



Características tecnológicas y sensoriales de bizcochos dulces con adición de harina de tocosh (*Solárium tuberosum*) y harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*)

Technological and sensory characteristics of sweet biscuits with the addition of tocosh flour (*Solarium tuberosum*) and tarwi flour (*Lupinus mutabilis*)

Ursula Susana Quineche-Adrian¹; Luz Maria Paucar-Menacho^{1, *}

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Santa, Departamento de ingeniería Agroindustrial y Agrónoma. Av. Universitaria s/n, Urb. Bellamar, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

ORCID de los autores

U. S. Quineche-Adrian: <https://orcid.org/0000-0001-9652-8106>

L. M. Paucar-Menacho: <https://orcid.org/0000-0001-5349-6167>

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar las características tecnológicas y sensoriales en bizcochos dulces con adición de harina de tocosh y harina de tarwi. Para lo cual se utilizó un diseño central compuesto rotacional (DCCR) 2², dando en total 11 formulaciones (4 factoriales, 4 axiales y 3 puntos centrales) donde las variables independientes fueron X₁= Harina de tocosh y X₂= Harina de tarwi con adiciones de X₁ desde 2% a 8% y X₂ desde 2% a 6% reemplazando el porcentaje de harina de trigo en la formulación base. Los resultados evidencian que la F5 (2% X₁ y 4% X₂) es la que presentó un mayor valor en su evaluación sensorial. Asimismo, presentó un mayor porcentaje de proteína (8,48%) en relación con el biscocho sin sustitución (8,25%). Se determinó la mejor formulación por optimización de múltiple respuesta (deseabilidad), obteniendo un bizcocho óptimo con 3,22% X₁ y 4,55% X₂ de sustitución de harina de trigo, dando como resultado un bizcocho con humedad (23,99 ± 0,16%), proteína (8,65 ± 0,18%), grasa (6,42 ± 0,70%), cenizas (0,51 ± 0,07%), fibra dietética total (6,30 ± 1,70%) y carbohidratos (54,80 ± 1,44%).

Palabras clave: proteína; sustitución; fibra dietética total; características tecnológicas; bizcocho.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the technological and sensory characteristics of sweet biscuits with the addition of tocosh flour and tarwi flour. For which a rotational compound central design (DCCR) 2² was used, giving a total of 11 formulations (4 factorial, 4 axial and 3 central points) where the independent variables were X₁ = Tocosh flour and X₂ = Tarwi flour with additions of X₁ from 2% to 8% and X₂ from 2% to 6% replacing the percentage of wheat flour in the base formulation. The results show that the F5 (2% X₁ and 4% X₂) is the one that presented the highest value in its sensory evaluation. Likewise, it presented a higher percentage of protein (8.48%) in relation to the biscuit without substitution (8.25%). The best formulation was determined by multiple response optimization (desirability), obtaining an optimal sponge cake with 3.22% X₁ and 4.55% X₂ replacement of wheat flour, resulting in a sponge cake with moisture (23.99 ± 0.16%), protein (8.65 ± 0.18%), fat (6.42 ± 0.70%), ashes (0.51 ± 0.08%), total dietary fiber (6.30 ± 1.70%) and carbohydrates (54.80 ± 1.44%).

Keywords: protein; substitution; total dietary fiber; technological; biscuits.

1. Introducción

El bizcocho es un postre horneado dulce, el cual se puede encontrar en diferentes presentaciones a un costo accesible (Ammar et al., 2020). Son elaborados con harina de trigo debido a que depende parcialmente del desarrollo del gluten (Xu et al., 2020; Garg, 2021). Los bizcochos se caracterizan por presentar un aroma característico, el cual es agradable para los consumidos debido a la influencia que tiene la sacarosa, el cual, junto con su masa airada y batida, dan como resultado un textura esponjosa, tierna y liviana, además de presentar en su composición un alto contenido en calorías y un bajo contenido de proteína y fibra dietética, por lo que una buena alternativa es el enriquecerlos (Cerón-Carrillo et al., 2021; Garvey et al., 2023).

El tarwi se caracteriza por presentar un perfil nutricional muy rico, ya que es una buena fuente de lípidos y proteína, siendo esta última mayor en comparación a otras legumbres y especies de altramuces (Quiroga, 2020). Tomándose como alternativa para personas con sobre peso u obesidad, ya que el consumo de proteínas fomenta la saciedad y la pérdida de peso (Amador-Licon, 2018). En cuanto al tocosh generalmente se cree que los compuestos generados durante la fermentación por microorganismos son los responsables de la gran diversidad de propiedades medicinales que se atribuyen a este producto (Jiménez, 2018).

Existen diversas investigaciones las cuales han utilizado al tocosh para elaborar productos como gomitas, panes y bebidas fermentadas. Encontrando que, al adicionar harina de tocosh para elaborar pan de molde, se obtuvo un producto con una cantidad de carbohidratos de 72,44%, además de no presentar mucha diferencia significativa en cuanto al olor del pan (Paredes, 2018). Mientras que, el tarwi es utilizado para mejorar el perfil proteico de una variedad de productos procesados, como es el caso de la carne (57,9% de proteína), yogurt (3,9% de proteína), panes (17,2% de proteína), spaghetti (25,4% de proteína) (Carvajal-Larenas, 2019; Finnie et al., 2022).

Por otro lado, se ha venido utilizando harinas de diferentes fuentes como sustituto de forma parcial o total para la elaboración de productos panaderos. Sin embargo, la sustitución parcial suele conducir a una disminución de la calidad de los productos, por lo que es necesario el poder optimizar nuevas fórmulas para mejorar las características tecnológicas y sensoriales de estos. Con el objetivo de determinar las

características tecnológicas y sensoriales en bizcochos dulces con adición de harina de tocosh (X_1) y harina de tarwi (X_2). Se le adiciono X_1 de 2% a 8% y X_2 de 2% a 6% reemplazando el porcentaje de harina de trigo en la formulación base, para luego evaluar el impacto de esta sustitución sobre las propiedades fisicoquímicas, texturales y la deseabilidad, utilizando un diseño central compuesto rotacional (DCCR) 2².

2. Material y métodos

Materia prima e insumos

Para la preparación de los bizcochos, se utilizó la harina de tocosh el cual fue elaborado siguiendo la metodología planteada por Cordova & Santiago (2019), para lo cual se compró 10 kg de tocosh procedentes de la ciudad de Huaraz en el mercado La Perla (Chimbote) y en el caso de la harina de tarwi se compró 1,5 kg de harina de la empresa Kera Superfoods. Los 25 kg de harina de trigo de la marca Nicolini junto con la mantequilla, azúcar, manteca, levadura y huevo, fueron adquiridos de manera comercial.

Análisis químico proximal de las harinas de tocosh y tarwi

Para el análisis químico proximal se analizaron 4 métodos los cuales fueron: contenido de humedad (método de la estufa, AOAC., 1990), método para determinar cenizas (AOAC, 2005.923,03), método para determinar proteína (método Kjeldahl, A.O.A.C.2001.11., 2012), método para la determinación de grasa (método Soxhlet, A.O.A.C. 963.15, 2005), y método de determinación de carbohidratos (se obtuvo restando el 100% de la suma de los porcentajes de humedad (H), proteína (P), grasa (G) y cenizas (C)).

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\%H + \%C + \%G + \%P)$$

Determinación del color instrumental de las harinas de tocosh y tarwi

La determinación del color instrumental se realizó mediante el sistema CIE-lab, determinándose los valores L^* luminosidad (negro 0/ blanco 100), a^* (verde -/ rojo +) y b^* (azul-/amarillo +). La cromacidad (C^*) y el ángulo de tonalidad (h°).

$$\text{Cromacidad} = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$\text{Angulo de tonalidad} = \arctg b^*/a^*$$

Preparación de las formulaciones de bizcochos

Para la preparación de cada una de las formulaciones de bizcocho se siguió el proceso mencionado por Cordova y Santiago, (2018), en base a las formulaciones mostradas en la Tabla 1.

Evaluación del volumen específico

Para la determinación del volumen específico de cada una de las formulaciones de bizcochos se utilizó el método de desplazamiento de semilla. El volumen específico se calculó dividiendo el volumen medido por el peso del bizcocho, cada una de las medidas obtenidas fueron repetidas dos veces.

Análisis de perfil de textura

El análisis de perfil de textura se realizó con un analizador de textura TexturePro CT V1.4 Build 17. Los bizcochos se comprimieron en un texturómetro durante dos ciclos con una sonda redonda TA-25 con una deformación del 33% y una velocidad de 2 mm.s⁻¹.

Determinación del color instrumental de la miga y corteza

El color de la corteza y la miga de los bizcochos se determinaron con un colorímetro de la marca Konica Minolta, basado en el sistema CIE-lab. El color se expresó como L* luminosidad (negro 0/ blanco 100), a* (verde -/ rojo +) y b* (azul-/amarillo +). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h°).

Determinación del contenido de proteína

Para la determinación del contenido de proteína presente en cada una de las formulaciones de los bizcochos se utilizó el Método Kjeldahl, (AOAC.2001.11., 2012), con un factor de 6,25.

Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial se realizó una prueba sensorial hedónica calificada en 7 puntos siendo

1 = no me gusta y 7 = me gusta mucho, a 38 panelistas semientrenados con edades entre 18 y 25 años pertenecientes a la escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa, cada uno de los panelistas evaluaron los parámetros de olor, color, textura y sabor. El análisis sensorial incluyó la formulación control elaborada con 100% harina de trigo, cada una de las formulaciones ofrecidas a los panelistas fueron codificadas y puestos en platos descartables (Figura 1).



Figura 1. Preparación y codificación de las muestras de cada una de las formulaciones de bizcocho para la evaluación sensorial.

Tabla 1

Formulación para la elaboración de los bizcochos dulces

Formulaciones	Ingredientes (%)								
	X1	X2	a'	b'	c'	d'	e'	f'	g'
F0	0	0	100	20	20	1	10	50	1,13
F1	3	3	94,5	20	20	1	10	50	1,13
F2	7	3	90,3	20	20	1	10	50	1,13
F3	3	5	91,7	20	20	1	10	50	1,13
F4	7	5	87,5	20	20	1	10	50	1,13
F5	2	4	94	20	20	1	10	50	1,13
F6	8	4	88	20	20	1	10	50	1,13
F7	5	2	93	20	20	1	10	50	1,13
F8	5	6	89	20	20	1	10	50	1,13
F9	5	4	91	20	20	1	10	50	1,13
F10	5	4	91	20	20	1	10	50	1,13
F11	5	4	91	20	20	1	10	50	1,13

Nota: X1: harina de tocosh; X2: harina de tarwi; a': harina de trigo; b': manteca; c': azúcar; d': levadura; e': huevo; f': agua; g': esencia de vainilla. Formulaciones para 2 kg de masa.

Determinación de la formación óptima

Para la determinación de la formulación óptima se utilizó la prueba de deseabilidad, utilizando Statgraphics Centurion XVI.I, donde se maximizó la proteína y minimizó la dureza. Para luminosidad, cromaticidad, ángulo de tonalidad y volumen específico, al no tener un límite de control específico se contrastó con la formulación que obtuvo mayor aceptación, con la finalidad de elegir la cantidad de harina de tocosh y tarwi que otorguen un bizcocho con buenas características fisicoquímicas, tecnológicas y sensoriales.

Composición química proximal de la formulación óptima

La formulación óptima fue evaluada junto con la formulación control y comparadas en cuanto a su contenido de humedad (A.O.A.C., 1990), proteína (método Kjeldahl, A.O.A.C. 2001.11, 2012), grasa (método Soxhlet, A.O.A.C. 963.15, 2005), cenizas (NTP 205.038, 1975), fibra dietética total (A.O.A.C. 985.29, 2016) y carbohidratos el cual se obtuvo por diferencia $100 - (\% \text{Humedad} + \% \text{Cenizas} + \% \text{Grasa} + \% \text{Proteína})$.

Análisis estadístico

Se utilizó el "Diseño Central Compuesto Rotacional (DCCR) 2²", con un total de 11 formulaciones. Se evaluó el efecto de la harina de tocosh y tarwi, en las características fisicoquímicas y tecnológicas de las formulaciones de bizcochos (Tabla 1 y Tabla 2).

3. Resultados y discusión

Composición química proximal de las harinas de tocosh y tarwi

La composición de la harina de tocosh fue: $11,88 \pm 0,45\%$ humedad; $0,30 \pm 0,03\%$ cenizas, $0,07 \pm 0,09\%$ grasa, $2,20\%$ proteína y $85,81 \pm 0,05\%$ carbohidratos totales. Otras investigaciones con harina de tocosh de distintas partes del Perú obtuvieron valores de humedad de $13,24\%$, $3,22\%$ proteína, $0,55\%$ cenizas, $82,77\%$ carbohidratos y $0,4\%$ grasa (Ambrosio & Ramos, 2018; Paredes, 2018; Oyola & Padilla, 2020).

La composición de la harina de tarwi fue de $5,31 \pm 0,12\%$ humedad, $22,51 \pm 0,02\%$ grasa, $51,68\%$ proteína, $1,71 \pm 0,02\%$ cenizas y $18,85 \pm 1,53\%$

carbohidratos totales, los valores de humedad, grasa, proteína y cenizas no difieren de manera significativa a lo reportado (Vidaurre-Ruiz et al., 2019; Salazar et al., 2021; Carrera et al., 2019; Lustea et al., 2022; Dziki et al., 2019). En cuanto al contenido de cenizas, Rosell et al. (2009), reportó un valor mayor a lo encontrado.

Color instrumental de las harinas

La harina de tocosh presentó valores de L^* de $81,48 \pm 0,43$, C^* de $9,74 \pm 0,11$ y h° de $90,09 \pm 0,21$, que indica que la harina de tocosh presenta una tendencia al blanco, valores similares fueron reportados por Paredes (2018). Los valores de L^* , C^* y h° de la harina de tarwi fueron de $74,89 \pm 0,04$, $24,39 \pm 0,5163$ y $89,96 \pm 0,23$ respectivamente, que comparados con otras investigaciones no existe diferencia significativa (Salazar et al., 2021).

Evaluación del contenido de proteína

La Tabla 3 muestra los % de proteína que presento cada una de las formulaciones de bizcocho, los cuales van desde los $7,90\%$ hasta los $8,48\%$. Siendo la formulación F5, la que presenta un mayor % de proteína ($8,48\%$), en comparación de las demás formulaciones y la formulación control. Por el contrario, la formulación que presento un menor % de proteína fue la F1 con un $7,90\%$.

Se realizó un análisis estadístico para determinar la significancia que presenta la incorporación de las harinas de tarwi y tocosh en cuanto al contenido de proteína que presentaron cada una de las formulaciones, encontrándose que la harina de tarwi presentó una significancia positiva, mientras que la harina de tocosh presento una significancia negativa con valores de $p < 0,05$ y un R^2 de $86,90\%$.

Esta significancia positiva que presenta la harina de tarwi, también lo visualizaron diferentes investigadores, al elaborar productos como pan, bebida funcional y extruido, encontrando que la adición de esta harina otorgó un efecto positivo sobre la calidad nutricional de cada producto, ya que su valor proteico se incrementó (Gutiérrez-Castillo et al., 2022, y Márquez-Villacorta et al., 2021).

Tabla 2

Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2²

Variables Independientes	Niveles				
	- α	-1	0	+1	+ α
X ₁ =Concentración porcentual de harina de tocosh (%p/p)	2	3	5	7	8
X ₂ =Concentración porcentual de harina de tarwi (%p/p)	2	3	4	5	6

Nota: $\pm \alpha=1,4142$.

Tabla 3

Valores de proteína, dureza y volumen específico de cada una de las formulaciones de bizcochos

Formulaciones	Harina de tocosh (%)	Harina de tarwi (%)	Proteína (%)	Dureza (N)	Volumen Específico (cm ³ /g)
F1	3	3	7,90	16,34	4,57±0,16
F2	7	3	7,95	16,09	4,59±0,09
F3	3	5	8,42	14,16	4,38±0,12
F4	7	5	8,15	23,54	4,21±0,05
F5	2	4	8,48	13,29	4,72±0,03
F6	8	4	8,08	16,29	4,77±0,17
F7	5	2	7,98	18,39	4,82±0,03
F8	5	6	8,32	9,02	4,70±0,09
F9	5	4	8,33	5,82	5,26±0,24
F10	5	4	8,24	5,25	5,25±0,17
F11	5	4	8,29	5,53	5,20±0,01
CONTROL	0	0	8,26	2,79	5,21±0,05

Se determinó los coeficientes de regresión para cada uno de los factores, para obtener la ecuación predictiva de regresión cuadrática sobre el comportamiento del contenido de proteína en los bizcochos (ecuación 1).

$$\%Proteína = 5,47 + 0,17*X_1 + 1,10*X_2 - 0,01*X_1^2 - 0,04*X_1*X_2 - 0,09*X_2^2 \quad (1)$$

Donde a partir de la ecuación determinada se construye las gráficas de superficie de respuesta y de contorno (Figura 2).

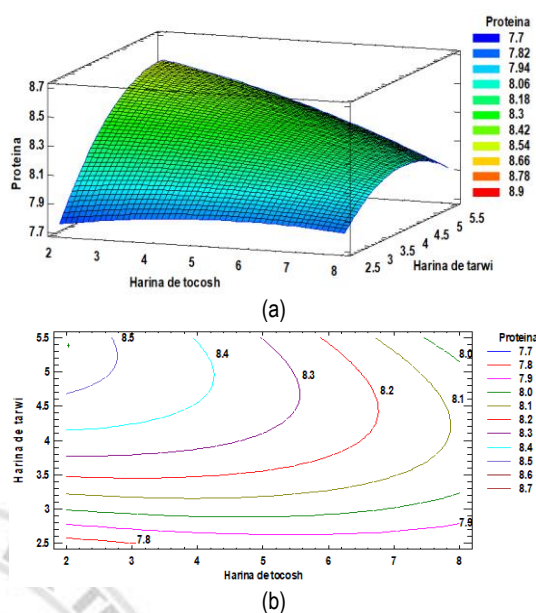


Figura 2. Superficie de respuesta para proteína (a). Superficie de contorno para proteína (b).

Las gráficas de superficie de respuesta y de contorno (Figura 4) muestran que el mayor contenido de proteínas se encuentra en la región que oscila entre el color amarillo al rojo, para niveles altos de harina de tarwi y niveles menores de harina de tocosh. Esto indica que el % de proteína que presentaron cada una de las formulaciones es directamente proporcional al % de harina de tarwi, es decir que mientras él % de

harina de tarwi sea mayor también lo es el % de proteína que tiene el bizcocho. Por el contrario, al incrementar el % de harina de tocosh en la formulación el % de proteína que presenta el bizcocho disminuye.

Se determinó los valores óptimos de harina de tocosh (%) y harina de tarwi (%), que son necesarios para obtener un bizcocho con un nivel máximo de proteína (8,55%), obteniendo valores óptimos de harina de tarwi y tocosh de 2,03% y 5,39% respectivamente.

Evaluación del perfil de textura

En cuanto a los valores de dureza (N), que presentaron cada una de las formulaciones (Tabla 3), estos van desde los 5,25 N hasta los 23,54 N, siendo la F4 la que presenta un mayor valor de dureza (23,54 N) en comparación de las demás formulaciones. Por el contrario, la F10, es la que presenta un menor valor de dureza (5,25 N), siendo más cercana a la formulación control (2,79 N).

Se realizó un análisis estadístico para determinar la significancia que presenta la incorporación de las harinas de tarwi y tocosh en los valores de dureza (N) que presentaron los bizcochos, encontrando que tanto la harina de tocosh como la de tarwi en su forma cuadrática tienen un efecto significativo sobre los valores de dureza, con valores de $p < 0,05$, y un R^2 de 81,04%.

Sin embargo, diferentes investigaciones han encontrado que el incremento en el % de harina de tarwi para la elaboración de productos panaderos, no modifica de manera significativa la dureza, obteniendo un producto con migas blandas debido a la presencia a la grasa, almidones, así como también sus bajos niveles de amilosa, que ayudan a que el pan tenga una mejor calidad y la vida útil (Vidaurre-Ruiz et al., 2022, Repo-Carrasco-Valencia et al., 2020, Alvarez-Jubete et al., 2020).

Se determinó los coeficientes de regresión para cada uno de los factores, para obtener la ecuación predictiva de regresión cuadrática sobre el comportamiento del parámetro textural-dureza en bizcochos con adición de harina de trigo por harina de tocosh y tarwi (ecuación 2).

$$\text{Dureza} = 137,86 - 16,15 \cdot X_1 - 45,98 \cdot X_2 + 1,24 \cdot X_1^2 + 1,15 \cdot X_1 \cdot X_2 + 4,91 \cdot X_2^2 \quad (2)$$

La ecuación representa el modelo matemático predictivo del parámetro textural-dureza que presentan los bizcochos, en función de las concentraciones (%) de las harinas de tocosh y tarwi, y del cual se construye, las gráficas de superficie de respuesta y de contorno (Figura 3).

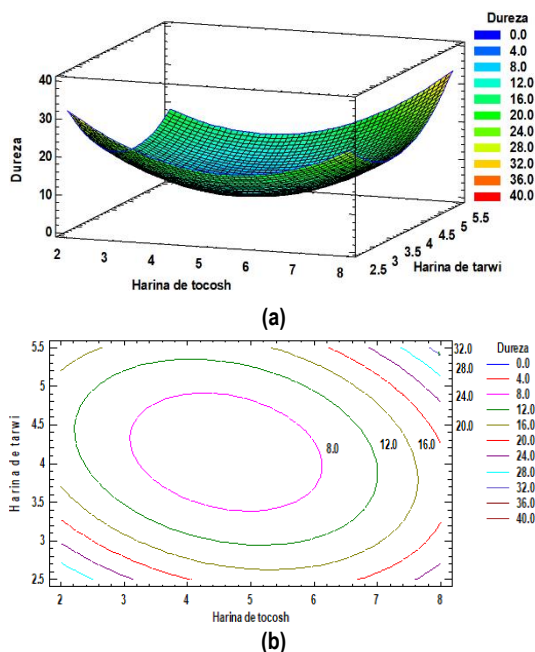


Figura 3. Superficie de respuesta para el valor de dureza (a). Superficie de contorno para el valor de dureza (b).

Los gráficos muestran que al incrementar el % de harina de tocosh y el % de harina de tarwi los bizcochos presentan valores altos de dureza. Encontrando un menor valor de dureza en la región que oscila en el color celeste al rosado, para niveles altos de harina de tarwi y niveles menores de harina de tocosh.

Para el valor óptimo de la dureza, se tomó como parámetro a la formulación control (2,79 N), el cual es lo ideal, ya que tiene una mayor aceptación y es lo que más se comercializa, obteniendo % óptimos de harina de tocosh y tarwi de 4,6% y 4.1% respectivamente.

Evaluación del volumen específico

Los valores de volumen específico (cm³/g) que presentaron cada una de las formulaciones junto

con la formulación control los cuales van desde los 4,21 ± 0,05 cm³/g hasta los 5,26 ± 0,24 cm³/g. Donde la F4, es la que presenta menor valor de volumen específico de 4,21 ± 0,052 cm³/g, por el contrario, la F9, es la que presenta un mayor valor de volumen específico, el cual es 5,26 ± 0,24 cm³/g, mientras que la formulación control mostró un valor de 5,21 cm³/g.

Se encontró que la harina de tocosh y la harina de tarwi en su forma cuadrática, son estadísticamente significativos (p < 0,05 y R² de 81,04%). Esta diferencia significativa se ha reportado en diferentes investigaciones, donde la incorporación de estas harinas en la elaboración de diferentes productos panderos proporcionó valores de volúmenes específicos menores en comparación del producto control (Gutierrez, 2022, y Paredes, 2018). Sin embargo, Zavala (2019) argumentó que el incremento de la harina de tarwi, ayuda a que el volumen específico aumente, debido a la mayor cantidad de grasa que presenta el tarwi, el cual da una mayor incorporación de aire lo que ocasiona que haya un mayor volumen.

Se determinó el modelo para el comportamiento del volumen específico en bizcochos con adición de las harinas (ecuación 3).

$$\text{Volumen específico} = -1,75 + 0,82 \cdot X_1 + 2,57 \cdot X_2 - 0,07 \cdot X_1^2 - 0,02 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,32 \cdot X_2^2 \quad (3)$$

La ecuación determinada fue representada en las gráficas de superficie de respuesta y de contorno (Figura 4).

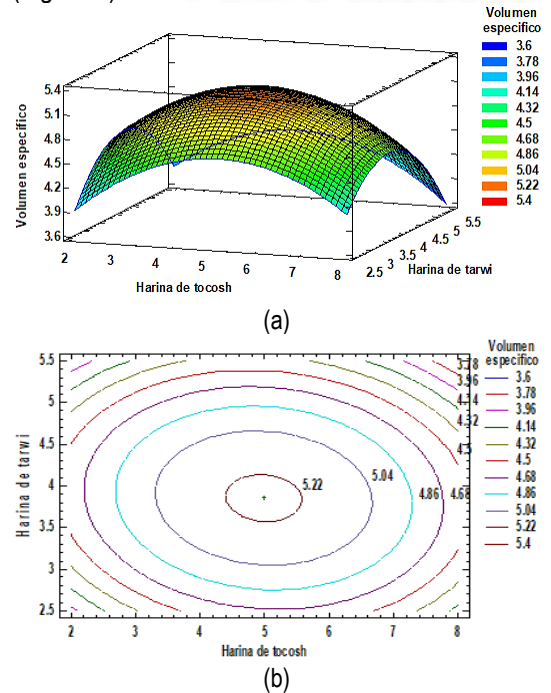


Figura 4. Superficie de respuesta para el valor de volumen específico (a). Grafica de contorno para el valor volumen específico (b).

Los gráficos de superficie de respuesta y de contorno (Figura 4) muestran que al incrementar el % de harina de tocosh y el % de harina de tarwi los bizcochos presentan valores bajos de volumen específico. Encontrando un menor valor de volumen específico, localizada en la región que oscila entre el azul y el verde, para niveles altos de harina de tarwi y de harina de tocosh.

Se buscó maximizar el volumen que presenta los bizcochos, además de presentar un valor cercano o mejor al control ($5,21 \pm 0,05 \text{ cm}^3/\text{g}$), encontrando un nivel óptimo de harina de tocosh y tarwi de 4,98% y 3,86% respectivamente.

Evaluación del color instrumental de la corteza y la miga

Los resultados de luminosidad que presentaron la miga y corteza de cada una de las formulaciones de bizcochos se muestran en la Tabla 4. En cuanto a la corteza de los bizcochos no presentaron diferencia significativa en cuanto a sus valores de L^* , C^* y h° , con valores $p > 0,05$, y un R^2 de 66,11%.

Debido a que el color característico de un marrón intenso y dorado en la cima o un marrón ligeramente dorado en los laterales se debe a las reacciones de Maillard, las cuales se activan en el horno, debido a que la corteza se encuentra a una temperatura superior a los 100 °C, ocasionando la caramelización por su interacción con la proteína del huevo y la distribución del agua, a diferencia de la miga los cuales los valores de temperatura no superan los 100 °C (Rodríguez et al., 2018). En cuanto a los valores de L^* que presentaron la miga de cada una de las formulaciones, se observa que la F6 es la que tiene un mayor valor siendo este de $74,53 \pm 1,49$, mientras que la F8, presenta un menor valor de L^* de $54,22 \pm 0,49$. Esta variación en los valores de L^* en comparación a la formulación control, también se vio reportado en diferentes investigaciones, donde al elaborar productos de

panificación encontraron que la adición de harina de tocosh y tarwi, ocasiona que los valores de L^* disminuya (Gutierrez, 2022; Paredes, 2018).

Se realizó un análisis estadístico para determinar la significancia que presenta la incorporación de las harinas de tarwi y tocosh en el valor de L^* que presentaron la miga, encontrándose que la harina de tarwi ya sea en su forma lineal, es estadísticamente significativo con un nivel de significancia con un valor de $p < 0,05$ y un R^2 de 77,29%.

Se determinó los coeficientes de regresión para cada uno de los factores (ecuación 4).

$$\text{Luminosidad} = 46,09 - 0,37 \cdot X_1 + 15,73 \cdot X_2 - 0,47 \cdot X_1^2 + 1,66 \cdot X_1 \cdot X_2 - 3,54 \cdot X_2^2 \quad (4)$$

La ecuación determinada, representa el modelo matemático predictivo del parámetro color-Luminosidad que presentan la miga de los bizcochos, en función de las concentraciones (%) de las harinas de tocosh y tarwi, y del cual se construye, las gráficas de superficie de respuesta y de contorno (Figura 5).

Los gráficos de superficie de respuesta y de contorno (Figura 5) muestran que al incrementar el % de harina de tocosh y el % de harina de tarwi los bizcochos presentan valores bajos de L^* . Localizándose un menor valor de L^* en la región que oscila en el color celeste al verde, para niveles altos de harina de tarwi y harina de tocosh. Para valores altos de L^* se localizan en la región rojo al marrón, para niveles altos de % de harina de tarwi y niveles bajos de % de harina de tocosh. Para la determinación del valor óptimo del parámetro de color- L^* presente en la miga en los bizcochos, se tomó a la F5, la cual tiene mayor aceptabilidad por parte de los panelistas, además de presentar una mayor cantidad de proteína, que es lo que se busca, esta formulación presenta un valor de L^* de $74,53 \pm 1,49$. Encontrándose que los valores óptimos de harina de tocosh y tarwi son 3,04% y 4,81% respectivamente.

Tabla 4

Color instrumental de la corteza, migas y bizcochos con adición parcial de harina de trigo por harina de tocosh y tarwi

Formulaciones	%Harina de tocosh	%Harina de tarwi	Corteza			Miga		
			Luminosidad (L^*)	Cromaticidad (C^*)	Angulo de tonalidad	Luminosidad (L^*)	Cromaticidad (C^*)	Angulo de tonalidad
F1	3	3	58,73±1,65	33,71±0,72	70,96±0,36	71,99±1,48	24,67±0,01	95,42±0,26
F2	7	3	59,66±0,57	36,28±1,22	72,86±0,06	66,43±1,40	23,70±1,86	94,79±0,84
F3	3	5	58,79±0,26	34,53±0,29	70,89±0,36	61,19±1,48	23,15±0,53	93,61±0,42
F4	7	5	50,59±0,34	34,07±1,05	66,40±0,25	69,54±1,84	24,95±0,29	94,51±0,61
F5	2	4	54,16±0,71	35,45±0,85	67,99±0,79	58,56±1,06	22,88±0,82	94,15±0,86
F6	8	4	57,63±0,06	36,07±0,02	69,95±0,86	74,53±1,49	25,08±0,36	95,53±0,45
F7	5	2	51,69±0,26	33,95±2,18	66,72±0,79	73,09±1,71	24,28±1,53	95,37±0,99
F8	5	6	50,34±0,55	36,81±0,83	66,69±0,26	54,22±0,49	22,95±1,17	92,29±0,85
F9	5	4	61,03±0,98	35,22±0,44	72,33±0,29	71,45±1,98	24,22±1,34	95,28±0,44
F10	5	4	58,28±1,24	36,25±0,99	70,74±0,023	72,20±1,79	24,32±0,58	94,63±0,072
F11	5	4	59,65±1,95	35,74±0,73	71,53±1,13	71,83±0,53	24,27±0,07	94,95±0,45
CONTROL	0	0	50,28±1,56	37,81±0,58	67,43±0,97	73,78±0,54	22,15±0,59	96,28±0,55

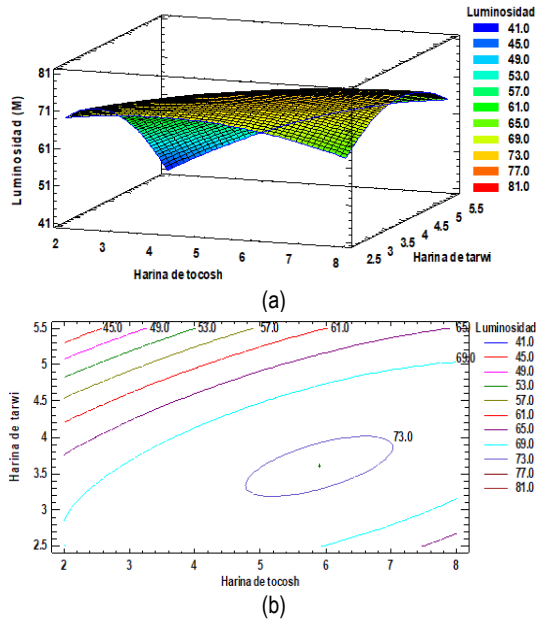


Figura 5. Superficie de respuesta para Luminosidad de la miga (a). Contorno para el valor de Luminosidad de la miga (b).

En cuanto a los valores de C^* que presentaron la miga de cada una de las formulaciones, se observa que sus valores van desde los $22,88 \pm 0,82$, hasta los $25,08 \pm 0,36$, lo cual es mayor al valor de C^* que obtuvo la formulación control el cual fue de 22,15.

Se realizó un análisis estadístico para determinar la significancia que presenta la incorporación de las harinas de tarwi y tocosh en el valor de C^* que presentaron la miga, la harina de tocosh en su forma lineal, así como la interacción de esta con la harina de tarwi, es estadísticamente significativo con un valor de $p < 0,05$ y un R^2 de 80,22%. Este color amarillo que presenta la miga de las formulaciones de los bizcochos en comparación de la formulación control se debe a que presenta valores de a^* mayores lo cual junto con los valores de b^* , darían este color amarillento, lo que podría deberse a la reacción no enzimática entre el azúcar reductor y las proteínas presentes en las harinas, esto junto a la diferencia de temperatura la miga ocasiona que mantenga un nivel de humedad más alto en comparación de la corteza. (Tolve et al., 2021, Gutierrez, 2022).

Se determinó los coeficientes de regresión para cada uno de los factores (ecuación 5)

$$\text{Cromacidad} = 26,45 - 0,93 \cdot X_1 + 0,05 \cdot X_2 - 0,015 \cdot X_1^2 + 0,33 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,25 \cdot X_2^2 \quad (5)$$

La ecuación determinada, representa el modelo matemático predictivo del parámetro color C^* que presentan la miga de los bizcochos, en función de las concentraciones (%) de las harinas de tocosh

y tarwi, y del cual se construye, las gráficas de superficie de respuesta y de contorno (Figura 6).

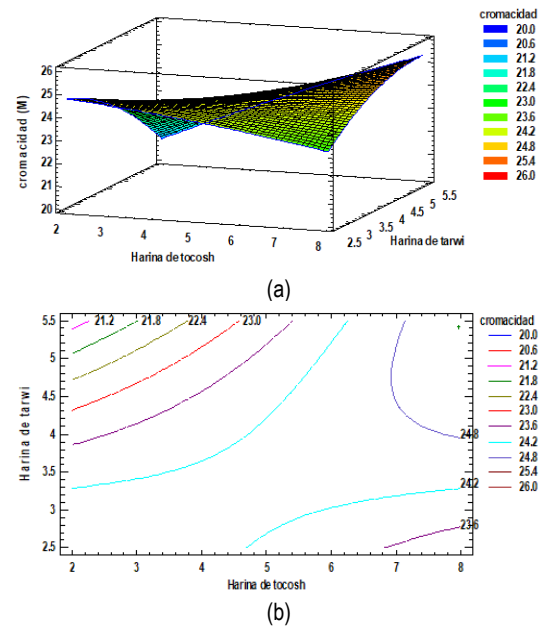


Figura 6. Superficie de respuesta para el valor de C^* de la miga (a). Contorno para el valor de C^* de la miga (b).

Los gráficos (Figura 6) muestran que al incrementar el % de harina de tocosh y el % de harina de tarwi en los bizcochos estos presentan valores altos de C^* . Mientras que en la región ploma al verde se localizan valores bajos de C^* , para niveles altos de harina de tarwi y niveles bajos de harina de tocosh.

Para la determinación del valor óptimo del parámetro de C^* que presenta la miga de los bizcochos, se tomó a la F5, la cual tiene mayor aceptabilidad por parte de los panelistas, además de presentar una mayor cantidad de proteína, que es lo que se busca, esta formulación presenta un valor de C^* de $22,88 \pm 0,82$. Encontrándose que los valores óptimos de harina de tocosh y tarwi son 3,17% y 4,84% respectivamente.

En cuanto a los valores de h° que presentaron la miga de cada una de las formulaciones, se observa que sus valores van desde los $92,29 \pm 0,86$, hasta los $95,53 \pm 0,45$, lo cual es menor al valor de h° que obtuvo la formulación control (96,28).

Se realizó un análisis estadístico para determinar la significancia que presenta la incorporación de las harinas de tarwi y tocosh en el valor de h° que presentaron la miga, la harina de tarwi en su forma lineal es estadísticamente significativo con un valor de $p < 0,05$ y un R^2 de 85,76%.

Se determinó los coeficientes de regresión para cada uno de los factores (ecuación 6).

$$\text{Ángulo de tonalidad} = 93,18 - 0,61 \cdot X_1 + 2,29 \cdot X_2 + 0,001 \cdot X_1^2 + 0,18 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,50 \cdot X_2^2 \quad (6)$$

La ecuación determinada, representa el modelo matemático predictivo del parámetro h° que presentan la miga de los bizcochos, en función de las concentraciones (%) de las harinas de tocosh y tarwi, y de la cual se construye, las gráficas de superficie de respuesta y de contorno (Figura 7).

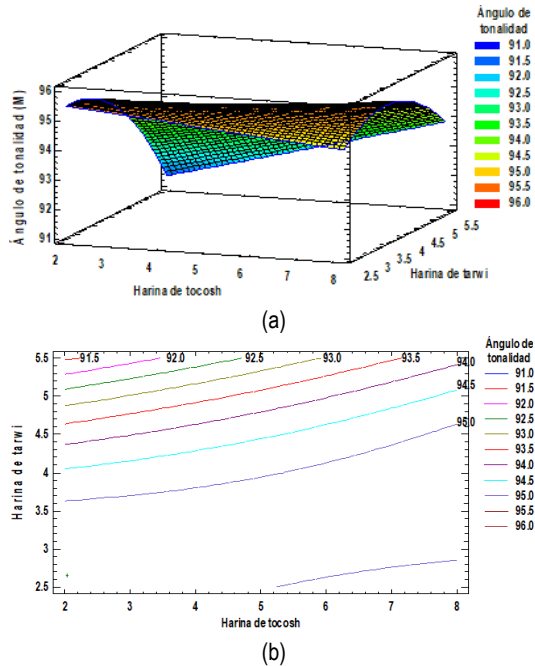


Figura 7. Superficie de respuesta para el valor de h° de la miga (a). Gráfica de contorno para el valor de h° de la miga (b).

Los graficos de superficie de respuesta y de control (Figura 7) muestran que al incrementar el % de harina de tocosh y el % de harina de tarwi en los bizcochos estos presnetan valores altos de h°. Para valores bajos de h° se localizan en la región azul al celeste, para niveles altos de harina de tarwi y niveles bajos harina de tocosh.

Para la determinación del valor optimo del parámetro de h° presente en la miga en los bizcochos, se tomó a la F5, la cual tiene mayor aceptabilidad por parte de los panelistas, además de presentar un mayor valor de proteína, que es lo que se busca, esta formulación presenta un valor de h° de $95,15 \pm 0,85$. Encontrándose que los valores óptimos de harina de tocosh y tarwi son de 3,73% y 4,49% respectivamente.

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial permite determinar la calidad de un producto a través de los atributos descriptivos que están relacionados con las percepciones de calidad del consumidor, los

cuales se miden de manera objetiva (Rosell, 2019). La Tabla 5 muestra las puntuaciones medias otorgadas por los panelistas a cada una de las formulaciones, el análisis de varianza muestra que existe diferencia significativa ($p < 0,05$), para cada uno de los atributos evaluados (color, olor, sabor y textura). También se determinó la prueba de múltiples rangos de Tukey (Figura 8) el cual indica la significancia entre las formulaciones.

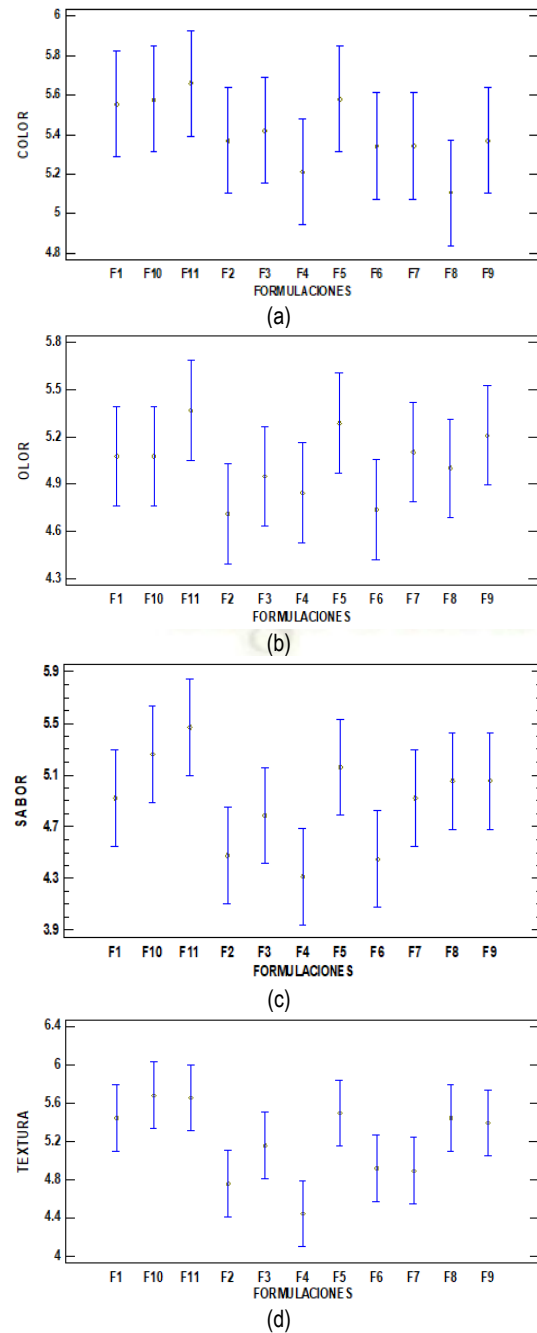


Figura 8. Medias y prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial de color (a). Medias y prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial olor (b). Medias y prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial sabor (c). Medias y prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial textura (d).

Determinación de la formulación óptima

Con las variables dependientes que presentaron mayor significancia, se buscó obtener el % adecuado de harina de tocosh y de harina de tarwi, que permita obtener un bizcocho con la mayor deseabilidad global. Para los análisis de color que presenta la miga como es L^* , C^* y h° , se estableció como meta la formulación que obtuvo un puntaje alto por parte de los panelistas en

cuanto al atributo color, que para este caso fue la F5. No se consideró al color de la corteza de los bizcochos, debido a que no presentan significancia. Con la meta se procedió a optimización de múltiples respuestas (deseabilidad) para las variables que fueron estadísticamente significativas (Tabla 6). Para determinar la deseabilidad global, se obtuvieron valores óptimos de harina de tocosh y tarwi de 3,22% y 4,55% respectivamente.

Tabla 5

Puntuación media de 38 panelistas semientrenados para cada uno de los atributos evaluados

Formulaciones	%Harina de tocosh	%Harina de tarwi	Color	Olor	Sabor	Textura
F1	3	3	5,55±0,60	5,08±1,30	4,92±0,99	5,45±1,01
F2	7	3	5,37±0,85	4,71±1,21	4,47±1,33	4,76±1,08
F3	3	5	5,42±0,92	4,95±0,89	4,79±0,91	5,16±0,97
F4	7	5	5,21±0,99	4,84±1,13	4,32±1,32	4,45±1,48
F5	2	4	5,58±1,11	5,29±0,90	5,16±1,13	5,50±1,06
F6	8	4	5,34±0,88	4,74±1,25	4,45±1,50	4,92±1,42
F7	5	2	5,34±0,88	5,11±1,43	4,92±1,30	4,89±1,29
F8	5	6	5,11±0,89	5,00±1,32	5,05±1,33	5,45±1,20
F9	5	4	5,37±0,99	5,21±1,21	5,05±1,06	5,39±1,08
F10	5	4	5,58±1,13	5,08±1,38	5,26±1,41	5,68±0,99
F11	5	4	5,51±0,94	5,14±1,19	5,16±1,14	5,54±0,92
CONTROL	0	0	5,63±0,85	5,50±1,01	5,37±1,17	5,66±1,02

Tabla 6

Deseabilidad baja, alta y criterios de optimización de múltiples respuestas para la formulación óptima

Variable dependiente	Deseabilidad baja	Deseabilidad alta	Meta
Proteína	7,90	8,48	Maximizar
Dureza (N)	5,23	23,54	Minimizar
Volumen específico	4,21	5,26	Maximizar
Luminosidad de la miga	54,22	74,53	58,56
Cromacidad de la miga	22,88	25,08	22,88
Angulo de tonalidad de la miga	92,29	95,53	94,15

Tabla 7

Composición química proximal del bizcocho óptimo y control

Componente	Bizcocho control	Bizcocho óptimo
% Humedad	29,21±0,27	23,99±0,16
% Proteína	8,25±0,01	8,65±0,18
% Grasa	3,73±0,76	6,42±0,70
% Cenizas	0,40±0,01	0,51±0,07
% Fibra dietética total	4,05±0,74	6,30±1,70
% Carbohidratos	54,77±0,26	54,80±1,44

Composición química proximal de la formulación óptima

Se procedió a determinar la composición química próxima tanto de la formulación óptima obtenida, así como de la formulación control (Tabla 7). Se encontró que existe diferente entre la formulación control y óptima en cuanto al contenido de fibra, humedad, carbohidratos, cenizas y proteína. Esto debido al aporte nutricional que tiene el tarwi (Gutiérrez- Castillo *et al.*, 2022).

En cuanto al contenido de carbohidratos, ambas muestras de bizcochos presentan poca diferencia

ya que el bizcocho óptimo, presente un valor de 54,80%, mientras que el bizcocho control presente un valor de 54,77%.

4. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos experimentalmente de las diferentes formulaciones del diseño experimental y del control, se puede concluir que, si es posible el utilizar las harinas de tocosh y tarwi en elaboración de bizcochos dulces dentro de los niveles estudiados, dando una formulación óptima en la que se sustituye 3,22% de harina de tocosh y 4,55% de tarwi en la formulación base respecto a la harina de trigo. Asimismo, la formulación óptima muestra un contenido de fibra dietética total de 6,30±1,70% y 8,65±0,18% de proteína. No obstante, se recomienda evaluar la eficiencia de su ingesta en la salud humana, así como realizar más estudios sobre las propiedades nutricionales que presentan el tocosh y tarwi como alternativa nutricional.

Referencias bibliográficas

- Alvarez-Jubete, L., Auty, M., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2009). Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *European Food Research and Technology*, 230(3), 437-445. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1184-z>
- Amador-Licona, N., Moreno-Vargas, E., & Martínez-Cordero, C. (2018). Ingesta de proteína, lípidos séricos y fuerza muscular en ancianos. *Nutrición hospitalaria*, 35(1): 65-70. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.1368>
- Ambrosio, C. J., & Ramos, R. A. (2018). Uso de diferentes proporciones de harina de tocosh de papa (*Solanum tuberosum* L.) y edulcorantes en la obtención de gomitas comestibles [Tesis para optar el título, Universidad Nacional Hermilio Valdizán].
- Ammar, I., Gharsallah, H., Ben Brahim, A., Attia, H., Ayadi, M. A., Hadrich, B., & Felfoul, I. (2020). Optimization of gluten-free sponge cake fortified with whey protein concentrate using mixture design methodology. *Food Chemistry*, 128457. doi:10.1016/j.foodchem.2020.128457
- Carrera, Y., Franco, E., & Quintero, R. (2019). Desarrollo y caracterización de panquecas a base de harina de trigo (*Triticum*) y harina de yuca (*Manihot esculenta*). *I+D Tecnológico*, 15(1), 24-29. <https://doi.org/10.33412/tdt.v15.1.2094>
- Carvajal-Larenas, F. E. (2019). Nutritional, rheological and sensory evaluation of Lupinus mutabilis food products - A review. *Czech Journal of Food Sciences*, 37(5), 301-311. <https://doi.org/10.17221/4/2019-cjfs>
- Cerón- Carrillo, T., Morales-Paredes, Y., & Santiesteban-López, N. (2021). Quality evaluation through sensory and image analysis of sponge cake crumb with three thermal egg pre-treatments. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100390. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100390>
- Cordova, U. B., & Santiago, Q. C. (2018). Obtención de bizcochos con diferentes porcentajes de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) [Tesis para el título, Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco].
- Dziki, D., Cacak-Pietrzak, G., Gawlik-Dziki, U., Sulek, A., Kocira, S., & Biernacka, B. (2019). Effect of Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) leaves on the baking properties of wheat flour and quality of bread. *CyTA - Journal of Food*, 17(1), 536-543. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1609587>
- Finnie, J., Vargas, R. J. Y., Alcázar-Alay, S., Encina-Zelada, C. R., Cabezas, D. M., Correa, M. J., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2022). Andean crops: kañiwa and tarwi flours used for the development of vegan gluten-free muffins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(15), 7282-7292. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12094>
- Garg, M., Sharma, A., Vats, S., Tiwari, V., Kumari, A., Mishra, V., & Krishania, M. (2021). Vitamins in cereals: A critical review of Content, Health effects, processing losses, Bioaccessibility, fortification, and biofortification strategies for their improvement. *Frontiers in Nutrition*, 8, 586815. Doi: 10.3389/fnut.2021.586815
- Garvey, E., O'Sullivan, M., Kerry, J., & Kilcawley, K. (2023). Aroma generation in sponge cakes: The influence of sucrose particle size and sucrose source. *Food Chemistry*, 417, 135860. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135860>
- Gutiérrez, C. P. (2022). "Elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de quinua y tarwi" [Tesis para el título, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Gutiérrez-Castillo, C., Alcázar-Alay, S., Vidaurre-Ruiz, J., Correa, M. J., Cabezas, D. M., Repo-Carrasco-Valencia, R., & Encina-Zelada, C. R. (2022). Effect of partial substitution of wheat flour by quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) flours on dough and bread quality. *Food Science and Technology International*, 10820132221106332. <https://doi.org/10.1177/10820132221106332>
- Jiménez, E., Yépez, A., Pérez-Cataluña, A., Ramos Vásquez, E., Zúñiga Dávila, D., Vignolo, G., & Aznar, R. (2018). Exploring diversity and biotechnological potential of lactic acid bacteria from tocosh - traditional Peruvian fermented potatoes - by high throughput sequencing (HTS) and culturing. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 567-574. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.033>
- Márquez-Villacorta, L., Pretell-Vásquez, C., & Hayayumi-Valdivia, M. (2021). Functional beverage design based on fresh milk, tarwi (*Lupinus mutabilis*) beverage and oatmeal (*Avena sativa*). *Revista chilena de nutrición*, 48(4), 490-499. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182021000400490>
- Oyola, M., & Padilla, R. (2020). "Enriquecimiento de galleta con sustitución parcial de harina de tocosh de papa (*Solanum tuberosum* L.) y harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*)" [Tesis para optar el Título, Universidad Nacional de Barranca].
- Paredes, J. (2018). "Influencia de la adición de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de tocosh sobre las características tecnológicas del pan de molde" [Tesis para optar el Título, Universidad Nacional del Santa]
- Plustea, L., Negrea, M., Cocan, I., Radulov, I., Tulcan, C., Berbecea, A., Popescu, I., Obistoiu, D., Hotea, I., Suster, G., Boeriu, A. E., & Alexa, E. (2022). Lupin (*Lupinus* spp.)-Fortified Bread: A Sustainable, Nutritionally, Functionally, and Technologically Valuable Solution for Bakery. *Foods*, 11(14), 2067. <https://doi.org/10.3390/foods11142067>
- Quiroga Ledezma, C. (2020). Native food crops for present and future generations. Sustainability of the Food System, 3-23. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818293-2.00001-X>
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Vidaurre-Ruiz, J., & Luna-Mercado, G. I. (2020). Development of Gluten-Free Breads Using Andean Native Grains Quinoa, Kañiwa, Kiwicha and Tarwi. *The 2nd International Conference of la ValSe-Food Network*, 53(1), 15. <https://doi.org/10.3390/proceedings2020053015>
- Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E., & Aguirre, E. (2018). Pan de molde enriquecido con torta extruida de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Química, reología, textura y aceptabilidad. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 199-208. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.04>
- Rosell, C. M. (2019). Trends in Science of Doughs and Bread Quality. Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention, 333-343. Chapter 26. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814639-2.00026-5>
- Rosell, C. M., Cortez, G., & Repo-Carrasco, R. (2009). Breadmaking Use of Andean Crops Quinoa, Kañiwa, Kiwicha, and Tarwi. *Cereal Chemistry Journal*, 86(4), 386-392. <https://doi.org/10.1094/cchem-86-4-0386>
- Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Characterization and Technological Potential of Underutilized Ancestral Andean Crop Flours from Ecuador. *Agronomy*, 11(9), 1693. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091693>
- Tolve, R., Simonato, B., Rainero, G., Bianchi, F., Rizzi, C., Cervini, M., & Giuberti, G. (2021). Wheat Bread Fortification by Grape Pomace Powder: Nutritional, Technological, Antioxidant, and Sensory Properties. *Foods*, 10(1), 75. <https://doi.org/10.3390/foods10010075>
- Vidaurre-Ruiz, J., Salas-Valerio, W., & Repo-Carrasco-Valencia, 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. *Rev. Investig. Altoandina*, 21(1), 5-14. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.441>
- Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., & Li, Y. (2020). Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 200-213. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.017>