

BEBIDA ANDINA INSTANTÁNEA A BASE DE GRANOS TOSTADOS: DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN

Segundo F. Rubio-Nuñez¹, Juan C. Solano-Gaviño² y Frank F. Velásquez-Barreto¹

RESUMEN

Los granos en zonas altoandinas poseen diversos compuestos nutricionales; no obstante, debido a sus cualidades sensoriales, sólo son consumidos en fresco o deshidratados. Una alternativa de procesamiento es el tostado de los granos para la obtención de bebidas. El objetivo del estudio fue evaluar el tiempo y temperatura de tostado sobre la solubilidad y el diferencial de color (ΔE) de los granos de arveja, cebada y haba, a fin de determinar los parámetros óptimos de tostado, así como, diseñar una mezcla óptima de granos para la obtención de una bebida instantánea. En una primera etapa se utilizó un diseño central compuesto rotacional para la optimización del proceso de tostado a partir de la solubilidad y el ΔE . En una segunda etapa, se aplicó un diseño simplex-centroide para determinar la mezcla óptima de harina tostada para la bebida instantánea. Los granos de cebada tostada presentaron la mayor solubilidad, mientras que el ΔE más alto se obtuvo de los granos de arveja tostada. La temperatura de tostado presentó un efecto significativo ($P \leq 0,05$) sobre la solubilidad de la cebada y arveja, mientras que el tiempo y la temperatura exhibieron un efecto significativo sobre el ΔE de los tres tipos de grano. Los parámetros óptimos de tostado fueron distintos para cada grano. Las bebidas con altos porcentajes de harina de haba y cebada, y bajos porcentajes de harina de arveja tuvieron la mayor aceptabilidad. Se concluye que a partir de granos cultivados en zonas andinas se pueden obtener bebidas instantáneas con alta aceptabilidad.

Palabras clave adiciona: *Pisum sativum*, *Hordeum vulgare*, *Vicia faba*, bebida, aceptabilidad.

ABSTRACT

Instant Andean beverage based on toasted grains: design and optimization

Grains in high Andean areas have various nutritional compounds, but due to their sensory qualities, they are only consumed fresh or dehydrated. A processing alternative is the roasting of the beans to obtain beverages. The objective of the study was to evaluate the temperature and roasting time on the solubility and the color difference (ΔE) of the pea, barley and broad beans, in order to determine the optimal roasting parameters, as well as design the optimal mixture of grains to obtain an instant beverage. In a first stage, a rotational central composite design was used to optimize the roasting process based on solubility and ΔE . In a second stage, a simplex-centroid design was applied to determine the optimal mixture of roasted flour for the instant beverage. The roasted barley grains had the highest solubility, and the highest ΔE was for roasted pea beans. The roasting temperature had a significant effect ($P \leq 0,05$) on the solubility of the barley and pea grains, while the time and the roasting temperature exhibited a significant effect on the ΔE of the three grain types. The optimal roasting parameters were different for each bean. Beverages with high percentages of bean and barley flour, and low percentages of pea flour had greater acceptability. It is concluded that instant beverages with high acceptability can be obtained from grains grown in Andean zones.

AdditionalKeywords: *Pisum sativum*, *Hordeum vulgare*, *Vicia faba*, beverage, acceptability.

INTRODUCCIÓN

La tendencia de consumo de bebidas saludables se ha incrementado a nivel mundial, debido a la alta expectativa que generan estos productos enfocados al cuidado de la salud y la nutrición de las personas (Nazir et al., 2019). Las

bebidas funcionales son un extraordinario recurso de suministro de componentes bioactivos como antioxidantes, péptidos, fibras, probióticos, vitaminas, minerales, entre otros, y se presenta como una alternativa saludable en comparación a las bebidas de bajo valor nutricional y alto contenido calórico (Ghoshal y Kansal, 2019;

¹ Recibido: Octubre 13, 2021

Aceptado: Junio 10, 2022

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Autónoma de Chota. Chota, Perú. e-mail: sfrubio123@gmail.com; fvelasquez@unach.edu.pe (autor de correspondencia)

² Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. e-mail: jsolano@unitru.edu.pe

Milán et al., 2017).

Los granos de cereales y leguminosas se consideran sustratos adecuados para la producción de bebidas instantáneas, fermentadas y probióticas debido a su alto valor nutritivo y fuente energética, por su contenido de almidón y fibras dietéticas (Coda et al., 2017; Schwan y Ramos, 2019). El trigo, maíz, y arroz son los cereales de mayor consumo a nivel global; sin embargo, otros cereales, pseudocereales y leguminosas como la cebada, el sorgo, la quinua, el amaranto, el haba, la arveja y el frijol, están generando gran interés en la industria alimentaria debido a su alto contenido en fibra dietética, almidón resistente, minerales, vitaminas, compuestos fenólicos, etc. (Ge et al., 2020; Mecha et al., 2021; Schmelter et al., 2021).

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cereal ampliamente usado en la industria de alimentos por sus características sensoriales y propiedades nutraceuticas (Fernandes et al., 2018). Este grano presenta un alto contenido en beta glucano y compuestos fenólicos, que previenen el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y diabetes; por tal motivo, ha crecido el interés por incorporar la cebada en la preparación y diseño de nuevos alimentos.

Por su parte, el haba (*Vicia faba* L.) es una leguminosa ampliamente sembrada tanto en Sudamérica como a nivel mundial, después de la soja, maní, frijol, guisante y el garbanzo. Esta leguminosa posee una alta proporción de fibra dietética, importante para el control de la diabetes, gran cantidad de proteínas, carbohidratos, vitamina B y sales minerales (Kassegn et al., 2018; Calixto et al., 2020; Samaei et al., 2020). Otra leguminosa ampliamente distribuida y utilizada en la dieta de muchas familias rurales es la arveja (*Pisum sativum* L.), la cual es una excelente fuente de fibras, carbohidratos, minerales, vitaminas y proteínas (Tadesse et al., 2020). La arveja es un gran recurso de proteína vegetal de alta calidad para la dieta humana, puesto que los componentes proteicos de la arveja son considerados hipoalergénicos (Ge et al., 2020).

El consumo de bebidas instantáneas elaboradas a partir de los granos tostados de café, pueden causar efectos negativos en la salud de los consumidores debido al alto contenido de ciertos compuestos como la cafeína (Tarawneh et al.,

2021). En consecuencia, en los últimos años, diversos estudios se han centrado en desarrollar bebidas instantáneas e infusiones a base de granos tostados de cebada, maíz, sorgo, dátiles y espinocervial, como alternativa a las bebidas elaboradas a base de café (Chavan et al., 2018; Ignat et al., 2020; Mostafa et al., 2021).

Los granos tostados de cebada son utilizados para producir bebidas instantáneas; no obstante, existen otros granos con un gran potencial alimentario y nutricional. En las regiones altoandinas se cultivan los granos de arveja y haba, que son poco consumidos y sólo se aprovechan en estado fresco o deshidratado, debido a su sabor astringente (Sallam et al., 2021). Algunas alternativas para reducir estos problemas son la aplicación de procesos como la cocción con lavados sucesivos o el tostado. A partir de los granos tostados se pueden preparar bebidas instantáneas; sin embargo, la aceptabilidad y propiedades funcionales de las bebidas están en función de los parámetros de tostado y las proporciones de la harina de grano utilizadas en la preparación. Por ello, el objetivo del estudio fue evaluar el tiempo y la temperatura de tostado sobre la solubilidad y el diferencial de color de los granos de arveja, cebada y haba, a fin de determinar los parámetros óptimos de tostado, así como, diseñar una mezcla óptima de harina de granos tostados para la obtención de una bebida con alta aceptabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material. Los granos andinos de arveja y haba fueron recolectados de los campos del centro poblado “El Campamento”, provincia de Chota (2450 m de altitud) y los granos de cebada, del centro poblado “Quidén” (2625 m de altitud), provincia de Celendín de la región Cajamarca, Perú.

Diseño experimental. La bebida instantánea a base de granos andinos de arveja, cebada y haba fue elaborada a partir de la aplicación de la optimización en dos etapas. La primera etapa del estudio consistió en determinar los parámetros óptimos de temperatura y tiempo de tostado de cada grano evaluando la solubilidad y diferencial de color (ΔE).

Se utilizó el diseño central compuesto rotacional (DCCR) (Montgomery, 2004). El

DCCR fue de 2² puntos del diseño factorial, con 4 puntos axiales y 3 puntos centrales, sumando un total de 11 tratamientos para cada grano tostado (Cuadro 2). Posteriormente, se aplicó el análisis de superficie respuesta de segundo orden (ecuación 1) y la función deseabilidad para obtener los parámetros óptimos de tostado de cada grano en función a las variables de respuesta, solubilidad y ΔE . Para ello, estas variables de respuesta fueron maximizadas.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2 \quad (1)$$

En la segunda etapa, los granos fueron tostados nuevamente con los parámetros óptimos de temperatura y tiempo, luego molidos para obtener harinas con un diámetro menor a 50 μm . Posteriormente, se prepararon diferentes mezclas de harinas tostadas mediante el diseño simplex-centroide aumentado (DSCA) para una mezcla de tres componentes (Cornell, 2002). Con este diseño se obtuvieron 11 mezclas de harina de granos (Cuadro 3) con dos puntos centrales y para cada mezcla se preparó una bebida, evaluando su aceptabilidad con panelistas no entrenados. Finalmente, se determinó la mezcla instantánea óptima para la variable respuesta aceptabilidad a partir del análisis de varianza y la función deseabilidad (ecuación 2).

$$E_{(Y)} = \beta_A x_A + \beta_B x_B + \beta_C x_C \quad (2)$$

donde: $E_{(Y)}$ = Valor esperado aceptabilidad

$\beta_A x_A + \beta_B x_B + \beta_C x_C$ = coeficientes que cuantifican el efecto de las mezclas puras.

$x_A + x_B + x_C$ = proporciones de los componentes (granos tostados a la condición óptima)

A = Haba; B = arveja; C = Cebada.

Análisis químico proximal. El análisis químico proximal de los granos recolectados de arveja, cebada y haba se realizó utilizando la metodología recomendada por la AOAC (2005).

Solubilidad. La solubilidad de la mezcla se determinó mediante el procedimiento reportado por Montanuci et al. (2016), con modificaciones. Se pesó 1 g de la muestra (P_i) de granos tostados y molidos (diámetro de partícula <50 μm) y se le agregó 10 mL de agua caliente a 80 °C, dejando reposar la mezcla durante 15 min. Luego, se vertió el sobrenadante en una placa Petri (previamente pesada) y se secó en la estufa a una temperatura promedio de 105 °C hasta llegar al peso constante (P_f). La solubilidad se calculó mediante la ecuación 3:

$$S = \frac{P_f}{P_i} x 100 \quad (3)$$

Diferencial de color (ΔE). El ΔE se determinó empleando el método propuesto por García y Calixto (2000). Las muestras de granos tostados y molidos fueron colocadas en placas Petri de 7 cm de diámetro para la medición del color. Para ello, se utilizó un Colorímetro Hunter Lab, con iluminaciones D65 (luz de día) y con un padrón de observación de 10°. La expresión de valores se realizó usando el sistema CIE- L* a* b*. Por tanto, el ΔE se determinó a partir de la ecuación 4. Las referencias de los parámetros de color de los granos tostados y molidos fueron los granos molidos antes de tostar.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (4)$$

Donde:

L = luminosidad de negro a blanco, a = rojo a verde, b = azul a amarillo.

Para la aceptabilidad de las mezclas de granos tostados se preparó una bebida instantánea que se evaluó mediante pruebas de degustación. Cada bebida fue preparada utilizando una proporción 6/100 (mezcla en gramos/agua en mL a 65 °C). Las bebidas instantáneas fueron colocadas en vasos descartables codificados recubiertos con papel aluminio para enmascarar las diferencias de color y se proporcionaron a 40 panelistas para su evaluación a una temperatura de 50-60 °C (Kim et al., 1998). La aceptabilidad de cada panelista se registró utilizando un cuestionario con una escala hedónica de cinco puntos, donde 5 es el valor para “me gusta mucho” y 1 el valor para “me disgusta mucho” (Ibáñez y Barcina, 2001). El panel estuvo conformado por 27 varones y 13 mujeres, todos los participantes fueron consumidores frecuentes (al menos una vez por día) de café y bebidas elaboradas a partir de granos tostados de cebada.

Análisis estadístico. Inicialmente, se comprobó la homogeneidad de varianzas para cada parámetro de la composición química mediante el empleo del test de Levene. Luego, para caracterizar las materias primas y mostrar diferencias entre sus componentes, se realizó un análisis de varianza con tres repeticiones y posterior prueba de Tukey. El análisis de superficie respuesta, análisis de regresión y análisis de varianza de los datos para la optimización de las variables de los diseños

experimentales DCCR y DSCA, se realizó utilizando el software Statistica 7.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición químico proximal de los granos de haba, cebada y arveja. El Cuadro 1 muestra la composición químico proximal de las muestras de granos de arveja, cebada y haba. El porcentaje de humedad de los granos está entre los rangos de 10,41 y 12,36 %, estos resultados fueron similares a los obtenidos por Millar et al. (2019). La cantidad de agua presente depende del proceso de secado y es muy importante porque determina

la estabilidad del grano durante el almacenamiento, porque a menor contenido de humedad, se disminuye la tendencia del grano a fermentar. El porcentaje de grasas y cenizas de los granos fueron menores a 4 %, resultados que fueron similares a los reportados por Adamidou et al. (2011) y Angeles et al. (2021); sin embargo, los rangos de proteína (7,22 a 19,47 %), carbohidratos (65,03 a 73,94 %) y fibra (2,00 a 6,52 %), son distintos a los reportados por Hove et al. (1978) y Sharan et al. (2021).

Cuadro 1. Caracterización químico proximal de los granos de haba, arveja y cebada*

Componente	Grano		
	Arveja	Cebada	Haba
Humedad (%)	10,41 b	10,71 b	12,36 a
Grasas (%)	0,89 b	1,11 b	3,67 a
Proteínas (%)	17,72 b	19,47 a	7,22 c
Carbohidratos (%)	67,84 b	65,03 c	73,94 a
Fibra cruda (%)	2,71 b	6,52 a	2,00 c
Cenizas (%)	3,14 b	3,69 a	2,81 b

*Porcentajes expresados en peso húmedo. Diferentes letras en la misma fila indican que existe diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

Los granos de haba presentaron un mayor contenido de carbohidratos en comparación a los granos de arveja y cebada, no obstante, los granos de cebada poseen un mayor contenido de fibra, que los granos de arveja y haba. Los valores de porcentajes de carbohidratos en granos de haba, arveja y cebada fueron distintos a lo reportado por Abusin et al. (2009). En general, las diferencias en la composición química entre los granos de haba, arveja y cebada son debidas a la especie vegetal, la variedad, las condiciones edafológicas, climatológicas y genéticas de los granos recolectados (Abusin et al. 2009; Hove et al., 1978).

Optimización del proceso de tostado

- Resultados para la solubilidad y color de los granos. Los granos tostados y molidos presentaron porcentajes de solubilidad de 2,45 a 23,61 % para las distintas combinaciones de temperatura y tiempo (Cuadro 2). Los granos tostados de cebada mostraron los mayores valores de solubilidad que los granos tostados de haba y arveja. Altas temperaturas y prolongados tiempos de tostado incrementaron la solubilidad en los

granos de cebada; sin embargo, los granos de haba y arveja presentaron una alta solubilidad cuando fueron tostados a bajas temperaturas y cortos tiempos de tostado (Cuadro 2, Figura 1). Las diferencias se deben a la composición química de los granos de haba, arveja y cebada, que pudo afectar su solubilidad porque las proteínas y carbohidratos (almidón) se hacen más solubles con el incremento de la temperatura (Sharma et al., 2011; Hatamian et al., 2020); no obstante, la estructura de los polímeros y su distribución dentro del grano pueden incrementar o disminuir la solubilidad de los productos tostados.

Las solubilidades de la cebada tostada son similares al reportado por Montanuci et al. (2016), quienes obtuvieron valores de índice de solubilidad de 6,13 % en promedio durante el análisis de muestras de cebada en polvo sometidos a temperaturas de tostado de 200° C; no obstante, los autores mencionan que cuando estas muestras fueron tratadas a 220 °C y 240 °C, los índices de solubilidad se elevaron a 19,70 y 17,91 %. El incremento de la solubilidad está ligado a los cambios fisicoquímicos de los polímeros durante

el proceso de tostado, gelatinización y porosidad, que permite retener más agua por capilaridad. Otro factor que afecta la solubilidad es el tamaño de la partícula, a menor tamaño de partícula se obtiene una mayor área de interacción de los

componentes químicos con el agua. Acorde con Young et al. (2014), un menor tamaño de las partículas permite el incremento de la solubilidad de los azúcares, proteínas, polifenoles, y flavonoides en una bebida caliente.

Cuadro 2. Solubilidad y diferencial de color para arveja, cebada y haba tostada

Trat.	Tiempo (min.)	Temperatura (°C)	Arveja tostada		Cebada tostada		Haba tostada	
			Solubilidad (%)	Color (ΔE)	Solubilidad (%)	Color (ΔE)	Solubilidad (%)	Color (ΔE)
1	14	194	4,68±0,14	36,51±0,28	5,66±0,12	43,48±0,35	5,38±0,23	41,23±0,16
2	36	194	3,12±0,06	45,11±0,42	8,93±0,05	46,68±0,17	4,27±0,06	47,10±0,46
3	14	216	2,45±0,09	49,58±0,07	18,86±0,03	51,58±0,41	4,89±0,14	56,66±0,42
4	36	216	2,77±0,18	55,26±0,13	18,92±0,20	56,85±0,39	4,76±0,09	60,35±0,48
5	10	205	3,57±0,03	43,82±0,33	8,00±0,30	45,54±0,45	4,86±0,09	46,91±0,25
6	40	205	2,82±0,10	50,24±0,06	11,97±0,04	50,45±0,21	4,66±0,26	55,24±0,65
7	25	190	3,63±0,18	40,15±0,26	5,55±0,21	41,50±0,40	6,64±0,10	37,83±0,16
8	25	220	2,75±0,18	55,20±0,17	23,61±0,03	59,41±0,13	4,65±0,12	56,75±0,27
9	25	205	2,53±0,16	47,74±1,27	9,46±0,09	47,31±0,30	4,51±0,21	50,57±0,36
10	25	205	2,88±0,13	47,73±0,12	12,12±0,30	48,54±0,07	4,83±0,30	51,17±0,43
11	25	205	2,81±0,21	48,09±0,27	10,00±0,02	46,91±0,31	6,04±0,02	51,82±0,18

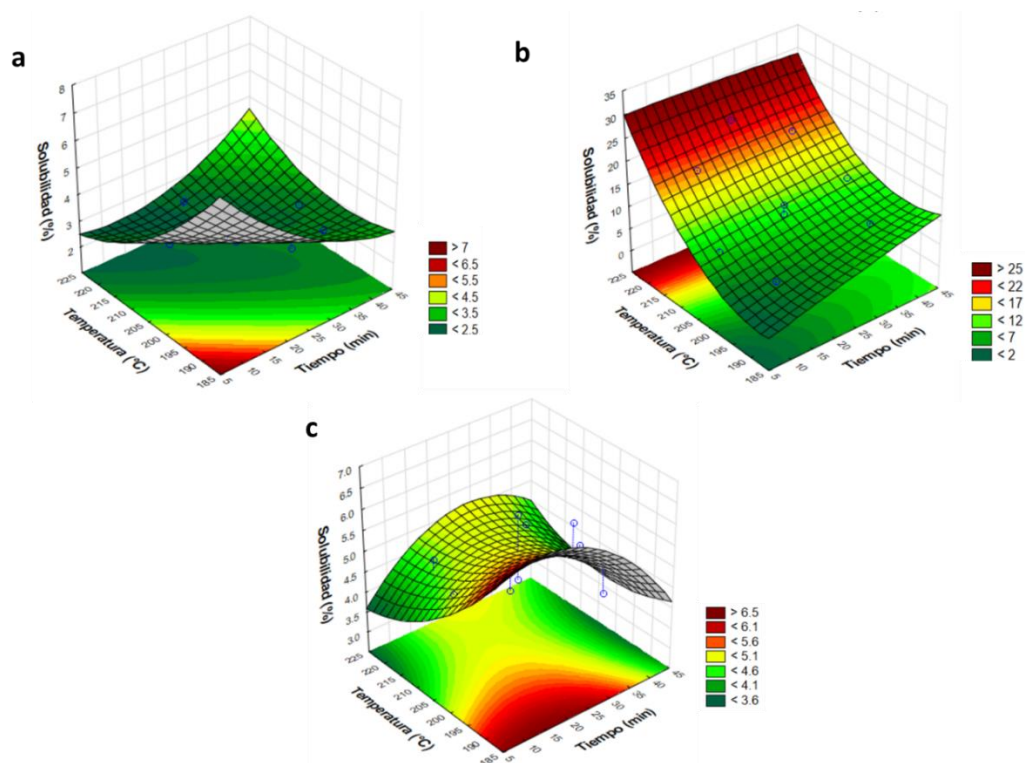


Figura 1. Superficie de respuesta para la solubilidad de los granos tostados de arveja (a), cebada (b) y haba (c)

Respecto al ΔE , los granos de haba, arveja y cebada presentaron valores de 36,51 a 60,35. El incremento de los valores de ΔE en los tres granos

tostados está en función de la elevación de la temperatura y tiempo durante el proceso de tostado (Cuadro 2, Figura 2). Las variaciones del

color entre los tratamientos experimentales son debido a las reacciones de Maillard (Rufián et al., 2009). Entonces, el pardeamiento no enzimático produce cambios en la coloración de los granos tostados a causa de la producción de pigmentos con bajo y alto peso molecular (Hofmann, 1998).

Los granos de haba tostada presentaron los mayores valores de ΔE en comparación con los granos de arveja y cebada. Por tanto, los granos de haba tostados mostraron una coloración más oscura, estas diferencias se deben a la heterogeneidad de la composición química y tamaño del gránulo de la harina (Aisyah Zafirah et al., 2018). El cambio de color de claro a oscuro durante el tostado depende de la luminosidad, L^* (Craig et al., 2018); que se reduce a altas temperaturas y prolongados tiempos de tostado y trae como consecuencia un cambio de color, volumen y masa de los granos. Entonces, la

coloración que experimenta el grano está en función de los diferentes parámetros del proceso de tostado y la naturaleza del producto alimenticio (Montanuci et al., 2016; Sharma et al., 2011).

Optimización del proceso de tostado. El tiempo y temperatura de tostado lineal y su interacción tuvieron un efecto significativo sobre la solubilidad de los granos tostados de arveja; por su parte, sólo se observa un efecto significativo de la temperatura de tostado lineal para granos de cebada ($P \leq 0,05$). Respecto al ΔE , el tiempo y temperatura de tostado lineal tuvieron efecto significativo ($P \leq 0,05$) sobre esta variable en los tres granos tostados. En tanto, la temperatura cuadrática tuvo efecto significativo en el ΔE en los granos de cebada y haba, mientras el tiempo cuadrático e interacción fueron significativos en el ΔE de los granos de arveja.

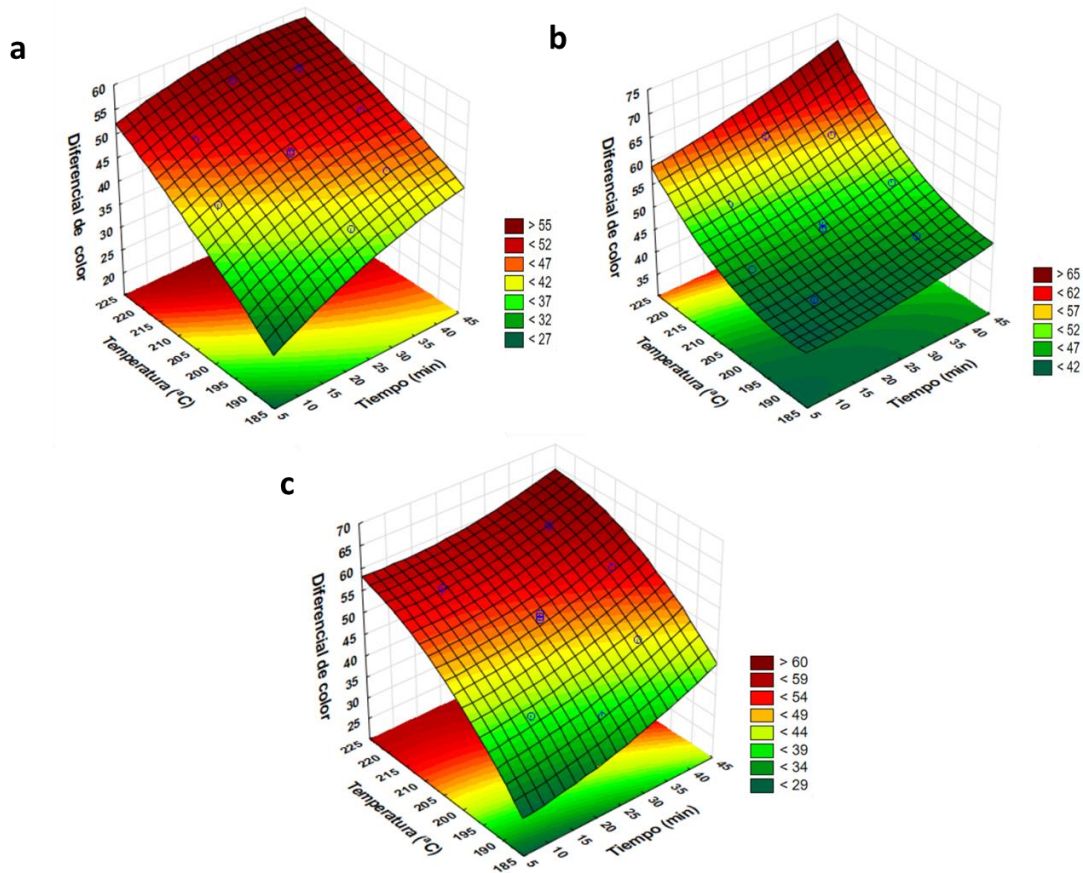


Figura 2. Superficie de respuesta del diferencial de color (ΔE) de los granos tostados de arveja (a), cebada (b) y haba (c)

Los componentes lineales, cuadráticos e interacción de los modelos fueron no significativos en la solubilidad y el ΔE de los tres granos tostados, pero debido a su importancia se incluyeron en el modelo matemático para la optimización (Urzúa et al., 2017). El coeficiente de determinación (R^2) fue mayor a 0,90 para la solubilidad de los granos tostados de arveja y cebada, y lo mismo se observó para el ΔE de los tres granos tostados, indicando que los modelos matemáticos ajustan bien los datos de las variables respuesta. De Oliveira et al. (2009) y Seng et al. (2005) concuerdan que modelos con $R^2 > 0,75$ son adecuados para propósitos de predicción.

La función deseabilidad permite combinar todas las variables de respuesta en una medición y ofrece la posibilidad de predecir los niveles óptimos de las variables independientes (Lewis et al, 1998). Estos niveles o condiciones óptimas (variables independientes) para los granos tostados de haba, arveja y cebada fueron determinados utilizando esta función y teniendo en cuenta las variables solubilidad y ΔE . Los parámetros óptimos de tostado obtenidos fueron de 10 min y 205 °C para granos de arveja (deseabilidad=0,50, solubilidad= 3,61 y $\Delta E=42,62$), 17,5 min y 212,5 °C para granos de cebada (deseabilidad=0,73, solubilidad= 15,38 y $\Delta E=50,67$) y 17,5 min y 205 °C para granos de haba (deseabilidad=0,59, solubilidad= 5,14 y $\Delta E=49,52$), observándose condiciones diferentes para cada grano tostado.

Los granos de cebada tienen una mayor temperatura de tostado óptima en comparación a los granos de haba y arveja, mientras que los granos de cebada y haba presentaron un mayor tiempo de tostado óptimo que los granos de arveja. Estas diferencias en las condiciones óptimas de tiempo y temperatura fueron afectadas por los diferentes valores de las variables respuesta, solubilidad y el ΔE (Cuadro 2), los cuales fueron distintas en los granos a causa de la variación en la composición química de los granos (Cuadro 1). Entre otros factores, la composición química y naturaleza del grano influyen en la medición de la solubilidad y el ΔE de los granos tostados (Schlörmann et al., 2019; Siah et al., 2014; Young Jun et al., 2014).

Optimización de la mezcla de granos tostados. El Cuadro 3 muestra los valores de aceptabilidad

obtenidos de la prueba hedónica para cada una de las bebidas elaboradas a partir de cada mezcla de harinas de granos tostados. En general, los panelistas (varones y mujeres) prefirieron las bebidas que se prepararon a partir de mezclas con mayor proporción de cebada; esto se debe probablemente a que los panelistas son consumidores habituales de bebidas elaboradas a partir de granos de cebada tostada; no obstante, algunos panelistas también aceptaron las bebidas elaboradas con mezclas de cebada y haba.

La bebida elaborada con una mezcla de 50 % de harina tostada de haba y 50 % de harina tostada de cebada exhibió la mayor aceptabilidad de los panelistas, seguida de la bebida elaborada con una mezcla de 16,66 % (1/6) de harina tostada de haba, 16,66 % (1/6) de harina tostada de arveja y 66,66 % (2/3) de harina tostada de cebada (Cuadro 3). Por tanto, bebidas elaboradas con altos porcentajes de harina tostada de haba y cebada y bajos porcentajes de arveja presentaron una mayor aceptabilidad. Acorde con Islam et al. (2019) y Majcher et al. (2013), las bebidas elaboradas a base de productos tostados como cebada, centeno, malta, trigo germinado, achicoria, y otros, poseen atributos sensoriales similares al café, a causa de alto contenido de compuestos volátiles que potencian sus aromas. Por su parte, bebidas elaboradas con mezclas conteniendo altos porcentajes de harina de arveja y bajos porcentajes de harina de haba y cebada (<50 %) exhibieron una menor aceptabilidad (Figura 3). Esto concuerda con los resultados de Amin et al. (2016), quienes señalan que el uso de harina de arveja aporta un sabor amargo a los productos procesados, por tanto, el uso de altas proporciones de harina de arveja como ingrediente puede reducir la aceptabilidad o preferencia del consumidor hacia estos productos.

Los modelos de regresión lineal, cuadrático y cúbico fueron analizados para determinar los parámetros óptimos de aceptabilidad de las bebidas a partir de las mezclas de harina de haba, arveja y cebada. Los modelos de regresión lineal y cuadrático fueron significativos ($P \leq 0,05$), indicando que se pueden utilizar para determinar las condiciones óptimas de las mezclas (datos no mostrados).

Los modelos cuadrático y cúbico presentaron un mejor ajuste de los datos (R^2 ajustado > 0,85) en

comparación con el modelo lineal (R^2 ajustado=0,58); sin embargo, el modelo cuadrático presentó un mayor R^2 ajustado (0,91), indicando que éste se ajusta mejor a los datos experimentales que el modelo cúbico (De Oliveira et al., 2009; Seng et al., 2005). Como el modelo cuadrático fue significativo ($P \leq 0,05$) y presentó el mayor R^2 , éste se utilizó para determinar los porcentajes óptimos de la mezcla de la bebida instantánea, utilizando la función deseabilidad (Figura 3), obteniéndose

como resultado que la mezcla óptima para la elaboración de la bebida fue con 36,36 % de harina de haba y 63,64 % de harina de cebada. Esto indica que las mezclas elaboradas con harina de haba y cebada fueron las más aceptadas por los panelistas. Entonces, el uso de harina de granos de haba y cebada en la elaboración de alimentos permite obtener productos con altos niveles de aceptabilidad (Sharma y Gujral, 2014; Schmelter et al., 2021).

Cuadro 3. Resultados de la aceptabilidad de la mezcla de los componentes de arveja, cebada y haba en los tratamientos experimentales

Tratamientos	Componentes			Aceptabilidad
	Haba	Arveja	Cebada	
1	1	0	0	3,83 ± 0,61
2	0	1	0	3,39 ± 0,55
3	0	0	1	3,72 ± 0,61
4	1/2	1/2	0	3,56 ± 0,50
5	1/2	0	1/2	4,19 ± 0,52
6	0	1/2	1/2	3,53 ± 0,51
7	2/3	1/6	1/6	3,94 ± 0,63
8	1/6	2/3	1/6	3,53 ± 0,51
9	1/6	1/6	2/3	4,03 ± 0,70
10	1/3	1/3	1/3	3,81 ± 0,40
11	1/3	1/3	1/3	3,83 ± 0,48

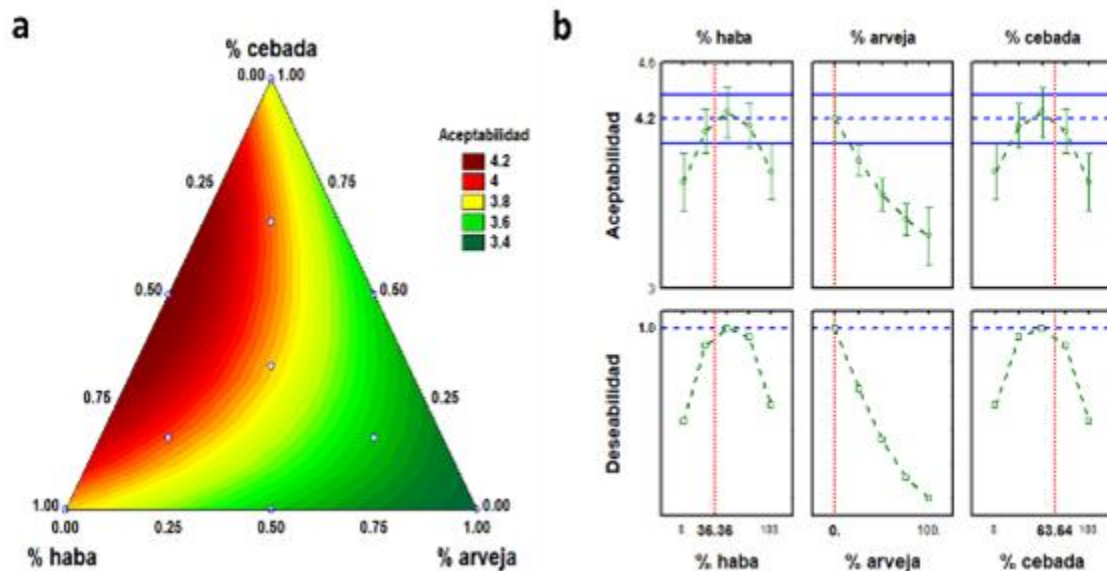


Figura 3. Gráfica de contorno del modelo cuadrático para los valores de aceptabilidad de las mezclas (a) y mezcla óptima determinada utilizando la función deseabilidad (b)

CONCLUSIONES

Los granos de haba, arveja y cebada presentaron una diferente composición nutricional. Los granos de cebada presentaron la mayor solubilidad y diferencial de color. Altas temperaturas y prolongados tiempos de tostado incrementaron la solubilidad y el diferencial de color de los granos tostados. Los modelos cuadráticos ajustaron bien a los datos experimentales ($R^2 > 0,90$) de solubilidad y diferencial de color de los tres granos tostados. El tiempo y temperatura de tostado óptimos fueron distintos debido a la composición química y naturaleza del grano tostado. Bebidas elaboradas con porcentajes altos de harina tostada de haba y cebada, y bajos porcentajes de arveja presentaron una mayor aceptabilidad. El modelo de regresión cuadrático fue significativo en el diseño de mezclas, presentando un mejor ajuste de los datos de aceptabilidad ($R^2 > 0,85$). La mezcla óptima de mayor aceptabilidad fue la mezcla elaborada con 36,36 % de harina de haba y 63,64 % de harina de cebada. Granos de haba, arveja y cebada tostados pueden ser utilizados para elaborar bebidas instantáneas con alta aceptabilidad. Futuros estudios deberían evaluar el efecto de la intensidad del tostado sobre la digestibilidad y valor nutricional de los granos tostados.

LITERATURA CITADA

1. Abusin, S. A., A. B. Hassan, y E. E. Babiker. 2009. Nutritional evaluation of cooked faba bean (*Vicia faba* L.) and white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3(3): 2484-2490.
2. Adamidou, S., I. Nengas, K. Grigorakis, D. Nikolopoulou y K. Jauncey. 2011. Chemical composition and antinutritional factors of field peas (*Pisum sativum*), chickpeas (*Cicer arietinum*), and faba beans (*Vicia faba*) as affected by extrusion preconditioning and drying temperatures. *Cereal Chemistry* 88(1): 80-86.
3. Aisyah Zafirah, M. D., K. Roselina, S. Jinap y H. Norhayati. 2018. Effects of fat content and grinding level of cocoa nibs on physicochemical characteristics of espresso cocoa. *International Food Research Journal* 25(3): 1239-1245.
4. Amin, T., A. Bashir, B. N. Dar y H. R. Naik. 2016. Development of high protein and sugar-free cookies fortified with pea (*Pisum sativum* L.) flour, soya bean (*Glycine max* L.) flour and oat (*Avena sativa* L.) flakes. *International Food Research Journal* 23(1): 72-76.
5. Angeles, J. G. C., J. C. Villanueva, L. Y. C. Uy, S. M. Q. Mercado, M. C. L. Tsuchiya, J. P. Lado, M. R. N. Angelia, M. C. M. Bercansil-Clemencia, M. A. C. Estacio y M. A. O. Torio, 2021. Legumes as functional food for cardiovascular disease. *Applied Sciences (Switzerland)* 11(12): 5475.
6. AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International* (18th ed.). Gaithersburg, MD, USA.
7. Calixto-Muñoz, J.J, D. de J. Pérez-López, A. González-Huerta, O. Franco-Mora, A. Morales-Pérez y A. D. Solís-Méndez. 2020. Variabilidad en el contenido de taninos, proteína y propiedades físicas en granos de haba (*Vicia faba* L.). *Bioagro* 32(3): 215-224.
8. Chavan, M., Y. Gat, M. Harmalkar y R. Waghmare. 2018. Development of non-dairy fermented probiotic drink based on germinated and ungerminated cereals and legume. *LWT - Food Science and Technology* 91: 339-344.
9. Coda, R., M. Montemurro, y C. G. Rizzello. 2017. Yogurt-like beverages made with cereals. *In: Yogurt in Health and Disease Prevention*. Academic Press. pp. 183-201.
10. Cornell, J.A. 2002. *Experiments with Mixtures: Designs Models and the Analysis of Mixture Data*. Wiley. New York.
11. Craig, A.; Botelho, B.; Oliveira, L. Franca, A. 2018. Mid infrared spectroscopy and chemometrics as tools for the classification of roasted coffees by cup quality. *Food Chemistry* 245: 1052-1061.
12. De Oliveira, M.A., G.A. Maia, R.W. De Figueiredo, A.C.R. De Souza, E.S. De Brito y H.M.C De Azeredo. 2009. Addition of cashew tree gum to maltodextrin-based carriers for spray drying of cashew apple juice.

- International Journal of Food Science and Technology 44(3): 641-645.
13. Fernandes, C. G., S. K. Sonawane y S. S. Arya. 2018. Cereal based functional beverages: A review. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 8 (3): 914-919.
 14. García, J., y F. Calixto. 2000. Evaluation of CIELAB parameters during the clarification of a sugar syrup from Mesquite pods (*Prosopis pallida* L.). *International Journal of Food Science and Technology* 35: 385-389.
 15. Ge, J., C. X. Sun, H. Corke, K. Gul, R. Y. Gan y Y. Fang. 2020. The health benefits, functional properties, modifications, and applications of pea (*Pisum sativum* L.) protein: Current status, challenges, and perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 19(4): 1835-1876.
 16. Ghoshal, G., y S. K. Kansal. 2019. The emerging trends in functional and medicinal beverage research and its health implication. In: *Functional and Medicinal Beverages*. Academic Press. pp. 41-71.
 17. Hatamian, M., M. Noshad, S. Abdanan-Mehdizadeh y H. Barzegar. 2020. Effect of roasting treatment on functional and antioxidant properties of chia seed flours. *NFS Journal* 21: 1-8.
 18. Hofmann, T. 1998. Characterization of the most intense coloured compounds from Maillard reactions of pentoses by application of colour dilution analysis. *Carbohydrate research* 313(3-4): 203-213.
 19. Hove, E. L., S. King y G. D. Hill. 1978. Composition, protein quality, and toxins of seeds of the grain legumes *Glycine max*, *Lupinus* spp., *Phaseolus* spp. *Pisum sativum*, and *Vicia faba*. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 21(3): 457-462.
 20. Ibáñez, F. y Y. Barcina. 2001. *Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones*. Springer. Barcelona.
 21. Ignat, M. V., L. C. Salanță, O. L. Pop, C. R. Pop, M. Tofană, E. Mudura, T. E. Coldea, A. Borșa, y A. Pasqualone. 2020. Current functionality and potential improvements of non-alcoholic fermented cereal beverages. *Foods* 9(8): Article number 9081031.
 22. Islam, M. Z., D. S. Yu y Y. T. Lee. 2019. The Effect of Heat Processing on Chemical Composition and Antioxidative Activity of Tea Made from Barley Sprouts and Wheat Sprouts. *Journal of Food Science* 84(6): 1340-1345
 23. Kassegn, H. H., T. W. Atsbha, y L. T. Weldeabezgi. 2018. Effect of germination process on nutrients and phytochemicals contents of faba bean (*Vicia faba* L.) for weaning food preparation. *Cogent Food & Agriculture* 4(1): 1545738.
 24. Kim, Y., Y. C. Lee y K. O. Kim. 1998. Optimum Roasting and Extraction Conditions and Flavor Characteristics of Roasted Malt Extract. *Cereal Chemistry* 75(3): 282-288.
 25. Lewis, G., D. Mathieu y R. Phan-Tan-Luu. 1998. *Pharmaceutical Experimental Design*. CRC Press. Boca Raton, Florida.
 26. Majcher, M. A., D. Klensporf-Pawlik, M. Dziadas y H. H. Jeleń. 2013. Identification of aroma active compounds of cereal coffee brew and its roasted ingredients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(11): 2648-2654.
 27. Mecha, E., V. Correia, A. Bento da Silva, A. Ferreira, B. Sepodes, M. E. Figueira, M. C. Vaz Pato y M. Rosário Bronze. 2021. Improvement of wheat cookies' nutritional quality, by partial substitution with common bean and maize flours, sustained human glycemia and enhanced satiety perception. *Cereal Chemistry* 98(5): 1123-1134.
 28. Milán-Carrillo, J., R. Gutiérrez-Dorado, E. O. Cuevas-Rodríguez, L. M. Sánchez-Magaña, J. J. Rochín-Medina, y C. Reyes-Moreno. 2017. Bebida funcional con potencial antidiabético y antihipertensivo elaborada con maíz azul y frijol negro bioprocados. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40(4): 451-459.
 29. Millar, K. A., E. Gallagher, R. Burke, S. McCarthy y C. Barry-Ryan. 2019. Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour. *Journal of Food Composition and Analysis* 82: 103233.
 30. Montanuci, F. D., L. M. M. Jorge y R. M. M. 2016. Influence of roasting temperature of

- barley on the powder characteristics and preparation of tea. *Cereal Chemistry* 93(1): 20-24.
31. Montgomery, D. 2004. Diseño y análisis de experimentos. Limusa Wiley. México, D.F.
 32. Mostafa, M. M., E. Ali, M. Gamal y M. A. Farag. 2021. How do coffee substitutes compare to coffee? A comprehensive review of its quality characteristics, sensory characters, phytochemicals, health benefits and safety. *Food Bioscience* 43: 101290.
 33. Nazir, M., S. Arif, R. S. Khan, W. Nazir, N. Khalid y S. Maqsood. 2019. Opportunities and challenges for functional and medicinal beverages: Current and future trends. *Trends in Food Science & Technology* 88: 513-526.
 34. Rufián-Henares, J.A., C. Delgado-Andrade y F.J. Morales. 2009. Assessing the Maillard reaction development during the toasting process of common flours employed by the cereal products industry. *Food Chemistry* 114 (1): 93-99.
 35. Sallam, Y. I., E. A. E. -S. A. El-Salam y A. G. Abaza. 2021. Green pea waste flour as a wheat flour partial replacer in pound cake: batter rheology behavior and cake quality properties. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria* 20(1): 67-78.
 36. Samaei, S. P., M. Ghorbani, D. Tagliazucchi, S. Martini, R. Gotti, T. Themelis, F. Tesini, A. Gianotti, T. G. Toschi y E. Babini. 2020. Functional, nutritional, antioxidant, sensory properties and comparative peptidomic profile of faba bean (*Vicia faba*, L.) seed protein hydrolysates and fortified apple juice. *Food Chemistry* 330: 127120.
 37. Schlörmann, W., S. Zetzmann, B. Wiege, N. Haase, A. Greiling, S. Lorkowski, C. Dawczynski y M. Gleis. 2019. Impact of different roasting conditions on chemical composition, sensory quality and physicochemical properties of waxy-barley products. *Food and function* 10 (9): 5436-5445.
 38. Schmelter, L., Rohm, H. y S. Struck. 2021. Gluten-free bakery products: Cookies made from different *Vicia faba* bean varieties. *Future Foods* 100038.
 39. Schwan, R. F. y C. L. Ramos. 2019. Functional beverages from cereals. In: *Functional and Medicinal Beverages: Volume 11: The Science of Beverages*. pp. 351-379.
 40. Seng K.L., Y.B. Che Man, C.P. Tan, A. Osman y N.S. Hamid. 2005. Process optimization of encapsulated pandan (*Pandanus amaryllifolius*) powder using spray-drying method. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85(12): 1999-2004.
 41. Sharan, S., G. Zanghelini, J. Zotzel, D. Bonerz, J. Aschoff, A. Saint-Eve y M.-N. Maillard. 2021. Fava bean (*Vicia faba* L.) for food applications: From seed to ingredient processing and its effect on functional properties, antinutritional factors, flavor, and color. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 20(1): 401-428.
 42. Sharma, P., H. S. Gujral y C. M. Rosell. 2011. Effects of roasting on barley β -glucan, thermal, textural and pasting properties. *Journal of Cereal Science* 53(1): 25-30.
 43. Sharma, P. y H.S. Gujral. 2014. Cookie making behavior of wheat-barley flour blends and effects on antioxidant properties. *LWT-Food Science and Technology* 55(1): 301-307.
 44. Siah, S., I. Konczak, J. A. Wood, S. Agboola y C. L. Blanchard. 2014. Effects of roasting on phenolic composition and in vitro antioxidant capacity of Australian grown faba beans (*Vicia faba* L.). *Plant Foods for Human Nutrition* 69 (1): 85-91.
 45. Tadesse, N. S., G. F. Beyene, T. B. Hordofa y A.A. Hailu. 2020. Traditional foods and beverages in Eastern Tigray of Ethiopia. *Journal of Ethnic Foods* 7(16): 1-12.
 46. Tarawneh, M., A.M. Al-Jaafreh, H. Al-Dal'in, H. Qaralleh, M. Alqaraleh y M. Khataibeh. 2021. Roasted date and barley beans as an alternative's coffee drink: micronutrient and caffeine composition, antibacterial and antioxidant activities. *Systematic Reviews in Pharmacy* 12(1): 1079-1083.
 47. Urzúa, C., E. González, V. Dueik, P. Bouchon, B. Giménez y P. Robert. 2017. Olive leaves extract encapsulated by spray-drying in vacuum fried starch-gluten doughs. *Food and Bioproducts Processing* 106: 171-180.

48. Young Jun, L., L. Myoung Gi, Y. Seok Yeong, Y. Won Byong y L. Ok Hwan. 2014. Changes in physicochemical characteristics and antioxidant activities of Jerusalem artichoke

tea infusions resulting from different production processes. Food Science and Biotechnology 23(6): 1885-1892.