROBERTH JUNIOR YURIVILCA VARGAS**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

Mg. Sc. Luis Briceño Berrú  
**PRESIDENTE**

---

M. Sc. Gloria Pascual Chagman  
**MIEMBRO**

---

Mg. Sc. Gladys Tarazona de Rodríguez  
**MIEMBRO**

---

Julio Vidaurre Ruiz, PhD.  
**ASESOR**

---

Dra. María Jimena Correa  
**CO-ASESORA**

**LIMA – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, María y Robert, a mis hermanos Gian Carlos, Gabriel, Maricielo, a quienes dedico todo lo bueno que realizo en mi vida.*

*A todas las personas que laboran de manera honrada con alimentos y nutren todo el Perú, a todas las familias de bajos recursos, en especial para los niños del país, quienes son nuestro futuro y merecen ser alimentados correctamente siempre.*

*A todos los investigadores en alimentos, quienes son piezas importantes y realizan una ardua labor para mejorar el futuro de la alimentación del Perú.*

## **AGRADECIMIENTO**

Al PhD. Julio Mauricio Vidaurre Ruiz y a la Dr. Jimena María Correa; por todo el apoyo, soporte y la oportunidad brindada en la ejecución de la presente investigación, por valorar mis aportes y permitir difundirlas los resultados de mi investigación.

Al proyecto “GRANPAN” por la gran oportunidad de participar, ejecutando mi investigación para obtener mi título profesional. A la PhD. Ritva Repo Carrasco, como líder de dicho proyecto y quien me permitió participar en el proyecto, igualmente al Dr. Christian Encina Zelada, al Dr. Darío Cabezas y a la Dra. Sylvia Alcázar investigadores principales del proyecto, quienes me brindaron su apoyo y sus consejos en todo el proceso de la culminación de mi tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y al Banco Mundial, quienes otorgaron la financiación integral para realizar los estudios de esta investigación, y permitirme contribuir con el desarrollo de muffins libres de gluten usando kañiwa y tarwi. Al Centro de Investigación e Innovación en Productos Derivados de Cultivos Andinos (CIINCA) de la Facultad de Industrias Alimentarias (FIAL) por permitirme utilizar sus instalaciones y brindarme el soporte institucional.

A mis padres María Inés Vargas Gonzales y Robert Yurivilca León, quienes me brindaron todo el apoyo incondicional en toda mi formación profesional, a mis hermanos Gian Carlos, Gabriel, Maricielo quienes siempre fueron mi soporte para la culminación de mi investigación. A los miembros del jurado, Mg. Sc. Briceño Berru Luis Antonio, Mg. Sc. Gloria Pascual Chagman, Mg. Sc. Gladys Tarazona de Rodríguez, por su tiempo y correcciones realizadas a la tesis.

# ÍNDICE GENERAL

## RESUMEN

## ABSTRACT

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1. CELIAQUÍA .....	3
2.2. PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN LIBRES DE GLUTEN .....	5
2.3. SUSTITUTOS DEL GLUTEN .....	5
2.3.1. GOMA XANTANO .....	8
2.4. INSUMOS LIBRE DE GLUTEN .....	9
2.4.1. TARWI .....	9
2.4.2. KAÑIWA .....	12
2.4.3. ALMIDÓN DE PAPA .....	15
2.5. FORTIFICACIÓN CON HIERRO .....	16
2.6. MICROENCAPSULACIÓN DE HIERRO .....	16
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	18
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN .....	18
3.2. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS .....	18
3.2.1. MATERIA PRIMA .....	18
3.2.2. INSUMOS .....	18
3.3. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS .....	19
3.3.1. MATERIALES .....	19
3.3.2. REACTIVOS .....	19
3.3.3. EQUIPOS .....	20
3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL .....	21
3.4.1. OBTENCIÓN DEL SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO .....	21
3.4.2. ELABORACIÓN DEL MUFFIN LIBRE DE GLUTEN .....	21

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS .....	24
3.5.1. CARACTERIZACIÓN DE HARINAS Y BATIDOS.....	24
3.5.2. ANÁLISIS AL MUFFIN LIBRE DE GLUTEN .....	28
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	31
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	32
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>33</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	33
4.1.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS MATERIAS PRIMAS .....	33
4.1.2. MORFOLOGÍA DEL SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO.....	36
4.1.3. COMPORTAMIENTO TERMO-REOLÓGICO DE LAS MATERIAS PRIMAS ..	36
4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS BATIDOS.....	39
4.2.1. ANÁLISIS TERMO-REOLÓGICO DE LOS BATIDOS.....	39
4.2.2. ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA DE LOS BATIDOS.....	45
4.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MUFFINS LIBRE DE GLUTEN.....	49
4.3.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO .....	49
4.3.2. ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DE MIGA .....	55
4.3.3. DETERMINACIÓN DE COLOR DE MIGA .....	57
4.3.4. DETERMINACIÓN DE COLOR DE CORTEZA.....	60
4.3.5. ANÁLISIS DEL PERFIL DE TEXTURA .....	62
4.3.6. CARACTERIZACIÓN DE LOS MUFFINS LIBRES DE GLUTEN.....	66
4.3.7. DETERMINACIÓN DE HIERRO DE LOS MUFFINS LIBRE DE GLUTEN .....	68
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>73</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Manifestaciones extraintestinales de la enfermedad celíaca .....	4
Tabla 2: Principales hidrocoloides estudiados en la industria alimentaria.....	7
Tabla 3: Principales componentes químicos del tarwi .....	11
Tabla 4: Composición proximal del tarwi en amargo y desamargado .....	12
Tabla 5: Composición química de algunas variedades de kañiwa .....	13
Tabla 6: Composición química de tres variedades de kañiwa.....	14
Tabla 7: Contenido de aminoácidos esenciales en granos y cereales.....	15
Tabla 8: Formulaciones de los muffins .....	23
Tabla 9: Caracterización fisicoquímica y textural de las formulaciones.....	31
Tabla 10: Evaluación de la forma de fortificación con hierro.....	32
Tabla 11: Caracterización fisicoquímica de la materia prima .....	33
Tabla 12: Análisis de pasta de los insumos .....	38
Tabla 13: Propiedades de pasta de las premezclas .....	41
Tabla 14: Propiedades texturales de los batidos.....	46
Tabla 15: Caracterización física de los muffins .....	50
Tabla 16: Determinación del alveolado de la miga .....	56
Tabla 17: Determinación de color de la miga de los muffins.....	58
Tabla 18: Determinación de color de la corteza de los muffins .....	61
Tabla 19: Análisis de textura de la miga de los muffins .....	63
Tabla 20: Caracterización química de los muffins libres de gluten sin fortificar.....	66
Tabla 21: Contenido de hierro en los muffins libres de gluten .....	69



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva de flujo de diversos hidrocoloides en 1% de NaCl .....	8
Figura 2: Estructura molecular de una unidad de la goma xantana.....	9
Figura 3: Flujograma de elaboración de los muffins libres de gluten. ....	22
Figura 4: Fortificaciones de las formulaciones de los muffins y nomenclatura utilizada en el estudio .....	23
Figura 5: Perfil de viscosidad obtenido en el analizador rápido de viscosidad (RVA).....	27
Figura 6: Perfil de textura obtenido de la prueba de <i>Back Extrusion</i> .....	28
Figura 7: Micrografías de microscopía electrónica de barrido del sulfato ferroso microencapsulado con quitosano.....	37
Figura 8: Curvas obtenidas del análisis de propiedades de pasta de las pre mezclas.....	42
Figura 9: Perfil textural de los batidos libres de gluten.....	47
Figura 10: Apariencia general del muffin libre de gluten K25-T25 y procesamiento de las imágenes para la obtención del volumen específico y la estructura alveolar de la miga.....	56
Figura 11: Fotografía de los cortes transversales de los muffins libres de gluten.....	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: metodología de microencapsulación del sulfato ferroso. ....	88
ANEXO 2: determinación del porcentaje de agua en las formulaciones de prueba.....	89
ANEXO 3: metodología del análisis del contenido de amilosa. ....	91
ANEXO 4: metodología de determinación de volumen específico .....	92
ANEXO 5: determinación de la pérdida de peso por horneado .....	93
ANEXO 6: determinación del perfil de textura del muffin .....	93
ANEXO 7: análisis estadístico del estudio.....	94

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue desarrollar un muffin libre de gluten fortificado con hierro a base de almidón de papa, harina de tarwi y harina de kañiwa mediante la evaluación del efecto de las harinas de los granos andinos y del efecto de la forma de fortificación con hierro sobre la calidad completamente al azar (DCA), donde los tratamientos fueron: Control (100% almidón de papa), T50 (50% de almidón de papa y 50% de harina de tarwi), K50 (50% almidón de papa y 50% harina de kañiwa) y K25 - T25 (50% almidón de papa, 25% harina de tarwi y 25% de harina de kañiwa). La fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular disminuyó significativamente las propiedades de pasta de las pre mezclas control y T50, esto concuerda con las propiedades texturales del batido donde la adición del sulfato ferroso como sal disminuyó la firmeza y la consistencia de este batido. Los muffins libres de gluten desarrollados con harinas de granos andinos, presentaron valores nutricionales elevados en proteínas, fibra dietaria y minerales que los muffins informados en la literatura y el muffin control, el cual fue elaborado con solo almidón de papa. Las fortificaciones con sulfato ferroso sin microencapsular o microencapsulado aumentaron significativamente los niveles de hierro en los muffins. La formulación del muffin K25–T25, presentó características atractivas, tanto físicas como de calidad panadera y que podría ser considerada para futuros trabajos de investigación que conlleven al mejoramiento de la formulación, en el desarrollo de nuevos productos. tecnológica de los muffins. Para determinar la mejor formulación de muffins con las mejores características reológicas y texturales, se empleó el diseño de experimentos

**Palabras clave:** harina de tarwi, harina de kañiwa, muffin, hierro, reología, análisis de textura.

## ABSTRACT

The objective of this research was to develop a gluten-free muffin fortified with iron using potato starch, tarwi flour, and kañiwa flour, by evaluating the effect of Andean grain flours and the form of iron fortification on the technological quality of the muffins. To determine the best muffin formulation with the optimal rheological and textural characteristics, a completely randomized experimental design (CRD) was employed, with the following treatments: Control (100% potato starch), T50 (50% potato starch and 50% tarwi flour), K50 (50% potato starch and 50% kañiwa flour), and K25 - T25 (50% potato starch, 25% tarwi flour, and 25% kañiwa flour). Fortification with non-microencapsulated ferrous sulfate significantly decreased the paste properties of the control and T50 premixes, which aligns with the textural properties of the batter, where the addition of ferrous sulfate as a salt reduced its firmness and consistency. The gluten-free muffins developed with Andean grain flours showed elevated nutritional values in terms of protein, dietary fiber, and minerals compared to the muffins reported in the literature and the control muffin made solely with potato starch. Fortification with non-microencapsulated or microencapsulated ferrous sulfate significantly increased the iron levels in the muffins. The formulation of the K25-T25 muffin exhibited attractive physical and baking quality characteristics and could be considered for future research aiming to improve the formulation and develop new products.

**Keywords:** Tarwi flour, kañiwa flour, muffin, iron, rheology, texture analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la celiaquía afecta aproximadamente al uno por ciento de la población de Europa y Norteamérica, esta enfermedad sintomática es desencadenada por la ingesta de gluten, proteínas presentes en el trigo, la avena, el centeno y la cebada. Los síntomas principales son diarrea, hinchazón, estreñimiento y reflujo gastroesofágico. Sin embargo, también genera síntomas extra intestinales como son, en orden de frecuencia, osteoporosis, anemia, hepatitis celiaca y abortos espontáneos (Hujoel *et al.*, 2018).

Según Parra (2014), el porcentaje de personas con la enfermedad celiaca en Latinoamérica se encuentra entre el 0.46% al 0.64% de la población, los familiares de primer grado de estos pacientes presentan entre 5.5% a 6.5% de prevalencia y en pacientes con diabetes mellitus tipo 1 la prevalencia de este padecimiento es del 4.6% - 8.7%. Un estudio reciente realizado por Baldera *et al.* (2020), halló una prevalencia ponderada del 1.2% de la enfermedad celiaca para la población peruana reportando una mayor incidencia que Brasil y Argentina.

Una de las consecuencias extra intestinales más comunes es la mala absorción del hierro, derivándose en un caso de anemia, una ingesta de niveles subóptimos de este mineral se relaciona con una baja productividad laboral, menor inmunidad y deterioro cognitivo, debido a que este mineral se relaciona con el transporte de oxígeno e importantes reacciones redox en el cuerpo (Bryszewska *et al.*, 2019).

Un muffin es un producto de panificación dulce, el desarrollo de este producto fortificado con hierro tendrá un impacto positivo en personas celíacas ya que la deficiencia de hierro es una de las consecuencias más frecuentes de esta enfermedad autoinmune. Además, se aprovecharon insumos oriundos del Perú (tarwi y kañiwa) impulsando su consumo, lo que contribuirá al desarrollo y un mayor beneficio e ingresos a estos productores peruanos.

Por tanto, la presente investigación se planteó sobre los siguientes objetivos:

Objetivo principal:

- Desarrollar un muffin libre de gluten fortificado con hierro a base de harina de tarwi y harina de kañiwa.

Objetivos específicos:

- Determinar los porcentajes idóneos de harina de tarwi, harina de kañiwa y almidón de papa para el desarrollo de un muffin de buena calidad textural.
- Evaluar el comportamiento textural y reológico de los batidos libre de gluten.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas y la calidad panadera de los muffins obtenidos con harina de tarwi y kañiwa.
- Comparar el efecto de la aplicación de dos formas de fortificación (sulfato ferroso sin microencapsular y microencapsulado con quitosano) sobre las propiedades texturales y reológicas de los batidos; así como sobre la calidad de los muffins.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. CELIAQUÍA**

La enfermedad celíaca es una enteropatía que afecta a personas genéticamente predispuestas desencadenando mayormente problemas gastrointestinales debido a la ingesta de proteínas del gluten, específicamente las gliadinas, presentes en el trigo, la cebada, el centeno y la avena. Ante la ingesta de dichas proteínas se desencadena una respuesta inmunológica que da lugar en el intestino delgado a la destrucción de las células encargadas de la absorción de nutrientes. Datos recientes a nivel mundial muestran que el uno por ciento de la población presenta este padecimiento, siendo una de las más comunes intolerancias alimentarias (Sciarini y Pérez, 2013).

Los síntomas de esta enfermedad son múltiples, entre los principalmente se encuentran: diarrea, dolor abdominal, estreñimiento, vómitos y desnutrición. Si este padecimiento persiste el individuo puede presentar mala absorción de nutrientes, falta de crecimiento, fatiga crónica, dolor en articulaciones, anemia, osteoporosis y complicaciones neurológicas. Esto es causado por la atrofia vellosa de la mucosa intestinal, la cual, a su vez, es causada por la respuesta inmune a la ingesta de gluten en la dieta (Clifford et al., 2020).

Este padecimiento se puede manifestar como una enfermedad sintomática, presentando síntomas gastrointestinales y/o extra intestinales, o puede darse de manera asintomática donde no muestra signos de dolencia. Los más afectados son personas adultas y geriátricos, con mayor proporción en mujeres (3:1) e individuos con sobrepeso donde el síntoma más común es la anemia y malabsorción de otros micronutrientes (Hujoel et al., 2018).

Los síntomas gastrointestinales, en orden de mayor a menor frecuencia, son: diarrea, hinchazón, estomatitis aftosa, estreñimiento y reflujo gástrico. Además de estos síntomas existe afecciones extraintestinales que afectan entre la mitad a dos tercios de los casos de celiaquía, estos síntomas se presentan en la Tabla 1 (Hujoel *et al.*, 2018).

**Tabla 1: Manifestaciones extraintestinales de la enfermedad celíaca**

Hematológica	Demografía /predominio	Fisiopatología	Tratamiento
Anemia	20%-30% de los pacientes Adultos > niños Común en ancianos	El segundo más frecuente (que puede deberse a mala absorción de nutrientes y hemorragia oculta)	Suplementación nutricional
Hipoesplenismo	19%-80% de los pacientes Más común cuando se presentan afecciones autoinmunes	Cambios hemodinámicos Disfunción reticular- endotelial	Vacunas antineumocócicas
Osteoporosis	10%-50% de los pacientes	Malabsorción	Dieta libre de gluten. Suplementación de calcio y vit. D
Artritis	22%-30% de los pacientes	Autoinmune	Dieta libre de gluten

FUENTE: Hujoel *et al.*, (2018).

De acuerdo a Parra (2014), inicialmente las pruebas serológicas usadas para la detección de esta enfermedad consistían en la detección de anticuerpos contra las gliadinas y la reticulina, actualmente estas pruebas son consideradas desfasadas por su poca sensibilidad y especificidad. La detección de anticuerpos como los IgG o IgA antitransglutaminasa tisular (anti-tTG), IgA e IgG anti-endomisio (IgA e IgG EMA), y anticuerpos anti péptidos de gliadina deaminado (DGP) son usadas actualmente para determinar si el individuo presenta este padecimiento, siendo la IgA EMA la más específica.



## **2.2. PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN LIBRES DE GLUTEN**

Como se mencionó anteriormente, el único tratamiento para las personas celíacas es ceñirse a una dieta libre de gluten. Dado que en los últimos años ha ido en crecimiento el número de personas diagnosticadas con celiaquía es que paulatinamente también se han venido desarrollando productos sin gluten. Según la FDA un alimento para tener la denominación sin gluten debe presentar menos de 20 ppm de esta proteína. Para lograr esto, los productos no deben de contener trigo, centeno, cebada, avena, así como tampoco ninguno de sus derivados como harinas y almidones con más de 20 ppm de gluten (FDA, 2013).

En el Perú, en el 2017 según la resolución directoral N° 038-2017 del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) se aprobó la norma técnica NTP-CODEX STAN 118:2017. Norma relativa a los alimentos para regímenes especiales destinados a personas intolerantes al gluten. En esta norma técnica, se especifica que un producto está exento de gluten cuando el contenido de gluten no supera los 0,05 g por 100 g de materia seca, ya sea por la extracción del gluten de los granos que lo contiene o sustituidos por otros ingredientes que no contienen esta proteína (El Peruano, 2017).

Según Sciarini y Pérez (2013), el alto consumo de productos panificables en la dieta y la importancia del gluten para su realización, hace buscar novedosos productos que sean de similares propiedades sensoriales y tecnológicas, para esto se han ido desarrollando mezclas con insumos como almidones, hidrocoloides, fibras y distintos tipos de harinas, entre ellas las de pseudocereales y cereales que no presenten gluten.

## **2.3. SUSTITUTOS DEL GLUTEN**

Los hidrocoloides son un grupo de sustancias (carbohidratos y proteínas generalmente) que se caracterizan por formar dispersiones viscosas y/o geles cuando estos son disueltos en agua, presentan gran cantidad de grupos hidroxilos los que les confieren capacidad hidrófila. La principal razón de su uso en alimentos es la modificación de la reología (influyendo en la viscosidad y textura) de los sistemas, es por esto que, son ampliamente usados en la

industria alimentaria. Se utilizan en distintas concentraciones dependiendo de su aplicación, desde la adición de partes por millón de carragenina en productos lácteos, hasta concentraciones altas de gomas, gelatina o almidones en la confitería (Milani y Maleki, 2012).

A continuación, se describen las principales propiedades funcionales de estos:

- Aumento de la viscosidad o espesamiento.
- Propiedades gelificante.
- Propiedades de actividad superficial y emulsionantes.
- Películas y recubrimientos comestibles.
- Sustitutos de grasas.

Además de las propiedades mencionadas anteriormente, también son usados como inhibidores de la cristalización de hielo y azúcar, encapsulantes, precipitantes, inhibidores de sinéresis y como sustituto del gluten en masas de panificación. Son importantes factores para su elección, el precio, sus propiedades funcionales y la disponibilidad. Por lo cual, el almidón es el más usado como agente espesante (Williams y Phillips, 2000).

Para la elaboración de panes sin gluten, con el uso de hidrocoloides se pretende imitar las características que otorgan las proteínas del gluten. Por ello, se buscan hidrocoloides que sean capaces de formar una red tridimensional, gracias a la formación de un gel, formando una masa viscoelástica similar a la masa con gluten tradicional. No obstante, existen diferencias reológicas significativas. La construcción de un gel gracias a hidrocoloides se da a través de uniones débiles del tipo enlaces de hidrogeno o interacciones electrostáticas como por ejemplo la unión por átomos divalentes (iones de calcio) como en el caso de las pectinas de bajo metoxilo. La mayoría de estos geles son de naturaleza fibrilar, termorreversibles y tienen capacidad de retener agua y gases (Arendt y Dal Bello, 2008). Una de las gomas más utilizadas en la elaboración de productos de panificación libres de gluten, es la goma xantana, la que presenta carga negativa debido a los grupos de ácidos acéticos y pirúvicos disponibles en su estructura química, lo cual le permite poseer una mayor absorción de agua a través de los enlaces de hidrógeno (Encina *et al.*, 2018).

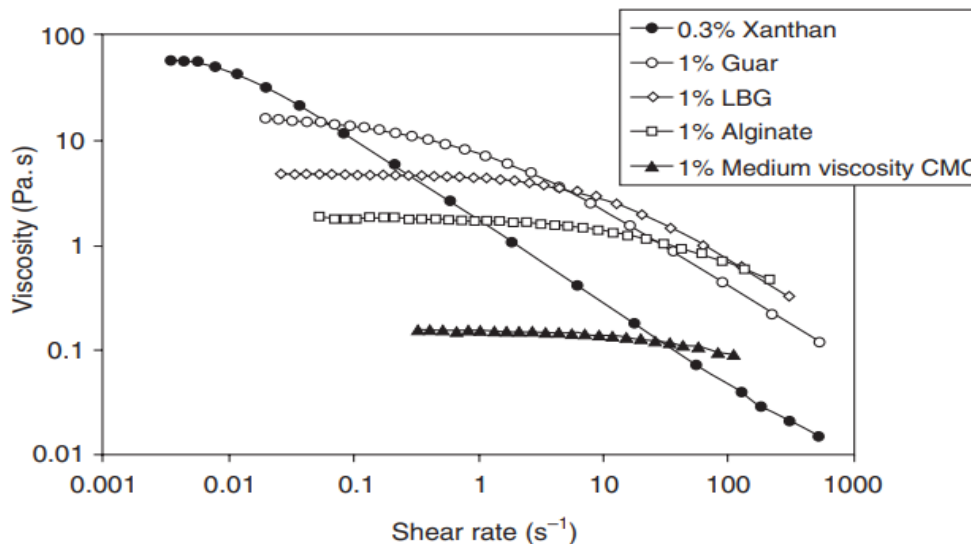
En la Tabla 2, se muestra la naturaleza de los hidrocoloides más ampliamente utilizados y su principal función tecnológica por la cual es usado en la industria alimentaria. Asimismo, la Figura 1 muestra la variación de la viscosidad de soluciones de diferentes hidrocoloides en función a la velocidad de corte.

**Tabla 2: Principales hidrocoloides estudiados en la industria alimentaria**

	Material formador	Principal función	
Polisacárido	Agar	Agente gelificante	
	Alginato	Agente gelificante	
	Carragenina	Agente gelificante	
		CMC*	Espesante
	Derivados de	HPC*	Espesante y emulsificante
	Celulosa	HPMC*	Espesante
		MC*	Espesante, emulsificante y gelificante
	Quitosano		Agente gelificante, Antimicrobiano
		Goma arábica	Emulsificante
	Gomas	Goma guar	Espesante
	Goma xantano	Espesante	
	Pectina	Agente gelificante	
	Almidones	Espesantes y gelificantes	
Proteína		Gelatina bovina	Agente gelificante
	Gelatina	Gelatina de peces	Agente gelificante
		Gelatina porcina	Agente gelificante

\*CMC: carboximetilcelulosa \*HPC: hidroxipropilcelulosa, \*HPMC: hidroxipropilmetilcelulosa  
\*MC: metilcelulosa.

FUENTE: Milani y Maleki (2012).



\*LBG: Goma de algarrobo (Locust bean gum)

**Figura 1: Curva de flujo de diversos hidrocoloides en 1% de NaCl**

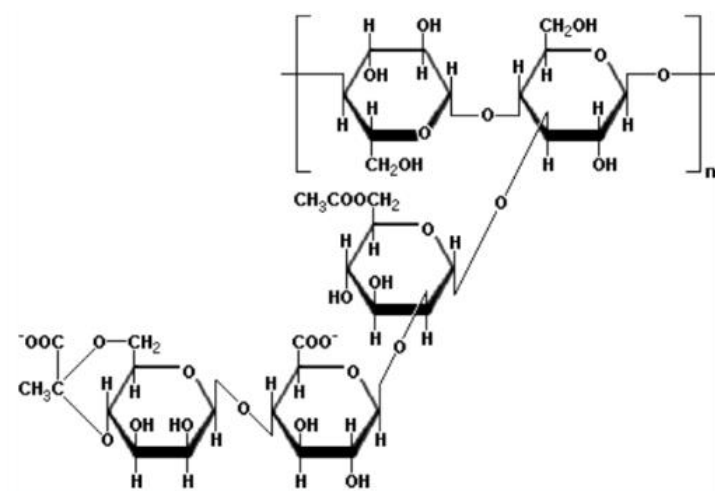
FUENTE: Fallaurd y Viscione (2009)

### 2.3.1. GOMA XANTANO

Esta goma es producida por el microorganismo *Xanthomonas Campestris*, es secretada en un proceso de fermentación. Forma soluciones pseudoplásticas de alta viscosidad que no se alteran a altas temperaturas, cambios de pH o presencia de sales. Además, no es gelificante, pero forma geles cuando se mezcla con agarosa, carragenatos tipo kappa y glucomananos (LBG). Existen diferentes formas de xantano, lo que se puede deber a diferencias entre las cepas de microorganismos usados para su producción. Estos pueden variar en tamaños de partícula, grado de viscosidad y de hidratación, entre otros (Arendt y Dal Bello, 2008).

Como se evidencia en la Figura 2, este polisacárido tiene como estructura primaria una cadena celulósica con unidades de D-glucosa con uniones  $\beta$ - (1→4), con una cadena lateral compuesta por dos unidades de manosa separadas por un ácido glucorónico. Alrededor de la mitad de las unidades de manosas terminales están unidas a un grupo piruvato, lo que varía dependiendo de la cepa y afecta su viscosidad, mientras que las unidades de manosa no terminales están acetiladas. Los grupos carboxilos de las cadenas laterales le confieren su naturaleza aniónica a la goma. El modelado molecular sugiere que la goma tiene una

estructura helicoidal, con las ramas laterales casi perpendiculares al eje de la hélice estabilizando la molécula (Milani y Maleki, 2012).



**Figura 2: Estructura molecular de una unidad de la goma xantana**

FUENTE: Murad *et al.* (2019)

## 2.4. INSUMOS LIBRE DE GLUTEN

### 2.4.1. TARWI

La planta del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) muestra una gran adaptabilidad, es fijadora de nitrógeno, no requiere fertilizantes y es resistente a plagas. Se dividen en dos grupos; lupino amargo (1% a 2% de alcaloides) y lupino dulce (menos de 0,05% de alcaloides), este último es el más frecuente por el mejoramiento genético. El Perú presenta 3000 genotipos de *L. mutabilis*, el cual sobresale de los demás genotipos de América y Europa por su mayor porcentaje de proteína, ocupando el primer lugar en contenido proteico sobre otras leguminosas, inclusive sobre la soja. El contenido proteico presente en el tarwi tiene diferentes funciones: transporte, protección, reserva y otros (Quispe, 2015).

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), también conocido como lupino andino, tarwi o chocho es reconocido por su alto contenido de proteínas (32-53 g/100g), lípidos (13-25 g/100g) y compuestos bioactivos con beneficios nutricionales. Esta leguminosa puede ser comparada con la soja, y puede implementarse en el desarrollo de alimentos con un mejor perfil de

aminoácidos en productos de panificación, dietéticos y funcionales. El correcto procesamiento asegura al tarwi como una fuente nutritiva; siendo las principales operaciones estudiadas el desamargado, secado y la extrusión (Córdova *et al.*, 2020).

Además, su perfil aminoacídico es muy cercano al requerimiento aminoacídico establecido por la FAO, rico en lisina (56,96 mg aa/g proteína) y deficiente en metionina (21,44 mg aa/g proteína). Asimismo, sus proteínas presentan un 85% de digestibilidad y un PER (relación de eficiencia proteica) entre 0,5-1,34. La caseína presenta un PER de 2,5; por lo cual se recomienda complementar al tarwi con más de un cereal, por ejemplo, con quinua y cebada en igual proporción alcanzarían un PER óptimo (Quispe, 2015).

En relación a su contenido etéreo, los ácidos grasos insaturados son los que se encuentran en mayor concentración, en especial el ácido oleico (18:1, Omega 9) seguido por el linoleico (18:2, Omega 6) y linolénico (18:3, Omega 3) con porcentajes de 40.4%, 37.1% y 2.9% respectivamente del total de grasa (Chirinos, 2015). Su contenido de carbohidratos varía entre 30% a 40%, donde la mayor parte se encuentra en las cascarras. Así como también presenta un contenido de calcio entre 107 a 153 mg/100 g y hierro entre 4 a 5,1 mg/100 g (Ministerio de Salud e Instituto de Salud, 2009).

De acuerdo con Chirinos *et al.*, (2013), se recomienda el consumo de tarwi en la dieta por su alto contenido compuestos fenólicos totales de 12.1 mg de ácido gálico equivalente por gramo de materia seca, siendo superior a muchos granos como la quinua y kiwicha con valores de 1.3 y 0.3 mg de ácido gálico equivalente por gramo de materia seca respectivamente, teniendo un alto potencial como antioxidante natural. Por otra parte, según Fornasini *et al.*, (2019) demostraron que el consumo de tarwi en forma de snack presentó mejoras en la salud en pacientes con diabetes mellitus tipo 2, reduciendo la presión arterial y aumentando los niveles de colesterol HDL, además de reducir la concentración de glucosa en sangre a niveles esperados en ciertos pacientes.

En la Tabla 3, se muestra la composición proximal en base seca del tarwi desamargado, donde se puede notar el alto contenido proteico seguido por el contenido de carbohidratos, de los cuales la mayor parte está constituida por fibra dietaria.

**Tabla 3: Principales componentes químicos del tarwi**

Componente (g/100g m.s.)	Valor
Humedad	11.5 ± 0.03
Grasa	21.5 ± 0.05
Proteínas	53.2 ± 0.07
Fibra	18.4 ± 0.01
Cenizas	1.9 ± 0.00
Carbohidratos	23.4 ± 0.10

FUENTE: Gutiérrez *et al.*, (2016).

Según Quispe (2015), el proceso de desamargado, consta de la eliminación de los compuestos antinutricionales, como son los alcaloides presentes en el lupino, este procedimiento presenta tres fases:

- El remojo, donde el tarwi se hidrata, con agua estacionaria (relación 1:6, materia prima: agua) o en circulación, para facilitar la salida de los alcaloides con tiempos de 12 horas a temperatura ambiente.
- La cocción, es realizada con agua (relación 1:3, materia prima: agua) donde se calienta hasta la ebullición del agua, por un tiempo de 1 hora con un cambio de agua a los 30 minutos, con el objetivo de disminuir el poder germinativo, enzimático, microbiano y destrucción de las células de alcaloides, siendo más fácil su extracción.
- El lavado, consiste en reposar el lupino en agua con cambios periódicos, en una proporción de 1:3 materia prima: agua, por un tiempo de 5 días, haciendo un cambio del agua cada 24 horas.
- El secado, proceso en el cual se disminuye el porcentaje de humedad hasta 11%, donde se eleva la temperatura hasta 50 °C por un tiempo de 18 horas, para aumentar el tiempo de vida útil del producto.

La Tabla 4 indica las diferencias del contenido de los principales componentes del tarwi entre la muestra desamargada y sin desamargar, donde se observa que el contenido de almidón disminuye, al igual que muchos minerales y el contenido proteico aumenta, probablemente por la lixiviación de otros compuestos en el agua.

**Tabla 4: Composición proximal del tarwi en amargo y desamargado**

	Tarwi amargo	Tarwi desamargado
Proteína (%)	47,80	54,05
Grasa (%)	18,90	21,22
Fibra (%)	11,07	10,37
Cenizas (%)	4,52	2,54
Humedad (%)	10,13	77,05
Alcaloides (%)	3,26	0,03
Azúcares totales (%)	1,95	0,73
Azúcares reductores (%)	0,42	0,61
Almidón total (%)	4,34	2,88
Potasio (%)	1,22	0,02
Magnesio (%)	0,24	0,07
Calcio (%)	0,12	0,48
Fósforo (%)	0,60	0,43
Hierro (ppm)	78,45	74,25
Zinc (ppm)	42,84	63,21
Manganeso (ppm)	36,72	18,47
Cobre (ppm)	12,65	7,99

FUENTE: Allauca *et al.*, (2005).

#### 2.4.2. KAÑIWA

La kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), o también conocida como Cañihua o Cañahua, es un cultivo andino oriundo del altiplano del Perú y Bolivia, resistente a sequías, heladas y a suelos salinos. Su grano es una dicotiledónea, con un bajo contenido de saponina, por ende, no presenta un sabor amargo como si sucede en la quinua y kiwicha. Este grano andino presenta entre 15 % a 19 % de proteína, siendo fuente de los siguientes aminoácidos esenciales: lisina (5,0 a 6,3%), metionina (1,4 a 3,0%), treonina (4,4 a 4,7%) y triptófano (0,7 a 0,9%), esto va acorde a lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (Moscoso *et al.*, 2017; WHO, FAO, UNU, 2007).



Se realizó una investigación en la Universidad de Mujeres de Japón (Japan Women's University), donde evaluaron la composición de los ácidos grasos presentes en una muestra de kañiwa proveniente de Perú, encontrando que del contenido etéreo los ácidos grasos insaturados (76.9%) supera ampliamente a los ácidos grasos saturados (23.1%), especificando que el consumo de alimentos ricos en ácidos grasos insaturados son esenciales ya que no se sintetizan en el cuerpo humano beneficiando al control del colesterol en la sangre, la presión arterial, actúa como antiinflamatorio, y en el correcto crecimiento, desarrollo y funcionamiento del cerebro (Kim y Iida, 2023).

Según Huamaní (2018), quien evaluó la composición química de tres variedades de Kañiwa procedentes de Puno (“Chilliwa”, “Planta púrpura” y “Cañihua roja”), encontró que el contenido graso tiene como principales los siguientes ácidos grasos: linoleico (45-49%), oleico (25,8-27,9%), palmítico (12,9 – 13,5%) y el linolénico (5,7 – 6,8%). Así también reporta que el oligoelemento predominante es el hierro con una concentración entre 121,4 – 131,8 mg/kg.

En las Tabla 5, se muestran la composición química de algunas variedades de kañiwa, donde se puede observar que el contenido mayoritario es el de carbohidratos (59 a 65%), en segundo lugar, se encuentra el contenido proteico (13,5 a 16%).

**Tabla 5: Composición química de algunas variedades de kañiwa**

Componente (%)	Cultivar					
	Roja	Blanca	Amarilla	Cupi	Ramis	ILLPA INIA
Humedad	10,7	10,7	10,7	8,5	7,7	8,4
Proteínas	16,1	16,1	16,5	14,2	13,7	14,5
Grasa	7,5	7,8	7,5	3,9	3,9	3,9
Carbohidratos	62,7	62,5	62,5	59,8	61,2	58,7
Cenizas	3,7	3,7	3,5	4,1	4,1	4,2

FUENTE: La Rosa *et al.*, (2017).

En la Tabla 6, se puede ver a más detalle el perfil nutricional de dos muestras crudas de variedades de kañiwa (Cupi y Ramis), resaltando su alto contenido proteico y fibra dietaria total, así mismo, se observa que no es una buena fuente de betaglucanos (Repo-Carrasco *et al.*, 2009).

**Tabla 6: Composición química de tres variedades de kañiwa**

Componente (%)	Grano crudo		
	Cupi	Ramis	Illpa
Humedad %	10,37 ± 0,19	11,79 ± 0,10	11,83 ± 00,7
Proteína %	14,41 ± 0,26	14,88 ± 0,46	14,68 ± 0,07
Grasa %	5,68 ± 0,02	6,96 ± 0,24	8,9 ± 0,11
Fibra cruda %	11,24 ± 1,15	8,18 ± 0,02	13,69 ± 0,11
Cenizas %	5.03 ± 0.21	4.33 ± 0.26	2,58 ± 0,08
Carbohidratos %	63,64	65,65	69,49
Fibra dietaria total %	25,24	25,95	n.d.
Fibra dietaria soluble %	2,98 ± 0,42	2,79 ± 0,57	n.d.
Fibra dietaria insoluble %	22,27 ± 2,30	23,16 ± 0,89	n.d.
Almidón resistente %	0,24 ± 0,03	0,26 ± 0,04	n.d.
Lignina %	6,88 ± 0,34	7,98 ± 1,04	n.d.
Betaglucanos %	0,07 ± 0,02	0,04 ± 0,04	n.d.

Todos los datos son representados como g/100 g de peso seco, excepto de la humedad.

n.d.: no determinado.

FUENTE: Repo-Carrasco *et al.*, (2009); Repo-Carrasco *et al.*, (2021).

La Tabla 7 realizada por Repo-Carrasco *et al.*, (1992), muestra la comparación del contenido de aminoácidos esenciales de la kañiwa con otros granos andinos y cereales, evidenciando valores cercanos a la quinua y kiwicha. De acuerdo con (Ramos, 2015), la lisina es el aminoácido limitante en la mayoría de los cereales, teniendo en mayor concentración en los granos andinos, tal como se observa en la Tabla 7. Además, la Organización Mundial de la Salud recomienda un consumo de lisina de 52 y 42 mg/g de requerimiento de proteínas para niños entre 1 a 2 años y para mayores de 18 años, respectivamente (WHO, FAO, UNU, 2007).

De acuerdo con Kim y Iida (2023), la kañiwa tiene un contenido de polifenoles totales de 186,54 mg de ácido gálico por 100 g por muestra y de flavonoides totales de 249,82 mg de catequina equivalente por 100 g de muestra, siendo mayor a la quinua y kiwicha. Dichos compuestos se relacionan con el correcto funcionamiento biológico y disminución de riesgos a enfermedades cardiovasculares y cáncer; gracias a su acción antiinflamatoria, antimicrobiana, hepatoprotectoras, antivirales, antialérgica y antitrombótica.

**Tabla 7: Contenido de aminoácidos esenciales en granos y cereales**

Aminoácidos	Kañiwa	Quinua	Kiwicha	Trigo	Arroz
g/16 g de nitrógeno					
Triptófano	0,9	1,1	1,1	1,2	1,1
Metionina	3,0	3,1	3,8	1,3	3,6
Cisteína	1,6	1,7	2,3	2,2	2,5
Treonina	3,3	3,4	3,3	2,9	3,2
Isoleucina	3,4	3,4	3,2	4,3	3,5
Valina	4,2	4,2	3,8	4,6	5,1
Lisina	5,3	5,6	6,0	2,8	3,2
Fenilalanina	3,7	3,7	3,7	4,9	4,8
Tirosina	2,3	2,5	2,7	3,7	2,6
Leucina	6,1	6,1	5,4	6,7	7,5
Histidina	2,7	2,7	2,4	2,0	2,2

FUENTE: Repo-Carrasco *et al.*, (1991).

De acuerdo con Kim y Iida (2023), la kañiwa tiene un contenido de polifenoles totales de 186,54 mg de ácido gálico por 100 g por muestra y de flavonoides totales de 249,82 mg de catequina equivalente por 100 g de muestra, siendo mayor a la quinua y kiwicha. Dichos compuestos se relacionan con el correcto funcionamiento biológico y disminución de riesgos a enfermedades cardiovasculares y cáncer; gracias a su acción antiinflamatoria, antimicrobiana, hepatoprotectoras, antivirales, antialérgica y antitrombótica.

### 2.4.3. ALMIDÓN DE PAPA

El tubérculo *Solanum Tuberosum*, comúnmente llamado papa presenta entre 65%-85% de almidón el cual es su principal molécula de reserva energética. El uso de almidón de papa en el espesamiento de productos es usual en la industria en productos tales como las sopas. Asimismo, el uso de almidón de papa pregelatinizado es útil en pudines instantáneos. Otros usos del almidón de papa incluyen rellenos para pasteles, dulces, chicles, extruidos, y como medio filtrante en cerveceras, donde se emplea como precapa de filtro cuando se filtra levadura del mosto (Ratnayake y Jackson, 2003).

## 2.5. FORTIFICACIÓN CON HIERRO

El proceso de fortificación se refiere a la adición de un micronutriente a productos alimenticios procesados, aprovechando la tecnología y su distribución a un costo razonable. Para esto el compuesto no debe afectar negativamente al producto y aplicarlos en productos altamente consumidos, como por ejemplo productos de panificación (Lindsay *et al.*, 2006).

Según Organización Panamericana de la Salud *et al.* (2002), la forma de fortificación con hierro en Perú es la sal de sulfato ferroso. Además, existen dos formas de aplicar hierro para realizar una fortificación:

- Compuestos de hierro inorgánico: el cual se subdivide en soluble en agua (Sulfato ferroso), solubles en soluciones ácidas (fumarato ferroso) e insolubles en agua y/o soluciones ácidas (hierro elemental reducido, pirofosfato férrico, ortofosfato férrico).
- Compuestos de hierro protegido: compuestos quelados (NaFeEDTA, etilendiaminotetraacetato ferrosódico), compuestos encapsulados (Sulfato ferroso encapsulado y fumarato ferroso encapsulado) estos últimos se demostró que son sumamente eficaces para mejorar el nivel de hierro en sangre mediante su adición en alimentos.

## 2.6. MICROENCAPSULACIÓN DE HIERRO

La fortificación con hierro con sales afecta sensorialmente en el color y sabor del producto final, la encapsulación de este mineral reduce este efecto no deseado ya que disminuye la interacción con los otros componentes del alimento (Bryszewska *et al.*, 2019).

Según Durán *et al.*, (2017) existen las siguientes razones para encapsular el hierro:

- La encapsulación protege de factores externos como luz, pH del estómago, fibra, taninos y otros minerales como Ca, Cu y Zn.

- Encubre el sabor metálico, debido a la barrera del encapsulante e inclusive se puede adicionar un encapsulante de naturaleza saborizante.
- Reduce los cambios de color, ya que por ejemplo el sulfato ferroso tiene coloración oscura y promueve reacciones de decoloración.
- Reduce el efecto catalizador en la oxidación de grasas.
- Disminuye las consecuencias gastrointestinales, debido a que las sales de hierro promueven el oscurecimiento dental, dolor abdominal, pirosis, náuseas, diarrea, estreñimiento y diarrea negra.
- Aminorar la precipitación del hierro, para esto se hace uso de encapsulantes de degradación lenta, a esto se le denomina liberación controlada.
- Permite el uso de dos fuentes de hierro, ya que los transportadores de hierro hemo y no hemo son diferentes, así como también se puede adicionar promotores de su absorción como el ácido ascórbico.

La encapsulación por secado spray, se refiere al secado por aspersión de una solución que presenta el hierro como núcleo y algún material encapsulante; que en general son carbohidratos como maltodextrina, derivados de almidón, celulosa, alginato, quitosano y proteínas derivadas del suero de leche o de la soya. Esta solución se deshidrata generalmente en equipos atomizadores donde se obtienen polvos de tamaño de partícula variable, entre 10 a 400  $\mu\text{m}$ . Este proceso se caracteriza por su alto rendimiento, bajo costo y alto tiempo de almacenamiento. Una de sus desventajas es que las partículas encapsulantes deben ser hidrosolubles y no ofrecen protección a la oxidación del hierro (Duran *et al.*, 2017).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

La presente investigación fue llevada a cabo en el laboratorio del Centro de Investigación e Innovación de Productos Derivados de Cultivos Andinos (CIINCA) ubicado en el Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA); en el Laboratorio de Investigación e Instrumentación, en el Laboratorio de Ingeniería de Alimentos y en el Laboratorio de Físicoquímica de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Esta investigación se realizó durante septiembre del 2020 y agosto del 2021.

#### **3.2. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS**

##### **3.2.1. MATERIA PRIMA**

- Harina de tarwi, variedad Alta gracia (Tarwi Foods, Perú).
- Harina de kañiwa (Villa Andina, Perú).
- Almidón de papa (Santis, Perú).

##### **3.2.2. INSUMOS**

- Agua de mesa (Cielo, Perú).
- Azúcar blanca (Dulfina, Perú).
- Manteca vegetal (Del Campo, Perú).
- Goma xantana (Frutaron, Perú).

- Levadura de panificación seca (Levapan, Colombia).
- Sal (Emsal, Perú).
- Sulfato ferroso monohidratado (Dresden Food Ingredients, Perú).

### **3.3. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS**

#### **3.3.1. MATERIALES**

- Cuchillos.
- Moldes de muffins.
- Bandejas de horneado.
- Bolsas Ziploc®.
- Cucharas de acero inoxidable.
- Espátulas de plástico.
- Marcadores indelebles.
- Papel toalla.
- Recipientes metálicos.
- Matraz Erlenmeyer 50 mL.
- Tubos de ensayo.
- Vasos de precipitado 200 mL, 1 L.
- Pipetas automáticas eppendorf 1 mL, 5 mL.
- Probeta de 250 mL.
- Placas Petri.

#### **3.3.2. REACTIVOS**

- Concavalina A (Megazyme kit amilosa/amilopectina).
- $\alpha$ -Amilasa fúngico 500 U (Megazyme kit amilosa/amilopectina).
- Amiloglucosidasa 200 U (Megazyme kit amilosa/amilopectina).
- B-maltosido 3 300 U (Megazyme kit amilosa/amilopectina).
- Glucosa oxidasa/peroxidasa (Megazyme kit amilosa/amilopectina).

- Dimetil sulfoxido (DMS).
- Acetato de sodio anhidro.
- Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}_2$ ).
- Cloruro de calcio dihidratado ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).
- Cloruro de magnesio hexahidratado ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).
- Cloruro de manganeso tetrahidratado ( $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ).
- Etanol absoluto.
- Ácido clorhídrico (HCl 6M).
- Hidróxido de sodio (NaOH).
- Quitosano de mediano peso molecular (Sigma-aldrich).
- Ácido acético glacial.
- Solución de oro.

### 3.3.3. EQUIPOS

- Batidora (FZ-6810B2, Finezza, Perú).
- Cámara de fermentación (IB100, Fravill, Perú).
- Horno eléctrico (EOCC24T7MQS, Electrolux, Perú).
- Balanza analítica (Ohaus, Italia).
- Medidor de actividad de agua (AquaLab 4TE, Decagon, EE. UU.).
- Impresora (Laserjet Pro M177fw, HP, EE.UU.).
- Texturómetro (Modelo 3365, Instron, EE.UU.).
- Medidor de volumen con láser topográfico (BVM -6610, Perten, Suecia).
- Baño de agua con agitación (GLF 1083, Alemania).
- Potenciómetro (HI 98127, HANNA Instruments. EE.UU.).
- Analizador rápido de viscosidad (RVA4500, Perten, Australia).
- Colorímetro (CR-400/410, Konica Minolta, Japón).
- Refrigeradora, Congeladora. (RMP400F2P, Mabe, México)
- Atomizador (SD-Basic, LabPlant, Reino Unido)
- Agitador magnético (MR Hei-Tec, Heidolph, Germany).
- Vortex (Wizard. VELP®, Scientific.USA).



- Centrifuga (SL40R, Thermo Fisher Scientific, Alemania).
- Espectrofotómetro (UNICO UV 2100, USA).
- Equipo de metalización automático (Q150R, Quorum Technologies, Inglaterra).
- Microscopio electrónico de barrido (SEM-Q250, Thermo Scientific Analytical, USA).

### 3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

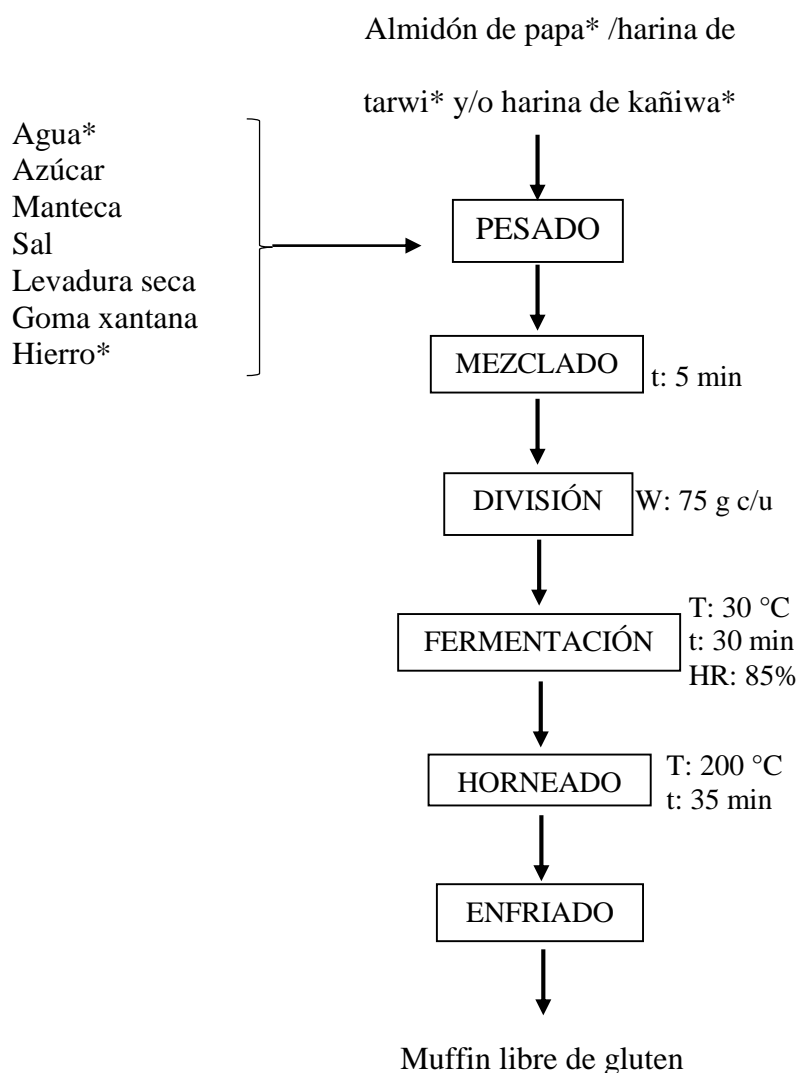
#### 3.4.1. OBTENCIÓN DEL SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Para la obtención del sulfato ferroso microencapsulado se siguió el procedimiento descrito por Pratap Singh *et al.* (2018), con algunas modificaciones. (Anexo 1)

#### 3.4.2. ELABORACIÓN DEL MUFFIN LIBRE DE GLUTEN

En la Figura 3 se muestra el flujograma seguido para la elaboración de los muffins libres de gluten y las formulaciones realizadas se muestran en la Tabla 8. A continuación, se describe el proceso de elaboración de los muffins:

- **Pesado:** Se procedió a realizar el pesado de las materias primas e insumos utilizando una balanza granataria y balanza analítica siguiendo las formulaciones mostradas en la Tabla 8.
- **Mezclado:** Los ingredientes secos; almidón de papa, harina de kañiwa, harina de tarwi, azúcar, sal, goma xantana y la fuente de hierro fueron mezclados durante un minuto en la batidora para asegurar partir de una mezcla uniforme. Luego se agregaron la levadura disuelta en agua, la manteca fundida y el agua restante. Se batió la mezcla por 5 minutos a máxima velocidad para evitar la formación de grumos, hasta obtener una consistencia uniforme; en esta etapa se agregó el sulfato ferroso sin microencapsular o microencapsulado con quitosano según la formulación que corresponda de acuerdo a la Figura 4, en una concentración de 55 ppm.



**Figura 3: Flujograma de elaboración de los muffins libres de gluten.**

\*cantidades variables de acuerdo a las formulaciones mostradas en la Tabla 8.

- **División:** Seguidamente se procedió a dividir el batido en pesos iguales de 75 g para ser colocados en los moldes.
- **Fermentación:** Los moldes fueron colocados en la cámara de fermentación. a una temperatura constante de 30 °C y una humedad relativa de 85% por un tiempo de 30 minutos.
- **Horneado:** Se procedió al proceso de cocción de los muffins, a la temperatura de 200°C por un tiempo de 35 minutos.

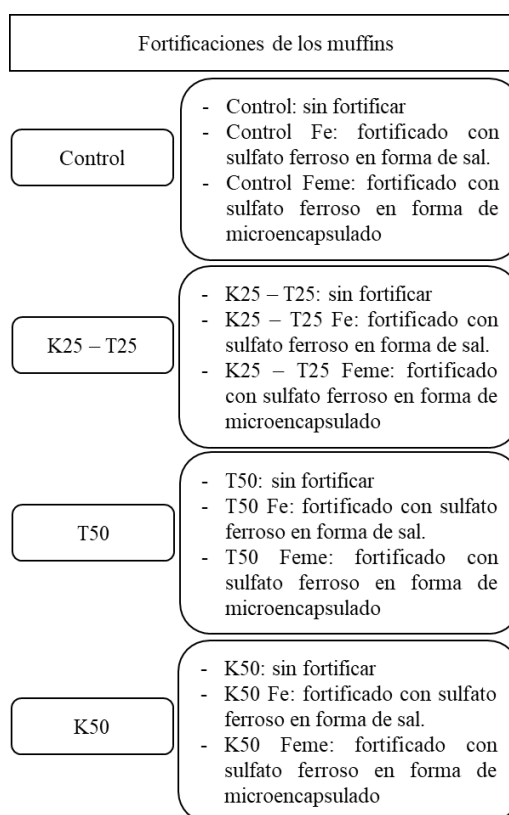
- **Enfriamiento:** Los muffins se dejaron reposar a temperatura ambiente (2h) para su enfriamiento. Una vez fríos, se procedió a realizar los análisis correspondientes a la evaluación de su calidad panadera.

**Tabla 8: Formulaciones de los muffins**

Ingredientes	Control	K 25 – T 25*	T 50*	K 50*
Almidón de papa	100%	50%	50%	50%
Harina de kañiwa	0	25%	0	50%
Harina de tarwi	0	25%	50%	0
Agua**	100%	120%	130%	100%
Azúcar	40%	40%	40%	40%
Manteca	8%	8%	8%	8%
Levadura	3%	3%	3%	3%
Goma xantana	1%	1%	1%	1%
Sal	1%	1%	1%	1%

\* Estas formulaciones fueron fortificadas con sulfato ferroso sin microencapsular y microencapsulado con quitosano.

\*\* El contenido de agua fue determinado en pruebas preliminares, las cuales se muestran en el Anexo



**Figura 4: Fortificaciones de las formulaciones de los muffins y nomenclatura utilizada en el estudio**

### **3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

#### **3.5.1. CARACTERIZACIÓN DE HARINAS Y BATIDOS**

##### **a. COMPOSICIÓN PROXIMAL**

Se realizó la determinación de la composición proximal de las materias primas. Se determinó el contenido de proteína cruda por el método de Kjeldhal de acuerdo al método AOAC 920.87 (2019). El contenido de grasa fue determinado utilizando el método Soxhlet siguiendo la metodología AOAC 922.06 (2019). El contenido de fibra dietaria soluble e insoluble fue determinado utilizando el método enzimático de acuerdo a los métodos AOAC 993.19 (2019) y AOAC 985.29 (2019) respectivamente; el contenido de ceniza fue determinado por calcinación en mufla a 600°C de acuerdo a la norma peruana NTP 205.038:1975 (revisada 2011); la humedad fue determinada por secado en estufa a 130°C de acuerdo al método AOAC 930.04 (2019). El contenido de carbohidratos totales se determinó por diferencia de acuerdo con lo reportado por (Repo-Carrasco *et al.*, 2009).

##### **b. CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE AMILOSA**

Con el fin de caracterizar el almidón de papa y la harina de kañiwa, se determinó la proporción de amilosa y amilopectina que presenta sus almidones respectivos, este análisis fue realizado con el kit de ensayo amilosa/ amilopectina de la empresa Megazyme y siguiendo la metodología enzimática descrita en “Megazyme: amylose/ amylopectin assay procedure k-amyl 06/18” (Megazyme, 2018). Dicho análisis, se basa en la separación de la amilopectina mediante la precipitación y separación de la amilopectina con la lectina concavalina A, la degradación enzimática de la amilosa a glucosa el cual se cuantifico mediante el método GOPOD, descrita en el Anexo 3.

**c. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)**

La capacidad de retención de agua (CRA) del almidón de papa, harina de tarwi y harina de kañiwa se determinó siguiendo el procedimiento descrito por Inglett *et al.*, (2009), con algunas modificaciones. Se pesaron 2 g de muestra de cada tratamiento y se mezclaron con 25 mL de agua destilada en tubos Falcon de 50 mL de capacidad. Los tubos se agitaron vigorosamente y se dejaron reposar por 2 horas; luego se centrifugaron a 4500 rpm durante 15 minutos (Centrifuga SL40R, Thermo Fisher Scientific, Alemania). Se decantó el sobrenadante y se pesó el precipitado.

La capacidad de retención de agua se calculó como:

$$\% CRA = \frac{[\text{peso de la muestra después de la centrifugación} - \text{peso de la muestra seca}]}{\text{peso de la muestra seca}} \times 100$$

**d. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ACEITE (CAA)**

La capacidad de absorción de aceite (CAA) se determinó siguiendo el procedimiento descrito por Burbano y Correa (2021). Se pesó 1 g de cada muestra y se mezclaron con 10 mL de aceite en tubos Falcon de 50 mL de capacidad. Los tubos se agitaron vigorosamente y se dejaron reposar por 30 min; luego se centrifugaron a 3000 g durante 10 minutos (Centrifuga SL40R, Thermo Fisher Scientific, Alemania). Se descartó el sobrenadante y se pesó el precipitado.

La capacidad de retención de aceite se calculó como:

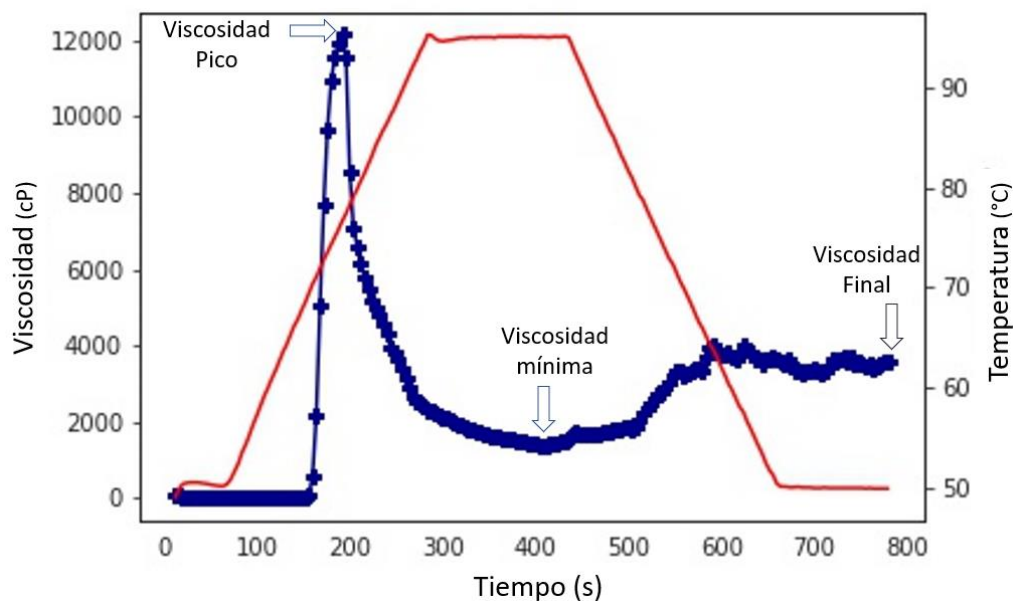
$$\% CAA = \frac{[\text{peso de la muestra después de la centrifugación} - \text{peso de la muestra seca}]}{\text{peso de la muestra seca}} \times 100$$

**e. ANÁLISIS DE LAS MICROCÁPSULAS POR MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO**

De acuerdo con lo descrito por Cipra (2020), se prepararon las portamuestras de aluminio, y se les adhirió una cinta de carbono, a fin de mejorar la conductividad de los electrones. El sulfato ferroso microencapsulado se depositó en un papel aluminio y con una varilla de vidrio se esparció para que se pueda facilitar la adhesión a la cinta de carbono. Se procedió a realizar el recubrimiento con una solución diluida de oro, en condiciones de vacío utilizando un equipo de metalización automático (Q150R, Quorum Technologies, Inglaterra), se aplicaron dos fases de recubrimiento debido a la baja conductividad que posee la muestra. Seguidamente, se colocaron las muestras en la cámara de vacío del microscopio electrónico de barrido (SEM- modelo Quantum 250, Thermo Scientific Analytical) y se procedió a tomar las fotografías y fueron de cuatro niveles de aumento 600X, 1200X, 4000X y 8000X.

**f. PERFIL VISCOAMILOGRÁFICO DE LAS HARINAS Y MEZCLAS (RVA)**

La curva de formación de pasta de las harinas y las formulaciones fueron analizadas con el equipo viscoamilógrafo rápido (RVA 4500, Perten) según el método AACC 76-21.01 (AACC, 1999). Inicialmente se determinó la humedad de la muestra y con ese dato se calculó el peso del agua, (aproximadamente 25 mL), y de la muestra a analizar (aproximadamente 3,5 g) por medio del software TCW3, el cual viene integrado al equipo. La corrida tuvo una duración de 13 minutos y comprendió de tres etapas claramente diferenciadas: (1) un periodo de calentamiento controlado desde 50 °C hasta 95 °C, (2) un periodo isotérmico a 95 °C, (3) finalmente un periodo de enfriamiento desde 95 °C hasta 50 °C. Durante todo este proceso la muestra fue sometida a agitación constante (160rpm). Simultáneamente, el equipo registra la viscosidad de la pasta. Se reportaron los siguientes parámetros: viscosidad pico (máxima viscosidad), viscosidad mínima, viscosidad final y asentamiento (diferencia entre la viscosidad final y la mínima), tal como se muestra en la Figura 5, los análisis se realizaron por duplicado.

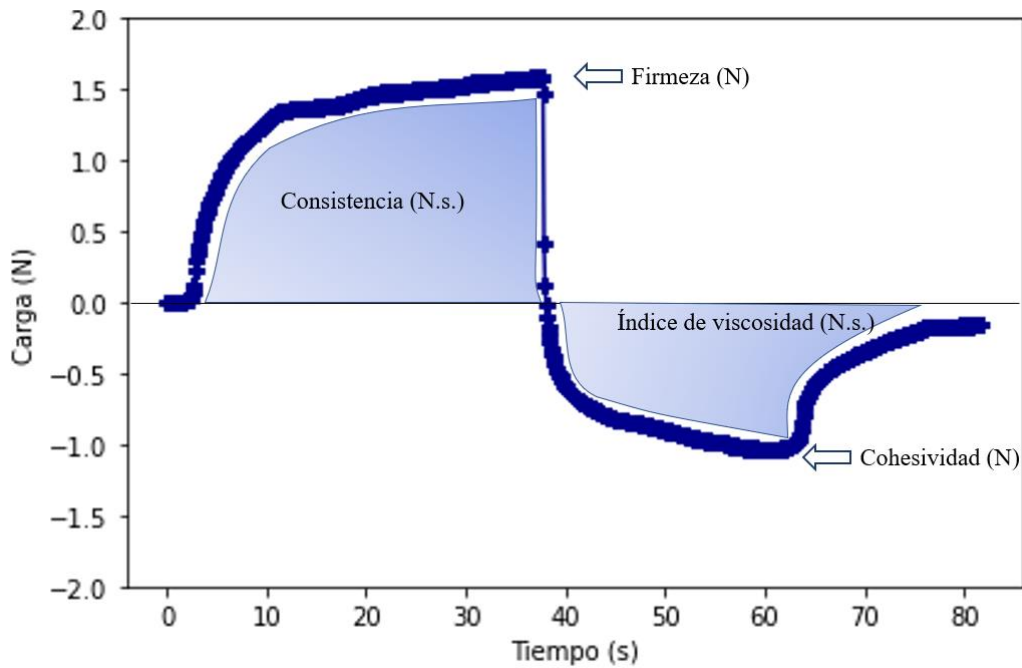


**Figura 5: Perfil de viscosidad obtenido en el analizador rápido de viscosidad (RVA).**

(+) es la viscosidad del almidón o harina y (--) es la rampa de temperatura

#### **g. ANÁLISIS DEL PERFIL DE TEXTURA DE LOS BATIDOS**

El perfil de textura de los batidos, fue determinado mediante el texturómetro Instron (Modelo 3365, Canton MA, Estados Unidos) utilizando la celda *Back Extrusion*, la cual consiste en un cilindro (Diámetro 50 mm, altura 70 mm) y un embolo (Diámetro 42 mm) de penetración. Los batidos fueron elaborados el mismo día sin la adición de levadura y reposaron por 1 h, antes de la medición de las propiedades texturales. El cilindro se llenó completamente y se penetró con el émbolo en un 50% a una velocidad de 1mm/s y una precarga de 0.098 N; luego el émbolo regresó a su posición inicial a la misma velocidad de 1 mm/s. De la curva obtenida se determinaron los siguientes parámetros: firmeza (fuerza máxima en N), consistencia (área positiva de curva en N\*s), cohesividad (valor mínimo de la curva en N), índice de viscosidad (área negativa de la curva en N\*s), tal como se muestra en la Figura 6. Los análisis se realizaron por quintuplicado, y los datos obtenidos fueron procesados con el programa “Back Extrusion Analyzer 1.1v” desarrollado y reportado por Vidaurre (2020).



**Figura 6: Perfil de textura obtenido de la prueba de *Back Extrusion* realizada en el texturómetro universal INSTRON**

### 3.5.2. ANÁLISIS AL MUFFIN LIBRE DE GLUTEN

#### a. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE AGUA (AW)

La actividad de agua de la miga a 20°C se determinó empleando el equipo AquaLab (4TE Decagon, EE. UU), siguiendo el procedimiento descrito por (Machado-Alencari et al., 2015).

#### b. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN ESPECIFICO

El volumen de los muffins se determinó con el uso del equipo medidor de volumen (Perten, BVM -6610, Suecia), de acuerdo con el procedimiento descrito por Vidaurre *et al.*, (2019), bajo el método oficial AACCI 10-14.01 (4) (Anexo 4).



**c. DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE PESO EN EL PROCESO DE HORNEADO**

La pérdida por horneado se obtuvo por la diferencia de peso entre el producto sin hornear y el producto horneado siguiendo la metodología propuesta por Vidaurre *et al.* (2019) (Anexo 5).

**d. ANÁLISIS DEL PERFIL DE TEXTURA (TPA)**

De acuerdo a Rossell *et al.*, (2009), la evaluación del perfil de textura de la miga de los muffins se realizó haciendo uso del texturómetro Instron (Modelo 3365, EE.UU.), el cual aplica una fuerza de compresión en dos etapas y calcula la respuesta del alimento expresado en los siguientes parámetros: dureza (N), cohesividad, elasticidad y masticabilidad (N), el análisis se realizó por triplicado (anexo 6).

**e. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE LA MIGA**

La humedad de la miga se determinó utilizando una balanza de rayos infrarrojos, donde se colocó una porción de la miga (1g) en una bandeja de aluminio y se calentó a 105 °C. Se registró el peso durante este proceso y cuando el peso se mantuvo constante se determinó automáticamente el contenido de humedad de la muestra (Machado-Alencari *et al.*, 2015).

**f. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ALVEOLAR DE LA MIGA**

Los muffins se cortaron por la mitad y se escanearon a una resolución de 300 pixeles por pulgada utilizando una impresora (HP Laserjet Pro M177fw) y el software HP LJM177 Scan, Las imágenes fueron procesadas usando el software ImageJ versión 1.52p (National Institute of Health, Estados Unidos) donde inicialmente de la parte central de los muffins escaneados se delimitaron zonas cuadradas de lado 40 mm, la imagen fue convertida en una imagen de 8 bit y posteriormente fue binarizada usando el algoritmo isodata. Se calcularon los siguientes parámetros: área celular media (mm<sup>2</sup>), densidad celular media (células/mm<sup>2</sup>) y fracción

hueca (sin dimensiones) calculados como la proporción del espacio bidimensional ocupado por las células. El análisis se realizó por triplicado

#### **g. DETERMINACIÓN DE COLOR DE LA MIGA Y DE LA CORTEZA**

Para la determinación de color se empleó el colorímetro Konica Minolta (CR-400) y se registraron los parámetros pertenecientes al espacio cromático CIE La\*b\*: L (Luminosidad), a\* (variación de rojo a verde) y b\* (variación de amarillo a azul). Se analizó el color de la miga y corteza de los muffins por quintuplicado y se halló el cambio total del color ( $\Delta E^*$ ) mediante la siguiente formula, de acuerdo a lo reportado por Goswamy (2015):

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_0^* - L_1^*)^2 + (a_0^* - a_1^*)^2 + (b_0^* - b_1^*)^2}$$

Este cambio de color se determinó tomando como referencia el muffin control sin fortificación con hierro. Dependiendo de la magnitud de esta diferencia ( $\Delta E^*$ ), el cambio de color puede ser o no percibida por el ojo humano. Esta clasificación se presenta a continuación de acuerdo Goswamy (2015).

- $\Delta E^* < 1$ : la diferencia de color no es notoria por el ojo humano.
- $1 < \Delta E^* < 3$ : dependiendo del matiz, la diferencia podría ser visible para el ojo humano.
- $3 < \Delta E^*$ : la diferencia de color es obvia para el ojo humano.

#### **h. COMPOSICIÓN PROXIMAL**


Se realizó la determinación de la composición proximal de los muffins, para ello se determinó el contenido de proteína cruda por el método de Kjeldhal de acuerdo al método AOAC 920.87 (2019). El contenido de grasa fue determinado utilizando el método Soxhlet (AOAC 922.06, 2019). El contenido de fibra dietaria soluble e insoluble fue determinado utilizando los métodos enzimáticos AOAC 993.19 (2019) y AOAC 985.29 (2019), respectivamente. El contenido de ceniza fue determinado por calcinación en mufla de

acuerdo a la norma peruana NTP 205.038:1975 (revisada en el 2011). La humedad fue determinada por secado en estufa de acuerdo al método AOAC 930.04 (2019). El contenido de carbohidratos totales se determinó por diferencia tal como lo reporta (Repo-Carrasco *et al.*, 2009).

### 3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se dividió en dos etapas, en la primera se evaluó el efecto de las harinas de granos andinos sobre la calidad tecnológica de los muffins (Tabla 9), y en la segunda, se evaluó el efecto de la forma de fortificación con hierro sobre la calidad de los muffins (Tabla 10).

**Tabla 9: Caracterización fisicoquímica y textural de las formulaciones.**

Etapa	Formulación	Mezclado	Caracterización
Tratamientos	Control K25 - T25 T50 K50		Control K25 - T25 T50 K50
Controles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RVA de las harinas y mezclas</li> <li>- Contenido de amilosa de las harinas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Firmeza</li> <li>- Consistencia</li> <li>- Cohesividad</li> <li>- Índice de viscosidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Imagen de miga.</li> <li>- Volumen específico.</li> <li>- Pérdida en la cocción.</li> <li>- Textura de miga.</li> <li>- Humedad.</li> <li>- Actividad de agua.</li> <li>- Color.</li> </ul>

A.P: almidón de papa, H.T: harina de tarwi; H.K: harina de Kañiwa.

**Tabla 10: Evaluación de la forma de fortificación con hierro.**

Etapa	Formulación	Mezclado	Producto final
Tratamientos	T1: muffin fortificado con sulfato ferroso sin microencapsular  T2: muffin fortificado con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano		Evaluación de la forma de fortificación
Controles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Firmeza.</li> <li>- Consistencia.</li> <li>- Cohesividad.</li> <li>- Índice de viscosidad.</li> <li>- Análisis de formación de pasta.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen específico</li> <li>- Pérdida por horneado</li> <li>- Textura de miga</li> <li>- Humedad</li> <li>- Actividad de agua</li> <li>- Evaluación de color</li> <li>- Estructura alveolar de miga</li> </ul>

### 3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar la mejor formulación de muffins, con las mejores características reológicas y texturales, se utilizó el diseño de experimentos completamente al azar (DCA), donde los tratamientos fueron los siguientes: Control (100% almidón de papa), T50 (50% de almidón de papa y 50% de harina de tarwi), K50 (50% almidón de papa y 50% harina de kañiwa) y K25 - T25 (50% almidón de papa, 25% harina de tarwi y 25% de harina de kañiwa). El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey usando el software Statgraphics 16.0.

El análisis estadístico de la determinación de la mejor forma de fortificación con hierro se realizó de manera similar mediante un análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación Tukey mediante el software Statgraphics 16.0 los cuales son reportados en el anexo 7.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

#### 4.1.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS MATERIAS PRIMAS

En la Tabla 11 se muestran los resultados de la caracterización de las materias primas utilizadas en el estudio.

**Tabla 11: Caracterización fisicoquímica de la materia prima**

	Almidón de papa	Harina de tarwi	Harina de kañiwa
Humedad b.s. (%)	20,77 ± 0,02 <sup>c</sup>	7,20 ± 0,04 <sup>a</sup>	12,89 ± 0,46 <sup>b</sup>
Grasa b.s. (%)	0	22,17 ± 0,30 <sup>b</sup>	14,24 ± 0,02 <sup>a</sup>
Cenizas b.s. (%)	0,46 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,75 ± 0,02 <sup>b</sup>	3,85 ± 0,00 <sup>c</sup>
Proteína b.s. (%)	0,63 ± 0,03 <sup>a</sup>	55,24 ± 0,30 <sup>c</sup>	24,58 ± 0,06 <sup>b</sup>
Carbohidratos Totales b.s. (%)	98,91 ± 0,05 <sup>c</sup>	20,86 ± 0,42 <sup>a</sup>	57,32 ± 0,18 <sup>b</sup>
Fibra dietaria insoluble b.s. (%)	1,58 ± 0,02	12,11	13,09 ± 0,03
Fibra dietaria soluble b.s. (%)	0,71 ± 0,01	3,48	2,81 ± 0,00
Hierro b.s. (mg/kg)	1,65 ± 0,46 <sup>a</sup>	62,1 ± 0,46 <sup>b</sup>	95,10 ± 0,86 <sup>c</sup>
Contenido de amilosa (%)	14,81 ± 1,58	-	41,82 ± 3,68
CRA (%)	75 ± 0,01 <sup>a</sup>	227 ± 0,05 <sup>c</sup>	119 ± 0,09 <sup>b</sup>
CAA (%)	93 ± 0,03 <sup>a</sup>	149 ± 0,09 <sup>c</sup>	136 ± 0,08 <sup>b</sup>
L*	96,82 ± 0,08 <sup>+</sup>	68,19 ± 0,1 <sup>x</sup>	-
a*	-0,27 ± 0,04 <sup>+</sup>	-0,56 ± 0,0 <sup>x</sup>	-
b*	1,88 ± 0,09 <sup>+</sup>	14,92 ± 0,1 <sup>x</sup>	-

CRA: Capacidad de retención de agua, CAA: Capacidad de absorción de aceite. Los datos se presentan como media ± D.S (n=2). <sup>+</sup> Reportado por (Peña, 2017), <sup>x</sup> Reportado por (Vidaurre *et al.*, 2019). Los valores con superíndices diferentes dentro de la misma fila son significativamente diferentes (p < 0.05) por la prueba Tukey.

El almidón de papa presentó mayor contenido de humedad que las harinas de kañiwa y tarwi. Lizarazo et al., (2015), reportan una humedad en un rango de 14,57% a 18,82% para diferentes almidones de papa de variedades colombianas; la humedad obtenida en esta investigación se encuentra dentro de este rango. Sin embargo, Castillo (2017) reporta una humedad promedio de 10,3% para tres variedades de almidón de papa, el cual resulta 7% menor al obtenido en este estudio. Con respecto a la harina de tarwi, Pantoja et al., (2020) reportan una humedad de 6,33%, la cual es muy similar a la obtenida en esta investigación. El porcentaje de humedad, obtenido para la kañiwa resultó cercano al reportado por Moscoso et al., (2017), quienes reportan un valor promedio de 11,4% para las variedades de kañiwa Ramis y Cupi.

Debido al proceso de extracción y separación, la naturaleza de la fécula de papa está compuesta principalmente por carbohidratos, siendo su contenido de grasa casi nulo y un contenido de proteína mínimo. De acuerdo con Vargas *et al.*, (2016), reportan valores cercanos a los obtenidos en este trabajo; para el caso del contenido graso reportan un porcentaje de 0,3%, el cual es un valor superior al hallado y en relación al contenido proteico los autores reportan un valor de 0,47% el cual es un valor menor en 0,16% al encontrado, asimismo, informan que un valor alto en proteínas promueve la formación de espuma e influye en su comportamiento reológico. Sin embargo, para el caso del almidón de papa este porcentaje proteico no influye debido a ser una cantidad mínima (Peña, 2017).

La harina de tarwi, fue notablemente superior en su contenido graso y proteico a la harina de kañiwa y naturalmente superior al almidón de papa. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Pantoja, et al. (2020), quienes informan un contenido de 52,4% de proteína y 29,2% de grasa para la harina de tarwi. En el estudio realizado por Czubinski, et al. (2021) acerca de las semillas de *Lupinus mutabilis*, cultivadas en Europa, determinaron un contenido de grasa y proteína de 14,42% y 44,7%, respectivamente. Según Czubinski *et al.*, (2021), el *Lupinus mutabilis* es un claro ejemplo de una semilla con bajo contenido de almidón y su fracción de sacáridos está constituida principalmente por celulosa, hemicelulosa y pectina presente en la cascara de la semilla y oligosacáridos en el cotiledón principalmente como la sacarosa y rafinosa, siendo reducido el aporte calórico proveniente de los carbohidratos. El tarwi es considerado como un grano con alto contenido etéreo, de

los cuales cerca del 80% son ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y polinsaturados (PUFA) en similares porcentajes (Czubinski *et al.*, 2021).

Con respecto a la kañiwa, Moscoso *et al.*, (2017) han informado porcentajes de contenido proteico de 16,2% y 18,7% para la kañiwa de la variedad Ramis y variedad Cupi, respectivamente, representando porcentajes proteicos menores al encontrado en la harina de kañiwa de la presente investigación. De la misma manera, Moscoso *et al.*, (2017) reportaron entre 6% y 4,5% de contenido graso para la kañiwa de variedad Ramis y variedad Cupi, respectivamente; mientras que el contenido graso de la harina de kañiwa del presente estudio resultó en un porcentaje mayor (14,4%) al reportado por estos autores.

En relación al almidón, se puede indicar que la relación amilosa-amilopectina tiene un papel importante en el proceso de elaboración de productos de panificación libres de gluten, ya que, tanto la amilosa como la amilopectina tienen un efecto sobre la reología de la masa y, por lo tanto, sobre la estructura de los productos horneados (Horstmann *et al.*, 2017). El contenido de amilosa es importante ya que a mayor concentración confiere una mayor capacidad para retrogradar en la primera etapa de la retrogradación del almidón, gracias a su ordenamiento de forma paralela y formación de puentes de hidrógeno. La segunda etapa de la retrogradación se da gracias al acomodo o recristalización de las cadenas de amilopectina mediante la unión de las cadenas laterales y la eliminación del agua (Serrano, 2016). Con respecto al contenido de amilosa, la harina de kañiwa, utilizada en esta investigación, presentó un valor de más del doble (41,8%) a lo reportado por Steffonali, et al. (2013), quienes informan que el porcentaje de amilosa para cuatro ecotipos de kañiwa de procedencia boliviana varió entre 10,7 a 16,1%. Esta diferencia se puede deber a que los autores citados realizaron el análisis al almidón extraído de la kañiwa, en contraste, con esta investigación, en la cual, se determinó el contenido de amilosa directamente de la harina de kañiwa, pudiendo presentar interferencias con algunos componentes como proteínas o fibras durante las reacciones que se dan en el procedimiento. Sin embargo, se debe mencionar, que elevados contenidos de amilosa, también se han reportado en otros granos como el trigo sarraceno (47%) (Alvarez-Jubete *et al.*, 2009). Con respecto al contenido de amilosa del almidón de papa (14.8%) este estuvo acorde con lo reportado por Lizarazo et al., (2015), quienes reportan valores de amilosa en el rango 9,34% a 18,64% para el almidón de papa.

#### **4.1.2. MORFOLOGÍA DEL SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO**

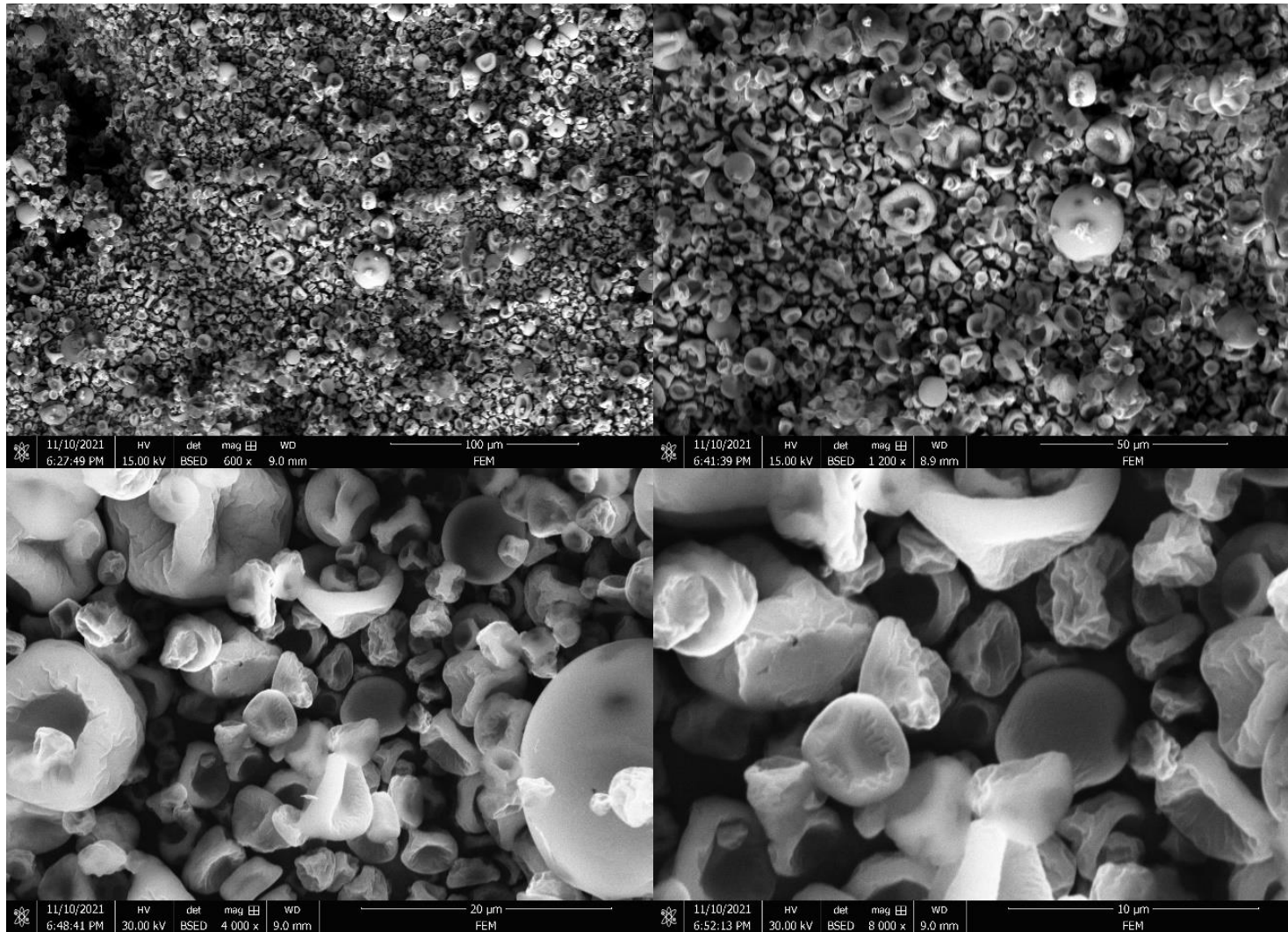
Con la finalidad de corroborar la microencapsulación del sulfato ferroso con quitosano, se analizó el contenido de hierro del polvo obtenido después del proceso de atomización, y resultó contener una concentración de hierro de  $66,8 \pm 0,6$  g/kg, siendo similar reportado por Patrap *et al.*, (2018). Así mismo, se tomaron imágenes a las microcápsulas con un microscopio de barrido electrónico, donde se pudieron observar microcápsulas de diferentes tamaños (Figura 7). Las formas obtenidas fueron muy similares a las microcápsulas de hierro encapsulados con quitosano obtenidas por Pratap *et al.*, (2018) y Dueik y Diosady, (2016).

De acuerdo con Dueik y Diosady (2016), la forma ideal de la microcápsula de quitosano con sulfato ferroso es la forma esférica, sin embargo, puede ocurrir el encogimiento de la microcápsula cuando se cuenta con un exceso de carga de hierro útil. Para estos autores, la carga útil de 25% es la más adecuada para formar microcápsulas esféricas de sulfato ferroso con quitosano al 1,5%. Sin embargo, de acuerdo a la metodología por Pratap *et al.*, (2018), utilizada en este trabajo de investigación, una carga de 30% de sulfato ferroso, es la que mejor es microencapsulado con quitosano al 1%. Como se muestra en la Figura 7, se pueden observar algunas microcápsulas de forma esférica y otras se encuentran arrugadas. Por lo tanto, para próximos estudios, se recomienda realizar un trabajo previo de optimización de concentraciones de quitosano y sulfato ferroso, bajo las condiciones del atomizador a utilizar.

#### **4.1.3. COMPORTAMIENTO TERMO-REOLÓGICO DE LAS MATERIAS PRIMAS**

Las propiedades de pasta se obtienen al someter la muestra hidratada a un ciclo de temperatura desde 50 °C a 95 °C. Simultáneamente, se ejerce una fuerza de cizallamiento constante. Estas propiedades están influenciadas por el origen de la fuente de almidón, el método de extracción, el contenido de amilosa, el tamaño de los gránulos de almidón, el porcentaje de gránulos de almidones dañados, la interacción con proteínas y grasas presentes, entre otros (Ahmed y Thomas, 2017). En la Tabla 12, se reportan las propiedades de pasta para el almidón de papa y la harina de kañiwa utilizados en la presente investigación.





**Figura 7: Micrográficas de microscopía electrónica de barrido del sulfato ferroso microencapsulado con quitosano**  
(El aumento se muestra en cada imagen)

**Tabla 12: Análisis de pasta de los insumos**

	Viscosidad pico (cP)	Viscosidad de caída (cP)	Viscosidad Final (cP)	Asentamiento (cP)
A.P.	12331 ± 67	1655 ± 75	4528 ± 73	2873 ± 148
H.K.	153 ± 1	150 ± 1	177 ± 6	28 ± 5

A.P: almidón de papa; H.K: harina de kañiwa. Los datos se presentan como media ± D.S (n=2)

La importancia de la viscosidad pico se debe a que se puede relacionar con la máxima viscosidad que se alcanzará en el proceso de cocción. Este valor está directamente ligado a la concentración de almidón de la matriz ya que éste llega a su hinchamiento máximo en este punto. Al proseguir el calentamiento y la agitación, los gránulos colapsan liberando principalmente las cadenas de amilosa, lo que da lugar a una caída de la viscosidad (viscosidad mínima o de caída). Con este ensayo también se evalúa el comportamiento de la pasta cuando es sometida a un enfriamiento, el que da lugar a la viscosidad final. El valor de la viscosidad final se encuentra relacionado con la tendencia a retrogradar, debido a la asociación inicial y rápida de las cadenas de amilosa y el ordenamiento o recristalización lenta de las cadenas de amilopectina, obteniéndose estructuras más ordenadas lo cual ocasiona un aumento de la viscosidad (Wang *et al.*, 2015).

Castillo (2017), quien caracterizó almidones de papa, reporta los siguientes parámetros; una viscosidad pico de 2158 cP, viscosidad de caída de 1417 cP, viscosidad final de 2247 cP y un asentamiento de 831 cP para el almidón de papa de la variedad Huaycha puneña. Similarmente, Cuba (2021) declara las siguientes propiedades de pasta para el almidón de papa de la variedad Ocucuri; una viscosidad pico de 5939 cP, viscosidad de caída de 816 cP, viscosidad final de 1833 cP y un asentamiento de 1018 cP. Evidentemente, como se observa en la Tabla 12, la viscosidad de pico fue notablemente superior a los valores citados, es decir, los gránulos de almidón presentaron una mayor capacidad de hinchamiento. De forma similar, el asentamiento o retrogradación del almidón obtenido fue igualmente superior a los datos reportados por los autores citados, es decir, se presentó una mayor reorganización de las moléculas. De acuerdo a Subroto *et al.*, (2019), la reorganización está directamente ligada a la unión entre las cadenas de amilosa y amilopectina. Se sabe que un alto contenido de amilosa promueve una mayor velocidad de retrogradar, sin embargo, el contenido de amilosa del almidón de papa de este estudio fue mucho menor en comparación a Castillo (2017), el

cual reporta un rango de 32,97% a 38,45% de tres variedades de papa (Huaycha Puneña, Imilla Negra y Loq'a ) y Cuba (2021), quien reporta un porcentaje de amilosa de 28,75% a 30,47% de tres variedades de papa (Ocucuri negra, Cuchi Jipilla y Pala).

Con respecto a las propiedades de pasta de la kañiwa, en un estudio realizado sobre el almidón de kañiwa de distintos ecotipos de las comunidades Quipaquipani y Jalsuri de Bolivia (Steffolani, et al. 2013) se reportan viscosidad pico entre 1907 a 2657 cP, viscosidad de caída entre 1500 a 2248 cP y viscosidad final entre 2787 a 3332 cP. Por lo tanto, se observa claramente que son valores que exceden a los reportados por el presente estudio, esto se debe a que los autores caracterizaron el almidón con alto índice de pureza, sin embargo, en este trabajo se evaluó la harina, la cual contiene menos de un 50% de carbohidratos. Además, la harina contiene otros componentes como proteínas y fibras los cuales pueden interferir en la formación de pasta y/o pueden interactuar con el agua, disminuyendo su disponibilidad para la gelatinización del almidón de kañiwa. Estos posibles efectos dieron lugar a valores de viscosidad 10 veces menores que los reportados por los autores citados.

## **4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS BATIDOS**

### **4.2.1. ANÁLISIS TERMO-REOLÓGICO DE LOS BATIDOS**

En la Tabla 13 se muestra las propiedades de pasta de las premezclas de los batidos (sin levadura) sin fortificar y fortificados con diferentes tipos de sulfato ferroso. Para una mejor comprensión del comportamiento reológico de los batidos y el efecto del tipo de fortificación se muestra la Figura 8 con los perfiles de empaste para las diferentes formulaciones.

La premezcla control fue la que presentó mayor contenido almidón de papa en su formulación, debido a esto, manifiesta los máximos valores en sus propiedades de pasta y supera en todos los valores de viscosidad a las premezclas que contienen harina kañiwa y harina de tarwi en su formulación. Este resultado estuvo acorde con lo reportado por Horstmann *et al.*, (2016), quienes indican que los almidones de tubérculos, como la papa, presentan viscosidades de gelatinización más elevadas que los cereales. Así mismo, se ha

demostrado que los grupos fosfatos que presenta el almidón de papa se une covalentemente a las fracciones de amilosa y amilopectina, induciendo a un mayor hinchamiento de los gránulos, provocando un aumento en el perfil de viscosidad de las pastas (Schirmer *et al.*, 2012). Este comportamiento del almidón de papa, también se debe al tamaño del gránulo; según Sánchez *et al.*, (2010) afirman que los almidones de mayor tamaño, como el almidón de papa, muestran una capacidad de hinchamiento única y puede formar pastas altamente viscosas.

En relación a las premezclas libre de gluten con granos andinos en su formulación; la premezcla PT50 fue la que presentó los mayores índices en las propiedades de pasta, este fenómeno se presenta, porque al no contener almidón el tarwi y no presentar incremento de su viscosidad durante el ciclo de calentamiento y enfriamiento, solo queda el almidón de papa reducido en un 50% para gelatinizar. Además, debido al alto contenido de proteínas del tarwi, éstas al interactuar con el agua de la suspensión podrían contribuir también al incremento de la viscosidad del sistema.

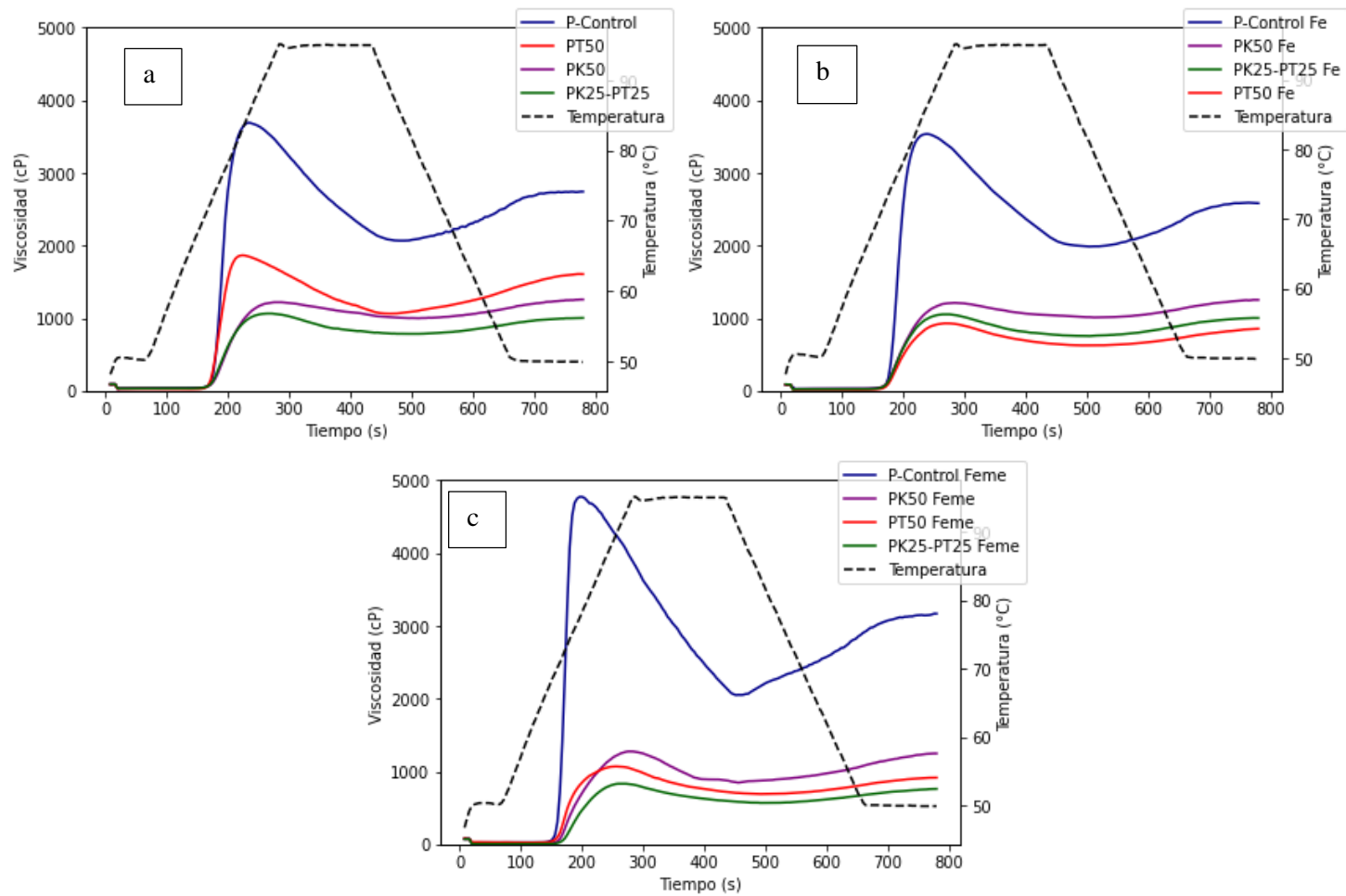
El contenido de carbohidratos, específicamente el almidón, es de suma importancia para el desarrollo de las propiedades de pasta y tal como se detalla en la Tabla 11 la harina de kañiwa presentó un mayor contenido de carbohidratos que el tarwi. De acuerdo con Pérez y Antezana (2018), reportan que el contenido de almidón de la harina de kañiwa está cercano al 51%. En nuestro caso, la harina de kañiwa presentó un 57% de carbohidratos totales, de los cuales aproximadamente el 16% está constituido por fibra. Por lo tanto, el contenido de almidón no superaría al 40%. Al contener almidón la harina de kañiwa, se podría suponer que las propiedades de pasta de las premezclas PK50 y PK25-PT25 serían superiores a la premezcla PT50. Sin embargo, este efecto no fue observado. Este fenómeno se puede explicar, teniendo en cuenta que el almidón presente en la harina de kañiwa es muy diferente al almidón de papa. El almidón de kañiwa se caracteriza por presentar pequeños gránulos poligonales (1,45  $\mu\text{m}$ ) mientras que el almidón de quinua presenta gránulos de mayor tamaño (hasta 2,53  $\mu\text{m}$ ) (Steffolani *et al.*, 2013). Además, el almidón de papa y kañiwa utilizados presentaron diferente contenido de amilosa/amilopectina, lo cual también contribuye a un comportamiento diferencial en el ensayo con el viscoamilógrafo.

**Tabla 13: Propiedades de pasta de las premezclas**

		P-Control	PK 25 – PT 25	PT 50	PK 50
Sin Fortificar	Viscosidad pico (cP)	3691 ± 18 <sup>bD</sup>	1065 ± 2 <sup>bA</sup>	1867 ± 39 <sup>bC</sup>	1221 ± 21 <sup>aB</sup>
	Viscosidad de caída (cP)	2066 ± 39 <sup>aC</sup>	783 ± 11 <sup>bA</sup>	1062 ± 21 <sup>bB</sup>	999 ± 18 <sup>aB</sup>
	Viscosidad final (cP)	2743 ± 66 <sup>aD</sup>	1003 ± 7 <sup>bA</sup>	1607 ± 49 <sup>bC</sup>	1257 ± 14 <sup>aB</sup>
	Asentamiento (cP)	677 ± 27 <sup>aC</sup>	221 ± 4 <sup>abA</sup>	545 ± 28 <sup>bB</sup>	258 ± 33 <sup>aA</sup>
Fortificado con <i>FeSO</i> <sub>4</sub>	Viscosidad pico (cP)	3424 ± 39 <sup>aD</sup>	1054 ± 15 <sup>bB</sup>	930 ± 6 <sup>aA</sup>	1213 ± 16 <sup>aC</sup>
	Viscosidad de caída (cP)	1931 ± 28 <sup>aC</sup>	754 ± 28 <sup>bA</sup>	624 ± 13 <sup>aA</sup>	969 ± 68 <sup>aB</sup>
	Viscosidad final (cP)	2570 ± 11 <sup>aD</sup>	1002 ± 13 <sup>bB</sup>	855 ± 8 <sup>aA</sup>	1221 ± 69 <sup>aC</sup>
	Asentamiento (cP)	639 ± 17 <sup>aB</sup>	249 ± 15 <sup>bA</sup>	231 ± 6 <sup>aA</sup>	252 ± 10 <sup>aA</sup>
Fortificado con <i>FeSO</i> <sub>4</sub> m.e.	Viscosidad pico (cP)	4778 ± 54 <sup>cC</sup>	816 ± 24 <sup>aA</sup>	1069 ± 65 <sup>aB</sup>	1276 ± 11 <sup>aB</sup>
	Viscosidad de caída (cP)	2047 ± 145 <sup>aB</sup>	535 ± 45 <sup>aA</sup>	690 ± 24 <sup>aA</sup>	843 ± 30 <sup>aA</sup>
	Viscosidad final (cP)	3168 ± 68 <sup>bD</sup>	720 ± 58 <sup>aA</sup>	915 ± 24 <sup>aAB</sup>	1247 ± 32 <sup>aC</sup>
	Asentamiento (cP)	1121 ± 77 <sup>bC</sup>	189 ± 8 <sup>aA</sup>	225 ± 4 <sup>aAB</sup>	404 ± 30 <sup>bB</sup>

P: referencia a pre mezcla; m.e.: microencapsulado. Los datos se presentan como media ± D.S (n=2).

Letras mayúsculas diferentes en una misma fila y letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (p < 0,05).



**Figura 8: Curvas obtenidas del análisis de propiedades de pasta de las pre mezclas**

a) Sin fortificar; b) Fortificadas con sulfato ferroso sin microencapsular y c)

Fortificadas con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano

Asimismo, los otros componentes presentes en las harinas, como las proteínas y los lípidos, pueden interferir en el empaste del almidón. Un evento similar, ha sido reportado por Sciarini et al., (2010), quienes indican que las proteínas de soya pueden actuar como relleno inactivo interfiriendo la asociación de los enlaces de hidrógeno de las moléculas del almidón, perjudicando su correcta gelatinización. Otra interferencia que se puede presentar es cuando se mezclan dos almidones con diferentes temperaturas de gelatinización, lo cual podría estar sucediendo en este caso ya que, según Pérez y Antezana (2018), el almidón de kañiwa gelatiniza a los 51 °C y de acuerdo a Castillo (2017), la temperatura de gelatinización del almidón de papa es de 59 °C. En estos casos, Vidaurre et al., (2019) y Obanni y Bemiller (1997), indican que la amilopectina solubilizada del almidón con menor temperatura de gelatinización, puede formar una red atrapando los gránulos del segundo almidón evitando su correcta gelatinización.

La adición del sulfato ferroso, no evidenció un cambio significativo en las propiedades de pasta de la pre mezcla control, solo se evidenció una leve caída de la viscosidad pico. Sin embargo, en relación a las premezclas con granos andinos en su formulación, la adición de sulfato ferroso cambió la tendencia de las propiedades de pasta sólo en el caso de la premezcla con tarwi (PT50), tal como se muestra en la Tabla 13 y Figura 8, siendo ésta la formulación con los menores valores de viscosidad. Esto podría estar relacionado con el elevado índice de absorción de agua de la harina de tarwi y la alta solubilidad del sulfato ferroso, el cual promueve una mayor interacción de los iones libre de hierro con la matriz alimentaria y por ende un mayor cambio en las propiedades de pasta.

En relación a la pre mezclas PK 25 – PT 25 y PK 50, estas no presentaron una variación significativa de las propiedades de pasta cuando se fortificaron con sulfato ferroso sin microencapsular. En relación a estos resultados, según Noda *et al.*, (2018) la fortificación con sulfato ferroso en un rango de 0,0125% a 1% al almidón de papa disminuye proporcionalmente la viscosidad pico, desde 279 RVU a 124 RVU, producto de la formación de enlaces entre los esteres de fosfato del almidón con el catión hierro. Similarmente Sanni *et al.*, (2008), hallaron una disminución de las propiedades de pasta de harina de maíz al fortificarla con sulfato ferroso (45 mg/kg). Por ejemplo, la viscosidad pico disminuyó de 38 RVU a 32 RVU, la viscosidad mínima de 29 RVU a 22 RVU y la viscosidad final de 77

RVU a 67 RVU. Estos resultados concuerdan con los encontrados en la presente investigación, realizando una fortificación con 55 mg/kg de sulfato ferroso.

Con relación con la fortificación de las premezclas con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano, se evidenció un aumento significativo en los valores de las propiedades de pasta de la premezcla control, tal como se muestra en la Tabla 13 y Figura 8. Si bien la literatura señala que la viscosidad de soluciones quitosano al 1% o 2% disminuyen la viscosidad con el aumento de la temperatura (Del Angel., 2019; Reyes *et al.*, 2018) y que el quitosano puede limitar el hinchamiento de los gránulos de almidón durante la gelatinización debido a su naturaleza catiónica (Raguzzoni *et al.*, 2016), este fenómeno no se evidenció en nuestros resultados. Esto se podría deber a la baja concentración de quitosano en las premezclas y a que el quitosano no se encuentra libre en la premezcla, sino, se encuentra ligado con los iones de hierro y por lo tanto podría conferir neutralidad para la correcta gelatinización del almidón.

En relación a la premezcla con harina de kañiwa fortificada con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano, sus propiedades de pasta fueron muy similares que cuando se fortificaron con sulfato ferroso sin microencapsular. Siendo, el único evidenciable una disminución de la viscosidad de caída, entendiéndose, que se promueve una mayor ruptura de los gránulos de almidón. Mientras que en el caso de la premezcla con 50% de tarwi (PT50), no se observaron diferencias en el perfil viscoamilográfico debido al tipo de fortificación realizada. Sin embargo, para las premezclas que contenían harina de tarwi y kañiwa en su composición PK 25 – PT 25 se evidenció una disminución de las propiedades de pasta cuando se fortificaron con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano respecto al sin microencapsular. Esto concuerda con lo expuesto por Yongjia *et al.*, (2017), quienes investigaron el efecto del quitosano en las propiedades de pasta del almidón de maíz céreo, realizando un calentamiento en seco, y hallaron que a una mayor adición de quitosano todos los valores de las propiedades de pasta disminuyen, atribuyendo este efecto a su naturaleza iónica, la que impediría la correcta gelatinización del almidón.



#### 4.2.2. ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA DE LOS BATIDOS

En la Tabla 14, se muestran las propiedades texturales de los batidos de las diversas formulaciones de muffins libres de gluten elaboradas. Para una mejor comprensión del comportamiento textural de los batidos y el efecto del tipo de fortificación se presenta la Figura 9 con los perfiles texturales para las diferentes formulaciones.

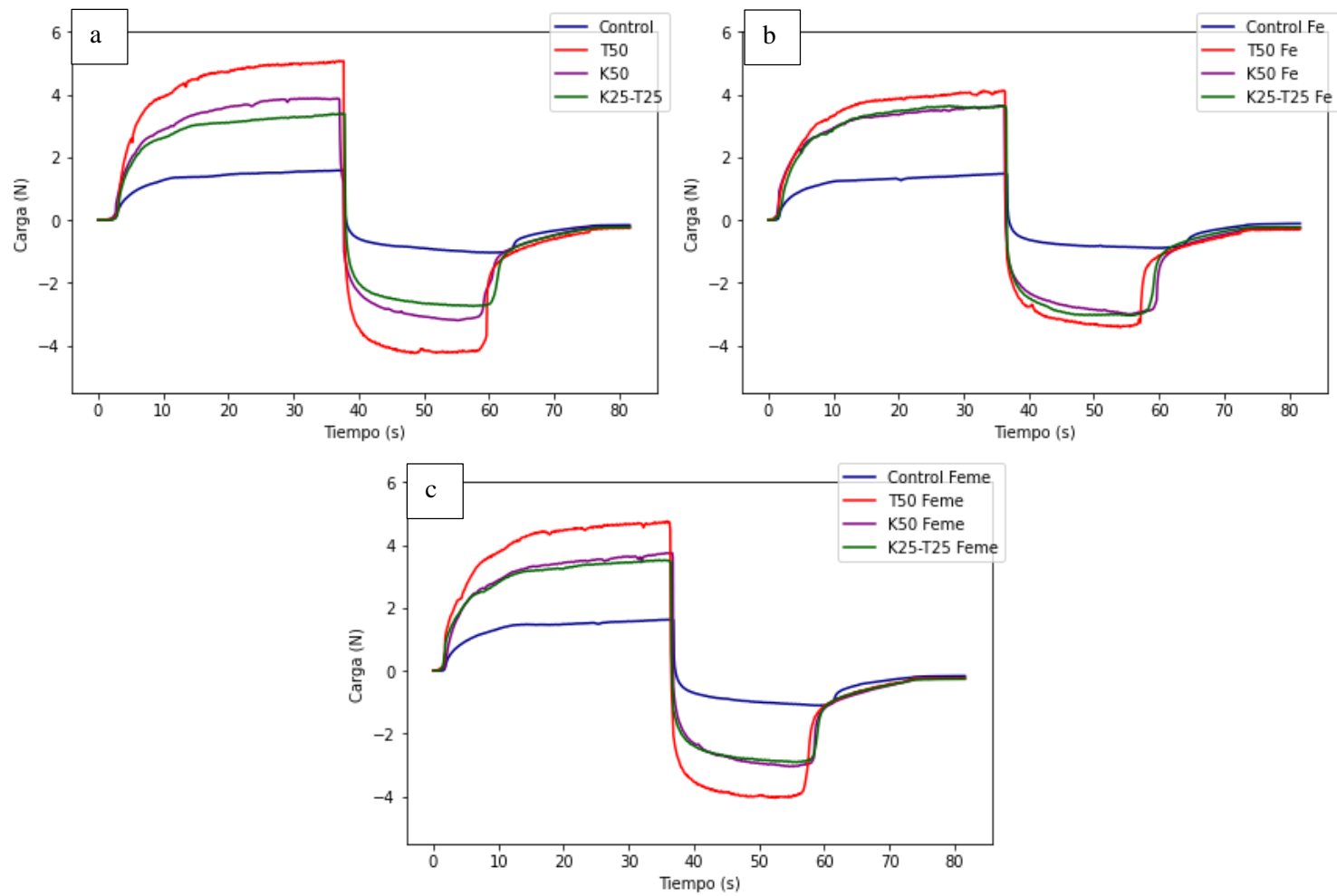
La firmeza es la máxima fuerza obtenida de la curva por efecto de la compresión del embolo en la prueba textural de las masas (Bourne, 2002). Como se observa en la Tabla 14, el batido de menor firmeza fue el batido control (elaborado sin ninguna harina de grano andino). En contraste, el batido T50 resultó con el mayor valor de firmeza, quedando en segundo lugar el batido K50 y seguido por el batido K25 - T25. Se destaca que, una combinación de ambos granos disminuye firmeza del batido, en comparación de los batidos con tarwi y kañiwa de manera individual. Al respecto, Vidaurre *et al.*, (2020); reportaron un comportamiento similar de la firmeza en diferentes batidos libres de gluten a base de quinua, tarwi y kiwicha por separado, cabe señalar que el porcentaje de agua utilizado para los batidos fue de 75%. Dichos autores reportaron para un batido control a base de almidón de papa, una firmeza de 2,07 N, este valor fue ligeramente superior a la firmeza del batido control reportado en este estudio (1,5 – 1,6 N), lo cual se puede deber al mayor contenido de agua en el batido control de este estudio.

Según Vidaurre *et al.*, (2020) el efecto de la adición de un 30% de harina de tarwi, en la formulación de su batido libre de gluten, dio lugar a la máxima firmeza, la cual fue cinco veces superior a la firmeza del batido T50 del presente estudio. Este efecto, se puede deber al menor contenido de agua utilizado en las formulaciones por dichos autores y a las diferencias en los componentes incluidos en la formulación de los batidos. Asimismo, estos autores evaluaron el efecto de la sustitución del 50% de harinas de quinua y kiwicha (granos andinos similares a la kañiwa) y obtuvieron valores de firmezas de 9,07 N y 9,22 N respectivamente, estos valores son notablemente superiores a la firmeza del batido K50 (3,7 – 4,0 N).

**Tabla 14: Propiedades texturales de los batidos**

		Control	K25 – T25	T 50	K 50
Sin Fortificar	Firmeza (N)	1,6 ± 0,1 <sup>abA</sup>	3,4 ± 0,1 <sup>aB</sup>	5,0 ± 0,4 <sup>bD</sup>	4,0 ± 0,4 <sup>aC</sup>
	Consistencia (N.s)	49,5 ± 1,7 <sup>bA</sup>	102,4 ± 2,7 <sup>aB</sup>	157,7 ± 8,5 <sup>cD</sup>	118,3 ± 9,7 <sup>aC</sup>
	Cohesividad (N)	1,1 ± 0,1 <sup>aA</sup>	2,8 ± 0,0 <sup>aB</sup>	4,4 ± 0,3 <sup>bD</sup>	3,3 ± 0,2 <sup>aC</sup>
	Ind. Viscosidad (N.s)	30,3 ± 2,7 <sup>bA</sup>	67,4 ± 1,2 <sup>aB</sup>	101,7 ± 6,7 <sup>cD</sup>	76,1 ± 4,4 <sup>aC</sup>
Fortificado con $FeSO_4$	Firmeza (N)	1,5 ± 0,1 <sup>aA</sup>	3,7 ± 0,2 <sup>bB</sup>	4,1 ± 0,3 <sup>aC</sup>	3,7 ± 0,1 <sup>aB</sup>
	Consistencia (N.s)	45,3 ± 2,3 <sup>aA</sup>	110,1 ± 7,6 <sup>bB</sup>	123,6 ± 7,0 <sup>aC</sup>	112,4 ± 2,2 <sup>aB</sup>
	Cohesividad (N)	0,96 ± 0,1 <sup>aA</sup>	3,0 ± 0,2 <sup>bB</sup>	3,4 ± 0,2 <sup>aC</sup>	3,1 ± 0,1 <sup>aB</sup>
	Ind. Viscosidad (N.s)	25,9 ± 1,2 <sup>aA</sup>	71,3 ± 3,3 <sup>aB</sup>	80,8 ± 4,4 <sup>aC</sup>	72,9 ± 1,3 <sup>aB</sup>
Fortificado con $FeSO_4$ m.e.	Firmeza (N)	1,7 ± 0,1 <sup>ca</sup>	3,5 ± 0,1 <sup>aB</sup>	4,8 ± 0,1 <sup>bD</sup>	3,8 ± 0,3 <sup>aC</sup>
	Consistencia (N.s)	49,9 ± 1,4 <sup>bA</sup>	107,7 ± 4,7 <sup>bB</sup>	144,3 ± 1,9 <sup>bD</sup>	114,3 ± 3,1 <sup>aC</sup>
	Cohesividad (N)	1,1 ± 0,1 <sup>aA</sup>	3,0 ± 0,1 <sup>bB</sup>	4,2 ± 0,1 <sup>bC</sup>	3,1 ± 0,2 <sup>aB</sup>
	Ind. Viscosidad (N.s)	30,0 ± 1,3 <sup>bA</sup>	70,9 ± 3,8 <sup>aB</sup>	95,5 ± 2,0 <sup>bD</sup>	75,5 ± 2,6 <sup>aC</sup>

\*m.e.: Microencapsulado. Los datos se presentan como media ± D.S (n=6). Letras mayúsculas diferentes en una misma fila y letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).



**Figura 9: Perfil textural de los batidos libres de gluten**

- a) Sin fortificar; b) Fortificados con sulfato ferroso sin microencapsular;
- c) Fortificados con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano.

Con respecto a la consistencia de los batidos, de acuerdo a Bourne (2002), se refiere a la resistencia del batido a la deformación y la dificultad para alzarse fuera del recipiente y es calculada como el área positiva bajo la curva. Los datos de consistencia obtenidos en este estudio siguieron la misma tendencia que la firmeza; es decir, el batido control resultó el de menor consistencia, seguido del batido que contenía la combinación de los granos andinos (K25 – T25), luego el batido que contenía kañiwa (K50) y el de mayor consistencia, fue el batido que contenía tarwi (T50). Vidaurre *et al.*, (2020); reportaron el mismo efecto de la adición de los granos andinos en la consistencia de los batidos para panes libre de gluten, es decir, la mayor sustitución de tarwi en el batido libre de gluten dio como respuesta el incremento del valor de consistencia. Estos autores reportan para el control una consistencia dos veces mayor al control de la presente investigación, y de valores de consistencia mucho mayores (1012,49 N.s) para batidos libre de gluten con 30% de harina de tarwi, lo que se podría relacionar principalmente al menor contenido de agua utilizado por estos autores en sus formulaciones.

En relación a la cohesividad (el mínimo valor obtenido en la curva textural de los batidos) e índice de viscosidad (área bajo la curva textural de los batidos), presentaron la misma tendencia que la firmeza y la consistencia. Es decir, el batido control presentó los menores valores de cohesividad e índice de viscosidad, seguido del batido K25-T25 y K50; mientras que el batido T50 fue el que presentó el máximo valor de estos parámetros.

Con respecto al efecto de la fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular y microencapsulado con quitosano, según la Tabla 14 y Figura 9, se puede observar que los parámetros texturales de los batidos siguieron la misma tendencia que los batidos libres de gluten sin fortificar. Sin embargo, para el caso del batido T50, fortificado con sulfato ferroso sin microencapsular, se observó una disminución significativa de los parámetros como firmeza, consistencia, cohesividad e índice de viscosidad, con respecto al batido T50 sin fortificar y batido T50 fortificado con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano. Serpa *et al.*, (2016), señalan que la alta solubilidad del sulfato ferroso forma iones libre de hierro, los cuales interactúan con la matriz alimentaria produciendo cambios en los componentes del sistema. En este caso en particular, la interacción podría darse con las proteínas, componente mayoritario de la harina de tarwi.

En cuanto a las propiedades texturales de los batidos fortificados con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano, sus propiedades texturales siguieron la misma tendencia que el batido sin fortificar. En general las propiedades texturales no sufrieron cambios significativos, lo cual concuerda con lo declarado por Patrap (2017) y Serpa *et al.*, (2016), quienes mencionan y concuerdan que los iones de hierro al estar unido a un recubrimiento disminuyen su interacción con la matriz alimentaria, por lo cual, su efecto disminuye en comparación con la fortificación sin microencapsular.

Se puede afirmar que la incorporación de harinas de kañiwa y tarwi a los batidos, incrementan significativamente los parámetros texturales, pudiéndose atribuir este efecto a la interacción que pueden tener las proteínas y fibras dietarias presentes en las harinas de granos andinos con el agua. Esta interacción, se evidencia en la elevada capacidad de absorción de agua que presentan la harina de kañiwa y harina de tarwi (Tabla 11). Se conoce que los batidos libres de gluten deben de ser lo suficientemente consistentes para que puedan retener el gas formado durante la fermentación, ya que valores texturales muy bajos provocarían el debilitamiento de la estructura provocando un colapso durante el horneado (Houben *et al.*, 2012; Hüttner *et al.*, 2010). De acuerdo con Ziobro *et al.* (2016), es difícil predecir la influencia exacta de las propiedades texturales de los batidos en la calidad final de los productos, porque va a depender mucho de las interacciones y reacciones que sucedan durante la fermentación y horneado. Sin embargo, si se conoce la composición del batido, la medición de estas propiedades podría proporcionarnos una mira predictiva del comportamiento del batido durante la fermentación y horneado (Vidaurre *et al.*, 2019).

#### **4.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MUFFINS LIBRE DE GLUTEN**

##### **4.3.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO**

En la Tabla 15, se reportan los resultados de la caracterización física de los muffins elaborados en la presente investigación. El volumen específico se obtuvo mediante un escaneado topográfico, el cual se muestra en la Figura 10, y se observó que la inclusión de granos andinos redujo el volumen específico de los muffins. Este efecto podría verse relacionado a que, durante la fermentación y en la parte inicial de la cocción, los batidos con

**Tabla 15: Caracterización física de los muffins**

		Control	K 25 – T 25	T 50	K 50
Sin Fortificar	V.E. (mL/g)	2,59 ± 0,09 <sup>bC</sup>	2,09 ± 0,11 <sup>bB</sup>	1,93 ± 0,06 <sup>bA</sup>	2,13 ± 0,06 <sup>bB</sup>
	P.P.C. (%)	20,69 ± 0,01 <sup>aA</sup>	20,77 ± 0,01 <sup>aA</sup>	20,98 ± 0,01 <sup>aA</sup>	20,16 ± 0,02 <sup>aA</sup>
	Humedad (%)	42,81 ± 0,15 <sup>aA</sup>	42,45 ± 0,02 <sup>aA</sup>	43,60 ± 0,23 <sup>aA</sup>	41,93 ± 0,09 <sup>aA</sup>
	A.w.	0,93 ± 0,02 <sup>aA</sup>	0,94 ± 0,03 <sup>aA</sup>	0,94 ± 0,10 <sup>aA</sup>	0,93 ± 0,01 <sup>aA</sup>
Fortificado con $FeSO_4$	V.E. (mL/g)	2,54 ± 0,10 <sup>bC</sup>	1,96 ± 0,09 <sup>aB</sup>	1,86 ± 0,07 <sup>abA</sup>	1,93 ± 0,11 <sup>aAB</sup>
	P.P.C. (%)	20,63 ± 0,01 <sup>aA</sup>	19,46 ± 0,01 <sup>aA</sup>	20,46 ± 0,01 <sup>aA</sup>	19,30 ± 0,02 <sup>aA</sup>
	Humedad (%)	41,78 ± 0,95 <sup>aA</sup>	44,64 ± 1,23 <sup>aA</sup>	44,94 ± 0,73 <sup>aA</sup>	41,40 ± 0,20 <sup>aA</sup>
	A.w.	0,94 ± 0,01 <sup>aA</sup>	0,94 ± 0,02 <sup>aA</sup>	0,95 ± 0,05 <sup>aA</sup>	0,93 ± 0,27 <sup>aA</sup>
Fortificado con $FeSO_4$ m.e.	V.E. (mL/g)	2,33 ± 0,11 <sup>aC</sup>	1,91 ± 0,05 <sup>aB</sup>	1,80 ± 0,05 <sup>aA</sup>	1,91 ± 0,08 <sup>aB</sup>
	P.P.C. (%)	19,35 ± 0,02 <sup>aA</sup>	19,43 ± 0,04 <sup>aA</sup>	19,34 ± 0,07 <sup>aA</sup>	17,97 ± 0,01 <sup>aA</sup>
	Humedad (%)	42,99 ± 1,06 <sup>aA</sup>	43,20 ± 0,85 <sup>aA</sup>	43,15 ± 0,47 <sup>aA</sup>	42,95 ± 0,87 <sup>aA</sup>
	A.w.	0,94 ± 0,02 <sup>aA</sup>	0,94 ± 0,01 <sup>aA</sup>	0,95 ± 0,01 <sup>aA</sup>	0,94 ± 0,02 <sup>aA</sup>

V.E.: Volumen Especifico, P.P.C.: Perdida por cocción, A.w.: Actividad de agua. m.e.: microencapsulado. Los datos se presentan como media ± D.S (n = 10 para el volumen especifico, n = 3 para los demás). Letras mayúsculas diferentes en una misma fila y letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (p < 0,05).

granos andinos no tuvieron la suficiente capacidad para retener el dióxido de carbono producido por la fermentación, promoviendo la compactación de las migas obtenidas. La formulación de muffins T50, resultó con el menor volumen específico, lo cual guarda relación con los valores de firmeza de los batidos y con los elevados valores de viscosidad observados durante el ensayo en el viscoamilógrafo rápido. Debido a que una elevada firmeza de los batidos impide la correcta expansión de los mismos durante la fermentación. Así mismo, valores elevados de viscosidad durante la parte inicial de la cocción, momento en el cual los productos continúan expandiéndose, dan lugar a productos de bajos volúmenes específicos.

En relación a los muffins K50 y K25-T25, la inclusión de harina de kañiwa en la formulación influyó en forma negativa sobre el volumen específico respecto a la formulación control, sin embargo, esta disminución fue menor que la ocasionada por el agregado de harina de tarwi en la formulación. Sciammaro *et al.*, (2018), en muffins libres de gluten a base de una mezcla de harinas de *Prosopis alba*, arroz, maíz y HPMC reportaron rangos de volumen específicos entre 2,05 a 2,52 mL/g, valores similares a los encontrados en este estudio. De forma similar, Shaabani, *et al.* (2018) reportaron valores de volumen específico para muffins libres de gluten en el rango 1,925 – 2,614 mL/g. En esta investigación se destaca que la goma xantana tuvo un mayor efecto sobre el volumen específico, a comparación del aislado proteico de garbanzo y de la enzima transglutaminasa, los cuales fueron objeto de optimización utilizando el diseño de mezclas.

Se podría pensar que, a mayor contenido de almidón, se lograría mayor volumen específico, sin embargo, eso no es del todo cierto. Schamne, *et al.* (2010) reportaron un volumen específico de 1,895 mL/g en su investigación de muffins libres de gluten a base de almidón de yuca y harina de arroz. Este valor, es mucho menor a los volúmenes específicos reportados para las diferentes formulaciones del presente estudio. También, se han reportado valores de volumen específico superiores a los del presente trabajo de investigación; por ejemplo, en la investigación realizada por Palacio, *et al.* (2018), quienes en su investigación sobre muffins libre de gluten con inclusión de harina de semillas de calabaza obtuvieron un volumen específico promedio de 4,3 mL/g. Cabe indicar que en la formulación del muffin se utilizó una mezcla de aditivos como agentes para batir, leudantes y goma guar como espesante.

La fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular en los muffins libres de gluten, disminuyó significativamente el volumen específico de los muffins que contenían kañiwa y tarwi en su formulación (K25-T25, K50 y T50), mientras que, en la formulación control no hubo cambios significativos en el volumen específico. Por otra parte, la adición del sulfato ferroso microencapsulado con quitosano en la formulación de los muffins libre de gluten redujo el volumen específico, respecto a las formulaciones sin fortificar, para todos los muffins libre de gluten realizados en la presente investigación. Sin embargo, no hubo un efecto diferente al ocasionado por el sulfato ferroso sin microencapsular, salvo en el caso del control. Al fortificar, la tendencia del volumen específico entre las formulaciones no varió, ya que el muffin con mayor contenido de tarwi resultó siempre el de menor volumen específico y el muffin control el de mayor volumen específico.

Según la investigación de Silva *et al.*, (2020) en panes libre de gluten, a base de arroz rojo y harina de yuca muestran que la adición de 1% y 2% de quitosano, disminuye significativamente el volumen específico, de 1,64 mL/g a 1,48 mL/g. Dichos autores resaltan el efecto antimicrobiano que tiene el quitosano, lo que provocaría una disminución la actividad de la levadura y por ende una menor cantidad de dióxido de carbono generado. Ghoshal y Mehta (2018), señalan que la adición de 0.5% de quitosano no tiene un efecto significativo en el volumen específico de panes, sin embargo, cuando la concentración aumenta a más de 1%, se evidencia una disminución significativa en el volumen específico en panes a base de trigo.

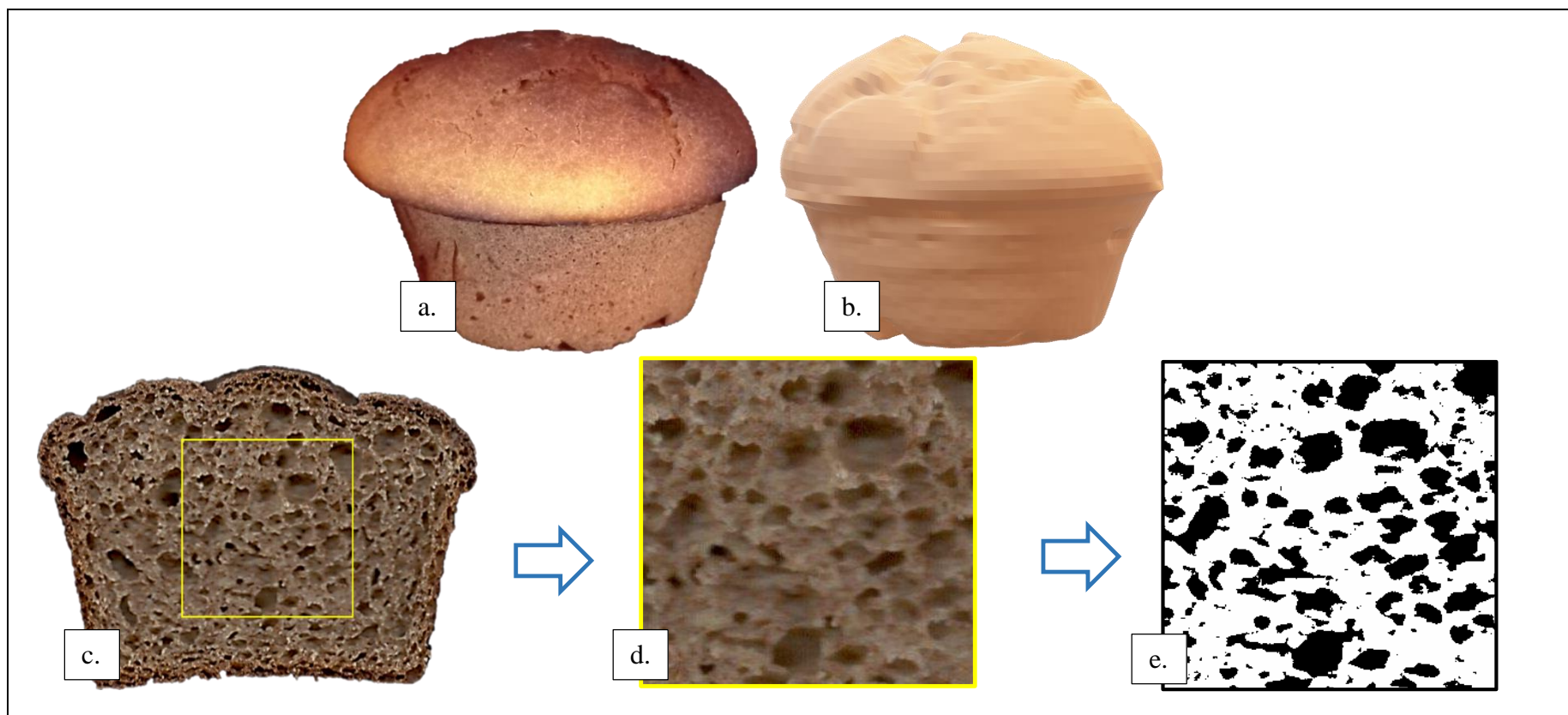
En relación a la interacción que podría presentar el hierro, se ha informado que la fortificación con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano en panes libres de gluten en una concentración de 44 ppm, no manifiesta una disminución significativa del volumen específico, sin embargo, cuando se fortifica a panes con trigo, si se evidencia una disminución del volumen específico, atribuyéndose a una interacción entre los iones de hierro y las proteínas en la formación del gluten (Kiskini *et al.*, 2010).

En relación a la pérdida de peso por cocción, esta se refiere al peso que pierden los muffins durante el horneado y el enfriamiento. Este parámetro brinda información principalmente sobre la cantidad de agua evaporada, pero también sobre la materia orgánica perdida (azúcares fermentados, liberados como CO<sub>2</sub>) (Horstmann *et al.*, 2017). En la Tabla 15, se puede observar que la pérdida de peso por cocción de los muffins con y sin fortificar



estuvieron en el rango de 17,9 a 20,9 %, sin evidenciar diferencias significativas en los diferentes tratamientos. En la investigación desarrollada por Zavala (2019), en panes de trigo con sustitución parcial con harina de tarwi, se indica que las pérdidas de peso por cocción se encuentran en el rango de 11,5 a 13,5 %. Así mismo, se ha informado que el volumen de los productos de panificación, tiene una relación positiva con la pérdida de peso por cocción, ya que a mayor volumen y por ende mayor superficie de contacto con el aire, se incrementa la evaporación del agua (De Gusmão *et al*, 2016). Zhou y Therdhthai (2008) indican que tanto el tipo de grano, como su fracción influyen en la pérdida de peso de los muffins, es decir, mientras la harina sea más gruesa tenderá a tener mayores pérdidas de peso, pero si la harina es más fina habrá menor pérdida de peso en los productos. Por otro lado, Sahagún, *et al* (2018) indican que la pérdida de peso también puede estar relacionada con la composición química de la harina, en especial con el contenido de proteínas, ya que estas presentan una mayor capacidad de absorción de agua y aceite.

En relación con la humedad y la actividad de agua, en la Tabla 15 se muestran, que estos parámetros estuvieron en los rangos de 43% a 45% y 0,93 a 0,95, respectivamente. No se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos, es decir, no se evidenció un cambio en la humedad causada por la adición de granos andinos en su formulación. Así mismo, la fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular y microencapsulado con quitosano no presentó un efecto significativo en estos parámetros.



**Figura 10: Apariencia general del muffin libre de gluten K25-T25 y procesamiento de las imágenes para la obtención del volumen específico y la estructura alveolar de la miga**

a. Fotografía del muffin libre de gluten K25-T25; b. Vista lateral en 3D captada con el escáner laser del muffin libre de gluten K25-T25; c. Corte transversal del muffin libre de gluten K25-T25; d. Segmento central de la miga ( $2,6 \text{ cm}^2$ ); e. Segmento central binarizado usado para el análisis de la estructura alveolar.

### 4.3.2. ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DE MIGA

En la Figura 10, se muestra el procesamiento de imágenes de la miga y los resultados del análisis de la estructura del alveolado de la miga de los muffins libre de gluten se muestran en la Tabla 16. En relación a la Densidad Celular Media (DCM), este parámetro indica el número de alveolos/cm<sup>2</sup>, se evidenció que la adición de harinas de granos andinos en las formulaciones provocó una disminución del número de alveolos/cm<sup>2</sup>, este resultado está relacionado con el volumen específico logrado por las formulaciones. Específicamente, el muffin control presentó una mayor densidad celular media, seguido de la formulación con harina de kañiwa (K50) y formulaciones que contenían harina de tarwi (T50 y K25-T25). Estos valores fueron superiores a los reportados por Vidaurre (2020), quien informó una densidad alveolar de 34,71 alveolos/cm<sup>2</sup> en panes libres de gluten a base de almidón de papa, harina de kiwicha y harina de tarwi. Incluso, se han reportado menores valores de DCM (10,55 alveolos/cm<sup>2</sup>) en muffins libres de gluten a base de harina de arroz, maíz y de algarrobo (*Prosopis alba*) (Sciammaro *et al.*, 2018).

En relación a la fracción hueca de la miga de los muffins, este valor representa el % de huecos que presenta la miga, así mismo, este valor se relaciona con el Área Celular Media (ACM), el cual indica el tamaño promedio del alveolo (mm<sup>2</sup>). Según los resultados expuestos en la Tabla 16, la adición de harina de tarwi en las formulaciones (T50 y K25-T25) produjo un incremento en ambos parámetros, es decir, las migas de las formulaciones T50 y K25-T25 presentaron alveolos más grandes y mayor porcentaje de huecos en la miga. Con respecto al efecto de la fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular y microencapsulado con quitosano, se pudo evidenciar que mantenían la misma tendencia que las formulaciones sin fortificar. Similarmente, se hallaron valores de porcentaje de fracción hueca de 30,5% a 44,6% en panes libres de gluten elaborados a base harina de arroz, maíz, quinua. (Encina *et al.*, 2018). Pero también se han informado tamaños de alveolos más pequeños (1,87 mm<sup>2</sup>), que producen migas más compactas en panes libres de gluten a base de sémola de arroz y haba (*Vicia faba*), almidón de yuca y maíz. (Bourekoua *et al.*, 2018).

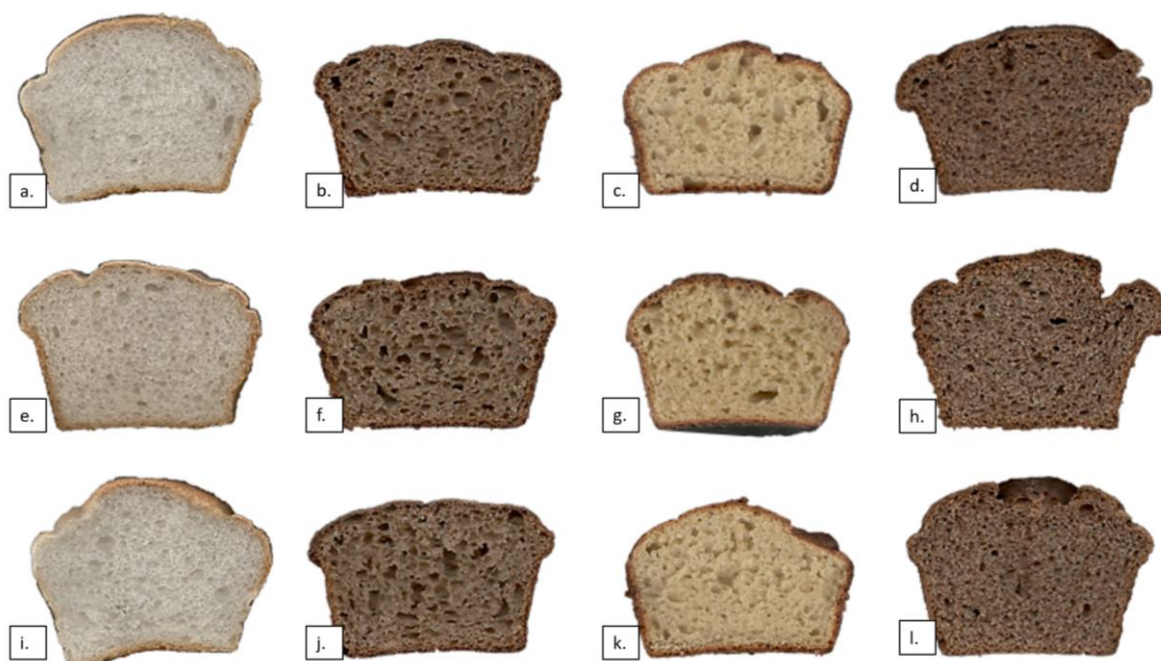
**Tabla 16: Determinación del alveolado de la miga**

		<b>Control</b>	<b>K 25 – T 25</b>	<b>T 50</b>	<b>K 50</b>
<b>Sin Fortificar</b>	D.C.M. (alveolo/cm <sup>2</sup> )	43,3 ± 4,3 <sup>bc</sup>	25,1 ± 5,2 <sup>ba</sup>	23,5 ± 3,6 <sup>aA</sup>	31,6 ± 4,5 <sup>aB</sup>
	F.R. (%)	22,8 ± 1,9 <sup>aA</sup>	35,9 ± 1,4 <sup>bb</sup>	32,5 ± 1,8 <sup>aB</sup>	20,2 ± 1,8 <sup>ba</sup>
	A.C.M. (mm <sup>2</sup> )	1,7 ± 0,3 <sup>bb</sup>	2,6 ± 0,5 <sup>bc</sup>	2,8 ± 0,3 <sup>bc</sup>	1,3 ± 0,2 <sup>aA</sup>
<b>Fortificado con FeSO<sub>4</sub></b>	D.C.M. (alveolo/cm <sup>2</sup> )	41,3 ± 3,1 <sup>aC</sup>	19,4 ± 4,2 <sup>aA</sup>	23,2 ± 3,6 <sup>aA</sup>	33,2 ± 3,2 <sup>bb</sup>
	F.R. (%)	23,3 ± 2,1 <sup>abA</sup>	34,9 ± 1,4 <sup>abB</sup>	34,2 ± 1,8 <sup>bb</sup>	20,3 ± 1,8 <sup>ba</sup>
	A.C.M. (mm <sup>2</sup> )	1,4 ± 0,3 <sup>aA</sup>	2,4 ± 0,3 <sup>aB</sup>	2,7 ± 0,2 <sup>bc</sup>	1,2 ± 0,2 <sup>aA</sup>
<b>Fortificado con FeSO<sub>4</sub> m.e.</b>	D.C.M. (alveolo/cm <sup>2</sup> )	39,8 ± 5,0 <sup>aC</sup>	21,2 ± 2,1 <sup>aA</sup>	22,3 ± 3,6 <sup>aA</sup>	34,3 ± 5,1 <sup>bb</sup>
	F.R. (%)	24,4 ± 1,4 <sup>bb</sup>	33,2 ± 1,2 <sup>aC</sup>	31,5 ± 1,8 <sup>aC</sup>	21,2 ± 1,8 <sup>aA</sup>
	A.C.M. (mm <sup>2</sup> )	1,6 ± 0,7 <sup>bb</sup>	2,7 ± 0,3 <sup>bc</sup>	2,5 ± 0,3 <sup>aC</sup>	1,2 ± 0,2 <sup>aA</sup>

D.C.M.: Densidad Celular Media, F.R.: Fracción Hueca, A.C.M.: Área Celular Media, m.e.: microencapsulado. Los datos se presentan como media ± D.S (n=6). Las letras mayúsculas diferentes en una misma fila y letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (p < 0,05).

### 4.3.3. DETERMINACIÓN DE COLOR DE MIGA

En la Figura 11, se reporta los diferentes colores de miga de muffins obtenidos en la presente investigación y en la Tabla 17, se muestran los valores de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) y variación de color de las migas de los muffins desarrollados. Con respecto a la coordenada de luminosidad ( $L^*$ ), como era de esperarse, el muffin control presentó el mayor valor, mientras que la adición de granos andinos disminuyó el valor de luminosidad, siendo la formulación con harina de kañiwa (K50) la que presentó la miga más oscura. La fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular disminuyó significativamente la luminosidad de las migas de los muffins control. Este efecto fue contrario cuando la fortificación se realizó con sulfato ferroso microencapsulado. Con respecto a la luminosidad de las migas de los muffins con granos andinos fortificados, en forma general, se pudo apreciar que la fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular, fue la que ocasionó el mayor oscurecimiento en las migas.



**Figura 11: Fotografía de los cortes transversales de los muffins libres de gluten**

A) Control, b) K25-T25, c) T50, d) K50, e) Control-Fe, f) K25-T25-Fe, g) T50-Fe, h) K50-Fe, i) Control-Feme, j) K25-T25-Feme, k) T50-Feme. L) K50-Feme.

Fe: sulfato ferroso sin microencapsular, Feme: Sulfato ferroso microencapsulado con quitosano.

**Tabla 17: Determinación de color de la miga de los muffins**

	Color	Control	K 25 – T 25	T 50	K 50
Sin fortificar	L*	71,5 ± 1,0 <sup>bB</sup>	49,5 ± 1,6 <sup>bB</sup>	67,4 ± 1,8 <sup>bC</sup>	45,5 ± 1,4 <sup>aA</sup>
	a*	3,3 ± 0,3 <sup>bA</sup>	6,7 ± 0,2 <sup>bC</sup>	4,5 ± 0,3 <sup>bB</sup>	7,1 ± 0,2 <sup>cD</sup>
	b*	18,3 ± 0,4 <sup>bC</sup>	11,3 ± 0,4 <sup>cB</sup>	24,9 ± 0,6 <sup>cD</sup>	7,7 ± 0,3 <sup>bA</sup>
	ΔE		22,9 ± 0,3 <sup>aB</sup>	7,6 ± 0,7 <sup>aA</sup>	27,9 ± 0,6 <sup>aC</sup>
Fortificado con FeSO <sub>4</sub>	L*	68,15 ± 1,3 <sup>aD</sup>	49,5 ± 1,2 <sup>bB</sup>	62,0 ± 1,6 <sup>aC</sup>	44,2 ± 1,3 <sup>aA</sup>
	a*	1,9 ± 0,6 <sup>aA</sup>	5,7 ± 0,3 <sup>aC</sup>	3,4 ± 0,8 <sup>aB</sup>	6,5 ± 0,2 <sup>bD</sup>
	b*	14,1 ± 0,1 <sup>aC</sup>	9,7 ± 0,5 <sup>bB</sup>	22,9 ± 1,1 <sup>aD</sup>	7,7 ± 0,8 <sup>bA</sup>
	ΔE	5,3 ± 0,7 <sup>aA</sup>	23,2 ± 1,0 <sup>aC</sup>	10,3 ± 0,6 <sup>bB</sup>	29,5 ± 0,6 <sup>bD</sup>
Fortificado con FeSO <sub>4</sub> m.e.	L*	73,3 ± 2,5 <sup>bD</sup>	47,9 ± 1,3 <sup>aB</sup>	66,9 ± 1,0 <sup>bC</sup>	44,7 ± 0,8 <sup>aA</sup>
	a*	1,7 ± 0,5 <sup>aA</sup>	5,7 ± 0,1 <sup>aC</sup>	4,4 ± 0,3 <sup>bB</sup>	6,2 ± 0,0 <sup>aD</sup>
	b*	14,2 ± 0,3 <sup>aC</sup>	9,0 ± 0,5 <sup>aB</sup>	23,5 ± 0,3 <sup>bD</sup>	6,3 ± 0,5 <sup>aA</sup>
	ΔE	5,0 ± 0,3 <sup>aA</sup>	24,0 ± 0,7 <sup>aB</sup>	7,0 ± 0,2 <sup>aA</sup>	30,0 ± 0,2 <sup>bC</sup>

L\*: Luminosidad, a\*: Coordenadas rojas, b\*: Coordenadas de amarillas, ΔE: Cambio total del color, m.e.: microencapsulado. Los datos se presentan como media ± D.S (n=10). Las letras mayúsculas diferentes en una misma fila y letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (p < 0,05).

De acuerdo con Boccio y Monteiro (2004), el inconveniente de la fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular es su naturaleza altamente soluble y su liberación de hierro iónico, el cual, promueve la oxidación de los compuestos de la matriz principalmente los ácidos grasos y otros nutrientes como las vitaminas y aminoácidos, además, mencionan que la microencapsulación liga al hierro iónico, disminuyendo su interacción con la matriz alimentaria y su efecto oxidativo. Esto concuerda con los resultados de luminosidad, ya que, se evidenció que el mayor cambio con el sulfato ferroso sin microencapsular en comparación con el microencapsulado. Dicho efecto del sulfato ferroso sin microencapsular, es reportado por Kiskini *et al.*, (2011) en un pan libre de gluten, producto similar al de la presente investigación, donde la fortificación con sulfato ferroso redujo significativamente la luminosidad de 60,6 a 55,7, igualmente, disminuyó la coordenada de color a\* de 3,6 a 2 y la coordenada b\* de 22,6 a 21,2.

Con respecto a la coordenada (a\*), los muffins que contenían harina de kañiwa (K50) presentaron los mayores valores de a\*, lo cual indica que las migas tienen a un color rojizo.

Sin embargo, al añadir la fortificación se presentó una disminución de la luminosidad de la miga de los muffins, sobre todo con el sulfato ferroso microencapsulado con quitosano.

En relación a la coordenada de color ( $b^*$ ), los muffins formulados con harina de tarwi (T50) presentaron los mayores valores, esto indica que la tonalidad de la miga tiende a un color amarillo. La fortificación con sulfato ferroso, en ambas formas, disminuyó levemente el valor de la coordenada  $b^*$  en las migas de los muffins.

Los efectos mencionados causados por la adición de granos andinos en los muffins libres de gluten, también han sido declarados en otras investigaciones, Shevkani y Singh (2014), evaluaron la adición del 10% de proteínas aisladas de amaranto en muffins libres de gluten a base de almidón de maíz. El muffin control libre de gluten (solo almidón de maíz) presentó los siguientes parámetros de color de miga:  $L^*$  de 64,  $a^*$  de 14 y  $b^*$  de 41, y varió a 45, 18 y 29 respectivamente. Lancetti *et al.*, (2020), desarrollaron muffins libres de gluten a base de harina de yacón y almidón de maíz, los autores reportaron los siguientes valores de color en la miga:  $L^*$  de 58,  $a^*$  de 12 y  $b^*$  de 34. Salazar *et al.*, (2021) elaboraron muffins a base de harinas de camote, achira y mashua, los autores reportaron valores de los parámetros de color de miga:  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de 33, 6 y 16 respectivamente, así como también, evaluaron el color de muffins libres de gluten a base harinas de oca, achira y mashua con valores de los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de 39, 5 y 20.

Con respecto al cambio total del color ( $\Delta E^*$ ), todas las formulaciones con harina de kañiwa (K50 y sus dos fortificaciones) evidenciaron elevados valores de cambios de color y en todas las formulaciones el cambio total de color fue superior a 3; por lo tanto, se puede indicar que los cambios de color son perceptibles por el ojo humano (Martínez-Cervera *et al.*, 2012).

La importancia del color en productos de panificación de acuerdo a Čáslavková *et al.* (2015), radica en que es una de las primeras características sensoriales captadas por el consumidor, quien realiza una relación con la textura, sabor, inocuidad, valor nutricional y vida útil. Así mismo, menciona que actualmente existe la tendencia de usar pseudocereales en productos de panificación, lo cual, ocasiona un cambio de color en el producto influyendo en la aceptabilidad del consumidor.

#### 4.3.4. DETERMINACIÓN DE COLOR DE CORTEZA

El color de un producto horneado se puede atribuir a los ingredientes individuales presentes en él y a sus ingredientes. Los resultados de la determinación de color de la corteza de los muffins elaborados se reportan en la Tabla 18. Como era de esperarse, los valores de luminosidad ( $L^*$ ) de las cortezas fueron menores a las migas, debido principalmente al horneado, durante el cual ocurre la reacción de Maillard, la cual es ocasionada por el calentamiento de azúcares reductores en presencia de aminoácidos, proteínas u otros compuestos con nitrógeno en su composición (Čáslavková *et al.*, 2014). La tendencia de los cambios de color fueron las mismas que las observadas en las migas, es decir, los muffins que contenían granos andinos en su formulación presentaron cortezas más oscuras, principalmente los muffins que contenían kañiwa en su formulación (K25-T25 y K50). En relación al efecto fortificación con sulfato ferroso, todos los muffins fortificados con sulfato ferroso sin microencapsular evidenciaron los menores valores de luminosidad, caso contrario, cuando la fortificación se realizó con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano, ya que los valores de  $L^*$  fueron estadísticamente similares o superiores que los muffins sin fortificación. Así mismo, las tonalidades rojizas ( $a^*$ ) se incrementaron en todas las formulaciones y las tonalidades amarillas ( $b^*$ ) disminuyeron en las formulaciones con harinas de granos andinos y aumentó en las formulaciones control.

Similarmente, en la investigación de Singh *et al.*, (2015) sobre el desarrollo de muffins libres de gluten a base de harina de arroz con diferentes concentraciones de fibra de zanahoria negra y goma xantana, evidenciaron, valores de los parámetros de color para la corteza;  $L^*$  en un rango de 37 a 51,  $a^*$  de -5 a -3 y  $b^*$  de 5 a 8. De acuerdo a los autores, la fibra de zanahoria negra contiene antocianinas por lo que disminuye la luminosidad y la amarillez de los muffins libres de gluten a una mayor concentración (Singh *et al.*, 2015). En la investigación de Kaur *et al.*, (2017), se evaluaron muffins libres de gluten a base de harina de plátano verde y harina de arroz, hallándose, parámetros de color para la corteza  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de 37, 15 y 24 respectivamente. Lancetti *et al.*, (2020), quienes evaluaron el uso de harina de yacón en la elaboración de muffins libres de gluten a base de almidón de maíz, reportaron, los siguientes valores de los parámetros de color de la corteza:  $L^*$  de 65,  $a^*$  de 2 y  $b^*$  de 27, presentando estos muffins una mayor luminosidad en la corteza que los muffins libres de gluten realizados en la presente investigación.



**Tabla 18: Determinación de color de la corteza de los muffins**

	Color	Control	K 25 – T 25	T 50	K 50
Corteza					
Sin fortificar	L*	53,6 ± 3,1 <sup>aC</sup>	36,0 ± 1,8 <sup>bA</sup>	34,5 ± 2,8 <sup>bA</sup>	37,1 ± 2,2 <sup>abA</sup>
	a*	12,8 ± 3,5 <sup>bB</sup>	8,1 ± 1,0 <sup>aA</sup>	10,7 ± 1,4 <sup>bB</sup>	7,1 ± 0,3 <sup>aA</sup>
	b*	21,1 ± 2,2 <sup>bC</sup>	1,1 ± 0,7 <sup>abA</sup>	5,9 ± 1,4 <sup>bB</sup>	1,6 ± 0,8 <sup>abA</sup>
	ΔE		26,7 ± 0,9 <sup>aB</sup>	24,2 ± 0,7 <sup>aA</sup>	25,4 ± 0,6 <sup>aAB</sup>
Fortificado con <i>FeSO</i> <sub>4</sub>	L*	51,5 ± 2,8 <sup>aC</sup>	34,2 ± 2,2 <sup>aAB</sup>	32,5 ± 1,2 <sup>aA</sup>	35,0 ± 1,2 <sup>aB</sup>
	a*	11,1 ± 0,9 <sup>abB</sup>	7,7 ± 1,0 <sup>aA</sup>	8,1 ± 1,3 <sup>aA</sup>	7,9 ± 1,1 <sup>bA</sup>
	b*	23,0 ± 3,6 <sup>bC</sup>	1,8 ± 2,1 <sup>bA</sup>	1,3 ± 1,3 <sup>aA</sup>	2,8 ± 1,4 <sup>bB</sup>
	ΔE	3,24 ± 1,1 <sup>aA</sup>	27,8 ± 0,7 <sup>aBC</sup>	29,0 ± 0,5 <sup>cC</sup>	26,6 ± 1,2 <sup>aB</sup>
Fortificado con <i>FeSO</i> <sub>4</sub> m.e.	L*	53,2 ± 1,6 <sup>aC</sup>	34,1 ± 1,6 <sup>aA</sup>	37,3 ± 1,1 <sup>cB</sup>	36,2 ± 0,6 <sup>bB</sup>
	a*	9,4 ± 0,9 <sup>aB</sup>	7,3 ± 0,6 <sup>aA</sup>	8,8 ± 0,8 <sup>aB</sup>	6,6 ± 0,3 <sup>aA</sup>
	b*	17,5 ± 2,1 <sup>aB</sup>	0,1 ± 1,1 <sup>aA</sup>	1,6 ± 0,9 <sup>aA</sup>	1,3 ± 0,8 <sup>aA</sup>
	ΔE	4,82 ± 0,5 <sup>bA</sup>	28,9 ± 0,3 <sup>Bd</sup>	25,5 ± 0,7 <sup>bB</sup>	27,1 ± 0,3 <sup>bC</sup>

L\*: Luminosidad, a\*: Coordenadas rojas, b\*: Coordenadas Amarillas, ΔE: Cambio total del color, m.e.: microencapsulado. Los datos se presentan como media ± D.S (n=10). Las letras mayúsculas diferentes en una misma fila y letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (p < 0,05).

Con respecto al cambio total del color ( $\Delta E^*$ ) en las cortezas, este valor estuvo en el orden de 3,24 a 4,82 para las cortezas de los muffins control fortificados respecto a la formulación sin fortificar. Pero el  $\Delta E^*$  para las cortezas de los muffins con harinas de granos andinos en su formulación fue de un orden superior (entre 24,2 a 29,0), mostrando el gran impacto que ocasionan las harinas de granos andinos sobre la apariencia externa de los productos. Además, como se ha indicado en líneas superiores, el cambio de color en las cortezas también es producto de la reacción de Maillard, como resultado de las altas temperaturas logradas durante el horneado, y por la reacción entre los azúcares reductores y las proteínas aportadas por las harinas de los granos andinos.

#### **4.3.5. ANÁLISIS DEL PERFIL DE TEXTURA**

El perfil de textura de los muffins desarrollados se muestra en la Tabla 19, Según Bourne (2002) indica que, en el análisis de TPA, la dureza se define como la máxima fuerza que se registra durante la primera compresión. De acuerdo a los resultados obtenidos, en las formulaciones sin fortificar, se destaca que la miga más dura se obtuvo en la formulación con harina de kañiwa (K50), mientras que la miga más suave se obtuvo para el muffin control, seguido por la formulación que contenía tanto kañiwa como tarwi (K25 – T25). La fortificación de los muffins con sulfato ferroso sin microencapsular produjo una disminución significativa en la dureza de los muffins con harinas de granos andinos, pero no se evidenció esta disminución en el muffin control. Por otro parte, la fortificación de los muffins con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano incrementó las durezas de las migas, con excepción del muffin T50.

De acuerdo a Salazar *et al.*, (2021), reportaron una dureza de 15 N en muffin libre de gluten a base de harina de camote, achira y mashua y 10 N en muffin en muffins libre de gluten a base de harinas de oca, achira y mashua. Ho *et al.* (2019) en su investigación sobre la calidad física de muffins libres de gluten a base de harina de arroz y harina de semillas de calabaza, reportaron una dureza de miga de 9.4 N.

**Tabla 19: Análisis de textura de la miga de los muffins**

		Control	K25T25	T 50	K 50
Sin Fortificar	Dureza (N)	3,11 ± 0,60 <sup>aA</sup>	3,07 ± 0,80 <sup>aA</sup>	4,02 ± 0,63 <sup>bB</sup>	5,59 ± 6,20 <sup>bC</sup>
	Cohesividad	0,21 ± 0,13 <sup>abA</sup>	0,27 ± 0,02 <sup>aB</sup>	0,29 ± 0,03 <sup>aC</sup>	0,31 ± 0,02 <sup>bD</sup>
	Elasticidad	0,85 ± 0,03 <sup>aB</sup>	0,85 ± 0,02 <sup>bB</sup>	0,79 ± 0,03 <sup>aA</sup>	0,86 ± 0,02 <sup>bB</sup>
	Masticabilidad (N)	0,68 ± 0,3 <sup>ba</sup>	0,78 ± 0,12 <sup>abA</sup>	0,95 ± 0,19 <sup>bC</sup>	1,48 ± 0,06 <sup>bD</sup>
Fortificado con <i>FeSO<sub>4</sub></i>	Dureza (N)	3,27 ± 0,7 <sup>aB</sup>	2,86 ± 0,60 <sup>aA</sup>	3,16 ± 0,47 <sup>aB</sup>	4,96 ± 0,80 <sup>aC</sup>
	Cohesividad	0,23 ± 0,1 <sup>aA</sup>	0,30 ± 0,02 <sup>bB</sup>	0,29 ± 0,08 <sup>aB</sup>	0,31 ± 0,01 <sup>bB</sup>
	Elasticidad	0,87 ± 0,07 <sup>aB</sup>	0,85 ± 0,02 <sup>bB</sup>	0,82 ± 0,02 <sup>ba</sup>	0,86 ± 0,02 <sup>bB</sup>
	Masticabilidad (N)	0,63 ± 0,21 <sup>aA</sup>	0,72 ± 0,09 <sup>aB</sup>	0,86 ± 0,12 <sup>abC</sup>	1,37 ± 0,16 <sup>aD</sup>
Fortificado con <i>FeSO<sub>4</sub></i> m.e.	Dureza (N)	5,74 ± 1,2 <sup>bC</sup>	3,76 ± 0,46 <sup>bB</sup>	3,59 ± 0,41 <sup>ba</sup>	6,10 ± 0,70 <sup>bD</sup>
	Cohesividad	0,20 ± 0,04 <sup>aA</sup>	0,26 ± 0,02 <sup>aB</sup>	0,28 ± 0,01 <sup>aB</sup>	0,29 ± 0,02 <sup>aC</sup>
	Elasticidad	0,86 ± 0,03 <sup>aC</sup>	0,82 ± 0,03 <sup>aB</sup>	0,79 ± 0,03 <sup>aA</sup>	0,83 ± 0,02 <sup>aB</sup>
	Masticabilidad (N)	0,95 ± 0,21 <sup>cC</sup>	0,80 ± 0,07 <sup>bB</sup>	0,79 ± 0,06 <sup>aA</sup>	1,50 ± 0,13 <sup>bD</sup>

\*m.e.: Microencapsulado. Los datos se presentan como media ± D.S (n=10). Letras mayúsculas diferentes en una misma fila y letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (p < 0,05).

Estas durezas reportadas anteriormente, fueron notablemente superiores a las durezas reportadas en el presente estudio. Sin embargo, en la investigación de Palacio, *et al.* (2018) reportaron un aumento de la dureza, de 1.48 N a 2.48 N, en muffins libres de gluten con el aumento de la sustitución de harina de semillas de calabaza de una premezcla libre de gluten de chocolate, estos valores de durezas fueron cercanos a los obtenidos en el presente estudio.

Con respecto a la cohesividad, este parámetro es la relación entre las áreas positivas causada por la segunda y primera compresión, midiendo la resistencia interna del alimento a una determinada compresión (Bourne, 2002). Según los resultados obtenidos, se evidenció que la miga menos cohesiva fue del muffin control, es decir el área de la segunda compresión resulto mucho menor, lo que significaría que la miga del muffin control disminuyó su capacidad de respuesta a la compresión. Por otro lado, la miga más cohesiva fue del muffin con harina de kañiwa (K50), seguido del muffin con harina de tarwi (T50) y muffin con la mezcla de ambas harinas de granos andinos (K25 – T25). Estos resultados están mostrando que se logra una buena integración de los componentes en las formulaciones de muffins con harinas de granos andinos, formando una matriz que responde mejor ante una deformación por compresión. Con respecto a la fortificación con sulfato ferroso, en ambas formas, no se evidenciaron cambios en la cohesividad de las migas de los muffins con granos andinos así como tampoco en el control.

Shevkani y Singh (2014), reportan valores de cohesividad de 0.43 para muffins libres de gluten a base de almidón de maíz y proteína aislada de kiwicha, siendo este valor superior a las cohesividades de los muffins libres de gluten obtenidos en el presente estudio. De acuerdo a Shevkani y Singh (2014), la cohesividad aumenta cuando el almidón es reemplazado por otra fuente como harina de kiwicha u otras legumbres, esto concuerda con los resultados del presente estudio, ya que se evidenció un aumento en la cohesividad de los muffins libres de gluten con granos andinos respecto al muffin control. En otra investigación realizada por Singh *et al.*, (2015), reportaron una cohesividad de 0.47 en muffins libres de gluten a base de harina de arroz, fibra de zanahoria negra y goma xhantan, los autores señalan que la cohesividad es importante, ya que, una mayor cohesividad soportará fuerzas de fabricación, envasado y transporte, por lo cual, el producto llegará integro al consumidor.

Otro parámetro textural evaluado fue la elasticidad, ésta se define como la capacidad de la muestra para retornar a su altura original y se calculó como la altura después de la primera compresión sobre la altura original de la miga (Bourne, 2002). Según los resultados obtenidos, las formulaciones con harina de kañiwa (K50 y K25T25) no mostraron diferencias significativas respecto al control, siendo la miga menos elástica la del muffin con harina de tarwi (T50). Se evidencia que después de la primera compresión el muffin T50 perdió el 21% de su altura original. Las migas de los demás muffins presentaron una mayor elasticidad, evidenciando una deformación promedio de 15% después de la compresión. La fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular, solo afectó significativamente la elasticidad de la miga del muffin con harina de tarwi (T50); sin embargo, no afectó a la elasticidad de las demás formulaciones. Con respecto a la fortificación con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano, se evidenció una disminución significativa de la elasticidad en las migas que contenía harina de kañiwa (K50 y K25-T25).

El desarrollo de muffins libres de gluten a partir de almidón de maíz y kiwicha, realizado por Shevkani y Singh (2014) resultó con un valor de 0.77 de elasticidad, cifra menor a las elasticidades del presente estudio, este parámetro es crucial debido a que es relacionado con la calidad del producto por asociarse con el nivel de frescura y aireación (Shevkani y Singh 2014). El uso de harina de plátano verde y harina de arroz en igual proporción, en el desarrollo de muffins libres de gluten, proporcionó una elasticidad de 0.76, dicho valor fue reportado por Kaur *et al.*, (2017). En otro estudio sobre muffins libres de gluten a base de almidón de maíz, la incorporación de fibra de zanahoria negra disminuyó la elasticidad de 0.83 (control de solo almidón) a 0.74 (9% de fibra de zanahoria negra). Dicho efecto concuerda con Salazar *et al.*, (2021), quienes observaron que los muffins realizados con cultivos andinos (camote, achira y mashua) obtuvieron menores valores de elasticidad (0.44) que el control realizado con harina de trigo (0.77).

El último parámetro del TPA analizado fue la masticabilidad, este parámetro deriva de la multiplicación de la dureza, la cohesividad y la elasticidad. La masticabilidad indica la máxima fuerza que se registra por la segunda compresión en relación a su capacidad de volver a su tamaño original y se relaciona con el esfuerzo necesario realizar al masticar (Bourne, 2002). Según los resultados obtenidos, la miga que presentó mayor valor de

masticabilidad fue la que contenía harina de kañiwa (K50), mientras que la miga con menor valor de masticabilidad, fueron la miga del muffin control y K25-T25.

La fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular, ocasionó que la masticabilidad de todas las muestras disminuyese, mientras que la fortificación con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano produjo un incremento de la masticabilidad de la miga de los muffins Control, K25-T25 y K50, pero una disminución en la miga de la formulación que contenía harina de tarwi (T50). De acuerdo con Salazar *et al.*, (2021), reportan valores de masticabilidad de 25 N, cuando utilizó harinas de camote, achira y mashua en la elaboración de muffins libres de gluten.

De acuerdo a Ghoshal y Mehta (2019), quienes evaluaron el efecto del contenido de quitosano en un producto de panificación mediante el modelo de Avrami, la firmeza de la corteza del producto de panificación con trigo incrementó con el porcentaje de quitosano (0.5% a 2%), concluyendo que a mayor firmeza se reduce el volumen específico del producto, lo anterior, concuerda con la presente investigación ya que los muffins fortificados con sulfato ferroso microencapsulado sufrieron una leve caída en el volumen específico.

#### 4.3.6. CARACTERIZACIÓN DE LOS MUFFINS LIBRES DE GLUTEN

En la Tabla 20, se muestran los resultados del análisis proximal de los muffins sin fortificar.

**Tabla 20: Caracterización química de los muffins libres de gluten sin fortificar**

	Control	K25 – T25	T50	K50
Humedad b.h. (%)	35,17	37,90	38,40	33,88
Grasa b.s. (%)	14,58	14,41	14,35	14,73
Cenizas b.s. (%)	1,51	1,05	1,10	2,01
Proteína b.s. (%)	2,38	21,05	29,16	12,55
Carbohidratos Totales b.s. (%)	81,54	63,49	55,39	70,70
Fibra dietaria insoluble b.s. (%)	7,51	32,06	35,94	25,00
Fibra dietaria soluble b.s. (%)	2,79	1,71	1,25	0,41

b.s.: Base seca, b.h.: Base húmeda.

Se pudo observar que la humedad de los muffins estuvo entre 33.8 – 38.4% en base húmeda, esta diferencia se debe básicamente al diferente contenido de agua que se utilizó para cada formulación. Como se ha explicado anteriormente, la decisión de incorporar diferentes contenidos de agua, fue en base a un estudio preliminar, donde se buscó seleccionar un % de agua que confiriera un elevado volumen específico a los muffins (Anexo 2). De acuerdo con la norma técnica sanitaria dispuesta por el MINSA (NTS N° 088-MINSA/DIGESA-V.01) para la elaboración, fabricación y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería, la humedad máxima permitida para bizcochos y similares es de 40% en base húmeda, por lo cual los muffins desarrollados en la presente investigación cumplen con la especificación de la norma del estado peruano.

En relación con el contenido de grasa, todos los muffins obtuvieron valores similares, entre 14.41 – 14.76%. Este resultado resultó muy similar al reportado por Nieto (2019), quien reporta un valor de 14% de grasa en su investigación sobre la elaboración de muffins libres de gluten a base de harina de arroz, sorgo y amaranto. De acuerdo con Belorio y Gómez (2020), quienes realizaron una revisión extensa de los muffins presente en el mercado de España e internacional, reportan que los muffins con gluten presentan un porcentaje de grasa de alrededor de 21.1% y los muffins sin gluten contienen un porcentaje de grasa de 22.3% aproximadamente, se resalta que ingerir altas cantidades de grasa son perjudiciales para la salud, ya que, contribuye al desarrollo de enfermedades coronaria y a la obesidad.

En referencia al contenido proteico, se notó una clara diferencia de los muffins que contienen harinas de granos andinos y el control. Esto se debe al ínfimo contenido proteico del almidón de papa, compuesto mayoritario en el muffin control. Como se informó en la Tabla 11, el contenido proteico de la harina de tarwi fue superior a la harina de kañiwa, es por esta razón que el contenido proteico del muffin T50 fue mucho mayor al muffin K50. Nieto (2019), informa que el contenido proteico hallado en su investigación acerca de muffins libres de gluten fue de 7.24% un valor mucho menor al encontrado en esta investigación. En otro estudio sobre un muffin libre de gluten elaborado con harina de quinua, arroz y avena se reporta un porcentaje proteico de 8,4% (Kaur y Kaur 2017). Esto demuestra que los muffins desarrollados en la presente investigación pueden llegar a ser considerados más nutritivos.

En relación al contenido de carbohidratos totales, se pudo observar que, los muffins que contenían harinas de granos andinos presentan menor contenido de estos componentes, esto es favorable ya que se esperaría que estas formulaciones presenten menor índice glicémico. De acuerdo a Palacio *et al.*, (2018), el consumo de carbohidratos disponibles aumenta la concentración de glucosa en la sangre, si este aumento es excesivo se llegará a un alto índice glicémico, lo cual promueve el desarrollo de enfermedades relacionadas a la resistencia de la insulina como la diabetes tipo 2 y/o enfermedades coronarias.

El contenido de fibra insoluble de los muffins con harinas de granos andinos se incrementó en 3 a 5 veces, respecto al muffin elaborado sólo con almidón de papa. Se ha informado que un contenido de fibra dietaria en los muffins libres de gluten es de 2.12% (Belorio y Gómez, 2020), por lo tanto, se demuestra que el contenido de fibra de los muffins libres de gluten desarrollados en el presente estudio supera notablemente a los muffins en el mercado actual.

Asimismo, el hecho que contengan elevado contenido de fibra dietaria, es beneficioso para los celíacos, ya que según Wild *et al.* (2010), la dieta libre de gluten en pacientes celíacos es deficiente en fibra debido a la baja calidad nutricional de los insumos con los que son elaborados los productos libres de gluten de consumo diario y siempre que sea posible se deben hacer recomendaciones de consumo de alimentos que pueda aumentar la ingesta de fibra, como legumbres y vegetales. Así mismo, se ha demostrado que el consumo de fibra dietaria es beneficiosa para salud porque regula la absorción energética de parte de las grasas, reduce el colesterol de baja densidad en la sangre, reduce los niveles de glucosa en la sangre, acelera el proceso de defecación disminuyendo el contacto con sus contaminantes y promueve el crecimiento de la flora intestinal benéfica.

#### **4.3.7. DETERMINACIÓN DE HIERRO DE LOS MUFFINS LIBRE DE GLUTEN**

En la Tabla 21 se reportan las concentraciones de hierro obtenidas de los muffins desarrollados en la presente investigación. El muffin libre de gluten que presentó el mayor contenido de hierro fue el elaborado con harina de kañiwa (K50), esto se debe a que la harina de kañiwa es la materia prima con mayor contenido de hierro tal como se reporta en la Tabla 11. También, es por este motivo que, el muffin formulado con harina de kañiwa y tarwi,



presentó hasta 7 veces más contenido de hierro que el muffin control. La fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular, logró que se incrementara entre 1,2 a 2,8 veces el contenido de hierro en las formulaciones; mientras que la fortificación con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano logró que se incrementaría el contenido de hierro entre 1,2 a 6,3 veces. Esta diferencia se puede deber a una poca uniformidad de la dispersión del sulfato ferroso microencapsulado con quitosano en la matriz, lo que puede haber dado lugar a que en la toma de muestra se recogieran zonas con mayor o menor contenido de iones hierro en comparación con otras partes del producto.

**Tabla 21: Contenido de hierro en los muffins libres de gluten**

	Control	K25 – T25	T50	K50
Sin fortificar (mg/kg)	4,28 ± 0,47 <sub>aA</sub>	30,11 ± 0,16 <sub>aC</sub>	18,73 ± 1,72 <sub>aB</sub>	44,63 ± 0,10 <sub>aD</sub>
Fortificado con <i>FeSO<sub>4</sub></i> (mg/kg)	12,16 ± 0,26 <sub>bA</sub>	38,13 ± 0,57 <sub>bC</sub>	26,53 ± 0,93 <sub>bB</sub>	5525 ± 2,84 <sub>bD</sub>
Fortificado con <i>FeSO<sub>4</sub></i> m.e. (mg/kg)	26,87 ± 0,31 <sub>cA</sub>	56,65 ± 0,09 <sub>cB</sub>	26,97 ± 0,03 <sub>bA</sub>	54,18 ± 0,21 <sub>bB</sub>

\*m.e.: Microencapsulado. Los datos se presentan como media ± D.S (n=2). Letras mayúsculas diferentes en una misma fila y letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (p < 0,05).

Comparando los resultados obtenidos en relación al contenido de hierro en los muffins libres de gluten, según la literatura, se han reportado menores valores (19 a 30 mg/kg) en muffins libres de gluten a base de trigo sarraceno y harina de maíz (Ciesarová *et al.*, 2016); pero también, se han reportado valores superiores, como 67,5 mg/kg en muffins libres de gluten a base de harina de arroz y almidón de yuca; esta diferencia se puede deber a que las formulaciones contenían huevo, el cual, es una fuente hierro (Schamne *et al.*, 2010).

## V. CONCLUSIONES

1. Se desarrollaron tres formulaciones de muffins libres de gluten que contenían como base almidón de papa (50%), harina de kañiwa en (50%, K50), harina de tarwi (50%, T50) y una mezcla de harina de kañiwa y harina de tarwi en iguales proporciones (25% - 25%, K25-T25). Todas las formulaciones se fortificaron con sulfato ferroso sin microencapsular y sulfato ferroso microencapsulado con quitosano.
2. Se evaluaron las propiedades texturales y termo-reológicas (propiedades de pasta) de los batidos libres de gluten con harinas de granos andinos, donde se determinó que la adición de harina de kañiwa y tarwi, tienen efectos significativos sobre las propiedades texturales y reológicas, debido principalmente a la composición diferenciada en proteínas, lípidos y fibras. La fortificación con sulfato ferroso sin microencapsular, tuvo el efecto más marcado en estas propiedades, especialmente en la formulación con harina de tarwi (T50).
3. Los muffins formulados con harinas de granos andinos, presentaron características físicas como volumen específico, textura de la miga, color, humedad y estructura alveolar comparable y en algunos casos superiores a las formulaciones de muffins libres de gluten informados en la literatura. La fortificación con sulfato sin microencapsular, tuvo efectos significativos en la disminución de la luminosidad de las migas y cortezas de las formulaciones con harina de tarwi, mientras que la fortificación con sulfato ferroso microencapsulado con quitosano, disminuyó el volumen específico de los muffins, afectó la estructura alveolar de la miga y aumentó los parámetros de textuales de la miga como dureza y masticabilidad.

4. Los muffins libres de gluten desarrollados con harinas de granos andinos, presentaron valores nutricionales más elevados en proteínas, fibra dietaria y minerales que los muffins informados en la literatura y el muffin control, el cual fue elaborado solo con almidón de papa. La fortificación con sulfato ferroso, microencapsulado o no, aumentó significativamente los niveles de hierro en los muffins. Se consideró que la formulación del muffin K25–T25, presentó características atractivas, tanto físicas como de calidad panadera y que podría ser considerada para futuros trabajos de investigación que conlleven al mejoramiento de la formulación, en el desarrollo de nuevos productos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar un estudio de bioaccesibilidad in vitro para simular y evaluar la absorción de hierro para el sistema digestivo humano.
- Realizar un estudio de análisis sensorial para evaluar la aceptabilidad del producto en personas con problemas de celiaquía e intolerancia al gluten.
- Profundizar la investigación de la formulación K25-T25, por ejemplo, se podría realizar estudios de vida útil, fortificación con vitaminas y otros minerales.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- AACC. (1999). AACCI Method 74-09.01. Measurement of Bread Firmness by Universal Testing Machine. 11th ed. S. Paul, Minnesota: AACCI. USA.
- AACC. (2010). AACCI Method 76-21.01. General Pasting Method for Wheat or Rye Flour or Starch Using the Rapid Visco Analyser 11th ed. S. Paul, Minnesota: AACCI. USA
- Ahmed, J. y Thomas, L. (2017). Pasting Properties of Starch: Effect of Particle Size, Hydrocolloids and High Pressure. Glass Transition and Phase Transitions in Food and Biological Materials, 427–451. doi:10.1002/9781118935682.ch16
- Allauca, V. (2005). Desarrollo de la tecnología de elaboración de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) germinado fresco para aumentar el valor nutritivo del grano. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1424>.
- Allen, L., Benoist, B., Dary, O., Hurrell, R. (2006). Directrices sobre enriquecimiento de alimentos con micronutrientes. World Health Organization & Food and Agricultural Organization of the United Nations. Recuperado de [https://www.who.int/nutrition/publications/guide\\_food\\_fortification\\_micronutrients.pdf](https://www.who.int/nutrition/publications/guide_food_fortification_micronutrients.pdf).
- Alvarez-Jubete L, Auty M, Arendt E., Gallagher, E. (2009). Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *Eur Food Res Technol* 230:437.
- AOAC (1995). AOAC Official Method 991. 43. Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber in Foods Enzymatic-Gravimetric Method.
- AOAC, (2007). Official Methods of Analysis.18th edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Va. USA
- AOAC, (2016). AOAC Official methods of analysis. 20th Ed. AOAC International.

- Arendt, E. y Dal Bello, F. (2008). *Gluten free cereal products and beverages*. Department of food and nutritional sciences. University College Cork. Ireland. ISBN: 9780123737397.
- Baldera, K. Chaupis, D. Cárcamo, C. Holmes, K. García, P. (2020). Seroprevalencia poblacional de la enfermedad celiaca en zonas urbanas del Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 37(1):63-6. Doi: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2020.371.4507>.
- Belorio, M. Gómez, M. (2020). Gluten-free muffins versus gluten containing muffins: Ingredients and nutritional differences. *Trends in Food Science & Technology*. doi:10.1016/j.tifs.2020.03.015
- Binaghi, M. Dyner, L. Beatriz, L. (2019). Bioaccesibilidad de minerales en alimentos elaborados con pre mezclas comerciales libres de gluten. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética* 23(2). 23(2). Doi:10.14306/renhyd.23.2.606.
- Boccio, J. Monteiro, J. B. (2004). Fortificación de alimentos con hierro y zinc: pros y contras desde un punto de vista alimenticio y nutricional. *Revista de Nutrição*, 17(1), 71–78. doi:10.1590/s1415-52732004000100008.
- Bourne, M. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. 2nd edition. ISBN: 9780121190620.
- Bryszewska, M., Tomás, L., Gallego, E., Villalba, M., Rivera, D., Taneyo, D., Gianotti, M. (2019). In vitro bioaccessibility and bioavailability of iron from breads fortified with microencapsulated iron. *LWT Food Science and Technology* 99 431-437. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.071>.
- Bourekoua, H.; Rózyło, R.; Benatallah, L.; Wójtowicz, A.; Łysiak, G.; Zidoune, M.N.; Sujak, A. (2018). Characteristics of gluten free bread: Quality improvement by the addition of starches/hydrocolloids and their combinations using a definitive screening. *Eur. Food Res. Technol*, 244, 345–354.
- Burbano, J. Cabezas, D. Correa, M. (2022). Effect of walnut flour addition on rheological, thermal and microstructural properties of a gluten free-batter. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie-Food Science and Technology*; Año: 2022 vol. 154.

- Čáslavková, P. Bednářová, M. Ošťádalová, M. Štarha, P. Bednář, J. Pokorná, J. Lukášková, Z. (2014). Colour change of bakery products influenced by used additions. *Acta Veterinaria Brno*, 83(10), S111–S120. doi:10.2754/avb201483s10s111.
- Castillo, C. (2017). Caracterización reológica y fisicoquímica de pastas y geles obtenidos del almidón de tres variedades de papa nativa (*Solanum spp.*). Universidad Nacional del Antiplano. Puno, Perú. Recuperado de: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10072/Castillo\\_Santos\\_Cynthia\\_Yvory.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10072/Castillo_Santos_Cynthia_Yvory.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Chirinos, M. (2015). Andean Lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet) a plant with nutraceutical and medicinal potential. *Revista Bio Ciencias*. 3(3): 163-172. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.03.03.02>.
- Chirinos, R. Pedreschi, R. Rogez, H. Larondelle, Y. Campos, D. (2013). Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*, 47, 145–152. Doi: 10.1016/j.indcrop.2013.02.02.
- Cipra, J. (2020). Evaluación de tableros MDF producidos con residuos de madera de bolaina blanca (guazuma crinita mart.) proveniente de una plantación forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4593/cipra-rodriguez-jose-alberto.pdf?sequence=1>.
- Clifford, S. Taylor, A. Gerber, M. Devine, J. Cho, M. Walker, R. Stefani, I. Fidel, S. Drahos, J. Leffler, D. (2020). Concepts and Instruments for Patient-Reported Outcome Assessment in Celiac Disease: Literature Review and Experts Perspectives. *Value Health* ;23(1):104-113. <https://doi:10.1016/j.jval.2019.07.018>.
- Córdova-Ramos, J. S. Glorio-Paulet, P. Camarena, F. Brandolini, A. Hidalgo, A. (2020). Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet): processing effects on chemical composition, heat damage and in vitro protein digestibility. *Cereal Chemistry*. Doi:10.1002/cche.10303.

- Cuba, A. (2021). Caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de papa y tuna de tres variedades nativas amargas procedente de Ilave-Puno. Universidad Nacional Agraria la Molina. La Molina, Lima, Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4607/cuba-canales-alejandra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Czubinski, J., Grygier, A., y Siger, A. (2021). Lupinus mutabilis seed composition and its comparison with other lupin species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 99, 103875. doi:10.1016/j.jfca.2021.103875.
- De Gusmão, P., Cavalcanti-Mata, M., Duarte, M., Gusmão, S. (2016). Particle size, morphological, rheological, physicochemical characterization and designation of minerals in mesquite flour (*Proposis juliflora*). *Journal of Cereal Science*, 69, 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.017>.
- De la Vega, G. (2014). Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. Universidad Tecnológica de Mixteca México. Recuperado de [http://www.utm.mx/edi\\_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf](http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf). *Journal of Food Process Engineering* 00-00. Doi:10.1111/jfpe.12376.
- Del Angel, F. (2019). Películas para recubrimiento de alimentos base pectina, alginato y quitosano. Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Madero, Tamaulipas, Mexico. Recuperado de <http://repositorio.tecnm.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/395/1/PEL%C3%8DCU LAS%20PARA%20RECUBRIMIENTO%20DE%20ALIMENTOS%20BASE%20PECTINA%20CALGINATO%20Y%20QUITOSANO.pdf>.
- Ding, Y. Cheng, J. Lin, Q. Wang, Q. Wang, J. Yu, G. (2021). Effects of endogenous proteins and lipids on structural, thermal, rheological, and pasting properties and digestibility of adlay seed (*Coix lacryma-jobi L.*) starch. *Food Hydrocolloids*, 106254. doi:10.1016/j.foodhyd.2020.106254.
- Dueik, V. y Diosady, L. (2016). Microencapsulation of iron in a reversed enteric coating using spray drying technology for double fortification of salt with iodine and iron. *Journal of Food Process Engineering*, 40(2), e12376. doi:10.1111/jfpe.12376.



- Durán, E. Villalovos, C. Churio, O. Pizarro, F. Valenzuela, C. (2017). Encapsulación de hierro: otra estrategia para la prevención o tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro. *Revista Chilena de Nutrición* Vol. 44 No.3. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182017000300234>.
- El Peruano. (2017). Aprueban Normas Técnicas Peruanas en materia de métodos horizontales para el análisis con marcadores biológicos moleculares, nanotecnologías, cereales, muebles, madera, conductores eléctricos, aire acondicionado, concreto y otros. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-normas-tecnicas-peruanas-en-materia-de-metodos-hori-resolucion-directoral-no-038-2017-inacaldn-1578252-1/>.
- Encina, C. Cadavez, V. Monteiro, F. Teixeira, J. Gonzales, U. (2018). Physicochemical and textural quality attributes of gluten-free bread formulated with guar gum. *European Food Research and Technology* 245: pp. 443–458. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3176-3>.
- Fallaud, M. y Viscione, D. (2009). Ingredient selection for stabilisation and texture optimisation of functional beverages and the inclusion of dietary fibre. *Functional and Speciality Beverage Technology*, pp. 3-38. U.K. <https://doi.org/10.1533/9781845695569.1.3>.
- Food and Drug Administration. (2013). What is gluten free? FDA has an answer. Recuperado de [https://www.in.gov/isdh/files/Gluten\\_Free\\_Article\\_October\\_2013.pdf](https://www.in.gov/isdh/files/Gluten_Free_Article_October_2013.pdf).
- Fornasini, M. Abril, V. Beltrán, P. Villacrés, E. Cuadrado, L. Robalino, F. Sánchez, R. Ricaurte, P. Muñoz, E. Benítez, N. Baldeón, M. (2019). Efficacy of a *Lupinus mutabilis* Sweet snack as complement to conventional type 2 diabetes mellitus treatment. *Nutrición Hospitalaria*, 36(4), 905-911. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.02590>.
- Ghoshal, G. Mehta, S. (2019). Effect of chitosan on physicochemical and rheological attributes of bread. *Food Science and Technology International*, 25(3), 198–211. <https://doi.org/10.1177/1082013218814285>.
- Goswami, D. Gupta, K. Mridula, D. Sharma, M. Tyagi, K. (2015). Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 374–380. doi:10.1016/j.lwt.2015.05.060. [10.1016/j.lwt.2015.05.060](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.060).

- Gutiérrez, A., Infantes, M., Pascual, G., Zamora, J. (2016). Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. *Agroindustrial Science* 6. Recuperado de <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/1139/1077>.
- Ho, L., Zainal, S., Tan, T., Noroul, Z. (2019). Physical and sensory qualities of gluten-free muffin produced from composite rice-pumpkin flour. *International Food Research Journal* 26(3): pp 893-901. Recuperado de: [http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20\(03\)%202019/19%20-%20IFRJ17720.R1-Final.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20(03)%202019/19%20-%20IFRJ17720.R1-Final.pdf).
- Horstmann, S., Belz, M., Heitmann, M., Zannini, E., Arendt, E. (2016). Fundamental Study on the Impact of Gluten-Free Starches on the Quality of Gluten-Free Model Breads. *Foods* 5(4): 30.
- Horstmann, S., Foschia, M., Arendt, E. (2017). Correlation Analysis of Protein Quality Characteristics with Gluten-Free Bread Properties. *Food & Function* 8 (7). Royal Society of Chemistry: 2465–74. Doi:10.1039/C7FO00415J.
- Horstmann, S., Lynch, K. y Arent, E. (2017). Starch Characteristics Linked to Gluten-Free Products. *Foods*, 6(4), 29. <https://doi.org/10.3390/foods6040029>.
- Houben, A., Hochstotter, A., Becker, T. (2012). Possibilities to increase the quality in glutenfree bread production: an overview. *European Food Research and Technology* 235(2):195-208.
- Huamaní, F. (2018). Evaluación del perfil químico nutricional y actividad antioxidante de tres ecotipos de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) procedentes de Puno. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.upch.edu.pe/handle/upch/5954>.
- Hujoel, I., Reilly, N., Rubio, T. (2018). Celiac Disease: Clinical Features and Diagnosis. *Gastroenterol Clinical North America*; 48(1): 19-37. doi:10.1016/j.gtc.2018.09.001.
- Hüttner, E., Bello, F., Arendt, E. (2010). Rheological properties and bread making performance of commercial wholegrain oat flours. *Journal of Cereal Science* 52(1): 65–71.

- Kaur, S., Kaur, N. (2017). Development and sensory evaluation of gluten free bakery products using quinoa (*Chenopodium Quinoa*) flour. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(4), 2449–2455. <https://doi.org/10.31018/jans.v9i4.1552>.
- Kaur, K., Singh, G. y Singh N. (2017). Development and evaluation of gluten-free muffins using green banana flour. *Bioved*, 28(2): pp 359 – 365. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/323486419\\_Development\\_and\\_evaluation\\_of\\_gluten\\_free\\_muffins\\_utilizing\\_green\\_banana\\_flour](https://www.researchgate.net/publication/323486419_Development_and_evaluation_of_gluten_free_muffins_utilizing_green_banana_flour).
- Kim, D. Iida, F. (2023). Kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*)’s Nutritional Composition and Its Applicability as an Elder-Friendly Food with Gelling Agents. *Gels*, 9(1), 61. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/gels9010061>.
- Kiskini, A., Kapsokefalou, M., Yanniotis, S., y Mandala, I. (2011). Effect of Iron Fortification on Physical and Sensory Quality of Gluten-Free Bread. *Food and Bioprocess Technology*, 5(1), 385–390. doi:10.1007/s11947-011-0651-2.
- Kiskini, A., Kapsokefalou, M., Yanniotis, S., y Mandala, I. (2010). Effect of different iron compounds on wheat and gluten-free breads. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(7), 1136–1145. doi:10.1002/jsfa.3927.
- Ladires, D. Márquez, G. Cornejo, F. (2013). Análisis del contenido de amilosa y amilopectina en seis variedades de arroz ecuatoriano. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24285/1/Articulo%20amilosa%20amilopectina.pdf>.
- Lancetti, R., Palavecino, P. M., Bustos, M. C., León, A. E. (2020). Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour obtention: Effect of process conditions on quality attributes and its incorporation in gluten-free muffins. *LWT*, 109217. doi:10.1016/j.lwt.2020.109217.
- La Rosa, R. Anaya, E. Flores, Z. Bejarano, M. Brito, L. Pérez, E. (2017). Germinación de *Chenopodium Pallidicaule* Aelle “Kañiwa” bajo diferentes condiciones de salinidad y temperatura. *The Biologist*, 14(1). <https://doi.org/10.24039/rtb201614180>.

- Lindsay, A., Benoist, B., Dary, O., Hurrell, R. (2006). Guidelines on food fortification with micronutrients. World Health Organization. Food and Agricultural Organization of the United Nation. Recuperado de [https://www.who.int/nutrition/publications/guide\\_food\\_fortification\\_micronutrients.pdf](https://www.who.int/nutrition/publications/guide_food_fortification_micronutrients.pdf).
- Lizarazo, S. Hurtado, R. Germán, G. Rodríguez, C. (2015). Physicochemical and morphological characterization of potato starch (*Solanum tuberosum* L.) as raw material for the purpose of obtaining bioethanol. *Agronomía Colombiana*, vol. 33, núm. 2, 2015, pp. 244-252. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Machado-Alencari, N.M., Steel, C.J., Alvim, I., Carvalho de Morais, E., y Andre-Bolini, H. (2015). Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis. *LWT – Food Science and Technology*, 62 (2) doi: 10.1016/j.lwt.2015.02.029
- Martínez-Cervera, S., Sanz, T., Salvador, A., Fiszman, S. (2012). Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. *LWT - Food Science and Technology* 45:213–220. Doi: 10.1016/j.lwt.2011.08.001.
- Megazyme. (2018). Amylose/Amylopectin Assay Procedure (K-AMYL 06/18). Megazyme International Ireland Ltd. Recuperado de [https://www.megazyme.com/documents/Assay\\_Protocol/K-AMYL\\_DATA.pdf](https://www.megazyme.com/documents/Assay_Protocol/K-AMYL_DATA.pdf).
- Ministerio de Salud e Instituto de Salud. (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos. Lima. Perú. Recuperado de: <https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14196/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS). (2018). Plan multisectorial de lucha contra la anemia. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.midis.gob.pe/dmdocuments/plan-multisectorial-de-lucha-contra-la-anemia-v3.pdf>.
- Milani, J. y Maleki, G. (2012). Hydrocolloids in Food Industry. *Food Industrial Processes, Methods and Equipment*. DOI: 10.5772/32358.

- Moscoso, G. Zavaleta, A. Mujica, Á. Santos, M. Calixto, R. (2017). Fractionation and electrophoretic characterization of (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) canihua seed proteins. *Revista chilena de nutrición*, 44(2), 144-152. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182017000200005>.
- Murad, H., Abo-Elkhair A., Azzaz, H. (2019). Production of xanthan gum from nontraditional substrates with perspective of the unique properties and wide industrial applications. National Research Centre, Department of Dairy Sciences. Egypt. *JSMC Microbiology* 1:6.
- Noda, T., Matsuura-Endo, C., y Ishiguro, K. (2018). Preparation of iron-fortified potato starch and its properties. *Journal of Food Science and Technology*. doi:10.1007/s13197-018-3048-7.
- Nieto, E. (2019). Efecto del uso de fructanos tipo agavinas como sustituto parcial de grasa y azúcar en productos panificables a base de harinas libres de gluten. Universidad de Guanajuato, Guanajuato, Mexico. Recuperado de: <http://www.repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/2137/1/168179.pdf>.
- Obanni, M. Bemiller, J. (1997). Properties of Some Starch Blends. *Cereal Chemistry*, 74(4), 431–436. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1997.74.4.431>
- Ochoa, K. (2017). Hidrólisis enzimática en una y dos etapas de la proteína de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* aellen) para obtener péptidos bioactivos. Universidad Agraria la Molina. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3055>.
- Ochoa, K. (2018). Purificación de péptidos de un hidrolizado proteico de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen): con actividad antioxidante y antihipertensiva. Universidad Agraria la Molina. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3296>.
- Organización Panamericana de la Salud., Instituto Internacional de Ciencias de la Vida., Agencia del Desarrollo Internacional de los Estados Unidos., Grupo consultivo Internacional de Anemia Nutricional. (2002). Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos: guía para América Latina y el Caribe. *Rev NUREA8* 60(7). ISBN 9275324247. Recuperado de [https://www.paho.org/Spanish/AD/FCH/NU/FRM03\\_HierroGuias.pdf](https://www.paho.org/Spanish/AD/FCH/NU/FRM03_HierroGuias.pdf).

- Palacio, M. I., Etcheverría, A. I., Manrique, G. D. (2018). Development of gluten-free muffins utilizing squash seed dietary fiber. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 2955–2962. doi:10.1007/s13197-018-3213-z.
- Pantoja-Tirado, L. Prieto-Rosales, G. Aguirre Vargas, E. (2020). Caracterización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) para su industrialización. *TAYACAJA*, 3(1). <https://doi.org/10.46908/rict.v3i1.72>.
- Patrap, A., Siddiqui, J., Diosady, L. (2017). Characterizing the pH dependent release kinetics food grade spray drying encapsulated iron microcapsules for food fortification. *Food Bioprocess Technology* 11:435–446. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-2022-0>.
- Parra, R. (2014). Prevalencia de enfermedad celiaca en Latinoamérica: revisión sistemática de literatura y meta análisis. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Universidad CES Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud. Especialización en Epidemiología. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/9004/10160199521.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Pérez, D. Antezana, R. (2018). The Functionality of Pseudocereal Starches. *Starch in Food. Food Science, Technology and Nutrition*, pp (509-542). doi:10.1016/b978-0-08-100868-3.00012-3
- Perten. (s.f.). Volume measurement TexVol BVM-L series. Perten Instruments. Recuperado de <https://gsi-lab.com/wp-content/uploads/2016/10/Perten-Volume-Measurement.pdf>.
- Peña, F. (2017). Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedente de llave (Puno). Universidad Agraria la Molina, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2655>.
- Quispe, D. (2015). Composición nutricional de diez genotipos de lupino (*L. mutabilis* y *L. albus*) desamargados por proceso acuoso. Universidad Agraria la Molina. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1816>.
- Raguzzoni, I. Delgadillo, L. (2016) Influence of a cationic polysaccharide on starch functionality *Carbohydrate Polymers*, 150 (2016), pp. 369-377. Doi: 10.1016/j.carbpol.2016.05.024.

- Ratnayake, W. y Jackson, D. (2003). Starch, sources and processing. Encyclopedia of food sciences and nutrition 2da. edition. University of Nebraska. Lincon, USA. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01142-1>.
- Rebellato, A., Pacheco, B., Prado, J., Azevedo, J. (2015). Iron fortified biscuits: a simple method for its quantification bioaccessibility study and physicochemical quality. Food Research International Vol. 77, Part 3, pp. 385-391. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.028>.
- Repo-Carrasco, R. (1991). Contenido de aminoácidos en algunos granos andinos. Avances en Alimentos y Nutrición Humana. Programa de Alimentos Enriquecidos, Publicación 01/91 Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Repo-Carrasco, R. Acevedo, A. Icochea, J. Kallio, H. (2009). Chemical and Functional Characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) Grain, Extrudate and Bran. Plant Foods for Human Nutrition, 64(2), 94–101. doi:10.1007/s11130-009-0109-0.
- Repo-Carrasco, R. Basilio, J. Luna, G. I. Pilco, S. Vidaurre-Ruiz, J. (2022). Andean Ancient Grains: Nutritional Value and Novel Uses. III Conference la ValSe-Food and VI Symposium Chia-Link Network. MDPI. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/blsf2021008015>.
- Reyes, L. Gaytán, M. Galicia, A. (2018). Viscosimetría de soluciones de quitosano y evaluación electroquímica con la técnica de impedancia. JEEOS, Vol. 2 Num 3, pág. 1-14. DOI:10.19136/Jeeos.a2n3.3064.
- Roca, E. Guillard, V. Guilbert, S. y Gontard, N. (2006). Moisture migration in a cereal composite food at high water activity: effects of initial porosity and fat content. J Cereal Sci 43(2):144-151.
- Rosell, C. Cortez, G. y Repo-Carrasco, R. (2009). Breadmaking Use of Andean Crops Quinoa, Kañiwa, Kiwicha, and Tarwi. Cereal Chemistry, 86(4), 386–392. <https://doi.org/doi:10.1094>
- Sahagún, M. y Gómez, M. (2018). Assessing Influence of Protein Source on Characteristics of Gluten-Free Breads Optimizing their Hydration Level. Food and Bioprocess Technology, 11(9), 1686–1694.

- Salazar, Diego. Arancibia, M. Silva, D. López-Caballero, M. Montero, M. (2021). Exploring the Potential of Andean Crops for the Production of Gluten-Free Muffins. *Agronomy* 11, no. 8: 1642. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081642>.
- Sánchez, T. Dufour, D. Moreno, I.X. Ceballos, H. (2010). Comparison of pasting and gel stabilities of waxy and normal starches from potato, maize, and rice with those of a novel waxy cassava starch under thermal, chemical, and mechanical stress. *J. Agric. Food Chem.* 58, 5093–5099.
- Sanni, S. Adebawale, A. Olayiwola, I. Dixon, M. (2008). Chemical composition and pasting properties of iron-fortified maize flour. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, Vol.6 (3&4).
- Sciammaro, L. Ferrero, C. Puppo, M. (2018). Gluten-free baked muffins developed with *Prosopis alba* flour. [https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/CONICETDig\\_e279d906d92495414580335e577de3ce](https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/CONICETDig_e279d906d92495414580335e577de3ce).
- Sciarini, L. y Perez, G. (2013). Cómo elaborar panes libres de gluten: un desafío tecnológico. *Nexo Agropecuario* Vol. 1 N° 1, ISSN 2346-9147X. DOI: 10.13140/RG.2.1.1023.3440.
- Schirmer, M. Höchstötter, A. Jekle, M. Arendt, E. Becker, T. (2012). Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio. *Food Hydrocoll.* 2013, 32, 52–63.
- Schamne, C. Dutcosky, S. D. Demiate, I. (2010). Obtention and characterization of gluten-free baked products. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(3), 741–750. doi:10.1590/s0101-20612010000300027.
- Serpa Guerra, A. Vélez Acosta, L. Barajas Gamboa, J. Castro Herazo, C. Zuluaga Gallego, R. (2016). Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos: El desarrollo de una estrategia nutricional indispensable para países en vía de desarrollo. – Una revisión. *Acta Agronómica*, 65(4), 340–353. doi:10.15446/acag.v65n4.50327.
- Serrano, M. (2016). Estudio de la cinética de retrogradación del almidón y del endurecimiento en miga de panes libre de gluten. Universidad Nacional de Córdoba. Cordova, Argentina. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/14652>.



- Serpil, S. y Servet, S. (2006). Physical Properties of Foods (Middle Eas). Ankara, Turkey. Food Science & Nutrition, 31 (1). Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=v854Fu2D7VUC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>.
- Shaabani, S., Yarmand, M. S., Kiani, H., Emam-Djomeh, Z. (2018). The effect of chickpea protein isolate in combination with transglutaminase and xanthan on the physical and rheological characteristics of gluten free muffins and batter based on millet flour. LWT, 90, 362–372. doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.023.
- Shevkani, K., y Singh, N. (2014). Influence of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates on the characteristics of starch-based gluten-free muffins. International Journal of Food Science & Technology, 49(10), 2237–2244. doi: 10.1111/ijfs.12537.
- Silva, A. Paiva, G. Lisboa, M. Duarte, E. Cavalcanti, M. Gusmão, T. De Gusmão, R. (2020). Role of chitosan and transglutaminase on the elaboration of gluten-free bread. Journal of Food Science and Technology. doi:10.1007/s13197-019-04223-5.
- Singh, J. P. Kaur, A. Singh, N. (2015). Development of eggless gluten-free rice muffins utilizing black carrot dietary fibre concentrate and xanthan gum. Journal of Food Science and Technology, 53(2), 1269–1278. doi:10.1007/s13197-015-2103-x
- Singh, JP. Kaur, A. Shevkani, K. Singh, N. (2015). Influence of jambolan (*Syzygium cumini*) and the incorporation of xanthan gum on the physicochemical, antioxidant and sensory properties of gluten-free egg-free rice muffins. J. Food Science. Technology, 50: 1190-1197.
- Steffolani, E. León, E. Pérez, T. (2013), Study of the physicochemical and functional characterization of quinoa and kañiwa starches. Starch - Stärke, 65: 976-983. <https://doi.org/10.1002/star.201200286>.
- Subroto, E. Indiarso, R. Marta, H. Shalihah, S. (2019). Effect of heat-moisture treatment on functional and pasting properties of potato (*Solanum tuberosum* L. var. Granola) starch. Food Research 3(5):469-476. DOI:10.26656/fr.2017.3(5).110.
- Ting, S. y Loh, S. (2016). In vitro bioaccessibility of calcium, iron and zinc from breads and bread spreads. International Food Research Journal 23(5), pp. 2175-2180. Malaysia. ISSN : 1985-4668.

- Vidaurre, J. Matheus, S. Salas, F. Barraza, G. Schoenlechner, R. Repo, R. (2019). Influence of tara gum and xhatan gum on rheological and textural properties of starch based gluten free dough and bread. *European Food Research and Technology*, 245:1347–1355. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03253-9>.
- Vargas, G. Martínez, P. y Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7(spe), 223-230. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>.
- Vidaurre, J. Salas, W. y Repo, R. (2019). Propiedades de pasta y texturales de las mezclas de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) en un sistema acuoso. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 21(1): 5– 14.
- Villanueva, R. (2014). El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. Universidad de Lima. *Ingeniería Industrial* n.º 32, ISSN 1025-9929, pp. 231-246. Recuperado de [http://fresno.ulima.edu.pe/sf/sf\\_bdfde.nsf/OtrosWeb/Ing32Villanueva/%24file/10-ingenieria32-VILLANUEVA.pdf](http://fresno.ulima.edu.pe/sf/sf_bdfde.nsf/OtrosWeb/Ing32Villanueva/%24file/10-ingenieria32-VILLANUEVA.pdf).
- Wang, S. Li, C. Copeland, L. Niu, Q. & Wang, S. (2015). Starch Retrogradation: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(5), 568–585. doi:10.1111/1541-4337.12143.
- Wang, S., Chao, C., Cai, J., Niu, B., Copeland, L., & Wang, S. (2020). Starch–lipid and starch–lipid–protein complexes: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(3), 1056–1079. doi:10.1111/1541-4337.12550.
- Watts, B. Ylimaki, G. Jeffery, L. Elias. (1989). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Ottawa, Canadá, CIID. 184 p.
- Wild, D., Robins, G., Burley, V., Howdley, P. (2010). Evidence of high sugar intake, and low fibre and mineral intake, in the gluten-free diet. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 32(4):573–581. Doi: 10.1111/j.1365-2036.2010.04386.x.
- Williams, P.A., Phillips, G. O. (2000). Introduction to food hydrocolloids (pp.1- 19). *Handbook of Hydrocolloids*. ISBN 978-1-84569-414-2.

- World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations University. (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. WHO technical report series 935. Recuperado de: [https://cesni-biblioteca.org/archivos/WHO\\_TRS\\_935\\_eng.pdf](https://cesni-biblioteca.org/archivos/WHO_TRS_935_eng.pdf).
- Yongjia, D. Xu, S. Wenting, S. Zhongkai, Z. Zhiwei, W. Paiyun, Z. Padraig, S. Chris B . (2017). Effect of interactions between starch and chitosan on waxy maize starch physicochemical and digestion properties. *CyTA - Journal of Food*, 15:3, pp. 327-335, DOI: 10.1080/19476337.2016.1255916.
- Zavala, O. (2019). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en las propiedades físicoquímicos y sensoriales de cupcakes. Universidad Peruana Unión. Lima, Perú. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2046>.
- Ziobro, R. Juszczak, L. Witczak, M. Korus, J. (2016). Non-gluten proteins as structure forming agents in gluten free bread. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 571–580.
- Zhou, W. y Therdhthai, N. (2008). Heat and Mass Transfer during Baking of Sweet Goods. In S. Gulum Sumnu & S. Sahin. *Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods*, 173–190.b

## **VIII. ANEXOS**

### **ANEXO 1: METODOLOGÍA DE MICROENCAPSULACIÓN DEL SULFATO FERROSO.**

Se prepararon soluciones acuosas con 1% (p/p) de ácido acético, a las cuales se les adicionó 1% (p/p) de quitosano de mediano peso molecular. Dichas soluciones se dejaron en agitación durante 24 horas para lograr la disolución completa del quitosano. Posteriormente se pesó 1,67 g de sulfato ferroso monohidratado y se adicionó a la solución ácida con quitosano; para lograr la dispersión completa del sulfato ferroso, la solución se agitó por 15 minutos utilizando un homogeneizador de alta velocidad (Ultraturrax). Inmediatamente después, la solución se secó utilizando un atomizador SD-Basic (LabPlant, Reino Unido) a la temperatura de 150°C con un caudal de 3,5 mL/min.

## ANEXO 2: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE AGUA EN LAS FORMULACIONES DE PRUEBA

### 8.1. Determinación del porcentaje de agua en las formulaciones control

Control	T1	T2	T3
Porcentaje de agua	90	100	110

#### Pruebas de Múltiple Rangos para volumen específico por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T1	10	2.36435	X
T3	10	2.39471	X
T2	10	2.67749	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T1 - T2	*	-0.313132	0.266437
T1 - T3		-0.0303598	0.266437
T2 - T3	*	0.282772	0.266437

\* indica una diferencia significativa.

### 8.2. Determinación del porcentaje de agua en las formulaciones K25-T25

K25-T25	T4	T5	T6
Porcentaje de agua	100	110	120

#### Pruebas de Múltiple Rangos para volumen específico por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T4	10	1.8525	X
T5	10	1.9052	X
T6	10	2.0376	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T4 - T5		-0.0527	0.0756291
T4 - T6	*	-0.1851	0.0756291
T5 - T6	*	-0.1324	0.0756291

\* indica una diferencia significativa.

### 8.3. Determinación del porcentaje de agua en las formulaciones T50

T50	T7	T8	T9
Porcentaje de agua	110	120	130

#### Pruebas de Múltiple Rangos para volumen específico por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T7	10	1.6456	X
T8	10	1.718	X
T9	10	1.818	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T7 - T8	*	-0.0724	0.0366967
T7 - T9	*	-0.1724	0.0366967
T8 - T9	*	-0.1	0.0366967

\* indica una diferencia significativa.

### 8.4. Determinación del porcentaje de agua en las formulaciones K50

K25-T25	T10	T11	T12
Porcentaje de agua	110	120	130

#### Pruebas de Múltiple Rangos para volumen específico por tratamiento

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T12	10	2.144	X
T10	10	2.22	X
T11	10	2.334	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T10 - T11	*	-0.114	0.112976
T10 - T12		0.076	0.112976
T11 - T12	*	0.19	0.112976

\* indica una diferencia significativa.

### **ANEXO 3: METODOLOGIA DEL ANALISIS DEL CONTENIDO DE AMILOSA.**

En primer lugar, se realizó un pretratamiento con etanol para remover los lípidos de la muestra. Para esto, se tomó una muestra (20 a 25 mg) la cual fue completamente disuelta en dimetil sulfóxido (DMSO) a temperatura de ebullición, posteriormente se adicionaron 6 mL de etanol al 95% para precipitar el almidón. El almidón se recuperó mediante centrifugación a 2000 g por 5 min. Posteriormente, se agregó 2 mL de DMSO nuevamente a temperatura de ebullición por 15 minutos en inmediatamente se adicionó 4 mL del solvente Con A y se agito vigorosamente. Posteriormente, se tomó una alícuota de 1 mL y se adicionaron 0,5 mL de Con A (conavalina A), para precipitar la amilopectina, la que fue removida mediante centrifugación a 14 000 g por 10 min. Se tomó una alícuota del sobrenadante, la que fue enzimáticamente hidrolizada hasta D-glucosa, mediante el mix de enzimas amiloglucosidasa-amilasa en 40 °C por 30 minutos.

El contenido de glucosa liberado se cuantificó mediante el método enzimático glucosa oxidasa/peroxidasa (GOPOD), obteniéndose una solución coloreada cuya absorbancia se midió espectrofotométricamente a 560 nm. De esta manera se cuantificó el contenido de amilosa en la muestra. En forma simultánea se cuantificó el almidón total presente en la muestra, para lo cual se tomó una alícuota de la solución previa a la precipitación con la Con A y se hidrolizó enzimáticamente hasta D-glucosa y de forma similar se cuantificó mediante el método GOPOD.

El cálculo del porcentaje de amilosa se realizó con la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de amilosa (\%)} = \frac{\text{Absorbancia (Supernadante Con A)}}{\text{Absorbancia (Alícuota almidon total)}} \times 66,8$$

## **ANEXO 4: METODOLOGÍA DE DETERMINACION DE VOLUMEN ESPECÍFICO**

Visualizando la Figura 12, La muestra se coloca en el eje de soporte, para que se mantenga firme durante todo el análisis. Posteriormente, se inicia el análisis usando el software VolCalc siguiendo los siguientes pasos:

1. Seleccionar la carpeta del grupo de producto.
2. Seleccionar el nombre del producto.
3. Seleccionar un lote de identificación.
4. Realizar una tara seleccionando cero en el software.
5. Correr el análisis.
6. Guardar los datos que aparecen en la pantalla.

Una vez guardado los datos, se limpia el equipo y se apaga hasta su posterior uso.



**Figura 12: Medidor de volumen laser topográfico (Perten, s.f.)**



## **ANEXO 5: DETERMINACIÓN DE LA PERDIDA DE PESO POR HORNEADO**

Se pesó el peso del batido antes de hornear en los moldes, se llevaron a hornear a la temperatura y tiempo de trabajo, se dejó enfriar para el análisis. Posteriormente, se pesó el muffin y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% P.P.H. = \frac{P.M_o. - P.M_f.}{P.M_o.} \times 100$$

P.P.H. = Pérdida por horneado.

P.M<sub>o</sub>. = Peso de masa inicial.

P.M<sub>f</sub>. = Peso del muffin después de enfriar.

## **ANEXO 6: DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE TEXTURA DEL MUFFIN**

Las muestras de muffins fueron analizadas 20 h después de su preparación. Se cortaron piezas cilíndricas de la miga (2,5 cm de diámetro y 2,5 cm de altura), las cuales fueron sometidas a dos compresiones sucesivas (50% de su altura inicial) con una sonda de compresión (57 mm de diámetro y 8 mm de grosor) y con un periodo de reposo de 10 segundos. La velocidad de compresión fue 1 mm/s y la precarga empleada de 0,098 N. El análisis se realizó por triplicado y se midieron 6 piezas de cada muestra en cada ensayo. Los datos fueron procesados haciendo uso del software Bluehill 3 (Instron, EEUU). A partir de las curvas obtenidas se calcularon los siguientes parámetros: dureza (N), cohesividad, elasticidad y masticabilidad (N).

## ANEXO 7: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESTUDIO

### 8.5. ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA

#### 8.5.1. HUMEDAD DE LA MATERIA PRIMA

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Materia prima</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Harina de tarwi	2	6,7164	X
Harina de kañiwa	2	11,475	X
Almidón de papa	2	17,195	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Almidón de papa - Harina de kañiwa	*	5,72	0,405075
Almidón de papa- Harina de tarwi	*	10,4786	0,405075
Harina de kañiwa - Harina de tarwi	*	4,75859	0,405075

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.5.2. CONTENIDO GRASO DE LA MATERIA PRIMA

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Materia prima</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Almidón de papa	2	0	X
Harina de kañiwa	2	14,27	X
Harina de tarwi	2	22,17	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Almidón de papa - Harina de kañiwa	*	-14,27	0,716751
Almidón de papa - Harina de tarwi	*	-22,17	0,716751
Harina de kañiwa - Harina de tarwi	*	-7,9	0,716751

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.5.3. CONTENIDO PROTEICO

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Materia prima</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Almidón de papa	2	0,625	X
Harina de kañiwa	2	24,612	X
Harina de tarwi	2	55,2515	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Almidón de papa - Harina de kañiwa	*	-23,987	0,610175
Almidón de papa - Harina de tarwi	*	-54,6265	0,610175
Harina de kañiwa - Harina de tarwi	*	-30,6395	0,610175

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.5.4. CONTENIDO DE HIERRO

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Almidón de papa	2	1,66	X
Harina de tarwi	2	63,135	X
Harina de kañiwa	2	95,44	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Almidón de papa - Harina de kañiwa	*	-93,78	3,64952
Almidón de papa - Harina de tarwi	*	-61,475	3,64952
Harina de kañiwa - Harina de tarwi	*	32,305	3,64952

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.5.5. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ACEITE.

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Almidón de papa	2	92,5	X
Harina de kañiwa	2	136,0	X
Harina de tarwi	2	149,0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Almidón de papa - Harina de kañiwa	*	-41,5	8,31913
Almidón de papa - Harina de tarwi	*	-54,5	8,31913
Harina de kañiwa - Harina de tarwi	*	-13,0	8,31913

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.5.6. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Almidón de papa	2	75	X
Harina de kañiwa	2	199	X
Harina de tarwi	2	227,0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Almidón de papa - Harina de kañiwa	*	-43,5	8,31913
Almidón de papa - Harina de tarwi	*	-56,5	8,31913
Harina de kañiwa - Harina de tarwi	*	-18,0	8,31913

\* indica una diferencia significativa.

## 8.6. ANÁLISIS TERMOREOLÓGICO DE LOS BATIDOS

### 8.6.1. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD PICO DEL CONTROL

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Fe	2	3423,5	X
Control	2	3691,0	X
Control Feme	2	4777,5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - Control Fe	*	267,5	167,279
Control - Control Feme	*	-1086,5	167,279
Control Fe - Control Feme	*	-1354,0	167,279

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.2. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE CAÍDA DEL CONTROL

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Fe	2	1931,0	X
Control Feme	2	2047,5	X
Control	2	2065,5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - Control Fe		134,5	368,174
Control - Control Feme		18,0	368,174
Control Fe - Control Feme		-116,5	368,174

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.3. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD FINAL DEL CONTROL

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Fe	2	2570,0	X
Control	2	2742,5	X
Control Feme	2	3168,0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Control - Control Fe		172,5	229,466
Control - Control Feme	*	-425,5	229,466
Control Fe - Control Feme	*	-598,0	229,466

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.6.4. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE ASENTAMIENTO DEL CONTROL

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Fe	2	639,0	X
Control	2	677,0	X
Control Feme	2	1120,5	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Control - Control Fe		38,0	200,979
Control - Control Feme	*	-443,5	200,979
Control Fe - Control Feme	*	-481,5	200,979

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.6.5. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD PICO PK25-PT25

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFIN</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25 Feme	2	816,0	X
PK25-PT25 Fe	2	1053,5	X
PK25-PT25	2	1064,5	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PK25-PT25 - PK25-PT25 Fe		11,0	68,3125
PK25-PT25 - PK25-PT25 Feme	*	248,5	68,3125
PK25-PT25 Fe - PK25-PT25 Feme	*	237,5	68,3125

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.6.6. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD MÍNIMA PK25-PT25

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFIN</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25 Feme	2	534,5	X
PK25-PT25 Fe	2	753,5	X
PK25-PT25	2	782,5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PK25-PT25 - PK25-PT25 Fe		29,0	131,72
PK25-PT25 - PK25-PT25 Feme	*	248,0	131,72
PK25-PT25 Fe - PK25-PT25 Feme	*	219,0	131,72

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.7. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD FINAL PK25-PT25

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFIN</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25 Feme	2	720,0	X
PK25-PT25 Fe	2	1002,0	X
PK25-PT25	2	1003,0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PK25-PT25 - PK25-PT25 Fe		1,0	144,118
PK25-PT25 - PK25-PT25 Feme	*	283,0	144,118
PK25-PT25 Fe - PK25-PT25 Feme	*	282,0	144,118

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.8. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE ASENTAMIENTO PK25-PT25

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFIN</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25 Feme	2	188,5	X
PK25-PT25	2	220,5	XX
PK25-PT25 Fe	2	248,5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PK25-PT25 - PK25-PT25 Fe		-28,0	41,2996
PK25-PT25 - PK25-PT25 Feme		32,0	41,2996
PK25-PT25 Fe - PK25-PT25 Feme	*	60,0	41,2996

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.9. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD PICO PT50

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PT50 Fe	2	929,5	X
PT50 Feme	2	1069,0	X
PT50	2	1866,5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PT50 - PT50 Fe	*	937,0	183,356
PT50 - PT50 Feme	*	797,5	183,356
PT50 Fe - PT50 Feme		-139,5	183,356

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.6.10. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD MÍNIMO PT50

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PT50 Fe	2	623,5	X
PT50 Feme	2	690,0	X
PT50	2	1061,5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PT50 - PT50 Fe	*	438,0	82,775
PT50 - PT50 Feme	*	371,5	82,775
PT50 Fe - PT50 Feme		-66,5	82,775

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.6.11. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD FINAL PT50

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PT50 Fe	2	854,5	X
PT50 Feme	2	915,0	X
PT50	2	1606,5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PT50 - PT50 Fe	*	752,0	132,457
PT50 - PT50 Feme	*	691,5	132,457
PT50 Fe - PT50 Feme		-60,5	132,457

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.6.12. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE ASENTAMIENTO PT50

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PT50 Feme	2	222,5	X
PT50 Fe	2	231,0	X
PT50	2	545,0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PT50 - PT50 Fe	*	314,0	70,0555
PT50 - PT50 Feme	*	322,5	70,0555
PT50 Fe - PT50 Feme		8,5	70,0555

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.13. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD PICO PK50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFIN</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK50 Fe	2	1212.5	X
PK50	2	1220.5	X
PK50 Feme	2	1275.5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PK50 - PK50 Fe		8.0	68.0781
PK50 - PK50 Feme		-55.0	68.0781
PK50 Fe - PK50 Feme		-63.0	68.0781

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.14. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE CAÍDA PK50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFIN</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK50 Feme	2	843.0	X
PK50 Fe	2	969.0	X
PK50	2	999.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PK50 - PK50 Fe		30.0	184.036
PK50 - PK50 Feme		156.0	184.036
PK50 Fe - PK50 Feme		126.0	184.036

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.15. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD FINAL PK50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFIN</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK50 Fe	2	1221.0	X
PK50 Feme	2	1247.0	X



PK50	2	1257.0	X
------	---	--------	---

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PK50 - PK50 Fe		36.0	187.663
PK50 - PK50 Feme		10.0	187.663
PK50 Fe - PK50 Feme		-26.0	187.663

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.16. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE ASENTAMIENTO PK50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFIN</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK50 Fe	2	252.0	X
PK50	2	258.0	X
PK50 Feme	2	404.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
PK50 - PK50 Fe		6.0	78.7822
PK50 - PK50 Feme	*	-146.0	78.7822
PK50 Fe - PK50 Feme	*	-152.0	78.7822

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.17. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD PICO DE PREMEZCLAS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25	2	1064.5	X
PK50	2	1220.5	X
PT50	2	1866.5	X
P Control	2	3691.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P Control - PK25-PT25	*	2626.5	97.0959
P Control - PK50	*	2470.5	97.0959
P Control - PT50	*	1824.5	97.0959
PK25-PT25 - PK50	*	-156.0	97.0959
PK25-PT25 - PT50	*	-802.0	97.0959
PK50 - PT50	*	-646.0	97.0959

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.18. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE CAÍDA DE PRE MEZCLAS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25	2	782.5	X
PK50	2	999.0	X
PT50	2	1061.5	X
P Control	2	2065.5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P Control - PK25-PT25	*	1283.0	99.3734
P Control - PK50	*	1066.5	99.3734
P Control - PT50	*	1004.0	99.3734
PK25-PT25 - PK50	*	-216.5	99.3734
PK25-PT25 - PT50	*	-279.0	99.3734
PK50 - PT50		-62.5	99.3734

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.19. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD FINAL DE PRE MEZCLAS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25	2	1003.0	X
PK50	2	1257.0	X
PT50	2	1606.5	X
P Control	2	2742.5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P Control - PK25-PT25	*	1739.5	169.751
P Control - PK50	*	1485.5	169.751
P Control - PT50	*	1136.0	169.751
PK25-PT25 - PK50	*	-254.0	169.751
PK25-PT25 - PT50	*	-603.5	169.751
PK50 - PT50	*	-349.5	169.751

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.20. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE ASENTAMIENTO DE PREMEZCLAS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25	2	220.5	X
PK50	2	258.0	X
PT50	2	545.0	X
P Control	2	677.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P Control - PK25-PT25	*	456.5	103.639
P Control - PK50	*	419.0	103.639
P Control - PT50	*	132.0	103.639
PK25-PT25 - PK50		-37.5	103.639
PK25-PT25 - PT50	*	-324.5	103.639
PK50 - PT50	*	-287.0	103.639

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.21. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD PICO DE PREMEZCLAS FORTIFICADAS CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFINS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PT50 Fe	2	929.5	X
PK25-PT25 Fe	2	1053.5	X
PK50 Fe	2	1212.5	X
P control Fe	2	3423.5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P control Fe - PK25-PT25 Fe	*	2370.0	91.8892
P control Fe - PK50 Fe	*	2211.0	91.8892
P control Fe- PT50 Fe	*	2494.0	91.8892
PK25-PT25 Fe- PK50 Fe	*	-159.0	91.8892
PK25-PT25 Fe- PT50 Fe	*	124.0	91.8892
PK50 Fe- PT50 Fe	*	283.0	91.8892

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.22. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE CAIDA DE PREMEZCLAS FORTIFICADAS CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFINS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PT50 Fe	2	623.5	X
PK25-PT25 Fe	2	753.5	X
PK50 Fe	2	969.0	X
P control Fe	2	1931.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P control Fe - PK25-PT25 Fe	*	1177.5	162.187
P control Fe - PK50 Fe	*	962.0	162.187
P control Fe - PT50 Fe	*	1307.5	162.187
PK25-PT25 Fe - PK50 Fe	*	-215.5	162.187
PK25-PT25 Fe - PT50 Fe		130.0	162.187
PK50 Fe - PT50 Fe	*	345.5	162.187

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.23. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD FINAL DE PREMEZCLAS FORTIFICADAS CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFINS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PT50 Fe	2	854.5	X
PK25-PT25 Fe	2	1002.0	X
PK50 Fe	2	1221.0	X
P control Fe	2	2570.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P control Fe - PK25-PT25 Fe	*	1568.0	146.107
P control Fe - PK50 Fe	*	1349.0	146.107
P control Fe - PT50 Fe	*	1715.5	146.107
PK25-PT25 Fe - PK50 Fe	*	-219.0	146.107
PK25-PT25 Fe - PT50 Fe	*	147.5	146.107
PK50 Fe - PT50 Fe	*	366.5	146.107

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.24. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE ASENTAMIENTO DE PREMEZCLAS FORTIFICADAS CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFINS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PT50 Fe	2	231.0	X
PK25-PT25 Fe	2	248.5	X
PK50 Fe	2	252.0	X
P control Fe	2	639.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P control Fe - PK25-PT25 Fe	*	390.5	47.4092
P control Fe - PK50 Fe	*	387.0	47.4092
P control Fe - PT50 Fe	*	408.0	47.4092
PK25-PT25 Fe - PK50 Fe		-3.5	47.4092
PK25-PT25 Fe - PT50 Fe		17.5	47.4092
PK50 Fe - PT50 Fe		21.0	47.4092

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.25. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD PICO DE PREMEZCLAS FORTIFICADAS CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFINS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25 Feme	2	815.6	X
PT50 Feme	2	1069.0	X
PK50 Feme	2	1275.5	X
P control Feme	2	4777.5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P control Feme - PK25-PT25 Feme	*	4018.0	273.945
P control Feme - PK50 Feme	*	3502.0	273.945
P control Feme - PT50 Feme	*	3708.5	273.945
PK25-PT25 Feme - PK50 Feme	*	-516.0	273.945
PK25-PT25 Feme - PT50 Feme	*	-309.5	273.945
PK50 Feme - PT50 Feme		206.5	273.945

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.26. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE CAÍDA DE PREMEZCLAS FORTIFICADAS CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFINS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25 Feme	2	534.5	X
PT50 Feme	2	690.0	X
PK50 Feme	2	843.0	X
P control Feme	2	2047.5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P control Feme - PK25-PT25 Feme	*	1574.0	406.873
P control Feme - PK50 Feme	*	1204.5	406.873
P control Feme - PT50 Feme	*	1357.5	406.873
PK25-PT25 Feme - PK50 Feme		-369.5	406.873
PK25-PT25 Feme - PT50 Feme		-216.5	406.873
PK50 Feme - PT50 Feme		153.0	406.873

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.27. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD FINAL DE PREMEZCLAS FORTIFICADAS CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFINS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25 Feme	2	720.2	X
PT50 Feme	2	915.0	XX
PK50 Feme	2	1247.0	X
P control Feme	2	3168.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P control Feme - PK25-PT25 Feme	*	2531.5	392.82
P control Feme - PK50 Feme	*	1921.0	392.82
P control Feme - PT50 Feme	*	2253.0	392.82
PK25-PT25 Feme - PK50 Feme	*	-610.5	392.82
PK25-PT25 Feme - PT50 Feme		-278.5	392.82
PK50 Feme - PT50 Feme		332.0	392.82

\* indica una diferencia significativa.

### 8.6.28. DIFERENCIA DE VISCOSIDAD DE ASENTAMIENTO DE PREMEZCLAS FORTIFICADAS CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>MUFFINS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PK25-PT25 Feme	2	189.0	X
PT50 Feme	2	225.0	XX
PK50 Feme	2	404.0	X
P control Feme	2	1120.5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P control Feme - PK25-PT25 Feme	*	957.5	180.578
P control Feme - PK50 Feme	*	716.5	180.578
P control Feme - PT50 Feme	*	895.5	180.578
PK25-PT25 Feme - PK50 Feme	*	-241.0	180.578
PK25-PT25 Feme - PT50 Feme		-62.0	180.578
PK50 Feme - PT50 Feme		179.0	180.578

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7. ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA DE LOS BATIDOS

#### 8.7.1. DIFERENCIA DE FIRMEZA DEL BATIDO CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Fe	6	1.541	X
Control	6	1.644	XX
control Feme	6	1.66167	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
control - control Fe		0.103	0.104091
control - control Feme		-0.0176667	0.104091
control Fe - control Feme	*	-0.120667	0.104091

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.2. DIFERENCIA DE CONSISTENCIA DEL BATIDO CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Fe	6	45.382	X
Control	6	49.4673	X
control Feme	6	49.8815	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
control - control Fe	*	2.72917	2.62502
control - control Feme		-0.414167	2.62502
control Fe - control Feme	*	-3.14333	2.62502

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.3. DIFERENCIA DE COHESIVIDAD DEL BATIDO CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Fe	6	0.964	X
control Feme	6	1.094	X
Control	6	1.12483	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
control - control Fe	*	0.178333	0.0947222
control - control Feme		0.0308333	0.0947222
control Fe - control Feme	*	-0.1475	0.0947222

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.4. DIFERENCIA DE ÍNDICE DE VISCOSIDAD DEL BATIDO CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Fe	6	25.9063	X
control Feme	6	29.9588	X
Control	6	30.3012	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
control - control Fe	*	4.39483	2.31401
control - control Feme		0.342333	2.31401
control Fe - control Feme	*	-4.0525	2.31401

\* indica una diferencia significativa.



### 8.7.5. DIFERENCIA DE FIRMEZA DEL BATIDO K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25	6	3.407	X
K25-T25 Feme	6	3.46133	X
K25-T25 Fe	6	3.69117	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - K25-T25 Fe	*	-0.284167	0.258201
K25-T25 - K25-T25 Feme		-0.0143333	0.258201
K25-T25 Fe - K25-T25 Feme	*	0.269833	0.258201

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.6. DIFERENCIA DE CONSISTENCIA DEL BATIDO K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25	6	102.376	X
K25-T25 Feme	6	107.707	X
K25-T25 Fe	6	110.094	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - K25-T25 Fe		-7.71783	8.12478
K25-T25 - K25-T25 Feme		-5.331	8.12478
K25-T25 Fe - K25-T25 Feme		2.38683	8.12478

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.7. DIFERENCIA DE COHESIVIDAD DEL BATIDO K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25	6	2.75067	X
K25-T25 Fe	6	3.00217	X
K25-T25 Feme	6	3.03967	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - K25-T25 Fe	*	-0.2515	0.178927
K25-T25 - K25-T25 Feme	*	-0.289	0.178927
K25-T25 Fe - K25-T25 Feme		-0.0375	0.178927

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.8. DIFERENCIA DE ÍNDICE DE VISCOSIDAD DEL BATIDO K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25	6	67.3988	X
K25-T25 Feme	6	70.9055	XX
K25-T25 Fe	6	71.3388	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - K25-T25 Fe	*	-3.94	3.60461
K25-T25 - K25-T25 Feme		-3.50667	3.60461
K25-T25 Fe - K25-T25 Feme		0.433333	3.60461

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.9. DIFERENCIA DE FIRMEZA DEL BATIDO T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	6	4.14233	X
T50 Feme	6	4.78567	X
T50	6	4.99	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	0.847667	0.414426
T50 - T50 Feme		0.204333	0.414426
T50 Fe - T50 Feme	*	-0.643333	0.414426

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.10. DIFERENCIA DE CONSISTENCIA DEL BATIDO T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	6	123.6	X
T50 Feme	6	144.297	X
T50	6	154.733	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	31.1333	11.1818
T50 - T50 Feme		10.4367	11.1818
T50 Fe - T50 Feme	*	-20.6967	11.1818

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.11. DIFERENCIA DE COHESIVIDAD DEL BATIDO T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	6	3.44	X
T50 Feme	6	4.14533	X
T50	6	4.36133	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	0.921333	0.320596
T50 - T50 Feme		0.216	0.320596
T50 Fe - T50 Feme	*	-0.705333	0.320596

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.12. DIFERENCIA DE ÍNDICE DE VISCOSIDAD DEL BATIDO T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	6	80.7502	X
T50 Feme	6	95.5215	X
T50	6	101.718	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	20.9678	5.86364
T50 - T50 Feme	*	6.1965	5.86364
T50 Fe - T50 Feme	*	-14.7713	5.86364

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.13. DIFERENCIA DE FIRMEZA DEL BATIDO K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Fe	6	3.7285	X
K50 Feme	6	3.79	X
K50	6	4.01067	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - K50 Fe		0.282167	0.381303
K50 - K50 Feme		0.220667	0.381303
K50 Fe - K50 Feme		-0.0615	0.381303

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.14. DIFERENCIA DE CONSISTENCIA DEL BATIDO K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Fe	6	112.426	X
K50 Feme	6	114.325	X
K50	6	118.32	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - K50 Fe		5.89333	9.08215
K50 - K50 Feme		3.99433	9.08215
K50 Fe - K50 Feme		-1.899	9.08215

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.15. DIFERENCIA DE COHESIVIDAD DEL BATIDO K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	6	3.44	X
T50 Feme	6	4.14533	X
T50	6	4.36133	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	0.921333	0.320596
T50 - T50 Feme		0.216	0.320596
T50 Fe - T50 Feme	*	-0.705333	0.320596

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.16. DIFERENCIA DE ÍNDICE DE VISCOSIDAD DEL BATIDO K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Fe	6	72.8587	X
K50 Feme	6	75.4502	X
K50	6	76.1248	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - K50 Fe		3.26617	3.73778
K50 - K50 Feme		0.674667	3.73778
K50 Fe - K50 Feme		-2.5915	3.73778

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.17. DIFERENCIA DE COHESIVIDAD DE LOS BATIDOS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control	6	1.644	X
PK25-T25	6	3.407	X
K50	6	4.01067	X
T50	6	4.99	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - PK25-T25	*	0.603667	0.324235
K50 - T50	*	-0.979333	0.324235
K50 - control	*	2.36667	0.324235
PK25-T25 - T50	*	-1.583	0.324235
PK25-T25 - control	*	1.763	0.324235
T50 - control	*	3.346	0.324235

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.18. DIFERENCIA DE CONSISTENCIA DE LOS BATIDOS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control	6	49.4673	X
PK25-T25	6	102.376	X
K50	6	118.32	X
T50	6	154.733	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - PK25-T25	*	15.9437	8.88908
K50 - T50	*	-36.4138	8.88908
K50 - control	*	68.8523	8.88908
PK25-T25 - T50	*	-52.3575	8.88908
PK25-T25 - control	*	52.9087	8.88908
T50 - control	*	105.266	8.88908

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.19. DIFERENCIA DE COHESIVIDAD DE LOS BATIDOS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control	6	1.12483	X
PK25-T25	6	2.75067	X
K50	6	3.25183	X
T50	6	4.36133	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - PK25-T25	*	0.501167	0.236057
K50 - T50	*	-1.1095	0.236057
K50 - control	*	2.127	0.236057
PK25-T25 - T50	*	-1.61067	0.236057
PK25-T25 - control	*	1.62583	0.236057
T50 - control	*	3.2365	0.236057

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.20. DIFERENCIA DE ÍNDICE DE VISCOSIDAD DE LOS BATIDOS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control	6	30.3012	X
PK25-T25	6	67.3988	X
K50	6	76.1248	X
T50	6	101.718	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - PK25-T25	*	8.726	5.13481
K50 - T50	*	-25.5932	5.13481
K50 - control	*	45.8237	5.13481
PK25-T25 - T50	*	-34.3192	5.13481
PK25-T25 - control	*	37.0977	5.13481
T50 - control	*	71.4168	5.13481

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.21. DIFERENCIA DE FIRMEZA DE LOS BATIDOS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Fe	6	1.541	X
PK25-T25 Fe	6	3.69117	X
K50 Fe	6	3.7285	X
T50 Fe	6	4.14233	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 Fe - PK25-T25 Fe		0.0373333	0.22578
K50 Fe - T50 Fe	*	-0.413833	0.22578
K50 Fe - control Fe	*	2.1875	0.22578
PK25-T25 Fe - T50 Fe	*	-0.451167	0.22578
PK25-T25 Fe - control Fe	*	2.15017	0.22578
T50 Fe - control Fe	*	2.60133	0.22578

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.22. DIFERENCIA DE CONSISTENCIA DE LOS BATIDOS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Fe	6	46.7382	X
PK25-T25 Fe	6	110.094	X
K50 Fe	6	112.426	X
T50 Fe	6	123.6	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 Fe - PK25-T25 Fe		2.3325	6.45798
K50 Fe - T50 Fe	*	-11.1738	6.45798
K50 Fe - control Fe	*	65.6882	6.45798
PK25-T25 Fe - T50 Fe	*	-13.5063	6.45798
PK25-T25 Fe - control Fe	*	63.3557	6.45798
T50 Fe - control Fe	*	76.862	6.45798

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.23. DIFERENCIA DE COHESIVIDAD DE LOS BATIDOS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Fe	6	0.964	X
PK25-T25 Fe	6	3.00217	X
K50 Fe	6	3.06117	X
T50 Fe	6	3.44	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 Fe - PK25-T25 Fe		0.059	0.158187
K50 Fe - T50 Fe	*	-0.378833	0.158187
K50 Fe - control Fe	*	2.11467	0.158187
PK25-T25 Fe - T50 Fe	*	-0.437833	0.158187
PK25-T25 Fe - control Fe	*	2.05567	0.158187
T50 Fe - control Fe	*	2.4935	0.158187

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.24. DIFERENCIA DE ÍNDICE DE VISCOSIDAD DE LOS BATIDOS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Fe	6	25.9063	X
PK25-T25 Fe	6	71.3388	X
K50 Fe	6	72.8587	X
T50 Fe	6	80.7502	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 Fe - PK25-T25 Fe		1.51983	3.4985
K50 Fe - T50 Fe	*	-7.8915	3.4985
K50 Fe - control Fe	*	46.9523	3.4985
PK25-T25 Fe - T50 Fe	*	-9.41133	3.4985
PK25-T25 Fe - control Fe	*	45.4325	3.4985
T50 Fe - control Fe	*	54.8438	3.4985

\* indica una diferencia significativa.



### 8.7.25. DIFERENCIA DE FIRMEZA DE LOS BATIDOS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO MICROPENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Feme	6	1.66167	X
PK25-T25 Feme	6	3.47	X
K50 Feme	6	3.79	X
T50 Feme	6	4.78567	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 Feme - PK25-T25 Feme	*	0.368667	0.182136
K50 Feme - T50 Feme	*	-0.995667	0.182136
K50 Feme - control Feme	*	2.12833	0.182136
PK25-T25 Feme - T50 Feme	*	-1.36433	0.182136
PK25-T25 Feme - control Feme	*	1.75967	0.182136
T50 Feme - control Feme	*	3.124	0.182136

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.26. DIFERENCIA DE CONSISTENCIA DE LOS BATIDOS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Feme	6	49.8815	X
PK25-T25 Feme	6	107.707	X
K50 Feme	6	114.325	X
T50 Feme	6	144.297	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 Feme - PK25-T25 Feme	*	6.61833	3.71135
K50 Feme - T50 Feme	*	-29.9715	3.71135
K50 Feme - control Feme	*	64.4438	3.71135
PK25-T25 Feme - T50 Feme	*	-36.5898	3.71135
PK25-T25 Feme - control Feme	*	57.8255	3.71135
T50 Feme - control Feme	*	94.4153	3.71135

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.27. DIFERENCIA DE COHESIVIDAD DE LOS BATIDOS FORTIFICADO SON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Feme	6	1.094	X
PK25-T25 Feme	6	3.03967	X
K50 Feme	6	3.10117	X
T50 Feme	6	4.14533	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 Feme - PK25-T25 Feme		0.0615	0.167705
K50 Feme - T50 Feme	*	-1.04417	0.167705
K50 Feme - control Feme	*	2.00717	0.167705
PK25-T25 Feme - T50 Feme	*	-1.10567	0.167705
PK25-T25 Feme - control Feme	*	1.94567	0.167705
T50 Feme - control Feme	*	3.05133	0.167705

\* indica una diferencia significativa.

### 8.7.28. DIFERENCIA DE ÍNDICE DE VISCOSIDAD DE LOS BATIDOS FORTIFICADO SON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Batido</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Feme	6	29.9588	X
PK25-T25 Feme	6	70.9055	X
K50 Feme	6	75.4502	X
T50 Feme	6	95.5215	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 Feme - PK25-T25 Feme	*	4.54467	3.05084
K50 Feme - T50 Feme	*	-20.0713	3.05084
K50 Feme - control Feme	*	45.4913	3.05084
PK25-T25 Feme - T50 Feme	*	-24.616	3.05084
PK25-T25 Feme - control Feme	*	40.9467	3.05084
T50 Feme - control Feme	*	65.5627	3.05084

\* indica una diferencia significativa.

## 8.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS MUFFINS

### 8.8.1. DIFERENCIA EN VOLUMEN ESPECÍFICO DEL CONTROL

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Feme	9	2.32913	X
Control Fe	9	2.54333	X
Control	9	2.59222	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - Control Fe		0.0488889	0,117148
Control - Control Feme	*	0.263097	0,120754
Control Fe - Control Feme	*	0.214208	0,120754

\* indica una diferencia significativa.

### 8.8.2. DIFERENCIA EN VOLUMEN ESPECÍFICO DE K50

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
k50 Feme	9	1.91333	X
k50 Fe	9	1.9325	X
k 50	9	2.13222	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
k 50 - k50 Fe	*	0.199722	0.0722637
k 50 - k50 Feme	*	0.218889	0.0701061
k 50 Fe - k50 Feme		0.0191667	0.0722637

\* indica una diferencia significativa.

### 8.8.3. DIFERENCIA EN VOLUMEN ESPECÍFICO DE T50

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T 25 Feme	9	1,80111	X
T 25 Fe	9	1,85667	XX
T 25	9	1,92778	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T 25 - T 25 Fe		0,0711111	0,072928
T 25 - T 25 Feme	*	0,126667	0,072928
T 25 Fe - T 25 Feme		0,0555556	0,072928

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.8.4. DIFERENCIA EN VOLUMEN ESPECÍFICO DE K25-T25

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25 Feme	9	1,9125	X
K25-T25 Fe	9	1,95889	X
K25-T25	9	2,1125	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - K25-T25 Fe	*	0,153611	0,0974048
K25-T25 - K25-T25 Feme	*	0,2	0,100229
K25-T25 Fe - K25-T25 Feme		0,0463889	0,0974048

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.8.5. DIFERENCIA EN VOLUMEN ESPECÍFICO DE MUFFIN SIN FORTIFICAR

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50	9	1,92778	X
K25-T25	9	2,09556	X
K50	9	2,13222	X
Control	9	2,59222	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - K25-T25	*	0,496667	0,105069
Control - K50	*	0,46	0,105069
Control - T50	*	0,664444	0,105069
K25-T25 - K50		-0,0366667	0,105069
K25-T25 - T50	*	0,167778	0,105069
K50 - T50	*	0,204444	0,105069

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.8.6. DIFERENCIA EN VOLUMEN ESPECÍFICO DEL MUFFIN FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	9	1,85667	X
K50 Fe	9	1,9325	XX
K25-T25 Fe	9	1,95889	X
Control Fe	9	2,54333	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - K25-T25 Fe	*	0,584444	0,0940971
Control Fe - K50 Fe	*	0,603333	0,0940971
Control Fe - T50 Fe	*	0,686667	0,0940971
K25-T25 Fe - K50 Fe		0,0188889	0,0940971
K25-T25 Fe - T50 Fe	*	0,102222	0,0940971
K50 Fe - T50 Fe		0,0833333	0,0940971

\* indica una diferencia significativa.

### 8.8.7. DIFERENCIA EN VOLUMEN ESPECÍFICO DEL MUFFIN FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO.

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Feme	9	1,80111	X
K25-T25 Feme	9	1,9125	X
K50 Feme	9	1,91333	X
Control Feme	9	2,32913	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Feme - K25-T25 Feme	*	0,416625	0,103561
Control Feme - K50 Feme	*	0,415792	0,100644
Control Feme - T50 Feme	*	0,528014	0,100644
K25-T25 Feme - K50 Feme		-0,000833333	0,100644
K25-T25 Feme - T50 Feme	*	0,111389	0,100644
K50 Feme - T50 Feme	*	0,112222	0,0976387

\* indica una diferencia significativa.

### 8.9. DIFERENCIA EN LA PERDIDA POR COCCIÓN DE LOS MUFFINS

#### 8.9.1. DIFERENCIA EN LA PERDIDA POR COCCIÓN DEL MUFFIN CONTROL

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control - Feme	9	19,35	X
Control - Fe	9	20,6261	X
Control- S.F.	9	20,6924	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - Fe - Control - Feme		1,27604	3,01221
Control - Fe - Control- S.F.		-0,0663502	3,01221
Control - Feme - Control- S.F.		-1,34239	3,01221

\* indica una diferencia significativa.

### 8.9.2. DIFERENCIA EN LA PERDIDA POR COCCIÓN DEL MUFFIN K25-T25

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25 - Feme	9	19,4304	X
K25-T25 - Fe	9	19,4634	X
K25-T25- S.F.	9	20,7711	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - Fe - K25-T25 - Feme		0,0329878	1,56542
K25-T25 - Fe - K25-T25		-1,3077	1,56542
K25-T25 - Feme - K25-T25		-1,34068	1,56542

\* indica una diferencia significativa.

### 8.9.3. DIFERENCIA EN LA PERDIDA POR COCCIÓN DEL MUFFIN T50

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50- Feme	9	19,3372	X
T50 - Fe	9	20,4557	X
T50	9	20,982	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - Fe – T50 – Feme		1,11844	2,51848
T50 - Fe – T50		-0,526353	2,51848
T50 - Feme – T50		-1,64479	2,51848

\* indica una diferencia significativa.

### 8.9.4. DIFERENCIA EN LA PERDIDA POR COCCIÓN DEL MUFFIN K50

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 – Feme	9	17,9701	X
K50 – Fe	9	19,2949	X
K50	9	20,1619	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - Fe - K50- Feme		1,32476	4,14168
K50 - Fe - K50		-0,867036	4,14168
K50 - Feme - K50		-2,19179	4,14168

\* indica una diferencia significativa.

### 8.9.5. DIFERENCIA EN LA PERDIDA POR COCCIÓN DEL MUFFIN SIN FORTIFICAR

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50	9	20,1619	X
Control	9	20,6924	X
K25-T25	9	20,7711	X
T50	9	20,982	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - K25-T25		-0,0786467	4,66413
Control - K50		0,530489	4,66413
Control - T50		-0,2896	4,66413
K25-T25 - K50		0,609135	4,66413
K25-T25 - T50		-0,210954	4,66413
K50 - T50		-0,820089	4,66413

\* indica una diferencia significativa.

### 8.9.6. DIFERENCIA EN LA PERDIDA POR COCCIÓN DEL MUFFIN FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Fe	9	19,2949	X
K25-T25 Fe	9	19,4634	X
T50 Fe	9	20,4557	X
Control Fe	9	20,6261	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - K25-T25 Fe		1,1627	4,10212
Control Fe - K50 Fe		1,33117	4,10212
Control Fe - T50 Fe		0,170402	4,10212
K25-T25 Fe - K50 Fe		0,168474	4,10212
K25-T25 Fe - T50 Fe		-0,992298	4,10212
K50 Fe - T50 Fe		-1,16077	4,10212

\* indica una diferencia significativa.

### 8.9.7. DIFERENCIA EN LA PERDIDA POR COCCIÓN DEL MUFFIN FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Feme	9	17,9701	X
T50 Feme	9	19,3372	X
Control Feme	9	19,35	X
K25-T25 Feme	9	19,4304	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Feme - K25-T25 Feme		-0,0803492	2,09668
Control Feme - K50 Feme		1,3799	2,09668
Control Feme - T50 Feme		0,0128039	2,09668
K25-T25 Feme - K50 Feme		1,46024	2,09668
K25-T25 Feme - T50 Feme		0,0931531	2,09668
K50 Feme - T50 Feme		-1,36709	2,09668

\* indica una diferencia significativa.

### 8.10. DIFERENCIA DE LA HUMEDAD EN LOS MUFFINS LIBRE DE GLUTEN

#### 8.10.1. DIFERENCIA DE HUMEDAD EN EL MUFFIN CONTROL

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control – Fe	6	41,775	X
Control	6	42,805	X
Control–Feme	6	42,99	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - Fe - Control– Feme		-1,215	3,40881
Control - Fe – Control		-1,03	3,40881
Control - Feme - Control		0,185	3,40881

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.10.2. DIFERENCIA DE HUMEDAD EN EL MUFFIN K25-T25

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25	2	42,45	X
K25-T25 – Feme	2	43,2	X
K25-T25 – Fe	2	44,64	X



<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - Fe - K25-T25 - Feme		1,44	4,27095
K25-T25 - Fe - K25-T25		2,19	4,27095
K25-T25 - Feme - K25-T25		0,75	4,27095

\* indica una diferencia significativa.

### 8.10.3. DIFERENCIA DE HUMEDAD EN EL MUFFIN T50

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 – Feme	2	43,15	X
T50	2	43,6	X
T50 – Fe	2	44,935	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - Fe – T50 - Feme		1,785	2,61881
T50 - Fe – T50		1,335	2,61881
T50 - Feme – T50		-0,45	2,61881

\* indica una diferencia significativa.

### 8.10.4. DIFERENCIA DE HUMEDAD EN EL MUFFIN K50

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 – Fe	2	41,395	X
K50	2	41,925	X
K50 – Feme	2	42,95	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - Fe - K50 - Feme		-1,555	1,99718
K50 - Fe - K50		-0,53	1,99718
K50 - Feme - K50		1,025	1,99718

\* indica una diferencia significativa.

### 8.10.5. DIFERENCIA DE HUMEDAD EN EL MUFFIN SIN FORTIFICAR

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50	2	41,925	X
K25-T25	2	42,45	X
Control	2	42,805	X
T50	2	43,6	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - K25-T25		0,355	3,38615
Control - K50		0,88	3,38615
Control - T50		-0,795	3,38615
K25-T25 - K50		0,525	3,38615
K25-T25 - T50		-1,15	3,38615
K50 - T50		-1,675	3,38615

\* indica una diferencia significativa.

### 8.10.6. DIFERENCIA DE HUMEDAD EN EL MUFFIN FORTIFICADO SON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR.

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Fe	2	41,395	X
Control Fe	2	41,775	X
K25-T25 Fe	2	44,64	X
T50 Fe	2	44,935	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - K25-T25 Fe		-2,865	4,25092
Control Fe - K50 Fe		0,38	4,25092
Control Fe - T50 Fe		-3,16	4,25092
K25-T25 Fe - K50 Fe		3,245	4,25092
K25-T25 Fe - T50 Fe		-0,295	4,25092
K50 Fe - T50 Fe		-3,54	4,25092

\* indica una diferencia significativa.

### 8.10.7. DIFERENCIA DE HUMEDAD EN EL MUFFIN FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Feme	2	42,95	X
Control Feme	2	42,99	X
T50 Feme	2	43,15	X
K25-T25 Feme	2	43,2	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Feme - K25-T25 Feme		-0,21	2,25026
Control Feme - K50 Feme		0,04	2,25026
Control Feme - T50 Feme		-0,16	2,25026
K25-T25 Feme - K50 Feme		0,25	2,25026
K25-T25 Feme - T50 Feme		0,05	2,25026
K50 Feme - T50 Feme		-0,2	2,25026

\* indica una diferencia significativa.

## 8.11. DIFERENCIA EN EL COLOR DE LA MIGA EN LOS MUFFINS LIBRE DE GLUTEN

### 8.11.1. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE MIGA EN EL MUFFIN CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Fe	10	68.15	X
Control	10	71.484	X
Control Feme	10	73.267	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - Control Fe	*	3.334	2.47253
Control - Control Feme		-1.783	2.47253
Control Fe - Control Feme	*	-5.117	2.47253

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.2. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE MIGA EN EL MUFFIN CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Feme	10	1.661	X
Control Fe	10	1.872	X
Control	10	3.288	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - Control Fe	*	1.461	0.454042
Control - Control Feme	*	1.652	0.454042
Control Fe - Control Feme		0.191	0.454042

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.3. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE MIGA EN EL MUFFIN CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Fe	10	14.12	X
Control Feme	10	14.237	X
Control	10	18.315	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - Control Fe	*	4.195	0.73399
Control - Control Feme	*	4.078	0.73399
Control Fe - Control Feme		-0.117	0.73399

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.11.4. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L DE MIGA EN EL MUFFIN K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25 Feme	10	47.899	X
K25-T25 Fe	10	49.494	X
K25-T25	10	49.517	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - K25-T25 Fe		0.023	1.4219
K25-T25 - K25-T25 Feme	*	1.618	1.4219
K25-T25 Fe - K25-T25 Feme	*	1.595	1.4219

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.11.5. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE MIGA EN EL MUFFIN K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25 Feme	10	5.689	X
K25-T25 Fe	10	5.707	X
K25-T25	10	6.748	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - K25-T25 Fe	*	1.041	0.178461
K25-T25 - K25-T25 Feme	*	1.059	0.178461
K25-T25 Fe - K25-T25 Feme		0.018	0.178461

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.11.6. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE MIGA EN EL MUFFIN K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25 Feme	10	8.984	X
K25-T25 Fe	10	9.71	X
K25-T25	10	11.275	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - K25-T25 Fe	*	1.565	0.420386
K25-T25 - K25-T25 Feme	*	2.291	0.420386
K25-T25 Fe - K25-T25 Feme	*	0.726	0.420386

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.7. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE MIGA EN EL MUFFIN T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	10	62.007	X
T50 Feme	10	66.925	X
T50	10	67.393	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	5.386	1.67725
T50 - T50 Feme		0.468	1.67725
T50 Fe - T50 Feme	*	-4.918	1.67725

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.8. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE MIGA EN EL MUFFIN T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	10	3.414	X
T50 Feme	10	4.378	X
T50	10	4.479	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	1.065	0.464018
T50 - T50 Feme		0.101	0.464018
T50 Fe - T50 Feme	*	-0.964	0.464018

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.9. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE MIGA EN EL MUFFIN T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	10	22.853	X
T50 Feme	10	23.529	X
T50	10	24.858	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	2.005	0.6514
T50 - T50 Feme	*	1.329	0.6514
T50 Fe - T50 Feme	*	-0.676	0.6514

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.11.10. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE MIGA EN EL MUFFIN K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Fe	10	44.201	X
K50 Feme	10	44.709	X
K50	10	45.473	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - K50 Fe		1.272	1.31328
K50 - K50 Feme		0.764	1.31328
K50 Fe - K50 Feme		-0.508	1.31328

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.11.11. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE MIGA EN EL MUFFIN K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Feme	10	6.208	X
T50 Fe	10	6.527	X
T50	10	7.095	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	0.568	0.132953
T50 - T50 Feme	*	0.887	0.132953
T50 Fe - T50 Feme	*	0.319	0.132953

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.11.12. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE MIGA EN MUFFIN K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Feme	10	6.276	X
K50	10	7.698	X
K50 Fe	10	7.716	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - K50 Fe		-0.018	0.662563
K50 - K50 Feme	*	1.422	0.662563
K50 Fe - K50 Feme	*	1.44	0.662563

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.13. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE MIGA EN LOS MUFFINS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50	10	45.473	X
K25-T25	10	49.517	X
T50	10	67.393	X
Control	10	71.484	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - K25-T25	*	21.967	1.92875
Control - K50	*	26.011	1.92875
Control - T50	*	4.091	1.92875
K25-T25 - K50	*	4.044	1.92875
K25-T25 - T50	*	-17.876	1.92875
K50 - T50	*	-21.92	1.92875

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.14. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE MIGA EN LOS MUFFINS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control	10	3.288	X
T50	10	4.479	X
K25-T25	10	6.748	X
K50	10	7.095	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - K25-T25	*	-3.46	0.327617
Control - K50	*	-3.807	0.327617
Control - T50	*	-1.191	0.327617
K25-T25 - K50	*	-0.347	0.327617
K25-T25 - T50	*	2.269	0.327617
K50 - T50	*	2.616	0.327617

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.15. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE MIGA EN LOS MUFFINS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50	10	7.698	X
K25-T25	10	11.275	X
Control	10	18.315	X
T50	10	24.858	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - K25-T25	*	7.04	0.529783
Control - K50	*	10.617	0.529783
Control - T50	*	-6.543	0.529783
K25-T25 - K50	*	3.577	0.529783
K25-T25 - T50	*	-13.583	0.529783
K50 - T50	*	-17.16	0.529783

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.16. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE MIGA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Fe	10	44.201	X
K25-T25 Fe	10	49.494	X
T50 Fe	10	62.007	X
Control Fe	10	68.15	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - K25-T25 Fe	*	18.656	1.58254
Control Fe - K50 Fe	*	23.949	1.58254
Control Fe - T50 Fe	*	6.143	1.58254
K25-T25 Fe - K50 Fe	*	5.293	1.58254
K25-T25 Fe - T50 Fe	*	-12.513	1.58254
K50 Fe - T50 Fe	*	-17.806	1.58254

\* indica una diferencia significativa.



**8.11.17. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE MIGA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR**

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Fe	10	1.827	X
T50 Fe	10	3.414	X
K25-T25 Fe	10	5.707	X
K50 Fe	10	6.527	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - K25-T25 Fe	*	-3.88	0.615163
Control Fe - K50 Fe	*	-4.7	0.615163
Control Fe - T50 Fe	*	-1.587	0.615163
K25-T25 Fe - K50 Fe	*	-0.82	0.615163
K25-T25 Fe - T50 Fe	*	2.293	0.615163
K50 Fe - T50 Fe	*	3.113	0.615163

\* indica una diferencia significativa.

**8.11.18. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE MIGA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Fe	10	7.716	X
K25-T25 Fe	10	9.71	X
Control Fe	10	14.12	X
T50 Fe	10	22.853	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - K25-T25 Fe	*	4.41	1.17273
Control Fe - K50 Fe	*	6.404	1.17273
Control Fe - T50 Fe	*	-8.733	1.17273
K25-T25 Fe - K50 Fe	*	1.994	1.17273
K25-T25 Fe - T50 Fe	*	-13.143	1.17273
K50 Fe - T50 Fe	*	-15.137	1.17273

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.19. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE MIGA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Feme	10	44.709	X
K25-T25 Feme	10	47.899	X
T50 Feme	10	66.925	X
Control Feme	10	73.267	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Feme - K25-T25 Feme	*	25.368	2.23317
Control Feme - K50 Feme	*	28.558	2.23317
Control Feme - T50 Feme	*	6.342	2.23317
K25-T25 Feme - K50 Feme	*	3.19	2.23317
K25-T25 Feme - T50 Feme	*	-19.026	2.23317
K50 Feme - T50 Feme	*	-22.216	2.23317

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.20. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE MIGA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Feme	10	1.636	X
T50 Feme	10	4.378	X
K25-T25 Feme	10	5.689	X
K50 Feme	10	6.208	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Feme - K25-T25 Feme	*	-4.053	0.35072
Control Feme - K50 Feme	*	-4.572	0.35072
Control Feme - T50 Feme	*	-2.742	0.35072
K25-T25 Feme - K50 Feme	*	-0.519	0.35072
K25-T25 Feme - T50 Feme	*	1.311	0.35072
K50 Feme - T50 Feme	*	1.83	0.35072

\* indica una diferencia significativa.

### 8.11.21. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE MIGA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Feme	10	6.276	X
K25-T25 Feme	10	8.984	X
Control Feme	10	14.237	X
T50 Feme	10	23.529	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Feme - K25-T25 Feme	*	5.253	0.453422
Control Feme - K50 Feme	*	7.961	0.453422
Control Feme - T50 Feme	*	-9.292	0.453422
K25-T25 Feme - K50 Feme	*	2.708	0.453422
K25-T25 Feme - T50 Feme	*	-14.545	0.453422
K50 Feme - T50 Feme	*	-17.253	0.453422

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12. DIFERENCIA EN EL COLOR DE LA CORTEZA EN LOS MUFFINS LIBRE DE GLUTEN

#### 8.12.1. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Fe	10	51.522	X
control Feme	10	53.239	X
Control	10	53.572	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
control - control Fe		2.05	2.5891
control - control Feme		0.333	2.5891
control Fe - control Feme		-1.717	2.5891

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.2. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Feme	10	9.417	X
control Fe	10	11.095	XX
control	10	12.837	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
control - control Fe		1.742	2.36957
control - control Feme	*	3.42	2.36957
control Fe - control Feme		1.678	2.36957

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.3. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control Feme	10	17.483	X
control	10	21.095	X
control Fe	10	22.982	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
control - control Fe		-1.887	2.84093
control - control Feme	*	3.612	2.84093
control Fe - control Feme	*	5.499	2.84093

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.4. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25 Feme	10	34.101	X
K25-T25 Fe	10	34.199	X
K25-T25	10	35.987	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - K25-T25 Fe	*	1.788	1.77453
K25-T25 - K25-T25 Feme	*	1.886	1.77453
K25-T25 Fe - K25-T25 Feme		0.098	1.77453

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.5. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25 Feme	10	7.284	X
K25-T25 Fe	10	7.691	X
K25-T25	10	8.067	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - K25-T25 Fe		0.376	0.908543
K25-T25 - K25-T25 Feme		0.783	0.908543
K25-T25 Fe - K25-T25 Feme		0.407	0.908543

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.6. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25 Feme	10	0.059	X
K25-T25	10	1.068	XX
K25-T25 Fe	10	1.828	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K25-T25 - K25-T25 Fe		-0.76	1.72648
K25-T25 - K25-T25 Feme		1.009	1.72648
K25-T25 Fe - K25-T25 Feme	*	1.769	1.72648

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.7. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	10	32.485	X
T50	10	34.525	X
T50 Feme	10	37.335	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	2.04	1.91174
T50 - T50 Feme	*	-2.81	1.91174
T50 Fe - T50 Feme	*	-4.85	1.91174

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.8. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	10	8.101	X
T50 Feme	10	8.836	X
T50	10	10.729	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	2.628	1.3396
T50 - T50 Feme	*	1.893	1.3396
T50 Fe - T50 Feme		-0.735	1.3396

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.9. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	10	1.265	X
T50 Feme	10	1.582	X
T50	10	5.927	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	4.662	1.38295
T50 - T50 Feme	*	4.345	1.38295
T50 Fe - T50 Feme		-0.317	1.38295

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.10. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Fe	10	35.006	X
K50 Feme	10	36.24	XX
K50	10	37.051	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - K50 Fe	*	2.045	1.74732
K50 - K50 Feme		0.811	1.74732
K50 Fe - K50 Feme		-1.234	1.74732

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.11. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Feme	10	6.636	X
K50	10	7.104	X
K50 Fe	10	7.879	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - K50 Fe	*	-0.775	0.761231
K50 - K50 Feme		0.468	0.761231
K50 Fe - K50 Feme	*	1.243	0.761231

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.12. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE CORTEZA EN EL MUFFIN K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Feme	10	1.247	X
K50	10	1.615	XX
K50 Fe	10	2.752	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - K50 Fe		-1.137	1.19972
K50 - K50 Feme		0.368	1.19972
K50 Fe - K50 Feme	*	1.505	1.19972

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.13. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE CORTEZA EN LOS MUFFINS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50	10	34.525	X
K25-T25	10	35.987	X
K50	10	37.051	X
Control	10	53.572	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - K25-T25	*	17.585	2.9069
Control - K50	*	16.521	2.9069
Control - T50	*	19.047	2.9069
K25-T25 - K50		-1.064	2.9069
K25-T25 - T50		1.462	2.9069
K50 - T50		2.526	2.9069

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.12.14. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE CORTEZA EN LOS MUFFINS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50	10	7.104	X
K25-T25	10	8.067	X
T50	10	10.729	X
Control	10	12.837	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - K25-T25	*	4.77	2.36041
Control - K50	*	5.733	2.36041
Control - T50		2.108	2.36041
K25-T25 - K50		0.963	2.36041
K25-T25 - T50	*	-2.662	2.36041
K50 - T50	*	-3.625	2.36041

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.12.15. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE CORTEZA EN LOS MUFFINS SIN FORTIFICAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25	10	1.068	X
K50	10	1.615	X
T50	10	5.927	X
Control	10	21.095	X



<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control - K25-T25	*	20.027	1.65061
Control - K50	*	19.48	1.65061
Control - T50	*	15.168	1.65061
K25-T25 - K50		-0.547	1.65061
K25-T25 - T50	*	-4.859	1.65061
K50 - T50	*	-4.312	1.65061

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.16. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE CORTEZA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	10	32.485	X
K25-T25 Fe	10	34.199	XX
K50 Fe	10	35.006	X
Control Fe	10	51.522	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - K25-T25 Fe	*	17.323	2.01836
Control Fe - K50 Fe	*	16.516	2.01836
Control Fe - T50 Fe	*	19.037	2.01836
K25-T25 Fe - K50 Fe		-0.807	2.01836
K25-T25 Fe - T50 Fe		1.714	2.01836
K50 Fe - T50 Fe	*	2.521	2.01836

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.17. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE CORTEZA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25 Fe	10	7.691	X
K50 Fe	10	7.879	X
T50 Fe	10	8.101	X
Control Fe	10	11.095	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - K25-T25 Fe	*	3.404	1.27047
Control Fe - K50 Fe	*	3.216	1.27047
Control Fe - T50 Fe	*	2.994	1.27047
K25-T25 Fe - K50 Fe		-0.188	1.27047
K25-T25 Fe - T50 Fe		-0.41	1.27047
K50 Fe - T50 Fe		-0.222	1.27047

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.18. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE CORTEZA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO SIN MICROENCAPSULAR

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	10	1.265	X
K25-T25 Fe	10	1.828	X
K50 Fe	10	2.752	X
Control Fe	10	22.982	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - K25-T25 Fe	*	21.154	2.75749
Control Fe - K50 Fe	*	20.23	2.75749
Control Fe - T50 Fe	*	21.717	2.75749
K25-T25 Fe - K50 Fe		-0.924	2.75749
K25-T25 Fe - T50 Fe		0.563	2.75749
K50 Fe - T50 Fe		1.487	2.75749

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.19. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO L\* DE CORTEZA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25 Feme	10	34.101	X
K50 Feme	10	36.24	X
T50 Feme	10	37.335	X
Control Feme	10	53.239	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Feme - K25-T25 Feme	*	19.138	1.45831
Control Feme - K50 Feme	*	16.999	1.45831
Control Feme - T50 Feme	*	15.904	1.45831
K25-T25 Feme - K50 Feme	*	-2.139	1.45831
K25-T25 Feme - T50 Feme	*	-3.234	1.45831
K50 Feme - T50 Feme		-1.095	1.45831

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.20. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO A\* DE CORTEZA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Feme	10	6.636	X
K25-T25 Feme	10	7.284	X
T50 Feme	10	8.836	X
Control Feme	10	9.417	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Feme - K25-T25 Feme	*	2.133	0.782414
Control Feme - K50 Feme	*	2.781	0.782414
Control Feme - T50 Feme		0.581	0.782414
K25-T25 Feme - K50 Feme		0.648	0.782414
K25-T25 Feme - T50 Feme	*	-1.552	0.782414
K50 Feme - T50 Feme	*	-2.2	0.782414

\* indica una diferencia significativa.

### 8.12.21. DIFERENCIA EN EL PARÁMETRO B\* DE CORTEZA EN LOS MUFFINS FORTIFICADO CON SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K25-T25 Feme	10	0.059	X
K50 Feme	10	1.247	X
T50 Feme	10	1.582	X
Control Feme	10	17.483	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Feme - K25-T25 Feme	*	17.424	1.55376
Control Feme - K50 Feme	*	16.236	1.55376
Control Feme - T50 Feme	*	15.901	1.55376
K25-T25 Feme - K50 Feme		-1.188	1.55376
K25-T25 Feme - T50 Feme		-1.523	1.55376
K50 Feme - T50 Feme		-0.335	1.55376

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13. DIFERENCIA EN EL ANÁLISIS DE TEXTURA DE LOS MUFFINS LIBRE DE GLUTEN

#### 8.13.1. DIFERENCIA EN LA DUREZA DEL MUFFIN CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Fe	10	3.11963	X
Control	10	3.27338	X
Control Feme	10	5.74771	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - Control Feme	*	-2.62808	0.902349
Control Fe - control		-0.153754	0.902349
Control Feme - control	*	2.47433	0.902349

\* indica una diferencia significativa.

#### 8.13.2. DIFERENCIA EN LA COHESIVIDAD DEL MUFFIN CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Feme	10	0.2	X
Control	10	0.211	XX
Control Fe	10	0.23	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - Control Feme	*	0.03	0.022677
Control Fe - control		0.019	0.022677
Control Feme - control		-0.011	0.022677

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.3. DIFERENCIA EN LA ELASTICIDAD DEL MUFFIN CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control	10	0.851	X
Control Feme	10	0.86	X
Control Fe	10	0.87	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - Control Feme		0.01	0.0322205
Control Fe - control		0.019	0.0322205
Control Feme - control		0.009	0.0322205

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.4. DIFERENCIA EN LA MASTICABILIDAD DEL MUFFIN CONTROL

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Control Fe	10	0.633924	X
Control	10	0.678772	X
Control Feme	10	0.950396	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Control Fe - Control Feme	*	-0.316472	0.195233
Control Fe - control		-0.0448474	0.195233
Control Feme - control	*	0.271624	0.195233

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.5. DIFERENCIA EN LA DUREZA DEL MUFFIN K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T25-K25 Fe	10	2.85551	X
T25-K25	10	3.07453	X
T25-K25 Feme	10	3.75854	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T25-K25 - T25-K25 Fe		0.21902	0.535177
T25-K25 - T25-K25 Feme	*	-0.684009	0.535177
T25-K25 Fe - T25-K25 Feme	*	-0.903029	0.535177

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.6. DIFERENCIA EN LA COHESIVIDAD DEL MUFFIN K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T25-K25 Feme	10	0.259	X
T25-K25	10	0.267	X
T25-K25 Fe	10	0.297	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T25-K25 - T25-K25 Fe	*	-0.03	0.0148905
T25-K25 - T25-K25 Feme		0.008	0.0148905
T25-K25 Fe - T25-K25 Feme	*	0.038	0.0148905

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.7. DIFERENCIA EN LA ELASTICIDAD DEL MUFFIN K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T25-K25 Feme	10	0.818	X
T25-K25	10	0.846	X
T25-K25 Fe	10	0.852	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T25-K25 - T25-K25 Fe		-0.006	0.0191505
T25-K25 - T25-K25 Feme	*	0.028	0.0191505
T25-K25 Fe - T25-K25 Feme	*	0.034	0.0191505

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.8. DIFERENCIA EN LA MASTICABILIDAD DEL MUFFIN K25-T25

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T25-K25 Fe	10	0.722148	X
T25-K25	10	0.777116	XX
T25-K25 Feme	10	0.803958	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T25-K25 - T25-K25 Fe		0.0549682	0.072413
T25-K25 - T25-K25 Feme		-0.0268418	0.072413
T25-K25 Fe - T25-K25 Feme	*	-0.08181	0.072413

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.9. DIFERENCIA EN LA DUREZA DEL MUFFIN T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Fe	10	3.15525	X
T50 Feme	10	3.59481	X
T50	10	4.0206	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	0.86535	0.426389
T50 - T50 Feme		0.425781	0.426389
T50 Fe - T50 Feme	*	-0.439569	0.426389

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.10. DIFERENCIA EN LA COHESIVIDAD DEL MUFFIN T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Feme	10	0.282	X
T50	10	0.291	X
T50 Fe	10	0.294	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe		-0.003	0.0203581
T50 - T50 Feme		0.009	0.0203581
T50 Fe - T50 Feme		0.012	0.0203581

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.11. DIFERENCIA EN LA ELASTICIDAD DEL MUFFIN T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Feme	10	0.788	X
T50	10	0.793	X
T50 Fe	10	0.824	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe	*	-0.031	0.0165754
T50 - T50 Feme		0.005	0.0165754
T50 Fe - T50 Feme	*	0.036	0.0165754

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.12. DIFERENCIA EN LA MASTICABILIDAD DEL MUFFIN T50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T50 Feme	10	0.786286	X
T50 Fe	10	0.857328	XX
T50	10	0.948043	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T50 - T50 Fe		0.0907148	0.145084
T50 - T50 Feme	*	0.161757	0.145084
T50 Fe - T50 Feme		0.0710419	0.145084

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.13. DIFERENCIA EN LA DUREZA DEL MUFFIN K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Fe	10	4.96256	X
K50	10	5.58963	X
K50 Feme	10	6.09918	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - K50 Fe	*	0.627069	0.557719
K50 - K50 Feme		-0.509552	0.557719
K50 Fe - K50 Feme	*	-1.13662	0.557719

\* indica una diferencia significativa.

### 8.13.14. DIFERENCIA EN LA COHESIVIDAD DEL MUFFIN K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Feme	10	0.285	X
K50 Fe	10	0.311	X
K50	10	0.311	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - K50 Fe		0	0.0200027
K50 - K50 Feme	*	0.026	0.0200027
K50 Fe - K50 Feme	*	0.026	0.0200027

\* indica una diferencia significativa.



### 8.13.15. DIFERENCIA EN LA ELASTICIDAD DEL MUFFIN K50

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>muffin</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
K50 Feme	10	0.285	X
K50 Fe	10	0.311	X
K50	10	0.311	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
K50 - K50 Fe		0	0.0200027
K50 - K50 Feme	*	0.026	0.0200027
K50 Fe - K50 Feme	*	0.026	0.0200027

\* indica una diferencia significativa.