

**Efecto de la incorporación parcial de harina de kiwicha y cañihua germinada en las características reológicas de una masa de panificación****Effect of the partial incorporation of germinated kiwicha and cañihua flour on the rheological characteristics of a bread dough****Efeito da incorporação parcial de farinha germinada de kiwicha e cañihua nas características reológicas de uma massa de pão**Wilson Daniel Simpalo-Lopez <sup>1</sup>, Luz María Paucar-Menacho<sup>2</sup>**Resumen**

La harina de trigo es el principal insumo empleado en la elaboración productos de panificación, sin embargo, muchos estudios demuestran que es posible realizar una sustitución parcial de la harina de trigo por otras harinas que contribuyen a incrementar el valor nutricional de los productos de panificación. Esta sustitución debe realizarse en proporciones adecuadas de tal manera que no afecte significativamente las propiedades reológicas de la masa de panificación. En la presente investigación se evaluó las características reológicas de mezclas de harinas de trigo con harina de granos germinados (kiwicha y cañihua). Inicialmente se caracterizó cada una de las harinas de los granos y posteriormente se procedió a evaluar la reología de estas mezclas para la elaboración de pan. Para evaluar diferentes masas formuladas se empleó un diseño experimental de mezclas, en función de la: Absorción de agua de la masa (AA), tiempo de desarrollo de la masa (TD), estabilidad de la masa (S), consistencia de la masa (C), temperatura de gelatinización de la masa (GT), gelatinización máxima de la masa (GM), resistencia a la extensión de la masa (RE), extensibilidad de la masa (E); observándose que la sustitución parcial afecta a las propiedades reológicas de la masa.

**Palabras clave:** kiwicha, cañihua, farinografía, extensografía, amilografía, germinación.

**Abstract**

Wheat flour is the main input used in the production of baked goods, however, many studies show that it is possible to partially replace wheat flour with other flours that contribute to increasing the nutritional value of baked goods. This substitution must be carried out in adequate proportions in such a way that it does not significantly affect the rheological properties of the bread dough. In the present investigation, the rheological characteristics of mixtures of wheat flour with flour of germinated grains (kiwicha and cañihua) were evaluated. Initially, each of the grain flours was characterized and subsequently the rheology of these mixtures for bread making was evaluated. To evaluate different formulated doughs, an experimental design of mixtures was used, depending on the: Water absorption of the dough (AA), dough development time (TD), dough stability (S), dough consistency (C), dough gelatinization temperature (GT), dough maximum gelatinization (GM), dough extension resistance (RE), dough extensibility (E); observing that the partial substitution affects the rheological properties of the dough.

**Keywords:** kiwicha, cañihua, farinography, extensography, amylography, germination.

**Resumo**

A farinha de trigo é o principal insumo utilizado na produção de produtos de panificação, porém, muitos estudos mostram que é possível substituir parcialmente a farinha de trigo por outras farinhas que contribuem para o aumento do valor nutricional dos produtos de panificação. Esta

<sup>1</sup>Departamento de Agroindustria y Agrónoma, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú. [wsimpalol@uns.edu.pe](mailto:wsimpalol@uns.edu.pe). <https://orcid.org/0000-0002-8397-7145>

<sup>2</sup>Departamento de Agroindustria y Agrónoma, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú. [luzpaucar@uns.edu.pe](mailto:luzpaucar@uns.edu.pe). <https://orcid.org/0000-0001-5349-6167>

Recibido: 19-03-2021

Aceptado: 06-05-2021

substituição deve ser realizada em proporções adequadas de tal forma que não afete significativamente as propriedades reológicas da massa de pão. Na presente investigação, as características reológicas de misturas de farinha de trigo com farinha de grãos germinados (kiwicha e cañihua) foram avaliados. Inicialmente, caracterizou-se cada uma das farinhas de grãos e posteriormente avaliou-se a reologia dessas misturas para panificação. Para avaliar diferentes massas formuladas, foi utilizado um desenho experimental de misturas, dependendo de: Absorção de água da massa (AA), tempo de desenvolvimento da massa (TD), estabilidade da massa (S), consistência da massa (C), temperatura de gelatinização da massa (GT), gelatinização máxima da massa (GM), resistência à extensão da massa (RE), extensibilidade da massa (E); observando que a substituição parcial afeta as propriedades reológicas da massa.

**Palavras-chave:** *kiwicha, cañihua, farinografia, extensografia, amilografia, germinação.*

## **Introducción**

La harina de trigo es el principal insumo empleado en la elaboración productos de panificación, sin embargo, muchos estudios demuestran que es posible realizar una sustitución parcial de la harina de trigo por otras harinas que contribuyen a incrementar el valor nutricional de los productos de panificación. Esta sustitución debe realizarse en proporciones adecuadas de tal manera que no afecte significativamente las propiedades reológicas de la masa de panificación, ya que estas propiedades definen la calidad fisicoquímica y organoléptica de los productos terminados. Las harinas de trigo contienen gluten que es una proteína que le confiere a la masa de panificación estabilidad, extensibilidad, etc.; propiedades necesarias para el buen desarrollo de la masa, es por ello que no es posible una sustitución total de esta harina para los productos de panificación. La información sobre las propiedades reológicas de la masa será útil para predecir la aplicación potencial de la harina de trigo y también la calidad del producto final. Dado que la proteína tiene un papel importante en la calidad del pan, la suplementación de la masa de trigo por otras harinas afecta las propiedades reológicas de la masa de harina de trigo y sus subsiguientes productos terminados (Sathe et al., 1981; Eliasson, 1990; Singh y Ram, 1990).

En el proceso de elaboración del pan (mezcla de harina y agua con otros ingredientes) hasta el paso final (horneado), los ingredientes utilizados sufren una serie de cambios físicos y químicos (Faridi y Faubion, 1990) como la evaporación del agua, formación de estructura porosa, expansión de volumen, desnaturalización de proteínas, gelatinización del almidón y formación de costras. tiene lugar durante la cocción del pan. La estructura de la miga de los productos de cereales como el pan es un factor muy importante que determina la calidad sensorial, ya que puede cuantificarse, por ejemplo, como textura o crocante, así como propiedades de almacenamiento y envejecimiento (Regier et al., 2007), esta estructura de la miga depende de la composición de la masa de panificación, es por eso muy importante adicionar las cantidades adecuadas de harinas sustitutas para que afecte significativamente la estructura de la miga del producto terminado.

Si bien es importante conservar la estructura de la miga de los productos finales de panificación, garantizando la presencia del gluten que tiene la harina de trigo; el simple consumo de pan elaborado con harina de trigo pura no es suficiente para el equilibrio de la nutrición humana, por el menor contenido de lisina, minerales y vitaminas (Liu, Mu, Sun, Zhang, & Chen, 2016). Además, los altos índices glucémicos de los productos de trigo limitan su consumo por parte de personas con diabetes y enfermedades cardiovasculares (Patel, Chandra, Alexander, Soble y Williams, 2017; Riccardi, Rivellese y Giacco, 2008). La calidad nutricional del pan al vapor puede mejorarse mediante la sustitución parcial de la harina de trigo por harina integral u otros componentes funcionales. Sin embargo, la sustitución de la harina de trigo por otros tipos de harina con bajo contenido de gluten altera las propiedades reológicas de la masa y la calidad del producto (Turkut et al., 2016), es por ello que se debe adicionar la cantidad óptima de harina sustituta. Durante la preparación de la masa, el gluten forma redes que proporcionan las

propiedades viscoelásticas esenciales de la masa y fortalecen el producto final de pan al vapor (Lagrain, Goderis y Brijs, 2010).

Es por ello que el presente trabajo pretende evaluar la influencia de la incorporación parcial de harina de kiwicha y cañihua germinada en las características reológicas de una masa de panificación con la finalidad de obtener una masa que garantice la calidad de los productos finales de panificación.

## **Materiales y métodos**

### **1. Preparación y acondicionamiento de la materia prima**

En primer lugar, se llevo a cabo la germinación de los granos, para el caso de la kiwicha los parámetros de germinación fueron  $T^{\circ}=26^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{HR}\%=90\%$ , tiempo= 72h, mientras que para la cañihua  $T^{\circ}=24^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{HR}\%=90\%$ , tiempo= 42h. Luego de la germinación se procedió a la elaboración de las harinas. Al finalizar el proceso de germinación se procedió a secar los granos a una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$  por 30h. Finalmente los granos fueron molidos hasta alcanzar una granulometría en promedio de 150  $\mu\text{m}$ , las harinas fueron envasadas al vacío en bolsas de polietileno.

### **2. Análisis de la materia prima:**

Se realizo el análisis proximal de las harinas según los métodos de la AOAC, humedad (método 925.10), grasa (método 922.06), ceniza (método 923.03), proteína (método Kjeldahl 920.87).

### **3. Análisis reológico de las masas:**

Se empleo la metodología de American Association of Cereal Chemists (AACC) International. El análisis de farinografía, conforme a la metodología 5421.02, para determinar los parámetros porcentaje de Absorción de Agua (AA), tiempo de desarrollo de la masa en minutos (DT), estabilidad de la masa en minutos (S) y consistencia de la masa (C) en Unidades Farinograficas (FE), en el Farinograph E-Brabender (AACC, 2011). El análisis de extensografía, se realizó según el método 54-10.01 empleando un Extensograph E-Brabender (AACC, 1999), para evaluar la Resistencia a la extensión de la masa (RE) en Unidades Brabender (BU) y la extensibilidad de la masa en milímetros (E), Para el Análisis Amilográfico se tuvo como parámetros la temperatura de gelatinización en  $^{\circ}\text{C}$  (GT) y la máxima Gelatinización (GM) en Unidades Amilográficas (AU)

### **2. Diseño experimental y análisis estadístico.**

En el presente estudio se estableció como variable independiente el porcentaje de harina de trigo (WF) de 80-90, porcentaje de harina de kiwicha germinada (GKF) de 5-15 y porcentaje de harina de cañihua germinada (GCF) de %-15, las cuales constituyen las materias primas para la elaboración de masas de panificación. Se consideró como variables dependientes

Como variable dependiente se consideró los parámetros reológicos de las masas formuladas como los Parámetros Farinográficos: Absorción de Agua (AA), tiempo de desarrollo de la masa en minutos (DT), estabilidad de la masa en minutos (S) y consistencia de la masa en Unidades Farinograficas (C); parámetros Extensograficos: Resistencia a la extensión de la masa en Unidades Brabender (RE) y la extensibilidad de la masa en milímetros (E) y parámetros Amilográfico: temperatura de gelatinización en  $^{\circ}\text{C}$  (GT) y la máxima Gelatinización en Unidades Amilográficas en AU (GM)

El diseño de la investigación fue experimental, se aplicó un diseño de superficie de respuesta Simplex con Centroide (DSC) con 14 tratamientos experimentales, el DSC es un diseño de mezclas. La matriz experimental se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1

Matriz de experimentos (Diseño simplex centroide para la elaboración de masas de panificación)

N°	Componentes		
	A: Harina de kiwicha germinada (%)	B: Harina de Cañihua Germinada (%)	C: Harina de trigo (%)
	1	8	8
2	15	5	80
3	10	10	80
4	5	15	80
5	5	15	80
6	5	10	85
7	7	12	82
8	5	5	90
9	15	5	80
10	10	5	85
11	7	7	87
12	5	10	85
13	12	7	82
14	5	5	90

Se realizó un análisis estadístico de regresión múltiple para evaluar el efecto de las harinas en las Variables dependientes se realizó con el programa Statistica 7.0. Se realizó un análisis de varianza (95% de confiabilidad) de modelos de regresión lineal, cuadrático y cúbico, para escoger el modelo más significativo ( $p < 0.05$ ) y de mejor ajuste ( $R^2$ ) con el cual se construyeron las superficies de respuesta para determinar los rangos de harinas que optimizan las variables dependientes.

## Resultados

### 1. Composición proximal de harinas de kiwicha y Canihua germinadas y sin germinar.

Con respecto a la humedad, proteínas y grasas expresadas en gramos, por 100 g de muestra, se observa que existen diferencias significativas entre las muestras germinadas y sin germinar, no sucediendo con el porcentaje de ceniza. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Análisis proximal de las harinas a partir de granos andinos germinados y sin germinar

Análisis Proximal*	Harina Kiwicha (Amaranthus caudatus var. Centenario) (g/100 g)		Harina Cañihua (Amaranthus pallidicaule var. Illpa) (g/100 g)	
	Sin germinar	Germinado	Sin germinar	Germinado
	Humedad	5,79 ± 0,30a	4,22 ± 0,17b	10,01 ± 0,15a
Grasa	5,10 ± 0,08a	5,86 ± 0,38b	6,18 ± 0,04a	6,23 ± 0,25a
Ceniza	2,66 ± 0,19a	2,85 ± 0,08a	2,76 ± 0,13a	2,68 ± 0,05a
Proteína	16,05 ± 0,14a	15,38 ± 0,11b	20,61 ± 0,26a	19,11 ± 0,27b

(\*) Los datos representan el valor medio ± desviación estándar de tres replicas, así mismo, letras diferentes en los valores de la misma columna, indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ),

2. Efecto de la incorporación parcial de harina de kiwicha y cañihua germinada en las características reológicas de una masa de panificación

Se realizaron el análisis farinográficos, extensográficos y amilográfico para las masas formuladas con harina de kiwicha germinada, cañihua germinada y harina de trigo, para cada una de las 14 formulaciones de las masas para panificación. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3:

*Matriz de Resultados de los parámetros reológicos de las masas formuladas con Harina de trigo (WF), Harina de kiwicha germinada (GKF) y Harina cañihua germinada (GCF).*

Formulaciones	% de las formulaciones			Parámetros Reológicos							
	GKF (%)	GCF (%)	WF (%)	AA (%)	DT (min)	S (min)	C (FE)	GT (°C)	GM (AU)	RE (BU)	E (mm)
F1	8	8	83	62.6	3.6	4.0	830	81.5	323	1014	82
F2	15	5	80	62.8	3.3	3.8	845	76.1	258	837	95
F3	10	10	80	62.7	3.7	3.8	824	80.9	271	856	72
F4	5	15	80	62.6	2.7	3.6	816	79.8	305	1040	73
F5	5	15	80	61.8	3.0	3.7	872	83.6	342	918	69
F6	5	10	85	61.1	3.6	4.2	781	82.6	354	1086	89
F7	7	12	82	62.7	3.3	3.9	801	80	306	1096	77
F8	5	5	90	63.0	4.3	5.2	764	84.5	424	1388	80
F9	15	5	80	62.6	3.3	3.9	811	82.9	266	723	72
F10	10	5	85	62.3	3.9	4.6	787	85.6	336	949	75
F11	7	7	87	63.8	3.7	4.4	791	77.5	374	1014	82
F12	5	10	85	63.7	3.6	4.4	829	84.5	357	1110	76
F13	12	7	82	63.0	3.6	3.6	856	77.4	281	729	77
F14	5	5	90	63.2	4.0	4.7	774	80.4	437	1095	80

AA: Absorción de Agua, DT: Tiempo de Desarrollo, S: Estabilidad, C: Consistencia, GT: Temperatura de Gelatinización, GM: Máxima Gelatinización, RE: Resistencia a la extensión, E: Extensibilidad, FE: Unidades Farinograficas, AU: Unidades Amilograficas, BU: Unidades Brabender

En la tabla 2, se muestra la significancia al 95% para cada uno de los modelos matemáticos que definen el comportamiento para cada una de las variables respuesta.

Tabla 4:

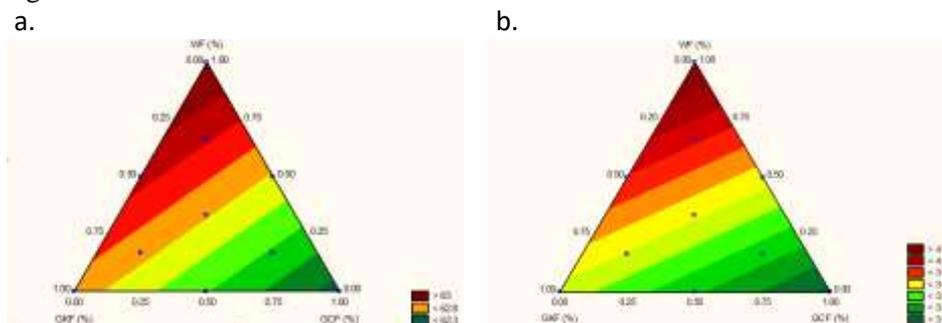
*Modelos de regresión predictiva que describen las relaciones entre las propiedades reológicas y la composición de las masas de panificación.*

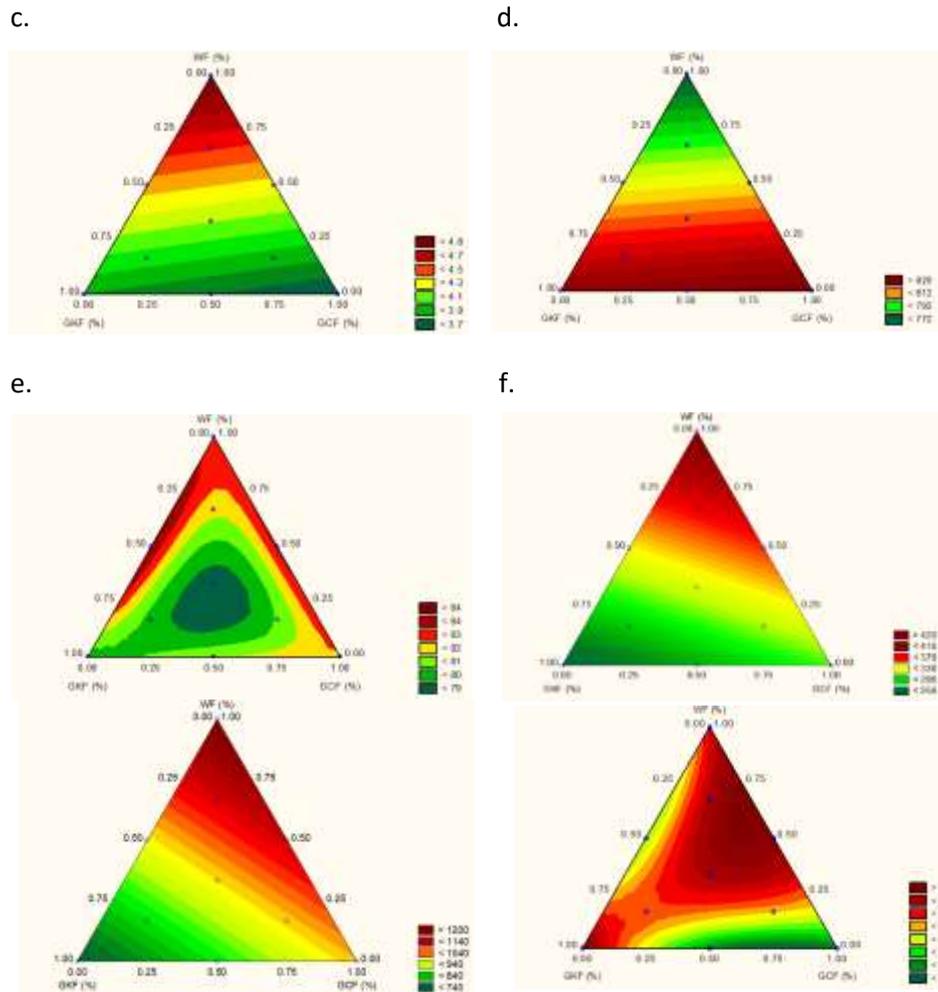
Variable dependiente	Modelo matemático	R <sup>2</sup> (pred)	R <sup>2</sup> (adj)	P-valor del modelo
Absorción de Agua	AA = + 62.75 * GKF (%) + 62.25 * GCF (%) + 63.11 * WF (%)	0.15	0.00	0.41

Tiempo de Desarrollo	$DT = + 3.46 * GKF (\%) + 2.97 * GCF (\%) + 4.12 * WF (\%)$	0.79	0.75	0.00
Estabilidad	$S = + 3.80 * GKF (\%) + 3.60 * GCF (\%) + 4.91 * WF (\%)$	0.85	0.83	0.00
Consistencia	$C = + 833.01 * GKF (\%) + 838.63 * GCF (\%) + 769.23 * WF (\%)$	0.57	0.49	0.01
Temperatura de Gelatinización	$GT = + 79.30 * GKF (\%) + 81.85 * GCF (\%) + 81.98 * WF (\%) + 0.94 * GKF (\%) * GCF (\%) + 14.54 * GKF (\%) * WF (\%) + 5.28 * GCF (\%) * WF (\%) - 132.22 * GKF (\%) * GCF (\%) * WF (\%)$	0.42	0.00	0.74
Máxima Gelatinización	$GM = + 253.56 * GKF (\%) + 309.62 * GCF (\%) + 421.82 * WF (\%)$	0.95	0.94	0.00
Resistencia a la extensión	$RE = + 735.94 * GKF (\%) + 997.27 * GCF (\%) + 1209.47 * WF (\%)$	0.75	0.70	0.00
Extensibilidad	$E = + 83.25 * GKF (\%) + 71.00 * GCF (\%) + 80.14 * WF (\%) - 22.51 * GKF (\%) * GCF (\%) - 27.65 * GKF (\%) * WF (\%) + 28.27 * GCF (\%) * WF (\%) + 151.93 * GKF (\%) * GCF (\%) * WF (\%)$	0.44	0.03	0.98

Abreviaturas: GKF, harina de kiwicha germinada; GCF, harina de cañihua germinada; WF, harina de trigo.

En la figura 1, se muestra la superficie de contorno de cada una de las variables respuesta en función al porcentaje de harina de kiwicha germinada, harina de cañihua germinada y harina de trigo. En la figura 1a nos muestra un incremento de la absorción de la masa a medida que se incrementa el porcentaje de harina de trigo y una disminución cuando se incrementa el porcentaje de harina de kiwicha y cañihua germinada. En la figura 1b nos muestra un incremento notable del tiempo de desarrollo de la masa cuando se incrementa el porcentaje de harina de trigo y una disminución de este cuando se incrementa el porcentaje de harina de kiwicha germinada. En la figura 1c nos presenta la influencia del porcentaje de harinas sobre la estabilidad de la masa notándose un incremento de dicho parámetro cuando se incrementa el porcentaje de harina de trigo. En la figura 1d nos muestra un incremento de la consistencia de la masa cuando se incrementa el porcentaje de harina de kiwicha y cañihua germinada. En la figura 1e se muestra el comportamiento de la temperatura de gelatinización el cual es irregular para los porcentajes de harinas estudiados. En la figura 1f, nos muestra el comportamiento de la gelatinización máxima de la masa, la cual se incrementa cuando se incrementa la harina de trigo y disminuye cuando se incrementa el contenido de harina de cañihua. En la figura 1g, se muestra la tendencia de la resistencia a la extensión de la masa notándose un incremento importante cuando se aumenta el porcentaje de harina de trigo y una notable disminución cuando se incrementa el porcentaje de cañihua. En la figura 1h se muestra el comportamiento de la extensibilidad de la masa, notándose un incremento más marcado cuando aumenta el porcentaje de harina de trigo con la harina de cañihua germinada.





**Figura 1:**  
 Gráfico de contorno a. Absorción de agua de la masa (AA). b. Tiempo de desarrollo de la masa (TD). c. Estabilidad de la masa (S). d. Consistencia de la masa (C). e. Temperatura de gelatinización de la masa (GT). f. Gelatinización máxima de la masa (GM). g. Resistencia a la extensión de la masa (RE). h. Extensibilidad de la masa (E).

## Discusión

En la tabla 1, se muestra el análisis proximal de las harinas de kiwicha y cañihua germinados, mostrando una diferencia significativa entre los granos germinados y sin germinar en el contenido de grasas, humedad y proteínas a diferencia del contenido de ceniza cuyos valores fueron semejantes. Guardianelli, Salinas y Puppo (2019), realizaron un análisis a la harina de cañihua no germinada obteniendo como resultado 11% de humedad, 13% de proteína, 6% de grasa y 2.4% de ceniza, estos resultados fueron similares a los presentados en esta investigación. Por otro lado, Guardianelli et al. (2019), hicieron un análisis proximal de la harina de cañihua germinada obteniendo 8.8% de humedad, 2.8 % de ceniza, 5.4% de grasa y 14.6% de proteínas, dichos valores difieren de los reportados en esta investigación. Los diferentes resultados de la composición de los granos se deben principalmente a las variedades del grano, factores climatológicos, medioambientales, suelos y practicas agronómicas (Migliorini et al. 2016). Con respecto al contenido de ceniza en la presente investigación no muestra una diferencia significativa entre los granos germinados y sin germinar; este resultado es similar al reportado por Colmenares (2015), quien manifiesta que la germinación de la kiwicha no genera un cambio en el contenido de la ceniza. Mientras que Chahuan et al. (2015), reporto un incremento de la ceniza cuando este grano es germinado. Esta diferencia del contenido de ceniza en los granos es

debido posiblemente al tipo de ecotipo y variedad del grano. Con respecto al contenido de proteína en la presente investigación existe una diferencia significativa entre los granos germinados y sin germinar siendo el contenido menor en los granos germinados, estos resultados son similares al reportado por Colmenares (2015); por otro lado, Luna (2015) reportó que la cañihua germinada presenta un incremento de la proteína respecto a los granos sin germinar, de igual manera Chahuan et al. (2015), manifiesta también haberse incrementado el contenido de proteína después de la germinación del grano de kiwicha.

En la tabla 4 podemos ver el efecto estadístico significativo para un nivel de confianza del 95% para cada uno de los modelos que describen el comportamiento de las variables respuesta; a excepción de los modelos matemáticos de absorción de agua, temperatura de gelatinización y extensibilidad cuyos modelos no son significativos estadísticamente. En la Figura 1 se muestra las superficies de contorno de cada uno de los modelos significativos estadísticamente (tiempo de desarrollo, estabilidad, consistencia, máxima gelatinización y resistencia a la extensión). Con respecto al tiempo de desarrollo y a la estabilidad se puede notar en sus superficies de contorno un incremento cuando incrementa el porcentaje de harina de trigo, según Wang et al. (2017) indica que las harinas de trigo con una granulometría fina presentan un mayor tiempo de desarrollo y mayor estabilidad lo cual se corrobora en el presente estudio. Con respecto a la consistencia de la masa según los resultados de la presente investigación nos muestra un incremento cuando aumenta el contenido de la harina de kiwicha y cañihua germinada, mientras que un incremento del contenido de harina de trigo genera una disminución de la consistencia de la masa. Con respecto a la gelatinización máxima de la masa, esta se incrementa cuando aumenta el porcentaje de harina de trigo y disminuye cuando se incrementa el porcentaje de harina de kiwicha y cañihua germinada; la gelatinización es una propiedad fisicoquímica importante para definir el uso de los almidones en alimentos (Wang y White, 1994); la temperatura de gelatinización depende de las características de cada almidón (Eerlingen y Delcour, 1995). Con respecto a la resistencia a la extensión de la masa, se puede notar un incremento de esta propiedad cuando incrementa el porcentaje de harina de trigo, el incremento de esta resistencia es debido a las gluteninas que son proteínas resistentes y gomosas (Hoseney, 1994).

### **Conclusiones**

La sustitución parcial de la harina de trigo por harina de kiwicha y cañihua germinada afectan significativamente al tiempo de desarrollo, estabilidad, consistencia, gelatinización máxima y resistencia a la extensión en las masas de panificación, mientras que no afecta significativamente a la absorción de agua, temperatura de gelatinización y extensibilidad de la masa.

### **Agradecimiento**

El reconocimiento al “Proyecto de Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica” 8682-PE, al “Banco Mundial”, al “CONCYTEC” y “FONDECYT” como entidad financiadora a través de la subvención Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico 2018.

### **Referencias**

- Chahuan, A., Saxena, D. & Singh, S. (2015). Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), pp. 939-945. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115>
- Colmenares, S. (2015). Efecto de la germinación sobre la composición química y nutricional de la semilla de amaranto (*Amaranthus* spp.). [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos]. Repositorio de la Universidad de San Carlos Guatemala. Disponible en: <http://www.researchgate.net>.
- Eerlingen, R. & Delcour, J. (1995). Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. *Journal of Cereal Science*, 22(2), pp. 129-138. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0733-5210\(95\)90042-X](https://doi.org/10.1016/0733-5210(95)90042-X)

- Eliasson, A.C., 1990. In: Faridi, H., Faubion, J. (Eds.), *Rheological Properties of Cereal Proteins in Dough Rheology and Baked Product Texture*. Van Nostrand, Reinhold, pp. 67–110
- Faridi, H., Faubion, J.M., 1990. *Dough Rheology and Baked Product Texture*. Van Nostrand, Reinhold, New York.
- Guardianelli, L., Salinas, M. & Puppo, M. (2019). Chemical and thermal properties of flours from germinated amaranth seeds. *Journal of Food Measurement and Characterization*, Vol. 13, pp. 1078-1088. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-018-00023-1>
- Hoseney, R. (1994). *Principales of cereal science and technology*. MN: AACC International. ISBN: 1891-127632
- Lagrain, B., Goderis, B., & Brijs, K. (2010). Molecular basis of processing wheat gluten toward biobased materials. *Biomacromolecules*, 11(3), 533–541.
- Liu, Q. (2010). A study of enzymatic hydrolysis of starch in potato pulp. *Journal of Food Science*, 67(6), 2113–2117.
- Luna, E. (2015). *Influencia del germinado y cocción húmeda en compuestos bioactivos de dos accesiones de cañihua (Chenopodium Pallidicaule Aellen) [Tesis de bachiller, Universidad Nacional del Altiplano]*. Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2816>
- Migliorini, P., Spagnolo, S., Torri, L., Arnoulet, M., Lazzerini, G. & Ceccarelli, S. (2016). Agronomic and quality characteristics of old, modern and mixture wheat varieties and landraces for organic bread chain in diverse environments of northern Italy. *European Journal of Agronomy*, Vol. 79, pp. 131–141. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.05.011>
- Patel, H., Chandra, S., Alexander, S., Soble, J., & Williams, K. A. (2017). Plant-based nutrition: An essential component of cardiovascular disease prevention and management. *Current Cardiology Reports*, 19(10), 104.
- Regier, M., Hardy, E.H., Knoerzer, K., Leeb, C.V., Schuchmann, H.P., 2007. Determination of structural and transport properties of cereal products by optical scanning, magnetic resonance imaging and Monte Carlo simulations. *J. Food Eng.* 81, 485–491.
- Riccardi, G., Rivellese, A. A., & Giacco, R. (2008). Role of glycemic index and glycemic load in the healthy state, in prediabetes, and in diabetes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87(1), 269S–274S.
- Sathe, S.K., Ponte Jr., J.G., Rangnekar, P.D., Salunkhe, D.K., 1981. Effects of addition of great northern bean flour and protein concentrates on rheological properties of dough and baking quality of bread. *Cereal Chem.* 58, 97–100.
- Singh, P.N., Ram, H., 1990. Effect of phosphorous and sulphur application on protein and amino acid contents in chickpea. *Indian J. Pulses Res.* 3, 36–39.
- Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174–181.
- Wang, N., Hou, G. & Dubat, A. (2017). Effects of flour particle size on the quality attributes of reconstituted whole-wheat flour and Chinese southern-type steamed bread. *LWT Food Sci Technol*, vol. 82, pp. 147–153. Disponible en: [doi:10.1016/j.lwt.2017.04.025](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.025)
- Wang, L. & White, P. (1994). Structure and properties of amylose, amylopectin and Intermediate materials of oat starches. *Cereal Chemistry*, 71(5), pp. 263-268.