



Agroindustrial Science

Agroind Sci 2 (2011)

Escuela de Ingeniería
Agroindustrial

Universidad Nacional de Trujillo

Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sobre el rendimiento y las características físico-químicas del aceite obtenido por prensado mecánico en frío

Effect of temperature and time of thermal treatment of crushed almonds Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) on the performance and physical-chemical characteristics of oil obtained by cold mechanical pressing

Néstor Adrianzén Yajahuanca, Carmen Rojas Padilla, Guillermo Linares Luján*

Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú

Recibido 06 julio 2011; aceptado 06 setiembre 2011

RESUMEN

Los objetivos de esta investigación fueron evaluar el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sobre el rendimiento y las características físico-químicas del aceite obtenido por prensado mecánico en frío. Para ello se utilizó la Metodología Superficie de Respuesta; en la que se aplicó un Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR), con 11 ensayos, como diseño experimental.

Todas las unidades experimentales fueron sometidas a un prensado mecánico en frío (sin adicionar calor durante el prensado) utilizando una prensa hidráulica, diseñada para el experimento, en la que se mantuvieron constantes la presión (150kgf/cm²) y el tiempo (30 minutos) de extracción. El aceite obtenido de cada unidad experimental fue sometido a un análisis físico-químico (densidad relativa, índice de refracción, humedad y materiales volátiles, índice de yodo, acidez libre e índice de peróxido). A través de la Metodología de Superficie Respuesta se encontró que el rendimiento, índice de yodo e índice de peróxido presentan modelos matemáticos estadísticamente significativos ($p < 0,05$). Se encontró una relación directamente proporcional entre la temperatura de tratamiento térmico con el rendimiento de aceite y el índice de peróxido; mientras que, para el índice de yodo la relación fue inversa. Existió una relación inversamente proporcional entre el tiempo de tratamiento térmico con el rendimiento y el índice de yodo, contrariamente sucedió con el índice de peróxido.

Palabras clave: Prensado mecánico en frío, DCCR, Sacha Inchi

ABSTRACT

The objectives of this research were to evaluate the effect of temperature and time of thermal treatment of crushed almonds Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) on the performance and physical-chemical characteristics of oil obtained by cold mechanical pressing. This was done using the Response Surface Methodology; in which a Central Composite Rotational Design (CCRD) was applied, with 11 tests, as an experimental design.

* Autor para correspondencia.

E-mail: ga_linares@hotmail.com (G. Linares)

All experiments were subjected to a cold mechanical pressing (without adding heat during the pressing) using a hydraulic press, designed for the experiment, in which the extraction pressure (150kgf/cm²) and time (30 minutes), both, remained constant. The oil obtained from each experimental unit was subjected to a physical-chemical analysis (relative density, refractive index, humidity and volatile materials, iodine index, free acidity and peroxide index).

Mathematical models for the performance, the iodine index and the peroxide index were found significant statistically ($p < 0.05$) by the Response Surface Methodology. There was a directly proportional relationship between heat treatment temperature with the performance of oil and peroxide, while for the iodine index, there was an inverse relationship. There was an inversely proportional relationship between heat treatment time with the performance and the iodine index, unlike the case with the peroxide.

Keywords: cold mechanical pressing, CCRD, Sacha Inchi

1. Introducción

Según datos del Programa de Desarrollo de la ONU (PNUD), el 80% de la población mundial depende del conocimiento indígena para atender sus necesidades médicas y, al menos, el 50% de los habitantes del planeta dependen del conocimiento indígena para su subsistencia y alimentación (Martínez, 1996). Además, la biodiversidad del planeta está en los territorios de los pueblos indígenas del mundo, normalmente en los países del sur. El Perú, ubicado en Sudamérica, es uno de ellos; la diversidad biológica es el capital natural más valioso que posee.

El Sacha Inchi, *Plukenetia volubilis* L., oleaginosa cuyo origen está nuestra Amazonía Peruana, proporciona un aceite y harina de uso frecuente en la alimentación y la medicina tradicional de las comunidades nativas de la Amazonía, así también su uso en la alimentación se ha extendido en casi todo nuestro país y está ganando gran aceptación en mercados internacionales.

Por los estudios realizados desde 1980, tanto en Perú, Estados Unidos y en otros países, se sabe que el aceite de Sacha Inchi resulta ser el mejor entre los aceites vegetales utilizados para el consumo humano por su rica composición en ácidos grasos mono y poliinsaturados, grupo de los Omega-3. De este tipo de ácidos grasos, el linoleico (ω -6) y el α -linolénico (ω -3) son los más importantes para la salud porque juegan un rol crucial en las funciones del cerebro y, también, en el crecimiento y desarrollo del ser humano. Se suma, a las propiedades descritas del aceite de Sacha Inchi, el alto contenido de proteína presente en la torta de prensado, siendo muy

útil para la elaboración de concentrados proteicos. Por todo lo descrito, se ha creído conveniente investigar esta oleaginosa.

El objetivo general planteado fue determinar el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sobre el rendimiento y las características físico-químicas (densidad relativa; humedad y materiales volátiles; índice de refracción; índice de iodo; índice de acidez e índice de peróxido) del aceite de Sacha Inchi extraído por prensado en frío.

2. Materiales y métodos

Para el presente trabajo de investigación se utilizó como materia prima el Sacha Inchi, procedente de Pucallpa, departamento de Ucayali, para la extracción de aceite de sachá inchi por prensado en frío se siguió el procedimiento que se señala en la Figura 1.

En la selección se realizó de forma manual, tomando las almendras en buen estado. En cuanto a la trituración se utilizó un molino "Traditional Corn Mill". La finalidad de esta operación fue reducir el tamaño de las partículas, en el tamizado se utilizó una malla fina de acero inoxidable.

Para la recepción se recibieron las semillas de Sacha Inchi con una humedad inferior al 10% y se controló su buen estado físico y microbiológico. Se almacenaron en bolsas de yute. En el Pesado se utilizó una balanza semianalítica. Para descascararlas se efectuó dando un pequeño golpe (con un martillo) en la parte lateral de la semilla. Con ello se logró separar la almendra de la cáscara.

Tratamiento térmico

Cada ensayo de 500g de almendra triturada de Sacha Inchi se llevó a la estufa en una bandeja de aluminio de 40x30x2cm, se controló la temperatura y tiempo de tratamiento térmico según detalle del diseño, entre 70 y 105°C, por un tiempo de 10 a 40 minutos.

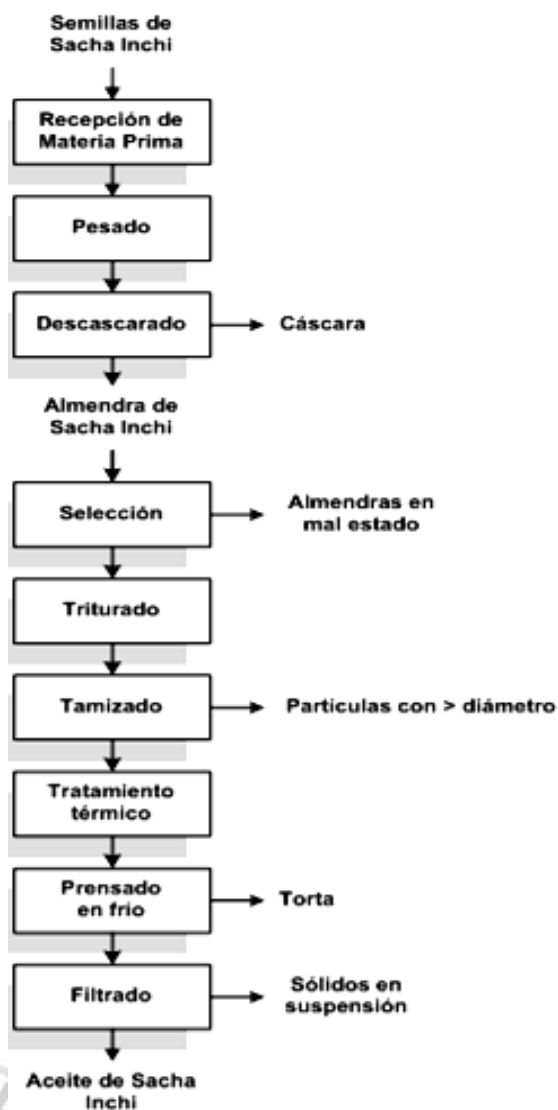


Figura 1. Diseño experimental para la obtención de aceite de Sacha Inchi por prensado en frío.

Prensado

La muestra de cada ensayo experimental, previamente sometida a tratamiento térmico, fue sometida a prensado hidráulico. Se sometió la materia prima a una presión máxima constante de 150 kgf/cm² y a un

tiempo de extracción de 30 min. Se realizó el prensado a temperatura ambiental.

Filtrado

El aceite crudo de Sacha Inchi obtenido con partículas finas en suspensión se sometió a un filtrado utilizando una bomba de vacío y de esa manera se logró obtener un aceite más puro y límpido.

Determinación proximal de la semilla de Sacha Inchi

Se siguieron los protocolos de Silva *et al.* (2005), cuyos fundamentos están basados en la metodología de la Association of Official and Analytical Chemists (A.O.A.C).

Humedad.- Método gravimétrico de la estufa.

Proteínas.- Método Kjeldahl.

Cenizas.- Método por incineración directa.

Grasa.- Método de Soxhlet.

Carbohidratos.- Método Químico de Fehling.

Fibra.- Método de fibra insoluble en detergente neutro.

Determinación del rendimiento del aceite de Sacha Inchi

$\% \text{ Rendimiento} = (\text{Peso aceite obtenido} / \text{Peso almendra triturada}) \times 100$

Determinación de las características físico-químicas del aceite de Sacha Inchi

Densidad relativa.- Se siguió el protocolo que se detalla en la NTP 209.128:1980.

Índice de refracción.- Se siguió el protocolo que se detalla en la NTP 209.121:1975.

Humedad y materiales volátiles.- Se siguió el protocolo que se detalla en la NTP 209.004:1968.

Índice de yodo.- Se siguió el protocolo descrito por Silva *et al.* (2005).

Índice de peróxido.- Se siguió el protocolo que se detalla en la NTP 209.006:1968.

Análisis estadístico

Fue utilizado un Diseño Compuesto Central Rotacional (DCRR) tomando en cuenta las variables que se mencionan en el diseño. Así para dos variables independientes, usando factoriales completos se realizó un

planeamiento factorial: $2n + 2*n + pc$, donde 2 es el número de niveles a ser estudiado (-1; +1), n es el número variables independientes y pc es la cantidad de puntos centrales que se repiten. Un Diseño Compuesto se hace rotatable mediante la elección de α . El valor de α es a la vez igual a $2^{-n/4}$ (Iemma y Rodríguez, 2005).

Tabla 1. Valores de α según el número de variables.

n	2	3	4	5	6
α	$\pm 1,41$	$\pm 1,68$	$\pm 2,00$	$\pm 2,37$	$\pm 2,82$

En esta investigación se consideraron 2 variables independientes: $22 + 2*2 + 3$, totalizando 11 ensayos.

Tabla 2. Valores utilizados en el DCCR.

Variables	Niveles				
	-1,41	-1	0	+1	+1,41
X1: Temperatura (°C)	70	75	88	100	105
X2: Tiempo (min.)	10	14	25	36	40

Los valores de la Tabla 2 se utilizaron en la construcción del planeamiento mostrado en la Tabla 3, teniendo como respuestas el rendimiento y las características físico-químicas del aceite extraído.

Tabla 3. Matriz de diseño de respuestas

Nº	Variables independientes			
	Codificadas		Reales	
	X ₁	X ₂	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	-1	-1	75	14
2	+1	-1	100	14
3	-1	+1	75	36
4	+1	+1	100	36
5	-1,41	0	70	25
6	+1,41	0	105	25
7	0	-1,41	88	10
8	0	+1,41	88	40
9	0	0	88	25
10	0	0	88	25
11	0	0	88	25

Se elaboraron un modelo codificado de segundo orden, como se muestra a continuación:

$$Y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j X_j + \sum_{u=1}^k b_{uj} X_u X_j + \sum_{j=1}^k b_{jj} X_j^2 \dots \dots \dots u \neq j$$

Donde:

Y= respuesta

b_0, b_j = Coeficientes de regresión

$i = 1, 2, 3, 4$

$j = 1, 2, 3, 4$

Para validar los modelos se realizó un ANOVA

Para los modelos y el cálculo de los coeficientes de determinación ($R^2 > 0,85$), y el F-cal que debió ser mayor que el F-tab., indicándonos que el modelo interpreta adecuadamente la respuesta. Finalmente se construyeron superficies de respuesta para definir las regiones de interés y aumentar el rendimiento conservando las propiedades físico-químicas del aceite de Sacha Inchi.

3. Resultados y discusión

Almendras de Sacha Inchi

Tal como lo indica Pascual & Mejía (2000) los valores de proteína y grasa total, en almendras de Sacha Inchi son elevados diferenciándose marcadamente del resto de componentes. Esto se confirma en la presente investigación, ya que, se encontró 25,07% de proteínas con 45,00% de grasa total frente a 24,21% y 51,40% respectivamente.

Tabla 4. Análisis proximal de almendra de Sacha Inchi usada en la experimentación.

Componentes	Sacha Inchi (%bh)
Humedad	6,90
Proteínas (%Nx5.7)	25,07
Grasa	45,00
Carbohidratos	6.76
Fibras	13,09
Cenizas	2,85
Otros*	0,33
<hr/>	
Energía kCal	553,50

*se determinó por diferencia

Rendimiento y características físico químicas del aceite de Sacha Inchi.

En la tabla 5 se observan los valores experimentales obtenidos para cada variable respuesta utilizando los valores de la tabla 2.

Tabla 5. Valores del rendimiento y características físico-químicas del aceite de Sacha Inchi

N°	Variables Respuesta					
	R(%)	I.Y.	I.P.	D.R	H.M.V.	I.R.
1	23,96	199,61	3,8982	0,9285	0,0489	1,4790
2	26,54	191,65	3,9138	0,9284	0,0504	1,4787
3	23,04	191,58	4,5317	0,9289	0,0691	1,4787
4	24,60	190,78	5,6310	0,9281	0,0386	1,4790
5	22,40	196,40	4,4995	0,9286	0,0949	1,4789
6	26,16	191,16	5,0678	0,9288	0,0769	1,4789
7	25,14	199,61	4,5227	0,9286	0,0978	1,4791
8	25,10	192,30	4,6163	0,9286	0,0949	1,4789
9	25,12	192,06	3,3304	0,9285	0,0590	1,4789
10	25,16	192,01	3,3032	0,9284	0,0666	1,4789
11	25,20	191,82	3,3509	0,9283	0,0668	1,4789

R: Rendimiento (%)

I.Y.: Índice de yodo (g Iodo/100g aceite)

I.P.: Índice de peróxido (mEq.O₂/kg aceite)

A.L.: Acidez libre (g ácido oleico/100g aceite)

D.R.: Densidad relativa

H.M.V: Humedad y materiales volátiles (%)

I.R.: Índice de refracción

En la Tabla 5 se muestra la relación directamente proporcional que ejerce la temperatura de tratamiento térmico sobre el rendimiento. Se visualiza que a temperaturas por encima de 100°C el rendimiento del aceite sobrepasa el 26%. Bailey (1979) señala que el tratamiento térmico de las almendras de oleaginosas facilita el proceso de extracción por procesos mecánicos porque coagula las proteínas de las paredes de las células, las hace permeable al paso del aceite y además disminuye la viscosidad del aceite.

Gracia (2001) explica que el Índice de Yodo es una propiedad química relacionada con la insaturación, con el Índice de Refracción y con la Densidad: puesto que, a mayor Índice de

Yodo, mayor Índice de Refracción y mayor Densidad. Dicha tendencia se visualiza entre el índice de Yodo, 199,61g Iodo/100g aceite, y refracción, 1,4791, en el 7° ensayo. Ziller (1996) hace referencia que la relación directa entre ellos se debe a que existen aceites que contienen ácidos grasos insaturados (con dobles enlaces) de cadena larga con elevado peso molecular. La disponibilidad de los dobles enlaces influyen directamente sobre el Índice de Yodo durante el proceso de halogenación; el Índice de Refracción aumenta por la configuración cis-trans de los enlaces dobles, mientras, que la densidad se ve favorecida por el alto peso molecular de las cadenas largas de los ácidos grasos presente en un aceite.

Pascual & Mejía (2000), explican que el alto índice de yodo encontrado se debe a la presencia de ácidos grasos poliinsaturados (entre ellos el α -linolénico). En esta investigación, a pesar de la ligera disminución en sus valores por efecto del calor, éstos aún son mucho mayores al de otras oleaginosas como el de la soya, cuyo índice máximo es 141 g Iodo/100g aceite.

Medina (2009) menciona que el aumento de la temperatura disminuye el índice de refracción porque el calor desestabiliza la configuración de los dobles enlaces presentes en los ácidos grasos; ese comportamiento se muestra a 100°C x 14min., cuyo índice refracción, 1,4787, es el menor de todos los ensayos realizados.

Análisis estadístico usando el software Statistica 7.0

Se encontró al rendimiento, índice de yodo e índice de peróxido, como variables dependientes significativas ($p < 0,05$), para el modelo.

En las Tablas 6, 7 y 8 se muestran los coeficientes de regresión significativos (en rojo) para el Rendimiento, Índice de Yodo e Índice de Peróxido respectivamente los cuales servirán para elaborar su respectivo modelo matemático.

Tabla 6. Coeficientes de regresión para el rendimiento.

Factor	Coefficiente Regresión	Error puro	P
Media	-9,02532	0,90875	0,00998
(1)Temperatura (L)	0,65379	0,01941	0,00088
Temperatura (Q)	-0,00294	0,00010	0,00136
(2)Tiempo (L)	0,14440	0,01476	0,01029
tiempo (Q)	-0,00049	0,00014	0,07760
1L x 2L	-0,00176	0,00014	0,00679

(L)=lineal; (Q)=cuadrática

El modelo matemático para el “Rendimiento” de aceite extraído se denota:

$$R = -9,02532 + 0,65379T - 0,00294T^2 + 0,14440t - 0,00176Tt$$

Tabla 7. Coeficientes de regresión para el índice de yodo.

Factor	Coefficiente Regresión	Error puro	P
Media	270,5699	2,89701	0,00011
(1)Temperatura (L)	-0,9833	0,06188	0,00393
Temperatura (Q)	0,0028	0,00034	0,01457
(2)Tiempo (L)	-2,0437	0,04708	0,00053
Tiempo (Q)	0,0137	0,00046	0,00115
1L x 2L	0,0129	0,00046	0,00128

(L)=Lineal; (Q)=cuadrática

El modelo matemático para el “Índice de Yodo” del aceite extraído se denota:

$$I.Y. = 270,5699 - 0,9833T + 0,0028T^2 - 2,0437t + 0,0137t^2 + 0,0129Tt$$

Tabla 8. Coeficientes de regresión para el índice de peróxido.

Fuente de Regresión	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F calc.
Regresión	4,978	5	0,996	6,777
Error	0,734	5	0,147	
Total	5,713	10		

(L)=Lineal; (Q)=cuadrática

El modelo matemático para el “Índice de Peróxido” del aceite extraído se denota:

$$I.P. = 41,700804 - 0,79528T + 0,00439T^2 - 0,38378t + 0,00494t^2 + 0,0189Tt$$

Análisis de varianza

A continuación se presenta el análisis de varianza para cada una de las variables dependientes significativas.

Tabla 9. Análisis de Varianza para el Rendimiento

Fuente de Regresión	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F calc.
Regresión	13,869	4	3,467	17,394
Error	1,196	6	0,199	
Total	15,065	10		

% de variación explicada (R^2)=92,06%; $F_{4, 6, 0,05}=4,530$

Tabla 10. Análisis de Varianza para el Índice de Yodo

Fuente de Regresión	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F calc.
Regresión	105,576	5	21,115	17,367
Error	6,083	5	1,217	
Total	111,658	10		

% de variación explicada (R^2)=94,55%; $F_{5, 5, 0,05}=5,050$

Tabla 11. Análisis de Varianza para el Índice de Peróxido.

Factor	Coefficiente Regresión	Error puro	P
Media	41,70804	0,54351	0,00017
(1)Temperatura (L)	-0,79528	0,01161	0,00021
Temperatura (Q)	0,00439	0,00006	0,00022
(2)Tiempo (L)	-0,38378	0,00883	0,00052
Tiempo (Q)	0,00494	0,00008	0,00031
1L x 2L	0,00189	0,00008	0,00210

% de variación explicada (R^2)=87,14%; $F_{5, 5, 0,05}=5,050$

Se puede apreciar en la Tablas 9 y 10, para el Rendimiento e Índice de Yodo respectivamente, que sus respectivos modelos matemáticos son significativos; es decir éstos describen resultados adecuadamente a través de la Metodología Superficie de Respuesta.

Esto, también, se puede confirmar a través de los coeficientes de determinación (R^2), 92,06% para el Rendimiento y 94,55% para el Índice de Yodo. En este último nos damos cuenta que la temperatura y el tiempo de tratamiento térmico en los rangos establecidos predicen adecuadamente dicho índice.

Sin embargo, para el Índice de Peróxido (Tabla 11), el modelo matemático no describe ni predice con la exactitud con la que lo hacen los dos anteriores. El coeficiente de determinación encontrado, $R^2=87.15\%$, confirma que existen, además de los factores y sus rangos descritos, otros que tienen gran influencia. Entre otros factores pueden estar el rompimiento de las células y la mayor superficie de contacto almendra triturada-oxígeno, durante el proceso de trituración; la exposición del aceite en el aire durante el proceso de filtrado; el tiempo transcurrido entre la extracción y el análisis, ya que los análisis del índice de peróxido se realizaron aproximadamente 12 horas después de haber extraído dicho aceite. Baltes (2007) menciona que la velocidad de oxidación será tanto mayor en cuanto más enlaces dobles haya en una molécula de ácido graso y también la incorporación de oxígeno, en los enlaces dobles, se ve favorecido por la temperatura.

Se aprecia en las Tablas 9, 10 y 11 que $F_{cal.} > F_{tab.}$; es decir, las respuestas de Rendimiento, Índice de Yodo e Índice de peróxido son significativas. Con ello se puede decir que existe una buena concordancia entre los valores experimentales y los predichos por sus respectivos modelos matemáticos. En la Figura 2 existen puntos de distribución que interceptan la recta indicándonos una buena relación; en la Figura 3 se visualiza una distribución equidistante de puntos y además la agrupación de los mismos para Índices de yodo entre 190 y 193g Iodo/100g aceite haciéndonos suponer que la tendencia es encontrar valores dentro de ese rango. En cambio, en la Figura 4 a pesar que los puntos de distribución están equidistantes, éstos están más alejados indicándonos una menor relación entre los valores experimentales y predichos, comparado con los dos anteriores.

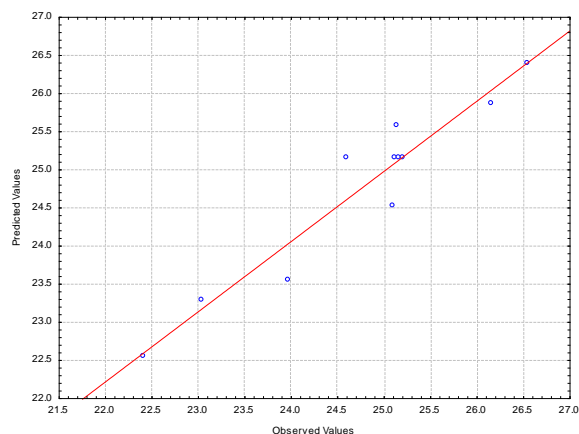


Figura 2. Valores predichos y valores observados para el Rendimiento.

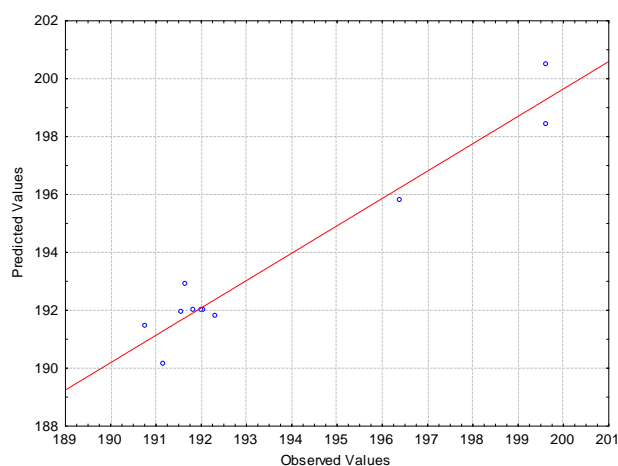


Figura 3. Valores predichos y valores observados para el Índice de Yodo.

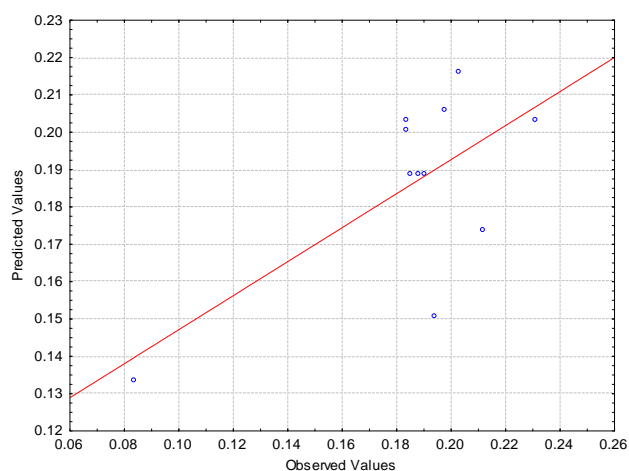


Figura 4. Valores predichos y valores observados para el Índice de Peróxido.

Superficies de respuesta

Tal como se encontró en el análisis de varianza, los modelos son significativos, por tanto válida la construcción de sus respectivas superficies de respuesta y de esa manera definir las regiones de interés.

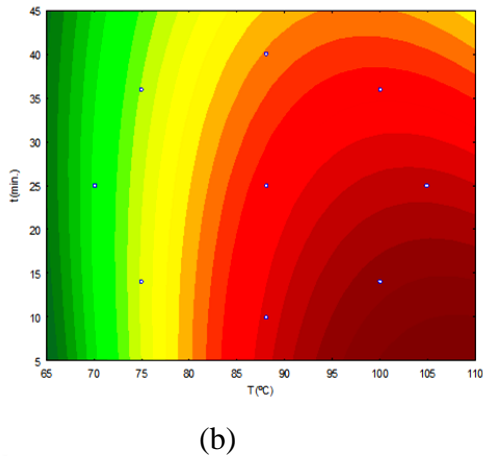
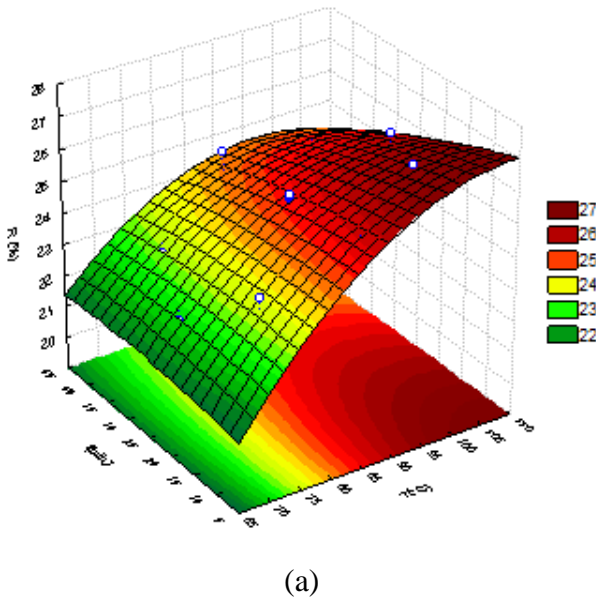


Figura 5. Superficie de Respuesta (a) curvas de contorno (b) en función de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico para el rendimiento.

Se detalla en la Figura 5 que a medida que la temperatura aumenta desde 75°C, el rendimiento de aceite extraído empieza a elevarse. Esto corrobora lo que Collao *et al.* (2007) obtuvieron: un alto rendimiento de aceite de la semilla de onagra por prensado en frío utilizando un tratamiento térmico previo de la muestra. Pues el calor agregado dilató las

células, redujo la viscosidad del aceite y éste salió con mayor facilidad.

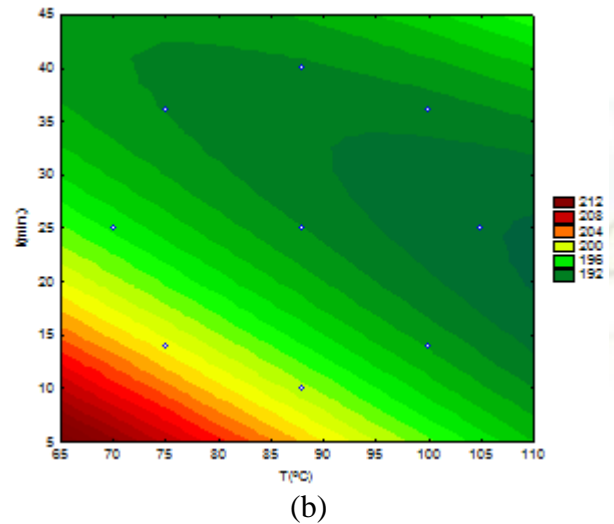
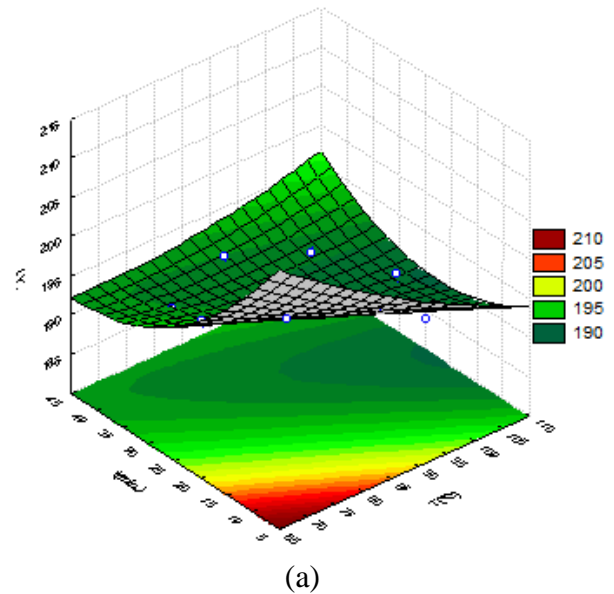


Figura 6. Superficie de Respuesta (a) curvas de contorno (b) en función de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico para el Índice de Yodo.

En la Figura 6 se muestra que si la temperatura y tiempo de tratamiento térmico se reducen, el Índice de Yodo empieza a aumentar. Pero se debe tener en cuenta que a pesar de que el aceite de Sacha Inchi es muy insaturado, su Índice tiene un límite. Pascual & Mejía (2000) han reportado 189g de Iodo/100g aceite.

En esta investigación dicho índice va desde 190,78 hasta 199,61 g Iodo/100g aceite confirmando el alto grado de insaturación.

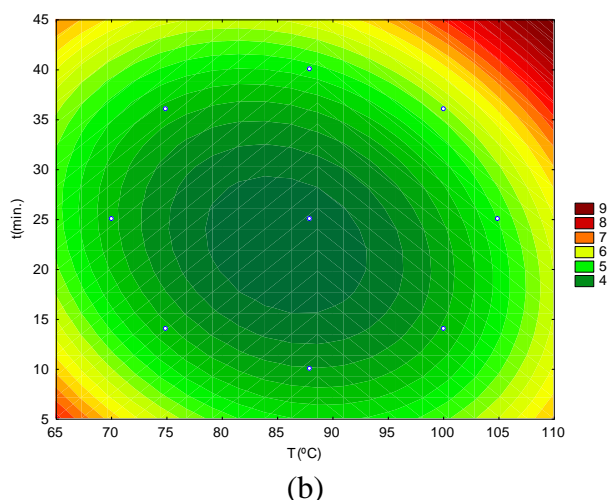
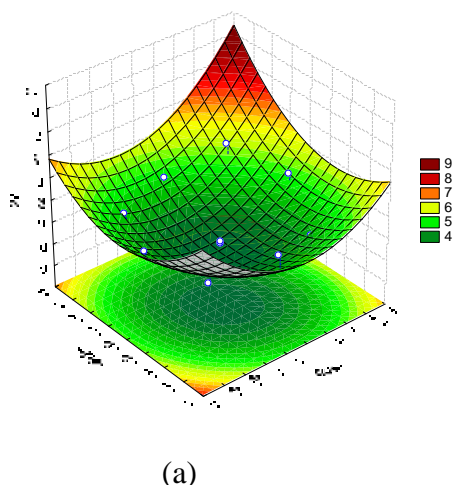


Figura 7. Superficie de Respuesta (a) curvas de contorno (b) en función de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico para el Índice de Peróxido.

En la Figura 7, se puede observar la relación directamente proporcional entre la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el Índice de Peróxido; es decir, a mayor temperatura y tiempo, mayor índice. Sin embargo, se desea tener los menores índices posibles. En la gráfica de contorno se nota que para 85°C y 25 min. se obtiene 4mEqO₂/kg aceite, aproximadamente.

La significancia del modelo matemático que describe esta respuesta no es muy alta ya que el $F_{cal.}$ no está tan alejado del $F_{tab.}$ (6.78 frente a

5.05) comparado con los dos modelos anteriores. Y esto se corrobora en la validación experimental, ya que los desvíos relativos son altos.

Es por eso que este Índice es el que tiene mayor influencia sobre los valores de temperatura y tiempo a escoger para la validación experimental de los modelos matemáticos.

4. Conclusiones

La temperatura de tratamiento térmico ejerce una relación directamente proporcional sobre el rendimiento de aceite de Sacha Inchi; mientras que el tiempo, ejerce una relación inversa.

A mayor temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas de Sacha Inchi los valores de índice de yodo, densidad relativa, humedad y materiales volátiles e índice de refracción tienden a disminuir; mientras que para acidez libre e índice de peróxido éstos aumentan. Sin embargo, todos los valores cumplieron los estándares establecido por la Norma Técnica Peruana (2009) para aceite de Sacha Inchi.

A través de la Metodología de Superficie Respuesta se encontró que el rendimiento, índice de yodo e índice de peróxido presentan modelos matemáticos estadísticamente significativos ($p < 0,05$).

Según la Metodología de Superficie Respuesta a temperaturas mayores de 95°C y tiempos menores a 30 minutos de tratamiento térmico de las almendras trituradas de Sacha Inchi, se obtiene un rendimiento mayor al 50% del aceite total presente en sus células; para el índice de yodo se encontraron valores mayores a 200g Iodo/100g aceite, cuando la temperatura y tiempo de tratamiento térmico se aproximan a 65°C y 5 minutos respectivamente; y se hallaron valores inferiores a 5 mEq.O₂/kg aceite entre 80-90°C y 15-30 minutos para el índice de peróxido.

La características físicas más aceptables del aceite de Sacha Inchi, en relación a la Norma Técnica Peruana (2009), fueron: densidad relativa, 0,9289, a 75°C x 36min.; humedad y

materiales volátiles, 0.0386%, a 100°C x 36min. y el índice de refracción 1,4790 a 75°C x 14min.

La características físicas más aceptables del aceite de Sacha Inchi, en relación a la Norma Técnica Peruana (2009), fueron: índice de yodo, 199.61g *Iodo/100g aceite*, a 75°Cx14min; índice de peróxido, 3,3032mEq.O₂/kg *aceite*, a 88°C x 25 min. y acidez libre, 0,0420g *ácido oleico/100g aceite*, a 75°C x 14 min.

5. Referencias bibliográficas

- Bailey, A. (1979). Aceites y grasas industriales. 2° edición. Editorial Reverté argentina S.C.A. España. Pág. 422-472.
- Baltes, W. (2007). Química de los alimentos. Editorial Acribia, s.a. Zaragoza-España.
- Collao, C.; Curotto, e. Y Zúñiga, m. (2007). Tratamiento enzimático en la extracción de aceite y obtención de antioxidantes a partir de semilla de onagra, *oenothera biennis*, por prensado en frío. Instituto de química pontificia universidad católica de Valparaíso, general cruz 34, Valparaíso. Disponible en: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/2/2> (accesado 30/11/09).
- Gracia, I. (2001). Obtención de aceite de orujo mediante extracción con fluidos supercríticos. Ediciones de la universidad de castilla-la mancha. España.
- Iemma, A. y Rodrigues, M. (2005). Planejamento de experimentos e otimizaçao de procesos.
- Medina, G. (2009). Aceites y grasas comestibles. Universidad de antioquía departamento de farmacia bromatología. Colombia. Disponible en: http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/424/gilma_medina/grasasyaceites/documento_grasas_y_aceites.pdf(accesado 23/03/10).
- Martínez, J. (1996). Ecología política: Brasil, biopiratería, urbanismo ecológico y agentes contaminantes. 11° edición. Editorial Icaria. Barcelona-España. Casado pao editora. Campinas-sp. Brasil.
- Norma Técnica Peruana.NTP 151.400: (2009). Aceite de Sacha Inchi. Requisitos.
- Norma Técnica Peruana. NTP 209. 004: (1968). Aceites y grasas comestibles. Método de determinación del contenido de humedad y materiales volátiles.
- Norma técnica peruana. NTP 209. 006. (1968). Aceites y grasas comestibles. Método de determinación del índice de peróxido.
- Norma Técnica Peruana. Ntp 209. 121: (1975). Aceites y grasas comestibles. Método de determinación de refracción.
- Norma Técnica Peruana. NTP 209. 128: (1980). Aceites y grasas comestibles. Método de determinación de la densidad relativa.
- Pascual, G. Y Mejía, l. (2000). “extracción y caracterización de aceite de Sacha Inchi (*plukenetia volubilis l.*)”. Disponible en: http://www.agromaz.com.pe/documentos/extraccion_caracterizacion_aceite_sacha_inchi.pdf(accesado 12/11/09).
- Silva, J.; Gonzáles, G.; Gavidia, y Jara, R. (2005). Guía de prácticas de bromatología. 1° edición. Facultad de farmacia y bioquímica-UNT. Trujillo-Perú.
- Ziller, s. (1996). Grasas y aceites alimentarios. 7° edición. Editorial Acribia, s.a. Zaragoza-España.

