

Efecto de la temperatura sobre la cinética de secado y el color de la pasta desgrasada de las semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla

Effect of temperature on drying kinetics and color of seed *Lupinus mutabilis* defatted paste, criolla variety

Rodolfo Vegas Niño^{1,*}; Amparo Iris Zavaleta²; Carlos Vegas Perez²

1 Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n-ciudad universitaria, Trujillo. Perú.

2 Laboratorio de Biología Molecular, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima 1, Perú.

*Autor correspondiente: rvegas@unitru.edu.pe (R. Vegas).

Fecha de recepción: **01 02 2017**. Fecha de aceptación: **29 03 2017**

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la temperatura sobre la cinética de secado y color de la pasta desgrasada de las semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla "tarwi" proveniente de la ciudad de Huamachuco, Región La Libertad. Las semillas fueron deslupinizadas, molidas y desengrasadas usando etanol absoluto. El secado se realizó en un secador convectivo a velocidad de 0,5 m/s. La evolución de las curvas de secado se determinó analizando la humedad vs el tiempo y la velocidad de secado (R) vs la humedad, a las temperaturas de 35, 45, 55, 65, 75 y 85 °C. La humedad crítica de secado estuvo en el intervalo 1,49 a 0,92 g H₂O/g ms, su velocidad crítica promedio de 344,2 a 1537,2 g H₂O/m².h y el coeficiente de transferencia de calor en el periodo constante fue de 0,018 W/m² °C. Al aumentar la temperatura de secado, el color de la harina se oscurece pasando de valores de la escala $\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$ de -28,43; 5,70; 5,43 (35°C) a -36,63; 1,56; -1,2 (85°C) en la escala CIELAB.

Palabras clave: *Lupinus mutabilis*; tarwi; cinética de secado; color L*a*b.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the effect of temperature on the kinetics of drying and coloring of the dyed paste, defatted with absolute ethanol and leached with distilled water from *Lupinus mutabilis* ("tarwi") from the city of Huamachuco, Region La Libertad. The drying was performed in a convective dryer at a speed of 0.5 m/s. The evolution of drying curves was determined: moisture vs time and drying rate (R) vs humidity, at temperatures of 35, 45, 55, 65, 75 and 85 °C. The critical drying moisture was in the range of 1.49 to 0.92 g H₂O/g db, its critical velocity was 344.2 to 1537.2 g H₂O/ m².h and a heat transfer coefficient in the constant period of 0.018 W/m². As the drying temperature increases, the color of the flour darkens from values of the scale $\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$ of -28.43; 5.70; 5.43 (35°C) at -36.63; 1.56; -1.2 (85°C) on the CIELAB scale.

Keywords: *Lupinus mutabilis*; Andean lupin; drying kinetic; color L*a*b.

INTRODUCCIÓN

La semilla de *Lupinus mutabilis* conocido como "chocho", "tarwi" o "lupino", es una leguminosa que se caracteriza por tener elevado contenido de proteínas y ácidos grasos insaturados, constituyendo una alternativa para la nutrición humana y animal. El "tarwi" se cultiva principalmente en los andes peruanos entre los 2800 a 3900 m de altitud, es resistente a plagas, enfermedades (antracnosis), sequías y heladas (Ortega et al., 2010, Palacios et al., 2004).

Las proteínas del "tarwi" presentan alto contenido de lisina y leucina; pero bajo en metionina (Güemes et al., 2004). Además, contienen triptófano y tirosina en mayor cantidad que la soya y el fréjol (Kou et al., 2013 y Barca et al., 2000). Con relación a los ácidos grasos insaturados presentan ácido linolénico (Omega 3; 2,9%), ácido linoleico (Omega 6; 37,1%) y oleico (Omega 9; 40,4%) (Vinicio, 2010). A la vez, el contenido de almidón y sacarosa es bajo (Caiza, 2011; Urrutia, 2010).

El secado es una técnica de conservación de alimentos que permite la reducción de la actividad del agua y el aumento de la vida útil del producto facilitando su transporte y almacenamiento. Sin embargo, un incremento en la temperatura del proceso de secado causa cambios en las características del producto como consecuencia de las reacciones entre carbohidratos, grasas, proteínas, entre otros (Park et al., 2001; Brasileiro, 1999).

El secado con aire es una operación unitaria utilizada en la industria alimentaria, tanto por la cantidad como por la diversidad de productos tratados; por tanto, cada producto alimentario tiene una temperatura específica de secado. Así, la Corporación de Racionalización y Consultoría SA (CRCSA); y Organización de Servicios y Asesoría SA (OSASA) (1983) reportan que la temperatura de secado de plátanos en rodajas debe ser menor a 75 °C.

La modelización de la cinética de secado de productos alimenticios tiene gran interés en estudios de optimización del diseño y el manejo de equipos utilizados en deshidratación. En los procesos de secado por aire caliente se observan normalmente dos etapas: la primera, a velocidad constante cuando el agua se

evapora; y la segunda, a velocidad decreciente cuando la humedad se elimina por resistencias internas propias de la naturaleza del producto (Rizvi y Mittal, 1992). En la primera etapa, el tiempo de secado depende del movimiento del agua libre presente en la estructura del alimento que se está secando. Así, Suzuki et al. (1977) establecen un periodo de secado constante predominante para patatas en cubo, por el contrario, Igbeka (1977) indica que en el secado de patatas en lámina no existe este periodo significativo. Otro de los factores que influye en la cinética de secado además de la temperatura y configuración morfológica del producto es la velocidad del aire. Singh y Heldman (1993) establecen que el incremento de la velocidad del aire aumenta la pendiente de la curva de deshidratación por eliminación de humedad superficial del producto, dado al mayor recambio de aire y remoción de agua.

El color es una característica importante en la valoración física y la calidad de los alimentos. Así, el color de las frutas y los vegetales depende de la presencia de carotenoides, antocianinas, clorofilas y compuestos fenólicos los cuales pueden cambiar durante el procesado y almacenamiento. Por otra parte, en ciertos alimentos la aparición de coloraciones marrones frecuentemente indeseadas, se asocia al pardeamiento no enzimático o reacciones de Maillard, pardeamiento enzimático; y el producido en la superficie del alimento por la caramelización de los azúcares, estos cambios de coloración pueden afectar las características organolépticas del producto. Por ello, es importante estudiar el efecto de la temperatura sobre la cinética de secado y el color de la pasta desgrasada de las semillas de *Lupinus mutabilis* "tarwi" variedad criolla.

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 OBJETO DE ESTUDIO

Las semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla "tarwi" fueron recolectadas de la ciudad de Huamachuco de la Región La Libertad, y procesadas en forma de pasta deslupinizada, desgrasada y lixiviada.

2.2 MEDIOS

Las semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla "tarwi" fueron recolectados aleatoriamente de los sembríos de la provincia de Sánchez Carrión obteniendo una muestra homogénea. Los instrumentos, equipos y materiales para este trabajo fueron proporcionados por la Universidad Nacional de Trujillo-Sede Huamachuco.

2.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Las semillas de "tarwi" fueron hidratadas, cocidas y lixiviadas con agua potable. El proceso de hidratación fue de 20 h a temperatura ambiente, cocidas por una hora con tres cambios de agua cada 30 min, contados desde el momento que iniciaron su cocción. Después, se escurrieron y sumergieron en agua potable por siete días con cambios de agua cada seis horas con el propósito de eliminar los alcaloides. Posteriormente, las semillas fueron trituradas usando una licuadora hasta obtener una pasta homogénea, cuya concentración en sólidos fue de aproximadamente 25% p/p, cantidad referenciada en el CODEX Alimentario para pastas de leguminosas. En seguida, la pasta se secó a 35 °C en una estufa hasta obtener harina.

La harina fue tamizada hasta obtener partículas de 20 mesh, después se determinó la humedad, la grasa cruda, proteínas, cenizas, entre otros según los protocolos descritos por la AOAC (1990): humedad (método 925.09) por secado en estufa a 105 °C hasta peso constante, grasa cruda (método 920.39), lípidos libres extraídos en un sistema Soxhlet, proteínas mediante el método Kjeldahl con un factor de 6,25, cenizas por incineración a 600 °C x 6 h, fibra cruda por el método gravimétrico con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio.

El proceso de desgrasado se realizó con un Soxhlet utilizando etanol absoluto como medio extractante. Posteriormente, la harina de "tarwi" deslupinizada, desgrasada y secada a 35 °C fue sometida a lixiviación con agua destilada por 24 h para eliminar restos de etanol y material soluble como almidón. Después, 21 g de harina humedecida se colocaron sobre placas Petri de 7 cm con un espesor de pasta de 1 cm y se secó a las tempe-

raturas de 35, 45, 55, 65, 75 y 85 °C. Las placas se pesaron a los 15 min, 30 min y 60 min hasta peso constante (Giraldo et al., 2010). La velocidad del aire de secado fue de 0,5 m/s con una humedad relativa del aire entre 5 % y 30 % aproximadamente a una presión atmosférica de 683 mm Hg (Huamachuco está a 3200 m de altitud). El contenido de humedad total de la pasta de "tarwi" se determinó en una estufa a 105 °C por 24 h hasta peso constante. En tanto que la humedad de equilibrio se determinó a la temperatura específica de cada trata-miento (35, 45, 55, 65, 75 y 85 °C) hasta peso constante (aproximadamente 24 h).

El proceso de secado se realizó en un secador convectivo VENTICELL 111, el color de la harina después del secado se determinó en la escala CIE L*a*b* (CIELAB) por medio de un Colorímetro General Shenzhen Kingwell Instrument Modelo JZ-300 con una fuente de iluminación D₆₅ medido a una distancia de 5 cm de la superficie de la muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la composición proximal de la harina deslupinizada de las semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla (tabla 1) se destaca la fracción proteica con $49,06 \pm 0,21$ en base seca. El contenido de fibra $7,47 \pm 0,57$ se debe principalmente al tegumento que recubre la semilla. Los carbohidratos $14,45 \pm 0,38$ se expresan como porcentaje de almidón; sin embargo, no se descarta la presencia de azúcares reductores y estaquiosa, este último carbohidrato presente en la mayoría de leguminosas. A pesar que las semillas en el momento del deslupinado (eliminación de lupanina) se someten a lavados sucesivos no se eliminó todo el almidón por su baja solubilidad, además indicaría la presencia de almidones solubles e insolubles.

Tabla 1. Composición de la harina deslupinizada de las semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla

Componente	% (base seca)
Proteínas	$49,06 \pm 0,21$
Grasas	$24,37 \pm 0,34$
Carbohidratos (% almidón)	$14,45 \pm 0,38$
Fibra cruda	$7,47 \pm 0,57$
Ceniza	$2,68 \pm 0,13$

En la tabla 2 se presenta las características fisicoquímicas de la harina deslupinizada de *Lupinus mutabilis* variedad criolla destacando el grado de porosidad de $0,597 \pm 0,029$, el mismo que indica el espacio que ocupa el aire en condiciones de almacenaje y transporte. En tanto, el pH es de $6,019 \pm 0,047$, esta característica de la harina exige tratamientos térmicos a los productos en forma de pastas o cremas con el propósito de disminuir o eliminar la carga microbiana.

Tabla 2. Características fisicoquímicas de harina deslupinizada de las semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla

Parámetro	Valores
Humedad (%)	$7,147 \pm 0,036$
Densidad aparente (g/ml)	$0,449 \pm 0,022$
Densidad real (g/ml)	$1,116 \pm 0,068$
Porosidad (fracción de aire)	$0,597 \pm 0,029$
Capacidad de retención (g agua retenida/g muestra)	$1,565 \pm 0,125$
pH de la harina	$6,019 \pm 0,047$

Los lípidos de la harina se extrajeron con etanol absoluto y se obtuvo el $21,67 \pm 0,77$ % con respecto a los sólidos totales de la harina, la extracción de los lípidos no solo evita la oxidación de la harina cuando esta es sometida a altas temperaturas, sino también a la acción del aire en el proceso de secado convectivo. La pasta de "tarwi" se caracteriza por tener ácidos grasos insaturados tales como: ácido oleico de 35,1 % a 54,6 %, ácido linoleico de 22,3 % a 43,9 y ácido linolénico de 2,1 % a 2,7 % (Lara, 2003).

Después de la deslipidación de la harina de "tarwi" fue sometida a lixiviación con agua destilada para eliminar restos de etanol, almidón soluble y glucosa para evitar reacciones de pardeamiento en la

etapa de secado. Las temperaturas de bulbo seco (TBS) y bulbo húmedo (TBH) como parámetros para obtener las propiedades del aire se determinaron con un termómetro de mercurio descubierto y embebido respectivamente. Durante el proceso de secado convectivo se determinó las propiedades termodinámicas del aire con la carta psicrométrica (tabla 3). A la vez, la humedad específica del aire y humedad relativa a 3200 m de altitud se determinaron mediante cálculos matemáticos corregidos.

La Figura 1 muestra la variación del contenido de la humedad de pasta de "tarwi" desamargada, desgrasada y lixiviada en función del tiempo de secado, para las seis temperaturas del aire utilizado (35, 45, 55, 65, 75 y 85°C). Se observa que las curvas de secado varían con la temperatura del aire y que el empleo de temperaturas más elevadas reduce significativamente el tiempo para llegar a la estabilidad másica. Durante las primeras 2.5 horas de secado se observa una línea con pendiente casi constante y que aumenta con el incremento de la temperatura; ello explica que la transferencia de masa (agua) es permanente desde el interior de la pasta al medio externo.

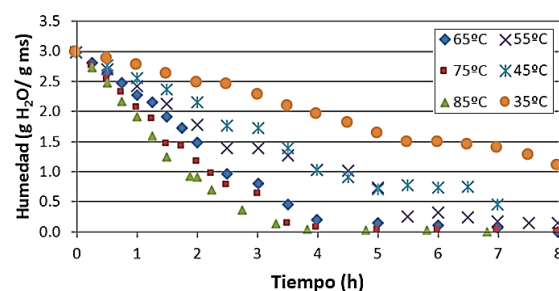


Figura 1. Cinética de secado de pasta desgrasada de semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla a diferentes tiempos y temperaturas.

Tabla 3. Propiedades termodinámicas del aire de secado en Huamachuco - Región La Libertad a 3200 m de altitud

Temperatura (°C)		Humedad específica kg H ₂ O/kg aire seco	Humedad relativa HR (%)	Tiempo periodo constante (h)	Velocidad Constante (R) g H ₂ O/m ² .h	Humedad crítica g H ₂ O/g ms
TBS	TBH					
35	20	0,01571	29,92	5,5	344,27	1,491
45	23	0,01760	19,60	4,7	613,99	1,024
55	27	0,02255	15,17	4,5	750,52	1,023
65	29	0,02345	9,92	2,5	1015,16	0,961
75	32	0,02822	7,68	2,3	1306,25	0,959
85	34	0,03046	5,51	1,9	1537,23	0,922

TBS: Temperatura de bulbo seco (°C); TBH: Temperatura de bulbo húmedo (°C)

El proceso de secado convectivo se caracterizó por presentar dos periodos. Uno considerado periodo constante y el otro decreciente. El periodo constante en el intervalo de temperaturas de 35 °C a 85 °C implicó un tiempo de 5,5 h y 1,9 h respectivamente, cabe destacar que al aumentar la temperatura de secado el tiempo disminuye (figura 1). Para determinar el valor del contenido de humedad crítica los dos periodos de secado observados han sido ajustados a líneas rectas para cada valor de temperatura. Estos contenidos de humedad crítica, al final del periodo de velocidad de secado constante, se ha observado que varían relativamente poco, sus valores están en el intervalo de 0,92-1,49 g H₂O/g ms (figura 2).

En el periodo de secado constante se elimina el agua libre del alimento, el cual varía según su historia previa. En cambio, el agua ligada es una constante de cada estructura que depende de su naturaleza y granulometría, es decir está en función directa de la cantidad de cargas eléctricas superficiales (Brennan, 2006).

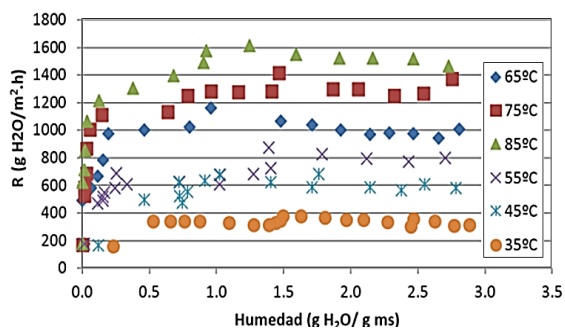


Figura 2. Velocidad de secado vs humedad de pasta desgrasada de semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla a diferentes temperaturas.

Según Geankoplis (1998), los materiales fibrosos como los vegetales, se contraen al eliminar agua, generando en su superficie una corteza impermeable a la transferencia de agua, lo que conlleva a un descenso en la velocidad de secado. Esta corteza se forma de azúcares y sales, los cuales son arrastrados a la superficie por el vapor de agua, así las sustancias solubles que forman la corteza impiden el secado debido al descenso de la difusividad del agua (Brennan, 2006; McCabe et al., 1991). Asimismo, si el secado se realiza a temperaturas altas se forma en la super-

ficie una capa de células contraídas que se adhieren unas a otras formando un sello (Panyawong y Devahastin, 2007). Este fenómeno, denominado endurecimiento superficial, constituye una barrera a la migración del agua (De Michelis et al., 2008).

En el trabajo experimental se determinó la "velocidad crítica de secado" a periodo constante, considerando la cantidad de agua eliminada del material biológico por unidad de área en un intervalo de tiempo. Para la temperatura de secado de 35 °C se obtuvo una velocidad crítica de secado de 344,27 g H₂O/m².h y a 85 °C de 1537,23 g H₂O/m².h. A temperaturas menores se establecen velocidades críticas de secado bajas en comparación con las mayores. En el momento que se ha eliminado el agua libre o intersticial, ese punto se llama "punto crítico" o "humedad crítica", que para el trabajo experimental fue de 1,491 g H₂O/g ms a 35 °C y 0,922 g H₂O/g ms a 85 °C.

A partir del "punto crítico" (figura 2) desciende la cantidad de agua evaporada por unidad de tiempo y se inicia la evaporación del agua ligada a la superficie de las partículas de la muestra mediante fuerzas electrostáticas. Este proceso de evaporación se hace más difícil cuanto más cerca están las moléculas de agua a la superficie de los sólidos que constituyen la pasta (valor de monocapa); de esta forma, la velocidad de secado se reduce a medida que se incrementa el tiempo. En el presente trabajo no se observa una etapa decreciente diferenciada, predomina más la etapa constante. En este aspecto, la velocidad de secado después del punto crítico no constituye un comportamiento homogéneo para todos los productos alimentarios. Así, Bimbinet et al. (1984) observaron que durante el secado de diversos productos biológicos como sorgo, arroz, papa, zanahoria, nabo, aceituna y achiote predomina el período de velocidad decreciente el cual está descrito principalmente por la difusión de la humedad dentro del producto.

Al final del proceso de secado se midió el color de la harina en la escala L*a*b* como variación (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) referido a la harina desgrasada. La luminosidad o brillo (L^*), permite clasificar el color de la harina como claro u oscuro equivalente a

la producida por algún elemento de la escala de grises que va desde el blanco de máxima luminosidad igual a 100 hasta el negro, mínima luminosidad igual a 0 (Sancho et al., 1999). En la tabla 4 se observa que el parámetro de luminosidad (ΔL) disminuye a medida que aumenta la temperatura de secado indicando que la harina cambia de clara a oscura. Este cambio de color se debería a la producción de melanoidinas por efecto de la reacción de Maillard que implica la unión de un azúcar reductor (cetosa o aldosa) con un grupo amino libre proveniente de las proteínas.

Las muestras de harina de "tarwi" secadas en el intervalo de 35 °C a 85 °C presentaron tonos amarillo claro, presentando valores positivos de **b** comprendidos entre 16,1 y 10,2; sin embargo, disminuye cuando la temperatura de secado aumenta. Asimismo, se obtuvieron valores de **a** positivos con tendencia a disminuir con el aumento de temperatura con valores en el intervalo de 7,8 y 3,1 por lo que se encontraron dentro de la zona de los tonos rojizos.

La cromaticidad (C^*) es producto de las combinaciones de las coordenadas a^* y b^* [$C^* = (\alpha^{*2} + b^{*2})^{0,5}$] y representa la fuerza del color o la intensidad. En el presente estudio, este parámetro tiene el mismo comportamiento que la luminosidad, disminuye con la intensidad del tratamiento de secado; pero son mayores al de la harina desgrasada ($10,32 \pm 0,46$).

La pasta de "tarwi" contiene proteínas y carbohidratos que podrían contribuir en la tonalidad del color de la pasta a consecuencia de la reacción de Maillard. Otro de los parámetros cuantificados en la

pasta de "tarwi" desgrasada fue la presencia de azúcares reductores determinados por el método volumétrico de Lan-Eynon (expresado como glucosa equivalente) y que proporcionó valores entre 0,5 – 0,8 % en peso.

CONCLUSIONES

Durante el proceso de secado en la pasta desgrasada de semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla "tarwi" se evidencian mayores tasas de velocidad de secado al aumentar la temperatura del aire, en correspondencia con menores tiempos del proceso.

La humedad crítica de secado para el intervalo de temperatura experimental de 35 °C a 85 °C en la ciudad de Huamachuco a 3200 m de altitud fue de 1,491 a 0,922 g H₂O/g ms respectivamente. Por otro lado, la velocidad crítica de secado en el mismo intervalo de temperaturas fue de 344 a 1537 g H₂O/m²h.

Al aumentar la temperatura de secado, el color de la harina se oscurece debido a un descenso de los valores de luminosidad (ΔL^*) y cromaticidad (C^*). Se podría considerar la temperatura óptima de secado está en el intervalo de 35 °C a 45 °C, temperaturas superiores a 45 °C tienden a incrementar el pardeamiento.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación fue financiada por CIENCIACTIVA mediante el convenio N° 007-2014-FONDECYT.

Tabla 4. Variación de los valores $L^*a^*b^*$ y cromaticidad de la harina desgrasada y lixiviada de las semillas de *Lupinus mutabilis* variedad criolla

Temperatura (°C)	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	*C
35	-28,43 ± 3,93	5,70 ± 1,62	5,43 ± 1,01	17,40 ± 0,91
45	-30,73 ± 2,37	4,70 ± 1,84	5,00 ± 1,06	17,57 ± 0,84
55	-30,53 ± 1,52	4,60 ± 1,48	4,13 ± 1,02	16,73 ± 0,52
65	-32,10 ± 1,93	4,76 ± 1,78	2,03 ± 0,94	14,19 ± 0,97
75	-35,03 ± 2,04	3,16 ± 1,03	-0,48 ± 0,62	11,24 ± 1,08
85	-36,63 ± 2,63	1,56 ± 1,16	-1,20 ± 0,41	10,67 ± 0,98

*C, cromaticidad

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition, U.S.A
- Barca, A.; Ruiz, R.; Jara, M. 2000. Enzymatic Hydrolysis and Synthesis of Soy Protein to Improve its Amino Acid Composition and Functional Properties. *Journal of Food Science*; 65(2):246–253.
- Bimbinet, J.; Daudin, J.; Wolff, E. 1984. Air drying kinetics of biological particles. Proceedings Fourth Intern. Drying Symp, Kyoto, Japan.
- Brasileiro, I. 1999. Cinética de secagem de acerola "in natura" em monocamada. Campina Grande. 80 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba - UFPB.
- Brennan, J. 2006. Food processing handbook. Wiley-VCH, Weinheim, Germany.
- Caiza, J. 2011. Obtención de hidrolizado de proteína de chocho (*Lupinus mutabilis*) a partir de harina integral (Doctoral dissertation, QUITO/EPN). Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4387>
- Corporación De Racionalización y Consultoría S.A. 1983. Estudio de factibilidad del proyecto de industrialización del plátano. Tomo I. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú
- De Michelis, A.; Pirone, B.; Vullioud, M.; Ochoa, M.; Kessler, A.; Márquez, C. 2008. Cambios de volumen, área superficial y factor de forma de Heywood durante la deshidratación de cerezas (*Prunus avium*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 28(2):317-321.
- Geankoplis, C. 1998. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Editorial CECSA, 3 ed. México, D.F.
- Giraldo, A.; Arévalo, A.; Ferreira, A.; Ferreira, P.; Valdes, J.; Pavlak, M. 2010. Datos Experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) en rodajas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 30(1): 179-182.
- Güemes, N.; Arciniega, R.; Dávila, O. 2004. Structural analysis of the *Lupinus mutabilis* seed, its flour, concentrate, and isolate as well as their behavior when mixed with wheat flour. *LWT - Food Science and Technology*; 37(3):283–290.
- Igbeka, J. 1977. Moisture Movemet And Equilibria In the dehydration of cassava and white potato, cita bibliográfica de Dissertation-Abstracts-International, B, 37(8): 4064.
- Kou, X.; Gao J, Xue, Z.; Zhang, Z.; Wang, H.; Wang, X. 2013. Purification and identification of antioxidant peptides from chickpea (*Cicer arietinum* L.) albumin hydrolysates. *LWT - Food Science and Technology*; 50(2): 591–598.
- Lara, A. 2003. Estudio de Alternativas Tecnológicas para el Desamargado de Chocho (*Lupinus mutabilis* sweet). Tesis de Doctorado en Química. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Químicas.
- McCabe, W.; Smith, J.; Harriott, P. 1991. Operaciones unitarias en ingeniería química. 4 ed. McGraw-Hill, Madrid.
- Ortega, E.; Rodríguez, A.; Zamora, Á. 2010. Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta Agronómica*. 59(1): 111-118.
- Palacios, V.; Emetrio, S.; Espinoza, C.; Herrera, M.; Huamancaja, C. 2004. Obtención de alcohol a partir de la malta de *Lupinus mutabilis* ("tarwi"). Universidad Nacional del Centro del Perú. Junín-Perú.
- Panyawong, S; Devahastin, S. 2007. Determination of deformation of a food product undergoing different drying methods and conditions via evolution of ashape factor. *Journal of Food Engineering* 78(1):151-161.
- Park, K.; Yado, M.; Brod, F. 2001. Estudio de secagem de péra barlett (*Pyrus* sp.) em fatias. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 21(3): 288-292.
- Rizvi, S.; Mittal, G. 1992. Experimental methods in food engineering. Van Nostrand, Rinhol, New York.
- Sancho, J.; Bota, E.; De Castro, J. 1999. Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos. Primera edición, Universidad de Barcelona, España.
- Singh, R.; Heldman, D. 1993. Introducción a la Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza.
- Suzuki, K.; Ihara, K.; Kubota, K.; Hosaka, H. 1977. Heat transfer coefficient of the constant rate period in drying of agar gel, carrot and sweet potato. *Nippon Shokihin Kogyo Gokkaishi* 24: 387-393.
- Urrutia, G. 2010. Determinación de parámetros óptimos de extracción alcalina para la obtención de Aislado proteico a partir de "tarwi" (*Lupinus mutabilis*). Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú.
- Vinicio, M. 2010. Extracción, Refinación y Caracterización Físico-Química y Nutracéutica del Aceite de Chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) [tesis]. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias.
- Witas, R. 1972. Optimum conditions for determining 2-thiobarbituric acid method using alkaline hydrolysis- Rocz. Technol. Chem. Zywn. 22: 271-278.