

“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE FRITURA EN LA TEXTURA Y COLOR DE UN CHIP DE OCA (*Oxalis Tuberosa*)”

*EFFECT OF THE TEMPERATURE AND TIME OF THE FRITURE PROCESS ON THE TEXTURE AND COLOR OF AN OCA CHIP (*Oxalis Tuberosa*)*

Vásquez Campos, Jeiner¹

Aurora Vigo, Edward Florencio²

Fecha de recepción : 21/12/2020

Fecha de aprobación : 15/01/2021

Resumen

El presente trabajo tuvo como propósito elaborar un chip de oca, teniendo como variables la temperatura (160-180°C) y tiempo (30-90 segundos) de fritura. Se aplicó un diseño factorial 3k, con tres niveles para cada factor teniendo como variables dependiente la textura y luminosidad del chip de oca. La Oca (*Oxalis Tuberosa*) tuvo las siguientes características fisicoquímicas, humedad (%) de 79.14±1.21, proteínas (%) de 1.04±0.95, extracto etéreo (%) de 0.89±0.15, cenizas (%) de 1.01±0.08 y pH de 4.52±0.21. El valor óptimo de las variables aplicando la metodología de función deseada fueron temperatura de 172°C y tiempo de 45 segundos de fritura, con respuestas óptimas de textura de 2.305 mJ y 77.3815 de luminosidad. El chip de Oca (*Oxalis Tuberosa*) tuvo las siguientes características fisicoquímicas, humedad (%) de 6.90 ±0.37, Proteínas (%) de 5.37 ±0.26, extracto etéreo (%) de 1.73 ±0.05, cenizas (%) de 3.75 ±0.09, textura (mJ) de 2.31 ±0.01 y luminosidad 77.13 ±0.32.

Palabras claves: Oca, Chip, Fritura, Textura, Luminosidad y Función Deseada

Abstract

The purpose of this work was to elaborate a goose chip, having as variables the temperature (160-180 ° C) and time (30-90 seconds) of frying. A 3k factorial design was applied, with three levels for each factor having as variables the texture and luminosity of the goose chip. Oca (*Oxalis Tuberosa*) had the following physicochemical characteristics, humidity (%) of 79.14 ± 1.21, proteins (%) of 1.04 ± 0.95, ethereal extract (%) of 0.89 ± 0.15, ash (%) of 1.01 ± 0.08 and pH of 4.52 ± 0.21. The optimal value of the variables applying the desired function methodology were temperature of 172 ° C and time of 45 seconds of frying, with optimal texture responses of 2,305 mJ and 77.3815 luminosity. The Oca chip (*Oxalis Tuberosa*) had the following physicochemical characteristics, humidity (%) of 6.90 ± 0.37, Proteins (%) of 5.37 ± 0.26, ethereal extract (%) of 1.73 ± 0.05, ashes (%) of 3.75 ± 0.09, texture (mJ) of 2.31 ± 0.01 and luminosity 77.13 ± 0.32.

Key words: Goose, Chip, Fry, Texture, Luminosity and Desired Function

1 Bachiller en Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior. Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Universidad Señor de Sipán, Pimentel – Chiclayo, Perú, vcamposjein@crece.uss.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-8140-9099>

² Magister en Gestión de Operaciones. Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior. Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo. Egresada de la Universidad Señor de Sipán, Pimentel – Chiclayo, Perú, efaurora@crece.uss.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-9731-4318>

1. Introducción

La oca es un tubérculo nativo del Perú que crece en regiones como Cajamarca, que cumple características ideales para ser procesada e incentivar el cultivo y producción con valor agregado transformándolo en chips de gran potencial comercial. (Álvarez, 2010).

El procesamiento chips es hoy una industria bastante desarrollada y competitiva, principalmente en Europa y Estados Unidos, donde el consumo en sus diferentes formas industrializadas hace que grandes los complejos industriales transforman la materia prima como papas, yucas, camotes y otros nuevos productos en estado natural, en toneladas de chips. En el Perú la situación no es diferente, debido a su composición y versatilidad gastronómica, han ampliado sus mercados de aceptación. (Álvarez, 2010)

La fritura por inmersión es un método de cocción de alimentos, que utiliza aceites o grasas como medio de transferencia de calor, dando a los alimentos fritos características sensoriales agradables como el color, el sabor, la textura y el aroma. Sin embargo, a pesar de estas alteraciones positivas, se producen reacciones que modifica la calidad funcional y nutricional de los alimentos. Durante el proceso de fritura, los aceites sufren cambios provocados por tres agentes: 1) de la humedad del alimento que causa alteración hidrolítica; 2) del oxígeno atmosférico que se produce la oxidación y 3) de la elevada temperatura de fritura (aproximadamente 180 °C), que produce la degradación térmica, los cuales afectaran la textura y color del producto final. (Lima y Singh, 2001).

El objeto de esta investigación es determinar el tiempo y temperatura óptima para obtener chips de alta calidad sensorial y nutricional.

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

- Oca. La oca de la ciudad de Cajamarca y de la variedad Oca Blanca (*Oxalis Tuberosa*). Según los tratamientos experimentales se empleó 20 kilos de Oca Blanca (*Oxalis Tuberosa*).
- Vasos de precipitación de 1000 mL: 5 unidades
- Matraz Elenmeyer de 250 mL: 5 unidades
- Espátula: 1 unidad
- Cuchillos de acero inoxidable: 2 unidades.

2.2. Métodos de Investigación

2.2.1. Proceso de Obtención de chips de oca.

- Recepción de Materia Prima: Se recibió la materia prima Oca Blanca (*Oxalis Tuberosa*) procedente de la ciudad de Cajamarca.
- Selección de la materia prima: Se seleccionó las ocas blancas con uniformidad adecuada, sin manchas negras ni abolladuras y blandas.
- Lavado: Se lavó con agua potable en abundancia.
- Pelado: Se realizó con cuchillos para quitar la piel de las ocas y se realizó de manera manual.
- Rodajado: Se realizó en una rodajadora obteniendo rodajas de 2 a 3 mm de espesor.
- Fritura: Se realizó en una freidora donde se controló el tiempo y temperatura en rangos de 160 a 180 °C, en un intervalo de tiempo de 30 a 90 segundos. Para lo cual se empleó el aceite de soya comercial.
- Escurrido: Se dejó escurrir el exceso de aceite en los chips.
- Envasado: Se envasó en polipropileno de alta densidad para su conservación.

2.2.2. Método de Análisis físico-químicos

2.2.2.1 Color Instrumental

- Se calibró el equipo con la cerámica de color blanca que viene con el equipo.
- Se determinó los valores de luminosidad, cromacidad y ángulo de tonalidad expresados en valores de L, a* y b*. se aplican las siguientes ecuaciones para determinar los cálculos:
 - Cromacidad = $(a^* + b^*)$
 - Angulo de tonalidad = $\arctg(b^*/a^*)$ 1/

- Se colocó en la superficie del producto o muestra a analizar, la punta del equipo para tomar la lectura de color.
- Se repitió paso anterior 3 veces (lecturas de la muestra).
- Se limpió el lente colorímetro después de realizada cada una de las lecturas.
- Se anotó los valores de los parámetros de L (luminosidad), a* y b* (cromacidad).

2.2.2.2 Determinación de Humedad

La determinación se realizó mediante el método de la NTP 206.011:1981.

- Se secó placas Petri en estufa a 105 °C por 30 min.
- Se retiró las placas Petri y dejar enfriar en una campana desecadora.
- Se pesó las placas Petri anotar el peso.
- Se taró la balanza y pesar 3 gr. de muestra y colocar en la estufa a 105 °C por 3 horas, hasta lograr el peso constante.
- El peso constante de determina sacando la muestra a las 2 horas y pesar, luego 30 min después y pesar y 15 min después y volver a pesar si el peso es constante se termina la determinación de humedad.
- Se calculó el porcentaje de humedad con la siguiente formula:

$$\%H = \frac{W_{placa\ con\ muestra\ seca} - W_{placa}}{W_{muestra}} \times 100$$

2.2.2.3 Medición de Textura

- Se colocó la muestra sobre el Texturómetro Texture Analyzer CT3 4500 marca Brookfield.
- Se seleccionó la probeta de acuerdo a las características de la muestra.
- Se midió las dimensiones de la muestra e ingresar al programa del equipo.
- Se seleccionó los datos a obtener como resultado.
- Se dio inicio al análisis, obteniéndose la hoja de resultados y gráficos.

2.2.2.4 Determinación de Grasa

- Se realizó mediante el método de la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC) 963.15.2005

Preparación de la muestra:

- Se secó la muestra en estufa hasta eliminar la mayor cantidad de agua.
- De la muestra seca se pesó 3 gr. y colocó en papel filtro (capuchón), y luego en el digestor del equipo.

- Se pesó el balón del equipo.
- Se adicionó 150 ml de solvente (hexano o éter de petróleo), a cada vaso.
- Se montó el sistema soxhlet (balón, digestor y refrigerante).
- Se dejó circular agua por el refrigerante del equipo.
- Se colocó el sistema sobre una cocinilla para empezar con la extracción de grasa.
- Se esperó a que transcurra de 6 a 7 recirculaciones de solvente o hasta que el solvente dentro del digestor sea de color transparente.
- Se desarmó el sistema soxhlet, y secar el balón del equipo por unos 10 min en estufa a 100 °C
- Se colocó el balón en una campana desecadora para enfriar y proceder a pesar y realizar los cálculos con la siguiente ecuación:

$$\%Grasa = \frac{W_{vaso+grasa} - W_{vaso\ vacio}}{W_{muestra}} \times 100$$

2.3. Técnicas y herramientas de recaudación de información

Se aplicó un diseño factorial 3K con 3 réplicas en puntos del diseño, donde el número de variables independientes o factores (K) es igual a dos, con tres niveles para cada factor; con lo cual se podrá identificar y analizar lo siguiente:

- Las variables que intervienen en el proceso.
- La interacción entre las variables.
- El cálculo de los efectos.
- El análisis de varianza (ANVA)
- El modelo matemático representativo del proceso.

Tabla 1 Matriz experimental según el diseño factorial 3k con 3 réplicas en puntos centrales

Tratamiento	Temperatur	
	a	Tiempo
	°C	segundos
1	160	30
2	160	60
3	160	90
4	170	30
5	170	60
6	170	90
7	180	30
8	180	60
9	180	90

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de datos se usó una técnica estadística, a fin de poder identificar y cuantificar las variables que permiten obtener un chip de oca de calidad. Para tal fin se usó el Software Estadístico Design Expert v.10.0, mientras la optimización se calculó el factor de deseabilidad.

3. Resultados

3.1. Caracterización fisicoquímica de la Oca.

Los valores obtenidos de los análisis de la composición fisicoquímica de la oca, variedad amarilla, se muestran en la tabla 2.

Tabla 2:
*Composición fisicoquímica de oca (*oxalis tuberosa*) variedad amarilla*

Análisis	Resultados
Humedad %	79.14±1.21
Proteínas %	1.04±0.95
Extracto etéreo %	0.89±0.15
Cenizas %	1.01±0.08
pH	4.52±0.21

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2, se puede observar los valores de los análisis fisicoquímicos de la oca, con lo que se elaboró las formulaciones para los chips.

3.2. Análisis estadístico del efecto de la temperatura y tiempo del proceso de fritura en la textura y color del chip de oca (*Oxalis tuberosa*).

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenido para los diferentes tratamientos experimentales según diseño.

Tabla 3:

Valores de respuesta observadas para dureza (mJ), luminosidad (L), parámetros de cromacidad (a y b) y Cromocidad (C) en los chips de oca (*Oxalis Tuberosa*) evaluadas en las combinaciones de temperatura (160, 170 y 180 °C) y tiempo (30, 60 y 90 seg).

Tratamientos		Valores de respuesta				
Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Dureza (mJ)	L	a	b	$C=\sqrt{a^2+b^2}$
160	30	0.56	58.74	-7.81	60.39	60.8929241
160	60	0.25	83.46	0.36	27.71	27.7123384
160	90	1.08	67.81	-6.67	34.6	35.2370388
170	30	1.53	63.57	-6.09	47.4	47.7896234
170	60	2.46	69.4	-8.7	44.27	45.1167696
170	90	6.91	67.48	-2.66	32.7	32.8080112
180	30	3.45	59	4.66	48.55	48.7731289
180	60	6.59	70.65	-7.58	38.33	39.0723086
180	90	6.49	51.53	9.87	43.4	44.5081667
160	30	0.61	58.01	-7.11	61.23	61.6414228
160	60	0.45	83.9	0.97	26.98	26.9974314
160	90	1.23	67.9	-6.18	34.92	35.4626395
170	30	1.59	62.98	-5.98	47.12	47.4979452
170	60	2.15	68.23	-8.01	44.81	45.5202834
170	90	6.12	67.21	-2.78	32.21	32.3297464
180	30	3.21	59.78	4.89	49.21	49.4523629
180	60	6.87	71.04	-7.91	37.78	38.5991775
180	90	6.23	51.98	9.04	43.78	44.7035793

3. Fuente: Elaboración propia. **arámetros de temperatura y tiempo de fritura en la dureza los Chips de Oca (*Oxalis tuberosa*).**

La tabla 4 se presenta el ANOVA para la variable dependiente dureza, el cual particiona la variabilidad de Dureza en piezas separadas para cada uno de los efectos, probando la significancia estadística de cada efecto como la temperatura de fritura y el tiempo, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental.

Tabla 4

Análisis de Varianza para la Variable dureza en el chip de oca (*Oxalis tuberosa*) bajo el efecto de los tratamientos de Temperatura (A) y Tiempo (B)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	24.396	1	24.396	16.64	0.0018
B:Tiempo	68.4496	1	68.4496	46.68	0.0000
AA	0.060025	1	0.060025	0.04	0.8434
AB	3.0258	1	3.0258	2.06	0.1787
BB	0.5625	1	0.5625	0.38	0.5483
bloques	0.0410889	1	0.0410889	0.03	0.8701
Error total	16.1313	11	1.46649		
Total (corr.)	112.666	17			

Fuente: Elaboración propia.

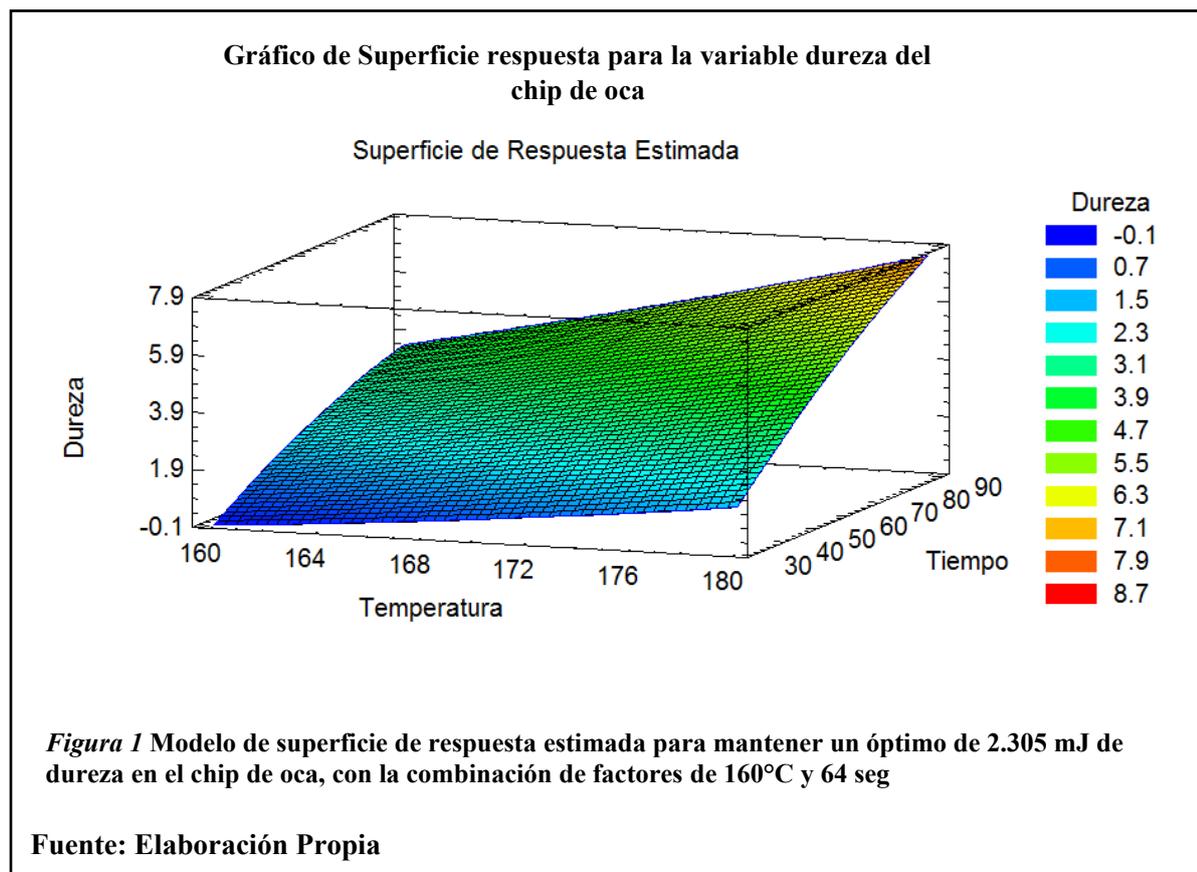
En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, como son la temperatura (A) y el tiempo (B), indicando que son significativamente diferentes a p-valor de 0.05 con un nivel de confianza del 95.0%.

El r² de 85.6822% de la variabilidad en Dureza, indica un buen ajuste del modelo a los datos experimentales el modelo de 2do orden para dureza se presenta en la Ecs. (1)

$$\text{Dureza} = 29.175 - 0.396917 \times \text{Temperatura} - 0.218889 \times \text{Tiempo} + 0.001225 \times \text{Temperatura}^2 + 0.00205 \times \text{Temperatura} \times \text{Tiempo} - 0.000416667 \times \text{Tiempo}^2$$

Ec. (1)

La optimización de la variable dureza se hace manteniendo en un valor de 2.305 mJ el cual es del estándar de un chip de papa comercial, la combinación de los factores de temperatura (160, 170 y 180 °C) y tiempo (30, 60 y 90 seg), permite determinar los valores de temperatura de 160 °C y 64 segundos los cuales mantienen el valor deseado de 2.305 mJ.



3.2.2. Análisis de varianza y optimización de los parámetros de temperatura y tiempo de fritura en el color (Luminosidad) de los Chips de Oca (*Oxalis tuberosa*)

La tabla 5 se presenta el ANOVA para la variable dependiente Luminosidad, el cual particiona la variabilidad de Luminosidad en piezas separadas para cada uno de los efectos, probando la significancia estadística de cada efecto como la temperatura de fritura y el tiempo, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental

Tabla 5:

Análisis de Varianza para la Variable Luminosidad en los chips de oca (Oxalis tuberosa) bajo el efecto de los tratamientos de Temperatura (A) y Tiempo (B)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	11.6624	1	11.6624	0.61	0.4527
B:Tiempo	259.842	1	259.842	13.50	0.0037
AA	687.925	1	687.925	35.75	0.0001
AB	146.462	1	146.462	7.61	0.0186
BB	5.39788	1	5.39788	0.28	0.6069
bloques	0.0206722	1	0.0206722	0.00	0.9744
Error total	211.673	11	19.243		
Total (corr.)	1322.98	17			

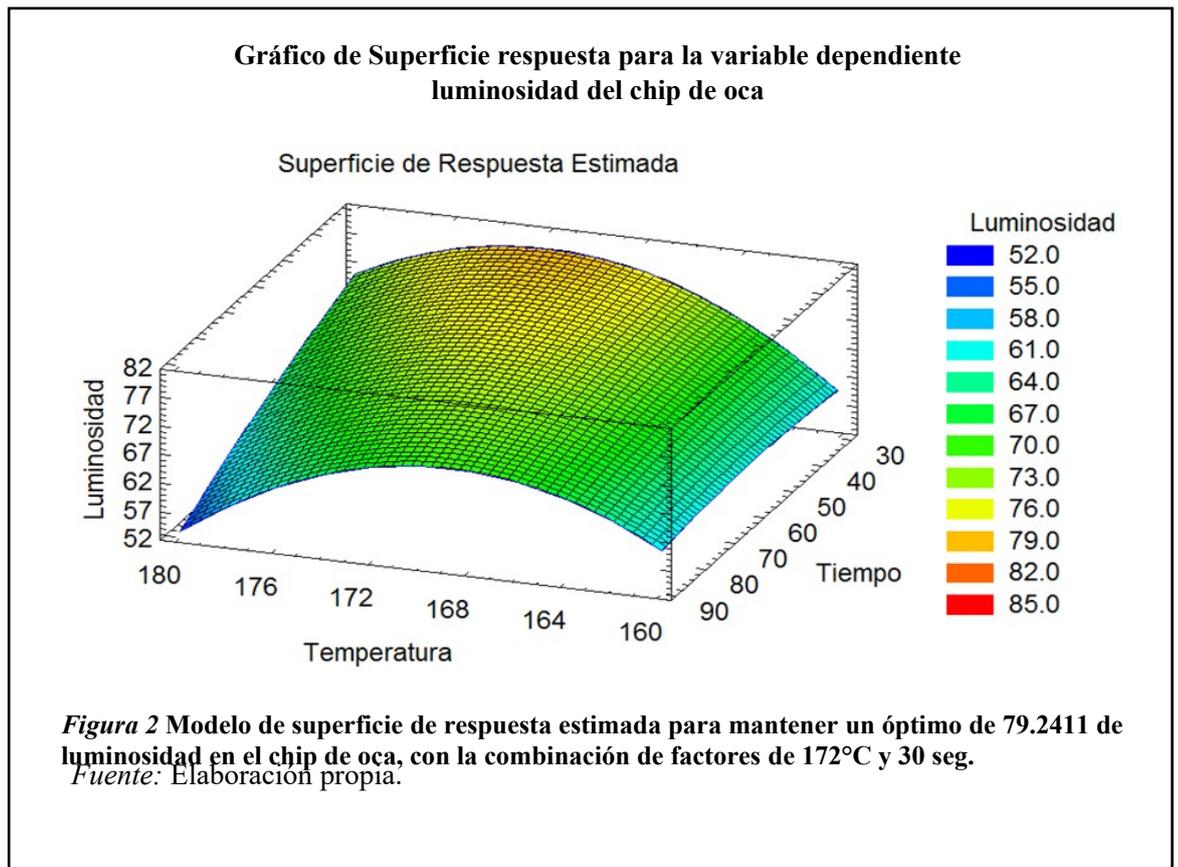
Fuente: Elaboración propia.

En este caso, 3 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, como son el tiempo (B), el término cuadrático de temperatura (AA) e interacción temperatura x tiempo (AB), indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El r^2 de 84.0003% de la variabilidad en luminosidad, indica un buen ajuste del modelo a los datos experimentales el modelo de 2do orden para luminosidad se presenta en la Ecuación (2) y la superficie de respuesta en la Figura 2.

$$\begin{aligned} \text{Luminosidad} = & -3872.35 + 45.5425*\text{Temperatura} + 2.4244*\text{Tiempo} - \\ & 0.131142*\text{Temperatura}^2 - 0.0142625*\text{Temperatura}*\text{Tiempo} - \\ & 0.00129074*\text{Tiempo}^2 \quad \text{Ec. (2)} \end{aligned}$$

La optimización de la variable luminosidad se hace maximizando en un valor de 79.2411, este valor le corresponde a un chip de papa comercial; la combinación de los factores de temperatura (160, 170 y 180 °C) y tiempo (30, 60 y 90 seg), permite determinar los valores de un valor de temperatura de 172 °C y 30 segundos los cuales mantienen el valor deseado de 79.2411.



3.3. Optimización de las variables de dureza y luminosidad en el chip de oca bajo la influencia de los parámetros de temperatura y tiempo de fritura.

La optimización de las dos variables de respuesta como la dureza y la luminosidad, se hace maximizando la función de 'deseabilidad' evaluada en cada punto del diseño, estableciendo las características de esta función. Las metas de cada una de las respuestas actualmente están establecidas como: mantener la dureza en 2.305 mJ y maximizar la luminosidad en 79.2411.

Entre los puntos de diseño, la 'deseabilidad' máxima se alcanza en la corrida 14 (170 °C y 60 segundos). Para encontrar la combinación de factores que alcanza la 'deseabilidad' global óptima, se optimiza la deseabilidad.

El valor óptimo de la deseabilidad es 0.893658; con una temperatura optima de 172°C y tiempo de 45 segundos de fritura, con respuestas óptimas de textura de 2.305 mJ y 77.3815 de luminosidad.

Gráficos de Superficie respuesta estima según su deseabilidad de luminosidad y dureza del chip de oca

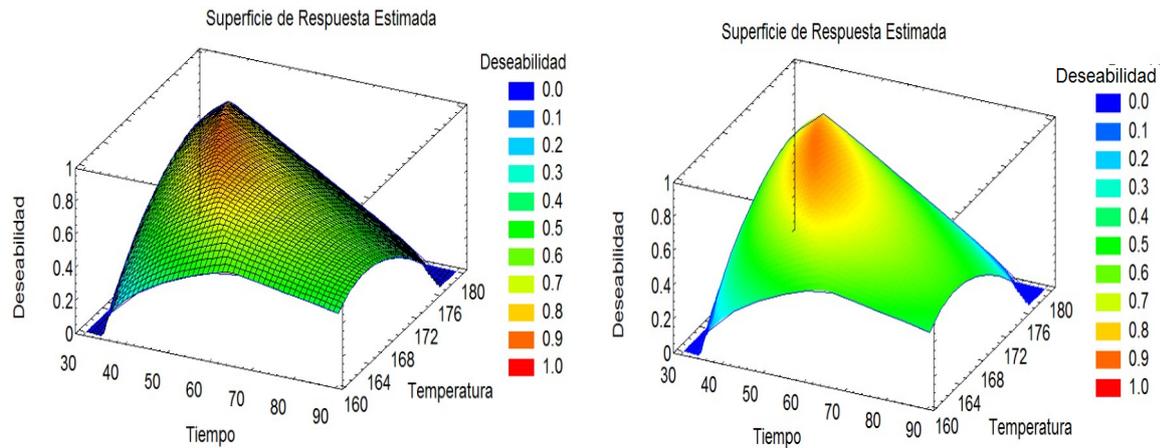


Figura 3 Superficie de respuesta estimada para la maximización de la función de deseabilidad en la región indicada (0.893658), con la combinación de los factores de temperatura y tiempo de fritura a la cual alcanza el óptimo, en el chip de oca.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Caracterización fisicoquímica del chip de oca elaborado en las condiciones óptimas de tiempo y temperatura de fritura.

En la tabla 6 se presenta el análisis fisicoquímico del chip de Oca elaborado bajo las mejores condiciones de temperatura de aceite de 172°C y tiempo de 45 segundos de fritura, obteniéndose un valor cercano a los predichos por el modelo de textura de 2.31 ± 0.01 mJ y luminosidad de 77.13 ± 0.32 .

Tabla 6:

Caracterización fisicoquímica del chip de Oca elaborado bajo las condiciones Óptimas

Análisis	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
Humedad (%)	7.18	7.05	6.48	6.90 ± 0.37
Cenizas (%)	3.75	3.66	3.83	3.75 ± 0.09
Proteínas (%)	5.35	5.64	5.12	5.37 ± 0.26
Grasa (%)	1.72	1.69	1.79	1.73 ± 0.05
Textura (mJ)	2.312	2.321	2.304	2.31 ± 0.01
Luminosidad	77.48	77.06	76.85	77.13 ± 0.32

Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión:

La humedad de la oca fresca utilizada en la presente investigación fue de $79.14 \pm 1.21\%$ y según Cajamarca (2010) la oca fresca tiene un porcentaje de humedad de 86.79% , esto demuestra que la oca utilizada ha sido cosechada varios días antes, ya que la oca sigue perdiendo humedad después de cosechada y más si ésta ha sido expuesta al sol. Para la parte comestible de la “oca”, Reyes-García et al. (2009) compilaron (por 100 g de material fresco) de humedad $84,1$ g; proteína $1,0$ g; extracto etéreo $0,6$ g y cenizas $1,0$ g, valores que son muy próximos a los resultados obtenidos. En base seca han sido informados por Espín et al. (2001) valores de composición química de proteína $4,60\%$; extracto etéreo $1,66\%$ y una humedad de $77,73\%$

Según Hindra y Baik (2006), una mayor temperatura del aceite produce cambios más rápidos de la dureza y la formación de la corteza acelerada y, finalmente, se ve afectada la fuerza de rotura. Al comienzo de la fritura, la textura podría llegar a ser más suave debido a los efectos de combinación de la pérdida de la integridad de la célula, la difusión libre de contenido celular en todo el tejido, la reducción de la adhesión celular y la gelatinización del almidón. Después de un cierto tiempo, la textura se endurecería debido a la deshidratación de las células externas de la formación de tubérculos y la corteza (Nourian y Ramaswamy, 2003). Caso similar se observó en el presente trabajo donde a mayor tiempo de fritura la textura se incrementa. El cual es un factor favorable para el producto final que debe caracterizarse por una Crocancia óptima que implica mayor fuerza de fractura. Ya que Según Krokida, Maroulis y Marino-Kouris (2001), un chip debe ser firme y romper fácilmente cuando se dobla la emisión de un sonido crujiente. También las temperaturas de fritura mayores dieron como resultado más rápido ablandamiento del tejido y posterior endurecimiento.

Sota (2003) menciona que el porcentaje de humedad permitida para productos chip no debe ser superior al 7% , aunque Geankoplis (1982) menciona que los productos necesariamente deben tener una humedad inferior al 10% ya que los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua está por debajo de este valor, pero se conserva mejor el sabor y el valor nutritivo en 5% de contenido de humedad y se pueden almacenar por periodos más largos, el valor obtenido en análisis concuerda con lo mencionado. El resultado del contenido de ceniza fue de $3.75 \pm 0.09\%$, lo cual es bueno según Suntaxi (2013) porque el contenido de las cenizas es un indicador de la presencia de materia inorgánica como minerales en el alimento, y la disminución se traduce como pérdidas de micro elementos. Ore (2015) obtuvo un valor más cercano como 3.39% de ceniza en harina de ocas deshidratadas, y se cumple con lo que menciona INDECOPI (1999) que el porcentaje de ceniza debe encontrarse por debajo del 4% ya que es el máximo permitido. El contenido de proteína 5.37

$\pm 0.26\%$ está por debajo de los chips comunes que tienen alrededor del 7.4% (Moreiras, Carbajal, & Cabrera, 2006); también son altos en comparación a 1.09 %, valor obtenido por Suintaxi (2013) en chips de oca por fritura al vacío, pero los valores presentados por Cajamarca (2010) son cercanas con 9.8% en oca soleada y deshidratada a 80°C. El contenido graso obtenidos es bajo en comparación con 7.89% en chips de oca procesada por fritura al vacío y 9-12% en chips de oca procesada por fritura al vacío con pretratamientos, presentados por Suintaxi (2013) y Suintaxi, Bernaza & Bravo (2014) respectivamente.

5. Conclusiones

- La Oca (*Oxalis Tuberosa*) tuvo las siguientes características fisicoquímicas, humedad (%) de 79.14 ± 1.21 , Proteínas (%) de 1.04 ± 0.95 , Extracto etéreo (%) de 0.89 ± 0.15 , Cenizas (%) de 1.01 ± 0.08 y pH de 4.52 ± 0.21 .
- La dureza del chip de oca aumenta, conforme se va incrementando la temperatura y tiempo de fritura, y la luminosa tiende a aumentar conforme se acerca a los niveles centrales de las variables para luego disminuir indicando que mayor tiempo y temperatura tiende a oscurecer el chip.
- El valor óptimo de las variables aplicando la metodología de función deseada es temperatura de 172°C y tiempo de 45 segundos de fritura, con respuestas óptimas de textura de 2.305 mJ y 77.3815 de luminosidad.
- El chip de Oca (*Oxalis Tuberosa*) tuvo las siguientes características fisicoquímicas, humedad (%) de 6.90 ± 0.37 , Proteínas (%) de 5.37 ± 0.26 , Extracto etéreo (%) de 1.73 ± 0.05 , Cenizas (%) de 3.75 ± 0.09 , textura (mJ) de 2.31 ± 0.01 y luminosidad 77.13 ± 0.32 .

6. Referencias Bibliográficas

- Álvarez Murillo, M. J. (2010). Aplicación de la tecnología de fritura para la obtención de chips de oca (*Oxalis tuberosa*, Mol) a diferentes temperaturas y tiempos, utilizando dos empaques a dos condiciones de almacenamiento (Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial) Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. Recuperada de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/896>
- Anzaldúa-Morales, A. La evaluación sensorial de los alimentos en La teoría y la práctica. Zaragoza: Acribia, 1994.
- Arbizu C., Huamán Z., Golmirzaie A., 1997. Other Andean Roots and Tubers. In: Fuccillo D., Sears L. & Stapleton P., eds. Biodiversity in trust: Conservation and Use of Plant Genetic Resources in CGIAR Centres. Cambridge University Press, England, 39-56.
- Blumenthal, M.M.; In edible oil fat products: Products and application technology. Frying technology. 5 ed by John Wiley (3), 429-481. New York, USA (1992).
- Boskou, D. Frying Fats. In: Sikorski, Z. E.; Kolakowska, A. Chemical and functional properties of food lipids. Boca Raton: CRC Press, 2003. Cap.16.
- Bourne, M. Food texture and viscosity: concept and measurement. New York: Academic Press, 2002.
- Cadima X. 2006. Tubérculos. In: Moraes R., Øllgaard B., Kvist L.P., Borchsenius F. & Balslev H., eds. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, 347-369
- Cajamarca, J., & Inga, J. (2012). Determinacion de macronutrientes de los snacks mas consumidos por adolescentes escolarizados de la ciudad de Cuenca. Tesis. Bioquimico y Farmaceutico. Cuenca- Ecuador.
- Cárdenas M., 1989. Manual de plantas economicas de Bolivia. 2da edición. Editorial Los Amigos del Libro. La Paz, Bolivia.
- Cella, R. C. F.; Regitano-D'arce, M. A. B.; Spoto, M. H. F. Comportamiento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 22, n. 2, p. 111-116, 2002.
- Corsini, M. S.; Jorge, N. Estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada. Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 26, p. 27-32, 2006.
- Emshwiller E., Doyle J.J., 1998. Origins of domestication and polyploidy in oca (*Oxalis tuberosa*: Oxalidaceae): NRDNA ITS data. Am. J. Bot., 85(7), 975-985.
- Embrapa. Embrapa. Mandioca e Fruticultura: Sistemas de Produção 8, Embrapa, 2003. Disponível em:<<http://www.embrapa.gov.br>>. Acesso em: 03 jun. 2010.

- Espín, S.; Brito, B.; Villacrés, E.; Rubio, A.; Nieto, C. y Grijalva, J. (2001). Composición química, valor nutricional y usos potenciales de siete especies de raíces y tubérculos andinos. *Acta Científica Ecuatoriana*. 7(1):49
- Fennema, O. 2000. *Química de los alimentos*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Geankoplis. (1982). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Mexico: Continental S.A.
- Gonçalves, L. A. G.; Cáceres, M. C.; Inovações na fritura de alimentos. SBOG - FLORIANÓPOLIS- SET 2005. Disponível em: http://www.escience.unicamp.br/laboleos/admin/publicacoes/documentos/publicacao_575_Fritura.pdf>. Acesso em: 01mar.2010.
- Lima, I. y P. Singh; Mechanical properties of a fried crust. *J. of Tex. Studies*: 32 (1), 31-40 (2001).
- L. Correia, S. Feitosa, D. Bahia de Matos, D. Teixeira de Almeida, A. de Oliveira Rios, I. Larroza Nunes (2016), Efeito da fritura de acarajé na composição de carotenoides e atividade antioxidante de óleo de palma bruto. *B. CEPPA, Curitiba*, v. 34, n. 2, jul./dez.
- INDECOPI. (1999). *Normas técnicas de elaboración de productos extruidos*. Lima-Peru.
- Kaur, A.; Singh, N.; Ezekiel, R. Quality parameters of potato chips from different potato cultivars: effects of, *Philadelphia*, v.11, p.791-803, 2008.
- Konica Minolta. *Konica Minolta Sensing. Japan 1998. Precise color Communication: Color control from perception to instrumentation*. Disponível em: <<http://www.konicaminolta.com>>. Acesso em: 21 jan. 2008.
- Kulmyrzaev, A.; Dufour, É.; Noe, Y; Hanafi, M; Karoui, R. Qannari, E. M.; Mazerolles, G. Investigation at the molecular level of soft cheese quality and ripening by infrared and fluorescence spectroscopies and chemometrics relationships with rheology properties. *International Dairy Journal*, v.15, p.669-678, 2005.
- Marcano, J.; La Rosa Y.; Salinasa, N. 2010. Influencia del proceso de fritura en profundidad sobre el perfil lipídico de la grasa contenida en patatas tipo “french”, empleando oleina de palma. *GRASAS Y ACEITES*, 61 (1). 24-29.
- Martinazzo, A. P. Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. 2006. 156p. Tese (doutorado). Viçosa, MG.
- Mehta, U.; Swinburn, B. A review of factors affecting fat absorption in hot chips. *CriticaReviews in Food Science and Nutrition, Philadelphia*, v.41, n.2, p.133-154, 2001.
- Moreiras, O., Carbajal, A., & Cabrera, L. (2006). *Tablas de composición de Alimentos*. Madrid: Piramide
- Ore A., F. (2015). Determinación de los parámetros adecuados de la deshidratación de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) mediante leho fluidizado para la obtención de harina. Tesis. Ingeniería agroindustrial Universidad Nacional Huancavelica - Peru.

- Pineda, F.; Klei, B. H. Management of Operations in the Snack Industry. Management Research News, [S.I.], v.28, n.2-3, p.118-126, 2005.
- Popenoe H., 1989. Lost Crops of the Incas. Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. National Research Council. National Academy Press Washington. D.C.
- Reyes-García, M.; Gómez-Sánchez P.; Espinoza-Barrientos, C.; Bravo Rebatta, F. y Ganoza-Morón, L. (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos. (8va. ed.). Lima: Ministerio de Salud - Instituto Nacional de Salud. 64 p. http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/ot_rpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf
- Roudot, A.C. Reología y análisis de la textura de los alimentos. Traducción: Angel Ignacio Negerela Suberviola. Zaragoza: Acribia, 2004.
- Sanibal,E; M. Brito, J. C Torre, J. Mancini, (2004). Evaluación de la calidad sensorial de patata frita, aceite de soja y grasa parcialmente hidrogenada de soja en tiempos de fritura. Rev. prior storage and frying temperatures. International Journal of Food Properties Inst. Adolfo Lutz, 63(1):80-86, 2004.
- Souza, H.B.A.; Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango. In: Seminário internacional de aves e suínos- V AVESUL,Anais...Florianópolis, UNESP. P.91-96. 2006.
- Sota G., B. E. (2003). Determinacion de la Humedad adecuada en las proporciones de cañihua (*Chenopodium pallidicame Schum.*) y maiz (*Zea mays*) expandidos por extrusión,
- Steine, G.; Alfnes, F.; Rørå, M.B. The effect of color on consumer WTP for farmed salmon. Marine Resource Economics, v. 20, p. 211–219. 2005.
- Suntaxi C., A. D. (2013). "Obtencion de un producto tipo aperitivo (snack) a partir de oca (*Oxalis Tuberosa*) mediante fritura al vacio" Tesis. Ingenieria de alimentos de la Universidad Tecnologica Equinoccial. Quito- Ecuador.
- Suntaxi, A., Bernaza, G., & Bravo, J. (2014). Reduccion de la acidez titulable de chips de oca (*Oxalis Tuberosa*) por fritura al vacio. Revista nacional de agronomia Medellin 62 (2), 122-123.
- Szczesniak, A. S. Texture is a sensory property. Food Quality and Preference, Barking, Inglaterra, v.13, n.4, p. 215-225, 2002.
- Tanamati, A. C. Instabilidade Oxidativa do óleo de soja submetido à fritura de alimentos congelados, PR. 2008. 119 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.
- Tapia G. 1994. La Agricultura en Bolivia. Editorial Los Amigos del Libro, La Paz. 269-277.
- Tapia C., Estrella J., Monteros A., Valverde F., Nieto M., Córdova J., 2004. Manejo y Conservacion de RTAs in situ en fincas de agricultores y ex situ en el Banco de

VASQUEZ, J. y AURORA, E. Efecto de la temperatura y tiempo de fritura en la textura y color de un chip de Oca (*Oxalis Tuberosa*). Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Enero-Julio 2021. Vol. 8/No. 1, pp. 55-71. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.

Germoplasma de INIAP (Capítulo 2). In: Barrera V., Tapia C. & Monteros A., eds. Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993–2003). No. 4. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Quito, Ecuador–Lima, Peru, 31–74.

Torres, J.; Acevedo, D.; Montero, P. 2017. Efectos de la Fritura al Vacío en los Atributos de Calidad de Arepa con Huevo. *Información tecnológica*, 28(1), 99-108

Tunick, M.H. Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.1892-1898, 2000.

Villamizar R.; Quiceno, M.; Giraldo G. 2012. Efecto del proceso de fritura a vacío sobre la calidad de un pasabocas de mango (*Manguifera indica* L.). *Acta Agronómica*, 61(1), 40-51.