

Efecto de la Cocción y la Concentración de Sal como Pretratamiento de Chips de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) Obtenidos por Fritura al Vacío

Juan Pillajo¹, Juan Bravo-Vásquez¹, y María G. Vernaza^{2*}

(1) Universidad Tecnológica Equinoccial, Centro de Investigación de Alimentos, CIAL Quito, Ecuador.
(e-mail: juanpablo_ing.al@hotmail.com, juan.bravo@ute.edu.ec)

(2) Ingeniería en Alimentos. Colegio de Ciencias e Ingenierías, El Politécnico, Universidad San Francisco de Quito, Cumbayá, P.O.Box 17-12-841, Quito, Ecuador. (e-mail: mgvernaza@usfq.edu.ec)

*Autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

Recibido Ago. 28, 2018; Aceptado Nov. 27, 2018; Versión final Ene. 22, 2019, Publicado Ago. 2019

Resumen

El objetivo fue estudiar el efecto de la cocción y de la concentración de sal en el proceso de cocción pre-fritura de chips de mashua aplicando fritura al vacío. Se utilizó un Diseño Central Compuesto 2², donde las variables independientes fueron: el efecto del tiempo de cocción (0–15 min) y la adición de sal (0–1.25%). Las variables dependientes fueron: humedad, grasa, acidez titulable y textura. La humedad se vio negativamente afectada por las dos variables estudiadas. A medida que se incrementa el tiempo de cocción, el contenido de grasa aumenta y al aumentar los niveles de las dos variables, la textura y el grado de acidez disminuyen. Como tratamiento óptimo se escogió la muestra con 7.5 min de cocción y 0.63% de sal. Los chips obtenidos mediante fritura al vacío presentaron un 50.42% menos en el contenido final de grasa, en comparación con la muestra procesada con fritura atmosférica.

Palabras clave: adición de sal; disminución de grasa; bocaditos de sal; superficie de respuesta, tubérculos andinos

Effect of Cooking and Salt Concentration in the Pre-treatment of Salted Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) Chips Obtained by Vacuum Frying

Abstract

The objective was to study the effect of cooking and salt concentration in the pre-fried cooking process of salted mashua chips by applying vacuum frying. A Composite Central Design 2² was used. The independent variables were: the effect of cooking time (0-15 min) and the addition of salt (0-1.25%). The dependent variables were: moisture content, fat content, titratable acidity and texture. The moisture was negatively affected by the two independent variables. With greater cooking time, the fat content increases and as the levels of the two variables increase, the texture and amount of acidity decrease. The optimal treatment was chosen with 7.5 min of cooking and 0.63% of salt. The chips obtained by vacuum frying presented 50.42% less fat content when compared to the sample processed with atmospheric frying.

Keywords: salt addition; fat reduction; chips; surface response; andean tubers

INTRODUCCIÓN

La fritura convencional es un método muy común de cocción que se utiliza en la gastronomía e industria a nivel mundial, consiste en sumergir un alimento en aceite o grasa caliente entre 150 y 200°C a presión atmosférica; se generan atributos característicos como: sabor, color dorado y textura crocante en el producto; sin embargo, las altas temperaturas y la presencia de oxígeno durante el proceso de fritura provocan efectos negativos en el alimento como: liberación de vitaminas liposolubles y pigmentos, volviéndolos más sensibles al calor; así mismo, se producen alteraciones en la calidad del aceite como: oxidación, disminución del punto de humo y formación de ácidos grasos libres (Badui, 2006; Franco, 2011). La demanda de chips fritos aumenta, así como la preocupación por su alto aporte calórico a la dieta, su aceptación es importante en el mercado por su facilidad de consumo. Esto incentiva la investigación de nuevas tecnologías que mejoren su calidad y aceptabilidad (Urbano et al., 2012).

En este contexto la fritura al vacío es una alternativa para producir chips con características superiores. Esta técnica consiste en sumergir un alimento en aceite o grasa caliente dentro de un sistema cerrado herméticamente, se aplica presión subatmosférica con el fin de reducir el punto de ebullición del agua y por consecuencia freír con aceite a menor temperatura (Garayo y Moreira, 2002). También se realiza una centrifugación para eliminar los residuos de aceite de las paredes del alimento. Estas condiciones aportan a la conservación de vitaminas y pigmentos propios del alimento, mejoran los atributos sensoriales y disminuyen la absorción de grasa en el producto final; además, la aplicación de temperaturas menos drásticas provoca una degradación menor en el aceite (Basuny et al., 2012; Moreira et al., 2009). La utilización de pretratamientos mejora la calidad final de los *chips*, el secado y deshidratación osmótica mejoran principalmente atributos de apariencia, sabor, textura, reducción de la absorción de aceite y humedad (Troncoso y Pedreschi, 2009).

Actualmente existe interés en el país para aumentar el consumo de tubérculos andinos como la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*) (Quelal y Huaraca, 2012; Leidi et al., 2018). La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo procedente de América del Sur, se cultiva principalmente en países de los Andes centrales como: Ecuador, Perú y Bolivia; pertenece al grupo denominado raíces y tubérculos andinos (RTAs) así como el melloco, papa, oca, miso, achira, entre otros (Barrera et al., 2004; Leidi et al., 2018). Los tubérculos pueden ser cónicos alargados rectos o curvos; su color puede variar entre amarillo, blanco y violeta. Los nutrientes que se presentan en mayor proporción son: 75.40 % de carbohidratos, 9.17 % de proteína y 77.37 mg de vitamina C en 100 g de muestra. El contenido de vitamina C es mayor que otros RTAs como el melloco, la zanahoria blanca, oca o miso (Espín, et al., 2004; Leidi et al., 2018). En la medicina ancestral se reconoce por su potencial para inhibir microorganismos patógenos, prevenir el desarrollo de células cancerosas en el estómago, colon, piel y próstata; también efecto diurético y poder curativo de diferentes tipos de dolencias como: infecciones de las vías urinarias y enfermedades del riñón (Grau, 2003; Leidi et al., 2018).

La mashua posee un sabor picante característico que la distingue de otras especies de tubérculos andinos (RTAs), los compuestos químicos responsables de este sabor son los glucosinolatos que también están presentes en la mostaza, rábano, col y otras verduras (Grados, 2010). Los glucosinolatos son compuestos aromáticos que están formados por aniones orgánicos solubles en agua, su presencia es importante en el mecanismo natural de defensa de las plantas, puesto que inhiben la proliferación de insectos, hongos y bacterias (Arias, 2011; Leidi et al., 2018). La síntesis de los glucosinolatos aumenta en el corte o trituración de los tejidos, ya que se exponen a la enzima mirosinaza, dando lugar a un metabolismo enzimático acelerado que libera compuestos tóxicos como isotiocianatos, tiocianatos y oxazolidinas; en esta reacción también se produce glucosa y sulfatos (Arias, 2011).

Los isotiocianatos son los compuestos que afectan en mayor proporción la calidad de este tubérculo, por tal razón se realizan tratamientos térmicos como: cocción, fritura, exposición a rayos solares directos y bajas temperaturas, con el fin de inactivar la enzima mirosinaza y así evitar la síntesis de compuestos tóxicos responsables de los sabores indeseables (Espín et al., 2004). Una forma de relacionar la concentración de este antinutriente es determinando el grado de acidez, ya que son directamente proporcionales; es decir, a mayor grado de acidez y menor pH, existe mayor concentración de isotiocianatos (Arias, 2011; Grau, 2003; Serrano, 2012). El estudio para la elaboración de chips salados de mashua es una alternativa para diversificar su uso, promover su producción, ampliar su mercado y crear un beneficio para sus productores y consumidores. El objetivo fue estudiar el efecto del tiempo de cocción y de la concentración de sal en el proceso de cocción pre-fritura de chips salados de mashua aplicando fritura al vacío.

METODOLOGÍA

Se utilizó mashua (*Tropaeolum tuberosum*) variedad chaucha correspondiente al ecotipo Ecu-1124, adquirida en el mercado local (Salquisilí, Cotopaxi, Ecuador). La mashua fresca fue analizada cuanto a su cantidad de humedad, grasa y acidez titulable, siguiendo metodologías oficiales de la AOAC (2010).

Proceso de obtención de chips salados de mashua

Para la obtención de los chips salados de mashua, inicialmente, se seleccionaron los tubérculos. Se descartaron los que presentaron daños físicos o microbiológicos, los sanos se lavaron con agua potable y cepillo para remover los residuos de las hendiduras, se eliminaron los extremos y se cortó en rodajas longitudinales de 2.5 ± 0.2 mm de espesor, con una cortadora eléctrica. Las rodajas se cocieron en medio acuoso, con una relación 1:5 rodajas/solución, a una temperatura de 89.5 °C en una olla de acero. El tiempo de cocción y el porcentaje de sal se aplicaron de acuerdo al diseño experimental (Tabla 1 y 2); rápidamente se realizó un choque térmico por inmersión en agua fría utilizando un colador metálico; posteriormente se escurrieron con una centrifuga manual durante 1 min para eliminar el exceso de agua. Para la fritura se utilizaron 300 g de rodajas de mashua y 13 litros de aceite de origen vegetal de marca Danolin FRI 3317 adquirido en DANEC S.A. (Ecuador). El proceso de fritura al vacío se realizó a 110 °C por 14 minutos y 5.34 kPa de presión absoluta.

Diseño experimental

Para el proceso de cocción, se utilizó un Diseño Central Compuesto (DCC) 2^2 , se aplicó la Metodología de Superficie de Respuesta para medir los efectos de las variables independientes: tiempo de cocción (0 – 15 min) y porcentaje de sal (0 – 1.25%) sobre la calidad del producto final (Tabla 1) (Gutiérrez y Salazar, 2008). En el diseño se planteó doce puntos experimentales divididos en: cuatro centrales, cuatro axiales y cuatro factoriales. El valor de $\pm\alpha$ fue de 1.4142 para garantizar la rotabilidad del diseño (Tabla 2). El diseño experimental fue elaborado utilizándose el programa estadístico STATISTICA 7.0. Los tratamientos del diseño fueron ejecutados en forma aleatorizada.

Tabla 1: Niveles reales y codificados utilizados en el Diseño Central Compuesto 2^2

Variable independiente	$-\alpha$ (-1.4142)	-1	0	+1	$+\alpha$ (+1.4142)
Tiempo de cocción (min)	0.00	2.20	7.5	12.80	15
Adición de sal (%)	0.00	0.18	0.63	1.07	1.25

Variables dependientes: análisis fisicoquímico de los chips

Las variables dependientes del diseño experimental fueron: contenido de humedad (%), grasa (%) y acidez titulable ejecutadas con metodologías oficiales de la AOAC (2010). Estos análisis fueron realizados por triplicado. Además, se realizaron mediciones de dureza (8 repeticiones en cada tratamiento) con la ayuda de un texturómetro TAXT2.Plus (Stable Micro Systems, Reino Unido), utilizando una sonda esférica P/0.25S de 1/4 pulgadas de diámetro. Los parámetros de la prueba fueron: velocidad de prueba 1 mm/s, fuerza de activación 5 gf y distancia de sonda 3 mm.

Optimización

La optimización se la realizó en función del contenido de grasa y de la acidez presentada en las muestras. Siendo el contenido de grasa el factor más relevante. A este ensayo se lo duplicó utilizándose fritura convencional a 170 °C por 4 min, bajo las mismas condiciones de pretratamiento escogido. Se realizó un análisis de grasa el cual fue comparado con el proceso de la fritura al vacío.

Evaluación sensorial

Primeramente, se identificó a consumidores frecuentes de chips utilizando una encuesta de la frecuencia del consumo de chips salados. Para evaluar la aceptación del producto se utilizó una prueba afectiva de ordenamiento. Los participantes recibieron 3 muestras codificadas con números aleatorios de tres dígitos, los cuales debían probar todas las muestras y ordenar una a una de acuerdo a su grado de preferencia. Una muestra fue el tratamiento óptimo escogido una vez analizados los resultados, un tratamiento con menor porcentaje de grasa y un tratamiento con bajo índice de acidez y contenido aceptable de grasa. El arreglo de los datos se realizó, asignando un número en función del grado de preferencia; siendo 1, mayor preferencia; 2, preferencia media y; 3, menor preferencia.

Análisis estadístico

Para analizar los resultados obtenidos en los ensayos del Diseño Central Compuesto, se utilizó la Metodología de Superficie de Respuesta, con un nivel de significancia de 10%, utilizando el software STATISTICA versión 7.0. Se aceptaron modelos matemáticos que presentaron un R^2 mayor al 0.65.

El tratamiento óptimo y el obtenido por medio de fritura convencional fueron analizados por medio de análisis de varianza y test de comparación de medias a un nivel de significancia del 5%. Para analizar los datos obtenidos en la evaluación sensorial se utilizó el método no paramétrico de Friedman, con un nivel de significancia de 5%, por medio del programa estadístico Statgraphics Centurion XV.II.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de humedad de la mashua fresca fue 87.33%, valor que coincide con los resultados reportados en otros estudios (Espín et al., 2004; Quelal, 2012; Samaniego, 2011; Serrano, 2012), donde se reportan valores desde 88.7% hasta 89.63%. Los resultados indican un grado de acidez de 2.19%, que también concuerda con los autores mencionados, donde se reportan índices de acidez que varían desde 1.93% hasta 3.2 %. El contenido de estos compuestos puede ser variable en función de factores como: condiciones agrícolas, variedad genética, clima, entre otros (Espín et al., 2004).

Caracterización de los chips obtenidos en el diseño experimental

Los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos del diseño experimental DCC se muestran en la Tabla 2, el análisis de varianza en la Tabla 3 y los modelos matemáticos ajustados ($R^2 > 0.65$ y $p < 0.10$) en función al tiempo de cocción y el porcentaje de sal en la Tabla 4.

Tabla 2: Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a los chips

<i>Tiempo de cocción (min)</i>	<i>Porcentaje de sal (%)</i>	<i>Humedad (%)</i>	<i>Grasa (%)</i>	<i>Textura (N)</i>	<i>Acidez titulable (%)</i>
2.2	0.18	1.83 ± 0.134	25.32 ± 0.67	5.26 ± 0.76	1.66 ± 0.02
2.2	1.07	2.14 ± 0.014	22.92 ± 0.09	3.23 ± 0.56	1.20 ± 0.05
12.8	0.18	1.67 ± 0.049	32.20 ± 0.17	2.26 ± 0.37	0.69 ± 0.01
12.8	1.07	2.02 ± 0.035	30.92 ± 0.11	1.95 ± 0.18	0.40 ± 0.02
0	0.63	2.31 ± 0.085	19.02 ± 0.37	2.42 ± 0.31	2.01 ± 0.01
15	0.63	1.95 ± 0.085	29.19 ± 0.08	2.01 ± 0.33	0.44 ± 0.01
7.5	0	2.19 ± 0.057	28.16 ± 0.27	3.62 ± 0.37	0.87 ± 0.01
7.5	1.25	2.09 ± 0.092	28.61 ± 0.04	1.95 ± 0.18	0.60 ± 0.03
7.5	0.63	1.64 ± 0.021	21.72 ± 0.03	2.87 ± 0.38	0.91 ± 0.01
7.5	0.63	1.62 ± 0.01	23.63 ± 0.04	2.93 ± 0.56	0.94 ± 0.02
7.5	0.63	1.63 ± 0.007	25.64 ± 0.64	2.28 ± 0.40	0.89 ± 0.01
7.5	0.63	1.63 ± 0.035	24.13 ± 0.42	2.58 ± 0.47	0.86 ± 0.02

El modelo matemático obtenido para la Humedad, indica un modelo cuadrático (Tabla 4). Se observa que el valor mínimo de humedad se encuentra cerca del punto central de la región experimental (Figura 1a). El contenido de humedad obtenido en este estudio es menor en comparación a otros estudios realizados con la tecnología de fritura al vacío en tubérculos andinos, Suntaxi (2013) reportó un valor de 2.52% en chips de oca pretratados con deshidratación osmótica y Serrano (2012), obtuvo 2% de humedad en chips de mashua pretratados con cocción y deshidratación osmótica. Se puede afirmar que la adición de una dosis baja de sal en el proceso de cocción contribuye a la reducción del contenido final de humedad de los chips, sin embargo, la adición excesiva revierte el efecto. Los valores de humedad cumplen con los requisitos establecidos según el Instituto Ecuatoriano de Normalización en la ficha técnica INEN 2 561:2010 para chips de productos vegetales (INEN, 2010), que señala como máximo el 5%, tomando en cuenta que, a menor contenido de agua, existen mejores atributos de calidad y mayor tiempo de vida útil. Otros estudios realizados para obtener

chips con la tecnología de fritura al vacío reportan valores menores del 5% de humedad. Garayo y Moreira (2002) obtuvieron 1.90% de humedad en chips de papa, Shyu et al. (2005) obtuvieron 1.7 % de humedad en chips de zanahoria, Diamante et al. (2011) reportaron un valor de humedad de 2.85% en chips de Kiwi, Villamizar et al. (2011) obtuvieron chips de mango con una humedad final de 1.25%, Dueik y Bouchon (2011) alcanzaron niveles de humedad final de 2% en chips de manzana y papa.

Tabla 3: Análisis de Varianza (ANOVA) de las diferentes variables

<i>Humedad</i>							
<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Medias cuadráticas</i>	<i>F cal</i>	<i>F tab</i>	<i>Fcal/Ftab</i>	<i>p-valor</i>
Regresión	0,53	4	0,13	5,01	2,96	1,69	0,032
Residuos	0,18	7	0,03				
Falta de ajuste	0,18	4	0,05				
Error puro	0,00	3	0,00				
Total	0,71	11					
R ²	0,74						
<i>Grasa</i>							
<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Medias cuadráticas</i>	<i>F cal</i>	<i>F tab</i>	<i>Fcal/Ftab</i>	<i>p-valor</i>
Regresión	152,88	3	50,96	23,13	2,92	7,92	0,000
Residuos	17,63	8	2,20				
Falta de ajuste	9,78	5	1,96				
Error puro	7,85	3	2,62				
Total	170,51	11					
R ²	0,90						
<i>Dureza</i>							
<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Medias cuadráticas</i>	<i>F cal</i>	<i>F tab</i>	<i>Fcal/Ftab</i>	<i>p-valor</i>
Regresión	6,46	3	2,15	5,22	2,92	1,79	0,027
Residuos	3,29	8	0,41				
Falta de ajuste	3,03	5	0,61				
Error puro	0,27	3	0,09				
Total	9,75	11					
R ²	0,66						
<i>Acidez Titulable</i>							
<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Medias cuadráticas</i>	<i>F cal</i>	<i>F tab</i>	<i>Fcal/Ftab</i>	<i>p-valor</i>
Regresión	2,41	4	0,60	79,51	2,96	26,86	0,000
Residuos	0,05	7	0,01				
Falta de ajuste	0,05	4	0,01				
Error puro	0,00	3	0,00				
Total	2,46	11					
R ²	0,98						

El modelo matemático obtenido para la Grasa, indica un modelo cuadrático (Tabla 4). En la superficie de respuesta (Figura 1b) se observa el efecto de la adición de sal y de la cocción en el contenido final de grasa. A medida que va incrementando el tiempo de cocción, el contenido de grasa va aumentando; por el contrario, en la adición de sal, el contenido de grasa presenta un mínimo cerca al punto central. De esta forma el menor

contenido de grasa (19.67%) se encuentra en el punto mínimo del tiempo de cocción, a diferencia del porcentaje de sal que se ubica cerca al punto central. El valor reportado en el porcentaje de grasa cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica INEN 2 561:2010 para chips de productos vegetales, que señala como máximo 40% de contenido final de grasa (INEN, 2010). Belkova et al. (2018) indican que el contenido de aceite en chips fritos de papá puede ser superior al 30%. El contenido óptimo de grasa de este estudio es 19.05%, valor superior al de otros estudios realizados con la técnica de fritura al vacío en tubérculos andinos, Serrano (2012) reportó 11% en el contenido final de grasa de chips de mashua y Suntaxi (2013) obtuvo chips de oca con un contenido de grasa de 10%.

El contenido de humedad de las rodajas de mashua aumenta después de la cocción (Quelal, 2012; Serrano, 2012). Shyu et al., (2005), señalaron que el blanqueo es el pretratamiento que provoca mayor absorción de aceite en chips fritos, esto se explica con una correlación entre el patrón de distribución de grasa en la estructura residual de las rodajas, resultado de la evaporación del contenido inicial de agua. Si las rodajas ingresan al proceso de fritura con mayor humedad, al transcurrir los 3 primeros minutos, se elimina la mayor cantidad de agua, dejando mayor espacio para que el aceite ingrese en la fase de enfriamiento (Moreira et al., 2009). Esto explica el aumento en el contenido de grasa que se da únicamente con productos pretratados con cocción (Gómez, 2014; Shyu et al., 2005), a diferencia de productos pretratados con deshidratación osmótica, los cuales presentan una concentración mayor de sólidos solubles en el proceso de fritura, dejando menor espacio para el ingreso de aceite después de la evaporación del agua (Moreira et al., 2009; Parra, 2014). Por otro lado, Torres et al. (2016), indican que al freír en condiciones al vacío productos elaborados como arepas con huevo, se forma una corteza superficial en el producto, la cual actúa como barrera a la absorción de grasa, a su vez esta corteza permite mantener un porcentaje de humedad en el interior del alimento, la cual posibilitó un centro totalmente cocido, que fue propicio en la aceptación por parte del panel sensorial.

Tabla 4: Modelos matemáticos con variables codificadas obtenidos en el DCC (T= tiempo de cocción (min) S= adición de sal (%)).

Respuesta	Modelos matemáticos	R ² ajustado
Humedad (%)	$= 1.63 - 0.098*T + 0.195*T^2 + 0.064*S + 0.200*S^2$	0.74
Grasa (%)	$= 24.23 + 3.657*T - 0.380*S + 2.589*S^2$	0.89
Dureza (N)	$= 2.78 - 0.607*T - 0.587*S + 0.430*T*S$	0.66
Acidez titulable (%)	$= 0.90 - 0.498*T + 0.164*T^2 - 0.141*S - 0.080*S^2 + 0.043*T*S$	0.98

El modelo matemático obtenido para la dureza, indica un modelo lineal (Tabla 4). La textura de los chips está relacionada con la fuerza de rompimiento del producto. Los resultados muestran que tanto el tiempo de cocción como la adición de sal tienen influencia directa, ya que a medida que aumentan, la textura disminuye (Figura 1c). El punto máximo de la dureza reporta un valor de 5.55 N, resultado obtenido con un tiempo de cocción de 0 min y un porcentaje de sal de 0%. Esto indica que los chips obtienen mejor textura cuando las rodajas ingresan crudas al proceso de fritura. Otros estudios han reportado menores valores de dureza. Urbano et al. (2012) reportó un valor de 3.54 N en chips de yuca, Villamizar et al. (2011) obtuvieron chips de mango con un valor de textura de 2.51 N, Garayo y Moreira (2002) reportaron un valor de textura de 2.71 N en chips de papa. Dueik et al. (2010), obtuvieron chips de zanahoria con una textura similar, 5.01 N, demostrando que freír rodajas crudas confiere mejor textura al producto ya que durante la fritura se produce un ablandamiento inicial que es seguido de un endurecimiento debido al desarrollo progresivo de costra, en rodajas crudas estos cambios en la micro estructura de los tejidos se dan con mayor rapidez.

El modelo matemático obtenido para la acidez, indica un modelo cuadrático (Tabla 4). En la superficie de respuesta (Figura 1d) se observa que, a mayor tiempo de cocción y mayor porcentaje de sal, existe menor índice de acidez. El valor mínimo de acidez es de 0.25%, resultado obtenido con un tiempo de cocción 14.57 min y un porcentaje de sal de 1.25%. La aplicación de sal en la cocción redujo 86.7% en el grado de acidez. La aplicación de pretratamientos ayuda a disminuir el sabor picante de la mashua, ya que disminuye el contenido de glucosinatos, compuestos orgánicos solubles en agua responsables del sabor picante de la mashua (Grados, 2010). La reducción del grado de acidez es mayor en comparación con otros estudios, Quelal (2012) demostró que aplicando cocción se puede reducir un 81% del grado de acidez en chips de mashua obtenidos por medio de fritura convencional; así mismo, Serrano (2012) pudo reducir en un 77% en el grado de acidez aplicando cocción y deshidratación osmótica.

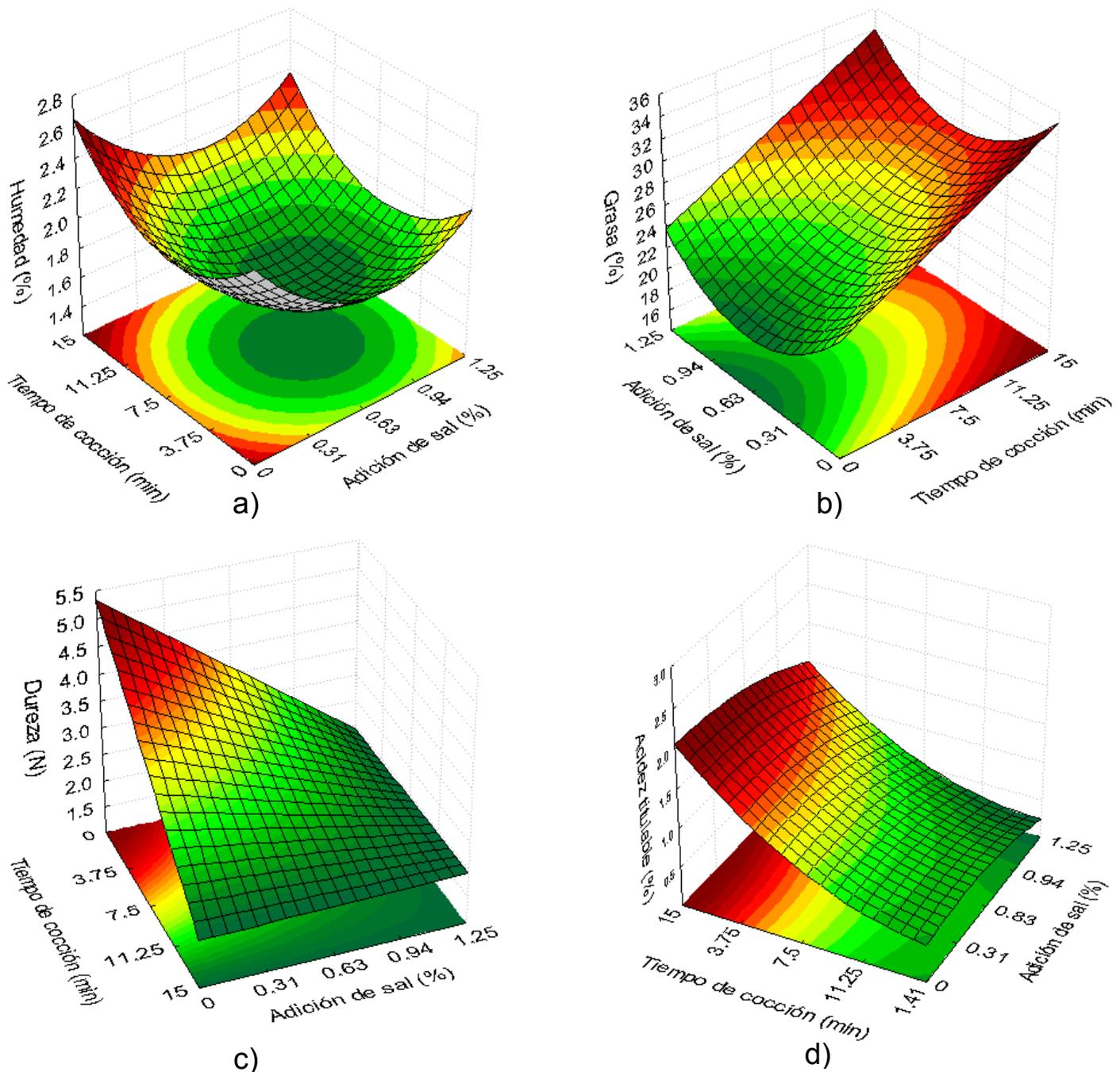


Fig. 1: Superficies de respuesta obtenidas en el DCC ($R^2 > 0.65$ y $p < 0.10$): a) Humedad, b) Grasa, c) Dureza y d) Acidez titulable

Tratamiento óptimo

Primeramente, la selección del tratamiento óptimo, se la realizó en función al contenido final de grasa, sin embargo, ese tratamiento fue descartado debido su alto índice de acidez, ya que los resultados indicaban que a menor contenido de grasa mayor grado de acidez. Por tal razón, se escogió la muestra pretratada con 7.5 min de cocción y 0.63% de sal, ya que presentó el menor porcentaje de humedad y los resultados fueron aceptables en cuanto al contenido de grasa, textura e índice de acidez, con valores de 1.63%, 23.8%, 2.69N y 0.9%, respectivamente. Este tratamiento fue procesado en fritura al vacío y fritura convencional (atmosférica). Los chips procesados en fritura al vacío presentaron un contenido de grasa de 21.72% y los procesados en fritura convencional 43.81%. Belkova et al. (2018) al freír papás fritas tanto en condiciones al vacío como atmosféricas indicaron que no encontraron diferencias significativas entre las dos muestras. De esta forma, los *chips* obtenidos mediante fritura al vacío presentaron un 50.42% menos en el contenido final de grasa, en comparación con la muestra procesada con fritura atmosférica, en las mismas condiciones de pretratamiento.

Evaluación sensorial

Para la prueba de ordenamiento se seleccionaron 3 diferentes tratamientos. Además del tratamiento óptimo (7.5 min de cocción y 0.63% de sal) se escogió el tratamiento con menor porcentaje de grasa (0 min de cocción y 0.63% de sal) y un tratamiento con bajo índice de acidez y contenido de grasa aceptable (7.5 min y el máximo porcentaje de sal, 1.25%). No fue posible escoger un tratamiento con el menor índice de acidez, puesto que para obtener la minimización de este factor es necesario aplicar el mayor tiempo de cocción, dando como resultado una absorción excesiva de grasa. Los promedios de preferencia por cada muestra se detallan en la Tabla 5, donde se puede observar que la muestra con 7.5 min de cocción y 0.63 % de sal es el tratamiento más preferido por los consumidores.

Tabla 5: Prueba de múltiples rangos para test de ordenamiento (Medias con letras diferentes muestran diferencia significativa obtenida mediante la prueba de Friedman ($p < 0.05$). Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 26.23)

Muestra	N	Suma	Media
C7.5 min cocción y 0.63% sal	100	167.00	1.67 A
A0 min cocción y 0.63% sal	100	237.00	2.37 C
B7.5 min cocción y 1.25% sal	100	196.00	1.96 B

CONCLUSIONES

La calidad de los chips se vio afectado por las variables estudiadas. Tanto el tiempo de cocción, así como la adición de sal modificaron las características de los mismos. La adición de sal en el pretratamiento de cocción contribuye a la reducción del porcentaje de acidez en las rodajas de mashua; sin embargo, puede provocar un aumento en el contenido final de humedad y grasa. Por otro lado, el contenido final de grasa de los chips se vio afectado directamente por el tiempo de cocción. Se comprobó que la fritura al vacío reduce la absorción de aceite y mejora características sensoriales como, sabor, apariencia y textura; obteniendo así, un producto agradable y saludable para el consumidor. Los chips obtenidos por medio de fritura al vacío presentaron 50% menos de grasa en comparación con los obtenidos con fritura convencional a 170°C por 4 min, procesados con las mismas condiciones de pretratamiento.

REFERENCIAS

- Arias, M., Análisis y Comparación De Los Glucosinolatos Presentes en Diferentes Acciones de Cubio (*Tropaeolum Tuberosum*) para Evaluar su Uso Potencial en el Control del Patógeno de la Papa (*Spongospora subterranea*), Tesis de titulación, Dep. Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia (2011)
- Badui, S., Química de los Alimentos, 4ª Ed., 283-289, Pearson, Ciudad de México, México (2006)
- Barrera, V. H., C. Tapia, A. Monteros, Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la Conservación y Uso Sostenible en El Ecuador, 4, 3-5, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP (2004)
- Basuny, A.M.M., S.M. Arafat y A.A.A. Ahmed, Vacuum Frying: An Alternative to Obtain High Quality Potato Chips and Fried Oil, Banat's Journal of Biotechnology, 3(5), 22-30 (2012)
- Belkova B., J. Hradecky y otros cuatro autores, Impact of vacuum frying on quality of potato crisps and frying oil, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.062>, Food Chemistry, 241, 51-59 (2018)
- Diamante, L., H. Presswood, G. Savage y L. Vanhanen, Vacuum Fried Gold Kiwifruit: Effects of Frying Process and Pre-Treatment On the Physico-Chemical and Nutritional Qualities, International Food Research Journal, 18(2), 632-638 (2011)
- Dueik, V. y P. Bouchon, Vacuum Frying as A Route to Produce Novel Snacks with Desired Quality Attributes According to New Health Trends, doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01976.x, Journal of Food Science, 76(2), E188-E195 (2011)
- Dueik, V., P. Robert y P. Bouchon, Vacuum Frying Reduces Oil Uptake and Improves the Quality Parameters of Carrot Crisps, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.027>, Food Chemistry, 119(3), 1143-1149 (2010)
- Espín, S., E. Villacrés y B. Brito, Caracterización Físico-Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos, 114-117, CIP, Estación Experimental Santa Catalina INIAP (2004)
- Franco, D., Aplicaciones De Aceites y Grasas, Alimentos Argentinos Min Agri, 1-6, (2011)
- Garayo, J. y R. Moreira, Vacuum Frying of Potato Chips, [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00062-6), Journal of Food Engineering, 55(2), 181-191 (2002)

- Gómez, K., Obtención de Chips de Papa China (*Colocasia esculenta*) Aplicando Fritura al Vacío, Tesis de titulación, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador (2014)
- Grados, J., 5,000 Años de Comer: Ciencia, Cultura y Tradición, Consensus (2010)
- Grau, A., Mashua *Tropaeolum Tuberosum* Ruiz & Pav, 1ª Ed., 14-30, International Potato Center, Roma, Italia (2003)
- Gutiérrez, H. y R. Salazar, Análisis y Diseño de Experimentos, 2ª Ed., 343-374, Mc Graw Hill, México, D.F., México (2008)
- Leidi, E.O., A. Monteros Altamirano y otros seis autores, Andean roots and tubers crops as sources of functional foods, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.007>, Journal of Functional Foods, 51, 86-93 (2018)
- Moreira, R., P.F. Da Silva y C. Gomes, The Effect of a De-Oiling Mechanism On the Production of High Quality Vacuum Fried Potato Chips, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.11.012>, Journal of Food Engineering, 92(3), 297-304 (2009)
- NTE INEN 2 561: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Bocaditos de Productos Vegetales. Requisitos Bromatológicos, Quito-Ecuador (2010)
- Parra, N., Estudio de la Deshidratación de Rodajas de Durazno (*Prunus pérsica* L. Sieb y Zucc) por Fritura al Vacío, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador (2014)
- Quelal, B., Obtención de Rodajas Fritas "Chips" de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) Aplicando la Tecnología de Fritura, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador (2012)
- Quelal, M.B. y H. Huaraca, Raíces y tubérculos andinos: Redescubriendo conocimientos y sabores, Boletín Divulgativo N° 423, Editado por INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y Calidad (2012)
- Samaniego, L., Caracterización de la Mashua (*Tropaeolum tuberosum* C.) en el Ecuador, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador (2011)
- Serrano, V., Obtención de Productos Tipo Aperitivo (snack) de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) Mediante la Aplicación de Fritura Al Vacío, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador (2012)
- Shyu, S.L., L.B. Hau y L.S. Hwang, Effects of Processing Conditions On the Quality of Vacuum Fried Carrot Chips, <https://doi.org/10.1002/jsfa.2195>, Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(11), 1903-1908 (2005)
- Suntaxi, A., Obtención de Un Producto Tipo Aperitivo Snack a Partir de Oca (*Oxalis tuberosa*) Mediante Fritura al Vacío, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador (2013)
- Troncoso, E. y F. Pedreschi, Modeling Water Loss and Oil Uptake During Vacuum Frying of Pre-Treated Potato Slices, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.01.008>, LWT - Food Science and Technology, 42(6), 1164-1173 (2009)
- Urbano, A., P. García y J. Martínez, Evaluación del Comportamiento de Yuca (*Manihot esculenta* Cranz) en el Proceso de Fritura al Vacío de Chips, Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España (2012)
- Vaca, R., P. Espinosa, J. Abad y C. Crissman, Raíces y Tubérculos Andinos Cultivos Marginados en el Ecuador Situación Actual y Limitaciones para la Producción, 2ª Ed., 15-171, Abya-Yala, International Potato Center, Quito, Ecuador (1997)
- Villamizar, R.H., M.C. Quinceno y G. Giraldo, Comparación de la Fritura al Vacío y Atmosférica en la Obtención de Pasabocas de Mango (*Manguifera indica* L.), <https://doi.org/10.21897/rta.v16i1.685>, Temas Agrarios, 16(1), (2011)
- Torres, J.D., D. Acevedo y O.M. Montero, Efectos de la Fritura al Vacío en los Atributos de Calidad de Arepa con Huevo, doi: 10.4067/S0718-07642017000100010, Información Tecnológica, 28(1), 99-108 (2017)

