



Elaboración de pan con incorporación de harina de pulpa de coco y nibs de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

Elaboration of bread with the incorporation of coconut pulp flour and sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) nibs

Elizabeth S. Ordoñez*^{ID}; Kelly A. Castillo; Darlym Reátegui^{ID}; Victor E. Condori

Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Carretera central km 1.21, Tingo María, Perú.

RESUMEN

La investigación abarcó el estudio de las características sensoriales y fisicoquímicas de los panes elaborados con incorporación de harina de pulpa de coco y nibs de sachá inchi. Para ello, se realizaron diez formulaciones y un testigo para evaluarlos sensorialmente hasta obtener las dos mejores formulaciones; resultando las que contenían 12,5% de harina de pulpa de coco con 7,5% (T₄) y 12,5% (T₅) de nibs de sachá inchi, de los cuales resaltaron sus atributos de aroma, textura y volumen-simetría. Asimismo, las propiedades fisicoquímicas como la humedad fueron estadísticamente iguales (22,99 – 24,44%) al testigo; al contrario, la acidez, volumen y volumen específicos fueron diferentes a este. Los valores de pH y densidad aparente fueron similares entre el testigo y T₄ pero diferentes al T₅; sin embargo, el índice de absorción de agua y retención de gas entre T₄ y T₅ fueron inferiores al testigo y la capacidad de absorción de agua subjetiva fue mayor en el testigo. Finalmente, el análisis farinográfico de las masas determinó un aumento del porcentaje de absorción de agua (69%), un descenso del tiempo de desarrollo (4,3 minutos), causando menor estabilidad a la masa (2,4 minutos) y aumentó su índice de tolerancia (129,7 UF).

Palabras clave: pan; evaluación sensorial; componentes principales; análisis farinográfico.

ABSTRACT

The research covered ground the survey to sensory and physicochemical characteristics of the bread make with coconut pulp flour and sachá inchi's nibs. Hence, ten formulations and a control were conducted to evaluate the sensorially until to obtain the best two formulations; were those that contained 12.5% of coconut pulp flour with 7.5% (T₄) and 12.5% (T₅) of sachá inchi's nibs, of which they highlighted their aroma, texture and volume-symmetry attributes. Also, the physicochemical properties such as moistness were statically the same (22.9% - 24.44%) as the control; on the contrary, the acidity, volume and specific volume were different from this. The pH value and the apparent density were similar between the control and T₄ but different to the T₅; although, the water absorption and gas retention indices between T₄ and T₅ were lower than the control and subjective water absorption capacity was highest in the control. In the end, the farinographic analysis of the doughs determined an increase in the percentage of water absorption (69%); a decrease in the development time (4.3 minutes), causing less stability to the dough (2.4 minutes) and increased the tolerance index (129.7 UF).

Keywords: bread; sensory evaluation; main components; farinographic analysis; coconut-pulp flour.

1. Introducción

El pan es un alimento antiguo, horneado y ampliamente consumido en el mundo, probablemente una de las tecnologías más antiguas (Lakshmi *et al.*, 2015; Genenu *et al.*, 2017). Este alimento puede ser fortificado para mejorar el valor nutricional/salud de las personas (Lakshmi *et al.*, 2015). Por ello, existen variedades de pan

de diferentes tamaños, formas y mezclas de harina de trigo y otros los ingredientes, que generan una masa húmeda, viscoelástica cohesiva que incorpora aire. Este último es producto de la fermentación por acción de la levadura puesto que en la masa se albergan celdas de gas en las que el dióxido de carbono provoca el desarrollo de volumen (Bakare *et al.*, 2016). Por otro lado, para la elaboración del pan

más de un tercio de la población mundial utiliza el trigo como parte principal de su formulación (Bushara et al., 2016). Esta harina en nuestro país es importada; por ello, se genera la necesidad de buscar alternativas en los recursos agrícolas de nuestra región (cereales, tubérculos, semillas y otras) para poder procesarlas y obtener harinas compuestas, estas se han utilizado ampliamente en la preparación de productos horneados, para identificar principalmente los roles funcionales de los componentes de la harina y su aceptación organoléptica (Lakshmi et al., 2015) y el comportamiento de las propiedades reológicas de las masas (De La Horra et al., 2012).

El Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo), es conocido como “mani de los incas” o “mani de la montaña”, es una planta nativa de la selva tropical peruana, crece en una altitud entre 200 a 1500 msnm; según la caracterización química de esta semilla tiene alto contenido de proteína 33% y aceite 49% (Liu et al., 2014). Este último contiene ácido graso linoléico (32% - 37%) y alfa-linolénico (42-48%) los mismos que el organismo humano no puede sintetizarlos (Paucar-Menacho et al., 2015; Alayón y Echeverri, 2016). Por otro lado, las semillas son una excelente fuente de compuestos bioactivos, como: fitosteroles, campesterol, estigmasterol y β -sitosterol (Chirinos et al., 2013). Actualmente la industria alimentaria incorpora ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) en la elaboración de productos de panadería como suplemento nutricional (Leandro et al., 2012), bajo esta premisa se busca incorporar los nibs en panes, que son las semillas tostadas y trituradas las mismas poseen un color marrón y un sabor poco astringente (Guerra y Obregon, 2015).

La harina de pulpa de coco es aquella hecha del subproducto de la obtención de leche de coco, esta harina no posee gluten, pero si alto contenido de fibra que puede considerarse potencialmente como alimento funcional Erminawati et al. (2017). Esta fibra se relaciona con varios efectos fisiológicos y metabólicos; por ejemplo, en el tracto digestivo la fibra dietética ejerce un efecto amortiguador que vincula el exceso de ácido en el estómago aumentando el volumen fecal y estimulando la evacuación intestinal, además, proporciona un ambiente favorable para el crecimiento de la flora intestinal beneficiosa (Arumugam et al., 2015); por lo indicado actualmente las personas son más conscientes del consumo de alimentos saludables. La harina de coco puede ser utilizada como material para sustituir la harina de trigo en la elaboración de pan, fideos y galletas Dat y Phuong (2017). La incorporación de esta harina en pan provocaría

cambios en la reducción de volumen, alteración de color y sabor, aumento de la absorción de agua y menor tolerancia a la fermentación (Maia et al., 2015; Oliveira et al., 2007). Así mismo, las masas obtenidas a partir de harina de trigo son materiales viscoelásticos, por la presencia de proteínas formadoras de gluten absorben agua y desarrollan una red capaz de resistir el proceso de mezclado; sin embargo, las sustituciones por harinas libres de gluten conducen a un debilitamiento de la masa (Nogueira et al., 2018), modificación del tiempo de desarrollo, estabilidad y ablandamiento de la masa, (Bushara et al., 2016). Por lo expuesto se hace necesario estudiar las características sensoriales y fisicoquímicas de los panes elaborados con incorporación de harina de coco y nibs de sachá inchi.

2. Material y métodos

2.1. Materia prima

Harina de coco: se cosecho cocos maduros mayores de 8 meses, se descascarillo y corto, la pulpa fue rallada y se añadió agua en una relación de 1:1 (w:w), la mezcla fue prensada y el residuo fue secado con aire caliente a 60 °C hasta humedad constante 8,5%, se tamizó en malla granulométrica # 30 (0,595 mm).

Nibs de sachá inchi: fue proveído por Agroindustrias Makao Perú SAC, el tamaño de partícula se homogenizó pasando por una malla granulométrica # 14 (1,41 mm).

2.2. Formulación y proceso de elaboración de un pan

Todos los insumos fueron pesados de acuerdo a cada formulación (Tabla 1), se mezcló primero los ingredientes secos: harina, sal, azúcar, mejorador, leche en polvo y levadura fresca; luego, los ingredientes húmedos: huevo, margarina, esencia de vainilla y agua; para ser amasada hasta alcanzar el punto liga. Después, se adicionó la harina de coco y nibs de sachá inchi; la masa fue dividida en porciones de 30 g, se boleó y fue fermentado (38,5-39,5 °C y 80%-85% HR por 120 minutos aproximadamente). Finalmente, fue horneado a 115 °C/15-20 min, dejándolo enfriar para su posterior análisis.

2.3. Evaluación sensorial

La evaluación se realizó en dos etapas, para la primera y segunda se utilizó una ficha con escala hedónica de 5 puntos, los atributos considerados fueron los propuestos por Maia et al. (2015) color, volumen-simetría, aroma, textura y sabor. Se contó con 55 panelistas semi-entrenados,

varones y mujeres mayores de 18 años, las degustaciones se realizaron entre las 10:00 a 11:00am, cada panelista recibió en un plato los tratamientos (panes) y la ficha de evaluación. Para la segunda evaluación no se consideró el atributo color y trabajó con 15 panelistas, las degustaciones se realizaron siguiendo las mismas consideraciones que la primera.

Tabla 1

Formulaciones para la elaboración del pan con incorporación de harina de coco y nibs de sachá inchi

Tratamiento	Harina (%)	Harina de coco (%)	Nibs de sachá inchi (%)
T1	100	0	0
T2	87,5	12,5	0
T3	92,5	0	7,5
T4	80	12,5	7,5
T5	75	12,5	12,5
T6	74	18,5	7,5
T7	69	18,5	12,5
T8	67,5	25	7,5
T9	62,5	25	12,5
T10	61,25	31,25	7,5
T11	56,25	31,25	12,5

2.4. Análisis fisicoquímico del pan

La humedad se determinó mediante el método 931.04 (AOAC, 1997); el pH y acidez fue siguiendo el método propuesto por Souza et al. (2017). Para el Volumen se utilizó el método recomendado por Vega et al. (2015); la medición se realizó después del horneado, se mide el volumen de las semillas de linaza desplazados por el espacio ocupado por el pan. El volumen específico del pan se calculó como el cociente entre el volumen neto del pan y su peso. Densidad aparente fue calculada considerando el peso y volumen de pan (Awolu et al., 2017).

Índice de absorción de agua (IAA): La harina, se pasó por una malla de 180 mm, para normalizar el tamaño de la muestra. 0,5 g (b.s.) de muestra, se pesaron en tubos de centrifuga, utilizando una balanza analítica (BBL31 Boeco, Beockel+Co, Alemania). Se adicionó 6ml de agua destilada a 30 °C y se incubó en el baño con agitación (WiseBath, Wisd Laboratory Instruments, USA), durante 30 min. Posteriormente, se centrifugó a 5000 rpm, por 20 min, en una centrifuga (EBA 12, Hettich Zentrifugen, Tuttlingen, Alemania). El sobrenadante se decantó, se midió su volumen, se filtró y se tomó 2 ml de filtrado para secarlo a 90 °C, por 4 h. El gel retenido en los tubos se pesó. El IAA se determinó de acuerdo a la ecuación 1 (Anderson et al., 1969).

$$IAA = \text{Peso gel (g)}/\text{Peso muestra (g)} \quad (1)$$

Capacidad de absorción de agua subjetiva: 100 g de harina fue adicionado agua de forma gradual, realizando un amasado manual suave hasta obtener una masa de buena consistencia, la cantidad de agua adicionada se registró como la capacidad de absorción de agua de la harina en mL de agua/100 g de harina (Flores et al., 2002). Retención de gas (RG): Se preparó 200 g de masa panificable y se introdujo en una probeta de 500 mL, luego se midió el aumento del volumen a intervalos de 15 minutos por 2 horas se calculó mediante la ecuación 2 (Salazar et al., 2004).

$$\%RG = (\text{volumen final}-\text{volumen inicial})/(\text{volumen final}) * 100 \quad (2)$$

2.5. Características reológicas de las masas-farinograma

El comportamiento de la masa se evaluó utilizando un farinógrafo Brabender (Brabender-modelo Dough Lab 2500-Australia), se utilizaron 300 g de cada formulación, se determinó por el programa doughLAB for Windows software, determinando el porcentaje de absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad de la masa, índice de tolerancia, el método recomendado por Bushara et al. (2016).

2.6. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados mediante un ANOVA unifactorial con la prueba de tukey con $p < 0,05$ (Hernández et al., 2014) y un análisis multivariado con componentes principales (ACP) y un Cluster (dendrograma) (Franco y Hidalgo, 2003). El cálculo se realizó en el InfoStat versión P 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

3. Resultados y discusión

3.1. Evaluación sensorial del pan

Los atributos sensoriales del pan como apariencia, color, olor, textura y flavor fueron evaluados y los resultados de los promedios ajustados de cada uno fueron analizados mediante componentes principales Figura 1 (a), podemos concluir que en el biplot de variables del primer componente (CP1) separa el atributo de color de las demás variables el cual representa 45,1% de la variabilidad total de la evaluación sensorial de los atributos en el pan, asimismo el atributo de volumen-simetría y textura del pan representa 38,3% de la variabilidad del segundo compo-

nente (CP2) y en general ambos componentes representan el 83,4% de la variabilidad total. El color es el primer atributo para la aceptación de un alimento. De los resultados podemos indicar que el testigo y los demás tratamientos que tuvieron la adición de harina de coco y nibs de sachá inchi no presentaron diferencia estadística significativa y tuvieron un calificativo entre “amarillo claro a amarillo muy claro”. El CP2 fue representado por los atributos de volumen-simetría y textura permitiendo diferenciar los tratamientos T₄ (12,5 % HC: 7,5% NSI) y T₅ (12,5 % T_C: 12,5 % NSI) siendo calificados como “esponjosa y suave” demostrando que estos tratamientos son los mejores. Al respecto Valcárcel y Da Silva (2013) indican que el atributo textura es una característica que los consumidores aprecian, se deriva de su estructura y es definido como el conjunto de atributos mecánicos, geométricos y superficiales.

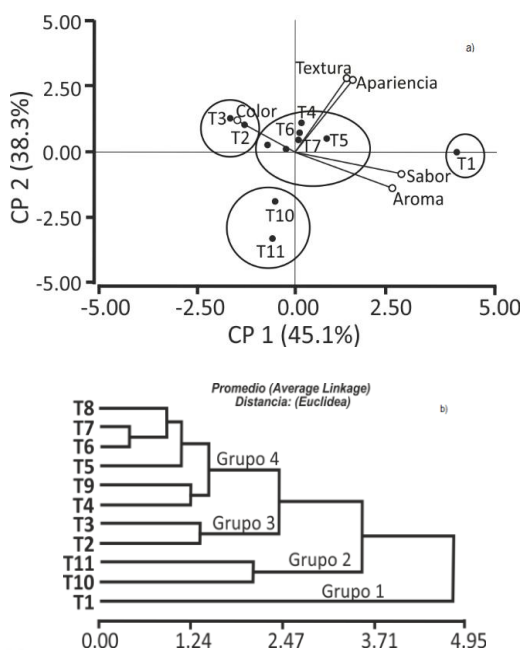


Figura 1. a) Comportamiento del biplot. b) Análisis de conglomerados de la evaluación sensorial de los panes con incorporación de harina de coco y nibs de sachá inchi.

Realizando el análisis estadístico mediante conglomerados Figura 1 (b), podemos diferenciar cuatro grupos el primer grupo representa el 9,09% y está conformado por el testigo (solo harina de trigo), con una calificación de color amarillo claro, volumen-simetría muy esponjosa, aroma y sabor solo a pan dulce y textura muy suave. El segundo grupo estuvo conformado por T₁₀ y T₁₁ (31,25% HC: 7,5 % NSI y 12,5%NSI) y representa el 18,2%, como se puede apreciar en

estos tratamientos se consideró el mayor porcentaje de harina de coco, siendo más afectado los atributos de volumen-simetría y textura, este comportamiento puede atribuirse a lo citado por Villa y Mejía (2015), quien explica que la harina de coco es ligeramente dulce con alto contenido de proteína y fibra, crea productos horneados muy densos. El tercer grupo estuvo representado por el 18,2% y está conformado por los T₂ (12,5% HC) y T₃ (7,5% NSI), estos tratamientos se vieron afectados en los atributos aroma y sabor; este efecto posiblemente se debe a lo indicado por Maia et al. (2015), los panes con su sustitución parcial de harina de trigo por harina de coco, promueve algunos efectos en la alteración de aroma y sabor. El cuarto grupo representa el 54,5%, estuvo conformado por los tratamientos que tuvieron harina de coco y nibs de sachá inchi en un rango entre 7,5 a 12,5 %, T₄ (12,5%HC: 7,5%); T₅ (12,5%HC: 12,5%NSI); T₆ (18,5%HC: 7,5%NSI); T₇ (18,5%HC: 12,5%NSI); T₈ (25%HC: 7,5%NSI); T₉ (25%HC: 12,5%NSI), y todos fueron calificados con aroma y sabor a sachá inchi agradable. De los 11 tratamientos analizados solo 4 tratamientos fueron los que tuvieron el menor calificativo, los 6 restantes incluidos al testigo fueron muy similares y como el objetivo fue obtener solo dos tratamientos para realizar las evaluaciones físicas, fisicoquímicas y farinográficas se procedió a realizar una nueva evaluación sensorial.

Los resultados de la segunda evaluación sensorial referido a la incorporación de harina de coco y nibs de sachá inchi en pan, fueron T₄, T₅, T₆, T₇, T₈, T₉ analizados mediante componente principales Figura 2 (a), según los resultados estadísticos podemos concluir que en el biplot de variables del primer componente (CP1) separa al atributo de sabor que representa el 45,8% de la variabilidad total de la evaluación sensorial, el (CP2) fue representado por el atributo de aroma y le correspondió el 30,2% de la variabilidad y en general ambos componentes representan el 76% de la variabilidad total. Analizando el CP1 de los resultados de la evaluación sensorial en los panes elaborados con incorporación de harina de coco y nibs de sachá inchi en los tratamientos T₄ y T₅ el sabor fue calificado de “solo coco y sachá inchi”, al respecto Pacheco (2016) indica que el buen sabor de los panes es el reflejo de la calidad de su fabricación. El CP2 fue representado por el atributo aroma que es otro de los factores determinantes en la aceptación por el consumidor Delgado y Sanchez (2013).

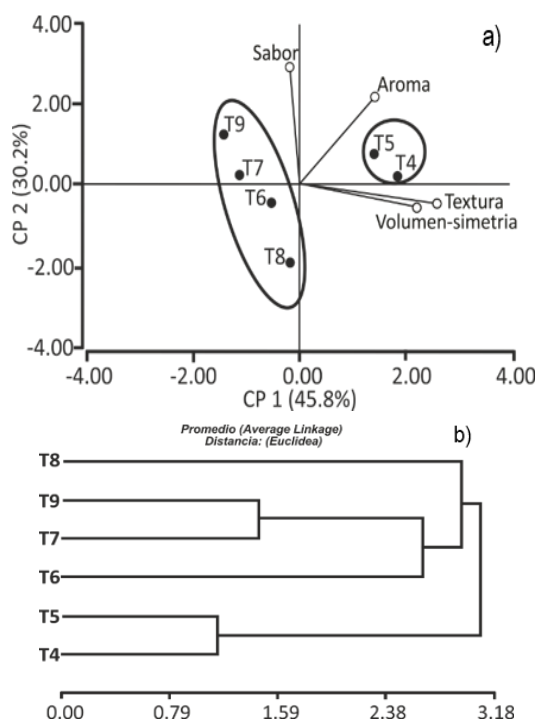


Figura 2. a) Comportamiento del biplot. b) Análisis de conglomerados de la evaluación sensorial de los panes con incorporación de harina de coco y nibs de sachá inchi.

Realizando el análisis estadístico mediante conglomerado **Figura 2** (b), podemos apreciar que los tratamientos T₄ y T₅ formaron un grupo y representan el 33,3%, siendo los que tuvieron puntaje más alto en el atributo de volumen-simetría con calificativo de “esponjoso”. Así

mismo [Hernández y Duran \(2012\)](#), describen que un pan siempre debe tener una buena apariencia física, comenzando con la forma externa. Los tratamientos T₄ y T₅ tuvieron el puntaje más alto en el atributo textura. Los tratamientos T₆, T₇, T₈ y T₉ representan el 66,7%, estos tratamientos tuvieron mayor porcentaje en la formulación de harina de coco y nibs de sachá inchi y fueron los que se vieron afectados casi en todos los atributos sensoriales. De la segunda etapa de evaluación sensorial se seleccionó como mejores tratamientos T₄ y T₅ incluido el testigo, para proseguir con las evaluaciones físicas, fisicoquímicas y farinográficas.

3.2. Evaluación fisicoquímica del pan

Humedad: En los panes elaborados sin y con incorporación de harina de coco y nibs de sachá inchi no existió diferencia estadística, el rango estuvo comprendido entre $22,90 \pm 0,11$ a $24,44 \pm 0,50\%$ (Tabla 2), el resultado reportado se encuentra dentro de lo indicado por, [RM N°1020-2011/MINSA \(2011\)](#) la humedad del pan común esta entre 23% a 35%, en bizcochos y similares 40%.

pH: Los resultados presentaron diferencia estadística ($p \leq 0,05$), encontramos que el testigo fue igual al T₄, pero ambos diferentes al T₅. Según [Lopez et al. \(2017\)](#) indica que el pH en la panificación tiene acción conservante aumentando la vida útil del alimento.

Tabla 2

Evaluación fisicoquímica de los panes con incorporación de harina de coco y nibs de sachá inchi

Características fisicoquímicas	T1 (Testigo)	T4	T5
Humedad (%)	$24,44 \pm 0,27^a$	$23,74 \pm 0,50^a$	$22,99 \pm 0,11^a$
pH	$5,72 \pm 0,005^a$	$5,72 \pm 0,012^a$	$5,64 \pm 0,023^b$
Acidez	$0,10 \pm 0,003^a$	$0,06 \pm 0,003^b$	$0,06 \pm 0,003^b$
Volumen (mL)	$101,33 \pm 2,02^a$	$77,33 \pm 0,33^b$	$77,33 \pm 0,88^b$
Volumen específico (mL/g)	$3,38 \pm 0,11^a$	$2,66 \pm 0,02^b$	$2,63 \pm 0,03^b$
Desidad aparente (g/mL)	$0,37 \pm 0,01^a$	$0,37 \pm 0,003^a$	$0,29 \pm 0,006^b$

Los resultados son el $X \pm SEM$, $n=3$ con un $p < 0,05$. T1: 0%HC:0%NSI, T4: 12,5%HC: 7,5%NSI, T5: 12,5%HC: 12,5%NSI. HC: Harina de coco, NSI: Nibs de sachá inchi.

Tabla 3

Resultados de las características físicas de los panes con incorporación de harina de coco y nibs de sachá inchi

Características físicas	T1 (Testigo)	T4	T5
Índice de absorción de agua (g gel/g harina)	$2,28 \pm 0,02^a$	$2,01 \pm 0,03^b$	$1,60 \pm 0,03^c$
Capacidad absorción agua subjetiva (mL)	$60,66 \pm 0,57^a$	$56,66 \pm 0,66^b$	$55 \pm 0,66^b$
Retención de gas (%)	$71,79 \pm 0,64^a$	$54,73 \pm 0,89^b$	$50,51 \pm 0,96^c$

Los resultados son el $X \pm SEM$, $n=3$ con un $p < 0,05$. T1: 0%HC:0%NSI, T4: 12,5%HC: 7,5%NSI, T5: 12,5%HC: 12,5%NSI. HC: Harina de coco, NSI: Nibs de sachá inchi.

Acidez: Según los resultados el rango estuvo comprendido entre 0,10 - 0,06% ácido láctico; Pascual y Zapata (2010) reportan que en panes con harina de trigo la acidez fue 0,11% expresado ácido láctico y según la RM N°1020-2010/MINSA (2011) para bizcochos la acidez límite permitido es de 0,70% expresada en ácido láctico.

Volumen: En productos de panadería el volumen está relacionado con las cantidades de celdas de aire presentes en el interior (Lopez et al., 2012). El mayor volumen lo presentó el testigo en comparación con los T₄ y T₅, como se puede apreciar cuando no se adiciona incorporaciones, el pan tiene un mayor volumen, así mismo, Espitia et al. (2017), explica que el volumen de pan tiene estrecha relación con la cantidad y calidad de las proteínas.

Volumen específico: Este parámetro relaciona un producto ligero, pero no denso, ya que existe una relación entre la densidad y el volumen de la miga Paucar et al. (2016). Según los resultados se aprecia la diferencia significativa entre los tratamientos, siendo el testigo quien tiene mayor volumen específico 3,38±0,11 mL/g y menor los tratamientos T₄ (2,66±0,02 mL/g) y T₅ (2,63±0,03 mL/g). Los volúmenes específicos de los panes se encuentran dentro del rango citado por Vega et al. (2015), entre 1,6 - 3,73 cm³/g.

Densidad aparente: Según los resultados el testigo fue estadísticamente igual al T₄, pero ambos diferentes al T₅, se aprecia que hay una disminución de la densidad aparente, dicho comportamiento puede ser explicada por Awolu et al. (2017), la densidad aparente está influenciada por la estructura de los polímeros de almidón y la estructura suelta del almidón; Así mismo, FAO/INFOODS (2012) reporta que la densidad del pan blanco esta entre 0,29 - 0,42 g/mL.

3.3. Caracterización física del pan

Índice de absorción de agua (IAA): El IAA explica que el potencial de hidratación de las harinas se ve reflejado en su capacidad de absorber agua hasta formar una masa viscoelástica y dependiendo del contenido de proteína, de la presencia de gránulos de almidón dañado y del tamaño de partículas (Sacon et al., 2016; Nargis et al., 2017). En la Tabla 3, se presenta los resultados del IAA y se encontró diferencia estadística, el testigo presentó mayor IAA, que T₄ y T₅, según Romero y Tuiran (2017), el IAA para harinas comerciales es de 2,1 a 3,7 g gel/g muestra.

Capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS): conocida como la cantidad de agua necesaria para hidratar los componentes de la harina, para producir masa de consistencia adecuada (Rakszegi et al., 2014). Comparando los promedios de los tratamientos (Tabla 3), se encontró que el mayor valor fue para el testigo (60,66±0,57mL), en cambio, fueron estadísticamente iguales el T₄ y T₅.

Retención de gas (RG): La capacidad de retención del gas producido, depende de la estabilidad de la burbuja que forma parte del producto. La estructura y volumen de los panes están basados en la producción de CO₂, el volumen se obtiene si la masa le brinda a la levadura el ambiente adecuado para una buena producción de gas y la red de gluten es capaz de retenerlo, (Silvas et al., 2014). Según los resultados el testigo tuvo mayor valor (71,79±0,64%) a diferencia de los tratamientos que contienen en sus diferentes cantidades de harina de coco y nibs sachá inchi T₄ y T₅. Villanueva (2014), explica que la harina de trigo tiene la capacidad de formar una masa resistente, viscoelástica y cohesiva capaz de retener gas. En la Figura 3 se presenta el comportamiento lineal entre el volumen y tiempo, observando que T₁ (testigo): R²: 0,9888, T₄ (R²: 0,9841), T₅ (R²: 0,9788) tienen un comportamiento lineal.

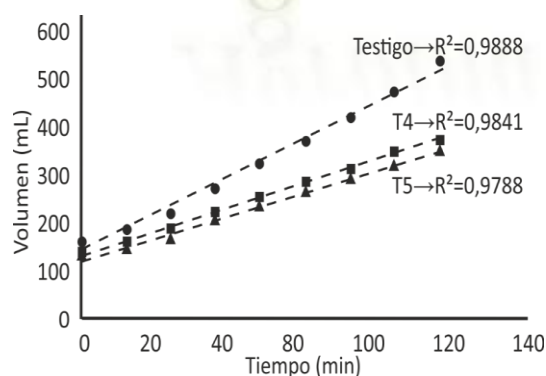


Figura 3. Variación del volumen de la masa en fermentación de los tratamientos testigo, T₄ y T₅.

3.4. Características reológicas de las masas-farinograma

Porcentaje de absorción de agua: Es la cantidad necesaria de este elemento para alcanzar una consistencia en el amasado hasta llegar a las 500 unidades brabender Sandoval et al. (2012); En el Tabla 4 y Figuras 4, 5 y 6, el testigo tuvo 60% en absorción de agua, en cambio tuvieron mayor el T₄ y T₅ 69%, el porcentaje obtenido, sobrepasa los límites recomendados por Bakare

et al. (2016), quien indica que los valores de absorción de agua oscilan entre 58,6 y 65,9%.

Tiempo de desarrollo: Es el tiempo desde la primera adición de agua hasta el momento que la masa alcanza el punto de mayor torque, (Genenu *et al.*, 2017). El tiempo de desarrollo fue 9,92 minutos para el testigo (Tabla 4), estando cerca de lo recomendado por De La Horra (2012) y Bakare *et al.* (2016), quienes indican que el tiempo de desarrollo es 9,3 minutos para harina de trigo fuerte. Con respecto a los tratamientos con incorporación T₄ y T₅, dieron como resultado 4,3 y 4,5 minutos tiempo de desarrollo respectivamente, siendo menores al tratamiento testigo.

Estabilidad de la masa: La masa testigo tuvo una estabilidad de 17,2 minutos (Tabla 4), y fue el más estable, mientras que T₄ y T₅ disminuyeron en el tiempo su estabilidad 2,4 y 3,2 minutos respectivamente; Según Manobanda (2017) la estabilidad está en un rango 9,5- 17 minutos y un descenso indica bajo contenido de gluteninas, que controlan la fuerza y elasticidad de la masa.

Índice de tolerancia: Representa la resistividad de la harina de trigo al mezclado (Farouk *et al.*, 2017) y Sheikholeslami *et al.* (2018), indica que los panaderos utilizan el índice de tolerancia de mezcla para determinar el grado en que la masa se ablandará durante un período de mezcla. El testigo dio como resultado el índice de tolerancia de 85,1 UF (Tabla 4); según Olugbenga (2018), se encuentra dentro de los parámetros, para harina de trigo que varían de 80,5 a 161,7 UF. Por otro lado, el tratamiento T₄ tuvo 129,7 UF y el T₅ 124 UF.

4. Conclusiones

Los panes elaborados con incorporación de harina de coco 12,5% y nibs de sachá inchi 7,5%, presentaron los mejores resultados en la evaluación sensorial (aroma, textura y volumen-simetría); fisicoquímica y pruebas farinográficas. Promover estudios en la aceptabilidad en el mercado y evaluar el tamaño de partícula de la harina de coco para la elaboración de productos de panadería.

Tabla 4

Resultados del comportamiento farinográfico en la masa con incorporación de harina de coco y nibs de sachá inchi

Parámetros farinográficos	Tratamientos		
	Testigo	T ₄	T ₅
Porcentaje de absorción de agua	60	69	69
Tiempo de desarrollo (minutos)	9,92	4,3	4,5
Estabilidad (minutos)	17,2	2,4	3,2
Índice de tolerancia (UF)	85,1	129,7	124

(UF: unidades farinográficas).

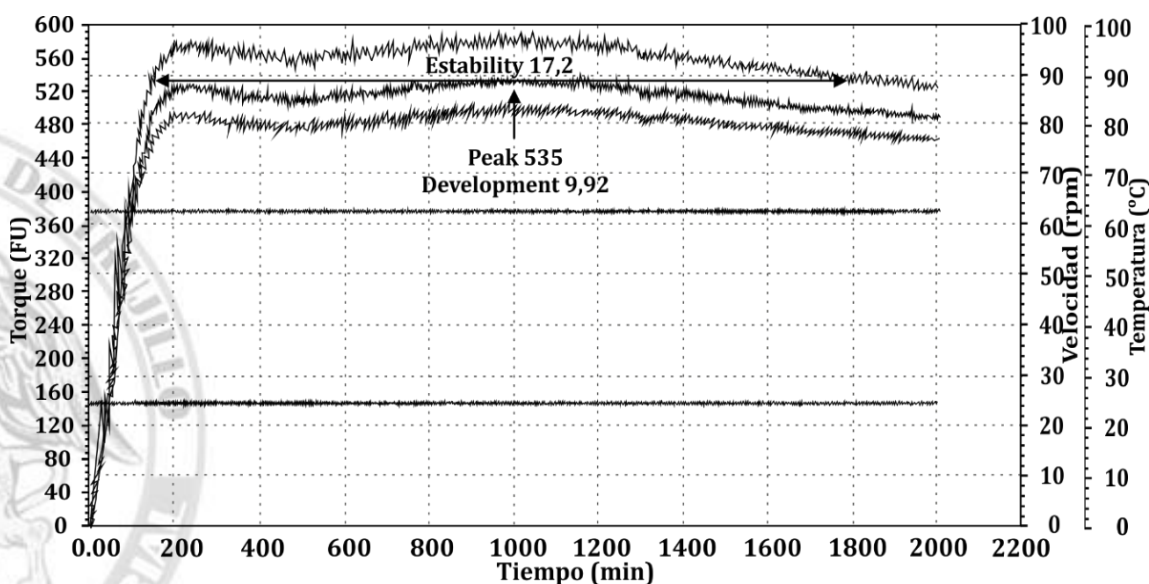


Figura 4. Farinograma de la masa con harina de trigo (testigo).

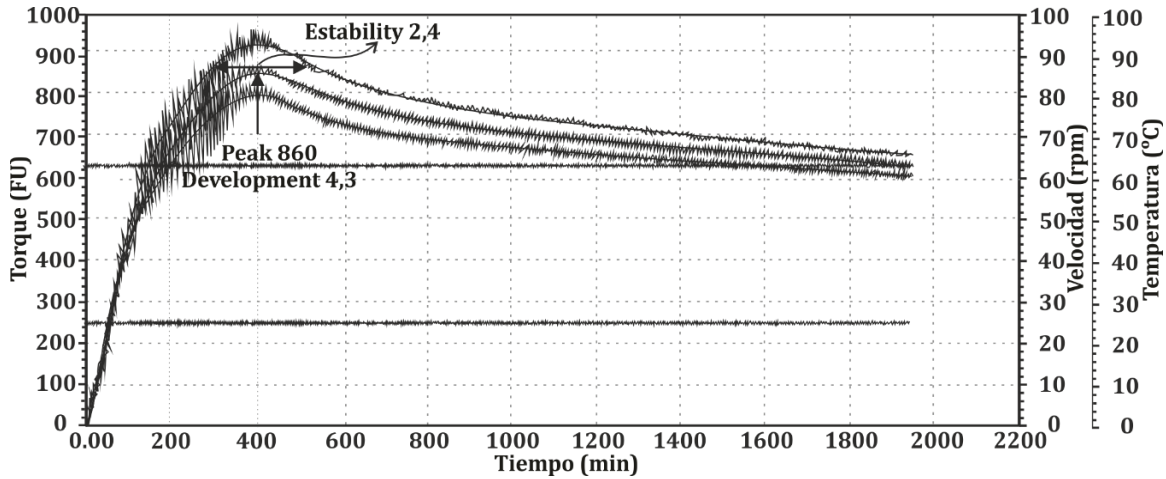


Figura 5. Farinograma de la masa formulada según el T4 (12,5%HC: 7,5%NSI).

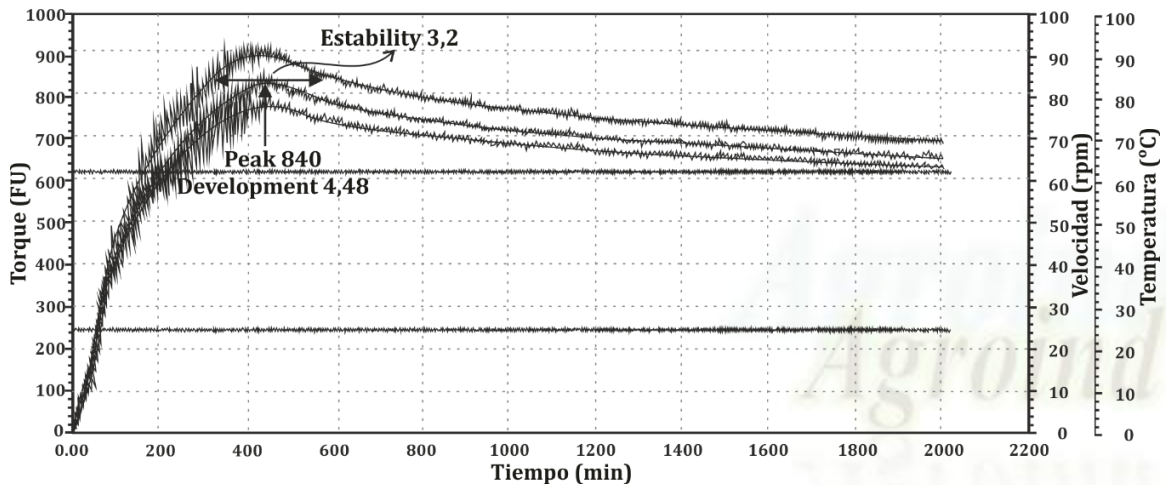


Figura 6. Farinograma de la masa formulada según el T5 (12,5%HC: 12,5%NSI).

ORCID:

E. Ordoñez  <https://orcid.org/0000-0003-4502-5626>

D. Reátegui  <https://orcid.org/0000-0001-6689-2345>

Referencias bibliográficas

Alayón, A.; Echeverri J. 2016. Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* linneo): ¿una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo. Revista Chilena de Nutrición 43(2): 167-171

Anderson, R.A.; Conway, V.F.; Pfeifer, V.F.; Griffin, E.L. 1969. Gelatinization of corn grits byroll – and extrusion – cooking. Cereal. Sci. Today. 14: 4-12

AOAC. 1997. Official methods of Analysis of AOAC (Association of official analytical Chemists). International; agricultural chemicals, foods, contaminants and drugs. 2658 p.

Arumugam, M.; Rama, N.M.; Eagappan, K. 2015. Formulation and storage stability of coconut flour and dietary fibre isolate. Int J Pharm Pharm Sci 7(3): 77-81,

Awolu, O.; Oyebanji, O.; Sodipo, M. 2017. Optimization of proximate composition and functional properties of composite flours consisting wheat, cocoyam (*Colocasia esculenta*) and bambara groundnut (*Vigna subterranea*). International food research jornal 24(1): 268-274.

Bakare, A.; Osundahunsi, O.; Olusanya, J. 2016. Rheological baking and sensory properties of composite bread dough with breadfruit (*Artocarpus communis* F.) and wheat flours. Food science nutrition. 4(4): 573 - 587.

Bushara, A.; MustafA, A.; ElfaKI, H.; Abdelhakam, K.; Eibaid, A. 2016. Effect of adding guava powder on the rheological properties of wheat flour dough. Food science and technology 4(10): 225 -229.

Chirinos, R.; Zuloeta, G.; Pedreschi, R.; Mignole, E.; Larondelle, Y Campos, D. 2013. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. Food Chemistry 141: 1732-1739

Dat, L.Q., Phuong, V. 2017. Functional properties and influences of coconut flour on texture of dough and cookies. Vietnam Journal of Science and Technology 55(5A): 100-107.

De La Horra, A.; Seghezze, M.; Molfese, E.; Ribotta, P.; León, A. 2012. Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. Agriscientia 29(2): 81-89.

Delgado, F.; Sanchez, A. 2013. Elaboración de productos de panadería. IC editorial. INAF0108. Madrid, España. 480 pp.

Espitia, E.; Villaseño, R.E.; Martínez, E.; Santarosa, H.; Lozano, A.; Limon, A. 2017. Análisis de la estabilidad del volumen del pan

- de trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) mexicanos de secano. *Agrociencia* 51(7): 743-754.
- Eminawati, W.; Sidik, R.; Listanti, H. Zulfakar. 2017. Formulation and characterization of bread using coconut-pulp flour and wheat flour composite with addition of xanthan-gum. *International Symposium on Food and Agro-biodiversity (ISFA). Earth and Environmental Science* 102(1): 012010.
- FAO. 2012. *Databases Density Database Version 2.0*. Roma, Italia. 24 pp.
- Farouk, K.; Sayeda, A.; Ahmed, H. 2017. Microalgae dunaelliella salina for use as food supplement to improve pasta quality. *Inter. J. of pharmaceutical sciences review and Research* 46(2): 45-51.
- Flores, R.; Martínez, F.; Salinas, Y.; Rios, E. 2002. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia* 36(5): 557-567.
- Franco, T.; Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Boletín Técnico nº 8. Cali, Colombia. 94 pp.
- Genenu, A.; Adamu, Z.; Satheesh, N. 2017. Effect of mushroom flour on proximate composition and dough rheological properties of whole wheat flour bread. *Annals food science and technology* 18(3): 413-423.
- Guerra, P.E.; Obregón L.A. 2015. Effect of roasting method conventional and microwave in colour beans inka peanut (*Plukenetia Volubilis*) for the production of cream for human consumption. *Biological and Chemical Research* 3: 67-74
- Hernandez, M.; Duran, D. 2012. Características reológicas del pan de agua producto autóctono de Pamplona (Norte de Santander). *Revista de la facultad de ciencias básicas* 10(2): 61-74.
- Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P. 2014. Metodología de la investigación. 5ta Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México. 839 pp.
- Lakshmi, M.; Swarnali, D.; Majumdar, U. 2015. Development and analysis of composite flour bread. *Journal of food science and technology* 52(7): 4156-4165.
- Leandro, C.D.; Valencia, G.M.P.; Murillo, E.; MendeZ, A.J.; Eras J.J. 2012. Composición de ácidos grasos de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) y su relación con la bioactividad del vegetal. *Revista Chilena de Nutrición* 39(1): 45-52.
- Liu, Q.; Xu, Y.K.; Zhang, P.; Na, Z.; Tang, T.; Shi, Y.X. 2014. Chemical composition and oxidative evolution of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil from Xishuangbanna (China). *Grasas y aceites* 65(1): 1-9.
- Lopez, J.; Rodriguez, E.; Sepulveda, J. 2012. Evaluación de las características físicas y texturales del pan de bono. *Acta agronómica* 61(3): 273-281.
- Maia, D.J.; Barro, O.M.; Cunha, M.V.; Dos Santos, R.G.; Constant, L.P. 2015. Estudo da aceitabilidade do pão de forma enriquecido com farinha de residuo da polpa de coco. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* 17(1): 1-9.
- Manobanda, J. 2017. Estudio del efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de arrozillo en la producción de pan. Tesis de grado, Escuela politécnica nacional. Ecuador. 26 pp.
- Nargis, Y.; Fiza, N.; Rehana, S.; Hafiza, A.; Adna, N.S. 2017. Water solubility index and water absorption index of extruded product from rice and carrot blend. *Journal of pharmacognosy and phytochemistry* 6(6): 2165-2168.
- Nogueira, A.; Sehn, G.; Rebellato, A.; Coutinho, J.; Godoy, H.; Chang, Y.; Steel, M.; Cleerecl, M. 2018. Yellow sweet potato flour: use in sweet bread processing to increase β -carotene content and improve quality. *Anais da academia brasileira de ciências* 1(37): 1-11.
- Oliveira, M.T.; Pirozi, R.M.; BorgeS, J.T. 2007. Elaboração de pão de sal utilizando farinha Mista de trigo e linhaça. *Alim. Nutr.* 18 (2): 141-150.
- Olugbenga, O. 2018. Rheological evaluation of cocoyam bambara groundnut-xanthan gum composite flour obtained from the optimization of its chemical composition and functional properties. *Food science and technology* 2(1): 2-8.
- Pacheco, A. 2016. Elaboración de panes sin gluten utilizando harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y almidón de papa (*Solanum tuberosum*). Tesis de pregrado, Universidad nacional agraria la Molina. La Molina, Perú. 112 pp.
- Pascual, G.; Zapata, J. 2010. Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) usando el método directo y esponja y masa en la elaboración de pan. *Revista de la sociedad química del Perú* 76(4): 377-388.
- Paucar, L.; Salvador, R.; Guillen, J.; Mori, S. 2016. Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar. *Scientia agropecuaria* 7(2): 121-132.
- Paucar-Menacho, L.M.; Salvador-Reyes, R.; Guillén-Sánchez, J.; Capa-Robles J.; Moreno-Rojo, C. 2015. Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria* 6(4): 279-290
- Rakszegi, M.; Balázs, G.; Békés, F.; Harasztos, A. Kovács, A.; Láng, L.; Bedo, Z.; Tomoskozi, S. 2014. Modelling water absorption of wheat flour by taking into consideration of the soluble protein and arabinoxylan components. *Cereal research communications* 42(4): 547-721.
- RMN°1020-2011/Minsa. Norma sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de fabricación galletería y pastelería. Ministerio de salud. Lima, Perú. 51pp.
- Romero, D.; Tuiran, L. 2017. Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y composicional de la harina precocida de cubio (*Tropaeolum tuberosum*) cultivado en diferentes fuentes de fertilización. Tesis de pregrado, Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. 103 pp.
- Sacon, E.; Bernal, I.; Dueñas, A.; Cobeña, G.; Lopez, N. 2016. Reología de mezclas de harinas de camote y trigo para elaborar pan. *Tecnología química* 36(3): 457-467.
- Salazar, E.; Salazar, D.; Fleming, A. 2004. Efecto del almidón de maíz y de la albúmina de huevo sobre las propiedades reológicas, funcionales y nutricionales de las harinas compuestas a base de yuca amarga destinadas a panificación. *Saber* 16(1): 45 - 50.
- Sandoval, G.; Álvarez, M.; Paredes, M.; Lascano, A. 2012. Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan. *Scientia Agropecuaria* 2(1): 123-131.
- Sheikholeslami, Z.; Kariml, M.; Hejrani, T.; Biedly, N. 2018. Improving quality and shelf life of taftoon bread by using plum puree and concéntrate. *Iran agricultural research* 37(1): 1-9.
- Silvas, M.; Ramírez, B.; Torres, P.; Carvajal, E.; Bello, L.; Barrón, J. 2014. Cambios fisicoquímicos en masa congelada y su efecto en la calidad del pan: una revisión. *Interciencia* 38(5): 332-338.
- Souza, T.; Marinho A.; Goncalves, N.; Barros, K.; Pereira, R.; Targino, R. 2017. Partial replacement of sodium chloride by potassium chloride in the formulation of french bread: effect on the physical, physicochemical and sensory parameters. *Food science and technology* 37(1): 55-62.
- Valcárcel, B.; Da Silva, S. 2013. Quality parameters of some brazilian panettones. *Brazilian journal of pharmaceutical sciences* 49(3): 511-519.

Vega, O.; De Marco, R.; Di Risio, C. 2015. Propiedades físicas y sensoriales de un pan fresco, con la adición de las enzimas lacasa, xilanasa y lipasa. Revista escuela de ingeniería de Antioquia 12(24): 87-100.

Villa, S.; Mejía, J. 2015. Desarrollo de recetas de pastelería apli-

cando siete harinas alternativas. Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 147 pp.

Villanueva, F. 2014. El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. Ingeniería industrial 32: 231-246.



Agroind Sci
Agroind Sci
AGROINDUSTRIAL