

Influencia de las condiciones de secado solar en la coloración de plantas medicinales

Influence of solar drying conditions on the coloring of medicinal plants

CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita^{1†*}, CASTILLO-TÉLLEZ, Beatriz², OVANDO-SIERRA, Juan Carlos¹ y HERNÁNDEZ-CRUZ, Luz María¹

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Campeche, Campus V, predio s/n por Av Humberto Lanz Cárdenas y Unidad Habitacional Ecológica ambiental, Col. Ex Hacienda Kalá, C.P. 24085, San Francisco de Campeche, Campeche, México.

²Centro Universitario del Norte, Universidad de Guadalajara. Km. 191, México 45D No. 23, 46200 Jal.

ID 1^{er} Autor: Margarita, Castillo-Téllez / ORC ID: 0000-0001-9639-1736, Researcher ID Thomson: S-2283-2018, CVU CONACYT ID: 210428

ID 1^{er} Coautor: Beatriz, Castillo-Téllez / ORC ID: 0000-0003-3747-6320, Researcher ID Thomson: S-2264-2018, CVU CONACYT ID: 210564

ID 2^{do} Coautor: Juan Carlos, Ovando-Sierra / ORC ID: 0000-0001-9639-1736, Researcher ID Thomson: S-2283-2018, CVU CONACYT ID: 662220

ID 3^{er} Coautor: Luz María, Hernández-Cruz / ORC ID: 0000-0003-4358-6657, Researcher ID Thomson: S-2357-2018, CVU CONACYT ID: 358434

DOI: 10.35429/JRE.2019.9.3.28.34

Recibido 09 de Abril, 2019; Aceptado 30 Mayo, 2019

Resumen

Desde hace milenios, los seres humanos han utilizado cientos de plantas medicinales para tratar enfermedades. Actualmente se conocen muchas especies con características importantes para aliviar muy diversos problemas de salud, principalmente en las áreas rurales, donde la utilización de estos recursos es muy elevada, incluso llega a sustituir casi de manera completa a la medicina científica. En este trabajo se presenta la deshidratación de plantas medicinales que se cultivan en el Estado de Campeche mediante tecnologías solares directas e indirectas con el fin de evaluar la influencia del flujo de aire y temperatura en el color del producto final mediante la escala $L^*a^*b^*$, analizándose durante el proceso de secado la actividad de agua y humedad. Los resultados experimentales mostraron que el secador solar directo con convección forzada presenta un cambio poco significativo de color en un tiempo de secado de 400 min en promedio, garantizando la nula proliferación bacteriana y alcanzando una humedad final entre 9 % y 11 %.

Convección natural y forzada, Colorimetría, Cinéticas de secado

Abstract

For millennia, humans have used hundreds of medicinal plants to treat diseases. Currently, many species with important characteristics are known to alleviate a wide range of health problems, mainly in rural areas, where the use of these resources is very high, even replacing scientific medicine almost completely. This paper presents the dehydration of medicinal plants that are grown in the State of Campeche through direct and indirect solar technologies in order to evaluate the influence of air flow and temperature on the color of the final product through the $L^* a^* b^*$ scale, analyzing the activity of water and humidity during the drying process. The experimental results showed that the direct solar dryer with forced convection presents a little significant color change in a drying time of 400 min on average, guaranteeing the null bacterial proliferation and reaching a final humidity between 9 % and 11 %.

Natural and forced convection, Colorimetry, Drying kinetics

Citación: CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita, CASTILLO-TÉLLEZ, Beatriz, OVANDO-SIERRA, Juan Carlos y HERNÁNDEZ-CRUZ, Luz María. Influencia de las condiciones de secado solar en la coloración de plantas medicinales. Revista de Energías Renovables 2019. 3-9: 28-34

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mcastill@uacam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La literatura reporta un aproximado de 500,000 especies vegetales en el mundo, de los cuales un porcentaje mayor al 10% se usa con fines medicinales (Wayzel y Martínez, 2007). Campeche tiene una gran influencia histórica maya e hispánica. La medicina tradicional se practica desde la época prehispánica, aunque ahora es impactada por la modernización y la globalización (Can Ortíz, *et. al.*, 2016). Los mayas prehispánicos y sus descendientes conocían el uso de ciertas hierbas con fines terapéuticos; conocimiento que, con algunas variantes, se ha transmitido y ha persistido en la actualidad (Rodríguez, 2017).

El Pasto limón (*Cymbopogon citratus*), es una planta herbácea, perenne, aromática y robusta. Se cultiva en países de clima subtropical a cálido, entre sus principales propiedades medicinales se encuentra que sirve, como antiinflamatorio y antioxidante, se utiliza en casos de cáncer y para combatir la artritis entre otras propiedades (Larduani, *et al.* 2019). La hierbabuena (*Mentha sativa L.*), reúne características culinarias y agronómicas. Entre sus principales beneficios se puede mencionar que combate los gérmenes que producen los malos olores en la cavidad bucal, minimiza los síntomas del intestino irritable, inflamación a nivel gástrico, exceso de gases y es antioxidante, entre otras propiedades. (Alonso, *et al.* 2015). La hoja de guanábana (*Annona muricata*), tiene un tamaño de 6.25 cm a 20 cm de largo y de 2.5 cm a 6.25 cm de ancho. Entre sus múltiples beneficios se encuentran algunos que destacan por ser de gran ayuda a combatir enfermedades de alta especialidad como son sus elementos anticancerígenos, es antiinflamatorio, antidiabético, antiulceroso y contiene antioxidantes que actúan para la protección contra los efectos de deterioro. (Madrilejos, 2016).

Secado solar de plantas medicinales

El secado consiste en la extracción del agua en de productos alimenticios. Para cada hierba existen valores preestablecidos de contenido de agua exigidos para su comercialización en seco, los cuales varían entre un 9 % y 11 % (Fundación Chile, Proyecto FDI). El proceso de secado solar de plantas depende de las condiciones ambientales que rodean al producto: temperatura, humedad relativa y velocidad del aire.

El correcto deshidratado del producto permite evitar la proliferación de microorganismos, evitar cambios de color y ennegrecimiento, lograr un producto homogéneo, de buen color y la conservación de esencias y sustancias antioxidantes (Banchero, *et. al.*, 2008).

La colorimetría es un método físico no destructivo muy utilizado para determinar el color de una muestra.

El sistema de color CIELab se utiliza ampliamente para la determinación de colores en alimentos.

Este sistema utiliza los valores L*, a* y b* los cuales describen un espacio tridimensional uniforme de color, donde L es el eje vertical a y b son los ejes horizontales (Carreño, 1995).

En la bibliografía internacional, no se encontraron estudios contundentes de colorimetría de plantas medicinales; existe un estudio en el que se analiza el parámetro h* de la planta *Salvia officinalis*, el autor considera que es el el mejor parámetro para representar la calidad en términos de color de secado, concluyendo que 3 h de secado a 55 °C son suficiente para evitar cambios de color (Müller, *et. al.*, 2006).

En el presente trabajo se presentan, en el Estudio experimental, los materiales utilizados y el método de trabajo llevados a cabo para la deshidratación de las hojas de tres plantas medicinales, instrumentación de los secadores solares y aparatos de medición utilizados.

En los Resultados experimentales y discusión, se describe el comportamiento de los principales parámetros climatológicos que influyen en la deshidratación tomando como ejemplo un día soleado durante los días de prueba; se presenta también el estudio de las cinéticas de secado y contenido de humedad obtenidas en un secador directo tipo gabinete con y sin convección forzada y finalmente se realiza un estudio que correlaciona el secado final de cada planta con los principales parámetros colorimétricos ya que debido a que muchas especies de plantas medicinales se utilizan como té, el color es una cualidad esencial (Muller, *et. al.*, 2006).

Estudio Experimental

Se presenta el estudio experimental del proceso de secado de diferentes plantas medicinales, específicamente se analiza el pasto limón (*Cymbopogon*), hoja de guanábana (*Annona muricata*) y hojas de hierbabuena (*Mentha spicata*), se seleccionaron estas tres especies para este artículo por ser las que se encuentran entre las que más se consumen entre la población, incluso con unos mínimos cuidados, germinan sin dificultad.

Debido a que uno de los objetivos principales es realizar estudios de colorimetría a las hojas deshidratadas mediante tecnologías solares, la experimentación se realizó en un secador solar tipo gabinete debido a que la radiación directa es el factor principal que afecta la coloración de las hojas, y en un secador convencional con calentamiento eléctrico no convectivo a temperatura a 55 °C, por ser la temperatura óptima de secado en hojas (Castillo, et. al., 2018).

Materiales y Métodos

Se seleccionaron las hojas maduras de las plantas medicinales bajo estudio, cultivadas en la ciudad de Campeche, Campeche. Se cortaron las ramas, se separaron las hojas y se seleccionaron para obtener un grupo homogéneo, basado en la madurez, color y frescura. Se lavaron y pesaron, se midió el ancho, largo y espesor. En cada secador se registró la temperatura interior, el peso y tamaño de las muestras, así como la irradiancia solar, la humedad relativa y la temperatura ambiente.

Secador eléctrico no convectivo

Para la obtención de la cinética de secado, se utilizó un horno eléctrico marca Riossa sin convección de aire. Se registró la pérdida de peso mediante un software y se variaron las temperaturas de secado.

Secador solar directo tipo gabinete

Se empleó un secador solar de tipo directo construido en material plástico transparente con una superficie de tratamiento de 0.5 m². La cámara contiene una charola absorbidora de la radiación solar en donde se coloca el producto.

Cuenta con perforaciones en las partes laterales, fondo y trasera, para permitir la circulación y extracción del aire húmedo caliente. La superficie frontal tiene una pendiente de 20° para aprovechar la radiación solar incidente y permitir en su caso la condensación y escurrimiento del agua. Puede operar en convección natural o forzada, mediante un ventilador colocado en la parte trasera, de una potencia de 20 W, y permite una velocidad del aire máxima de 2 ms⁻¹. En este trabajo se utilizaron dos secadores solares, uno operando a convección natural y otro a convección forzada. La figura 1 muestra los secadores solares directos tipo gabinete que se utilizaron durante el periodo de prueba.



Figura 1 Secador solar directo tipo gabinete

Fuente: Elaboración propia

Instrumentación

El peso de las muestras se midió utilizando una balanza Boeco, modelo BPS40plus, con una precisión de ± 0.001 g. La temperatura y la humedad dentro de las cámaras de secado se midieron usando un termo higrómetro marca Brannan con una precisión de temperatura y humedad relativa de ± 1 °C y ± 3 %, respectivamente.

Para la determinación de la humedad se utilizaron dos balanzas con analizador de humedad, marca, Ohaus MB45, respectivamente, con una precisión de ± 0.01 % mg, se cortaron las hojas de las ramas y se colocó una muestra de aproximadamente 1.0 g y se procedió a su deshidratación, obteniéndose el valor de la humedad. Este procedimiento se realizó antes y después de realizar las diferentes cinéticas de secado.

Se determinó la actividad de agua para la hoja fresca y posteriormente para la hoja seca. La actividad de agua es un parámetro que determina la estabilidad de los alimentos con respecto a la humedad ambiental.

Se utilizó un equipo marca Rotronic Hygropalm de tipo portátil, con una precisión de ± 0.01 % mg.

Para realizar las pruebas de medición de color en muestras frescas y deshidratadas se utilizó un colorímetro digital marca Huanu, modelo SC-10, repetibilidad $\leq 0.03 \Delta E^*$ ab.

Durante el período de pruebas se registraron los parámetros climatológicos en la estación meteorológica ubicada en la Facultad de Ingeniería de la UAC. Las características (datos del fabricante) son los mostrados en la Tabla 1:

Variable	Descripción	Modelo	Error Máximo
Radiación global	Piranómetro marca LI-COR	LI-200R	Azimet: $< \pm 1\%$ sobre 360° a 45° de elevación
Humedad relativa	NRG Systems	RH-5X	$\pm 3\%$
Temperatura ambiente	NRG Systems	110S	$\pm 1.1^\circ\text{C}$
Dirección del viento	NRG Systems	Series #200P	$\pm 3^\circ$
Anemómetro	Windsensor	P2546C-OPR	± 0.3 m/s

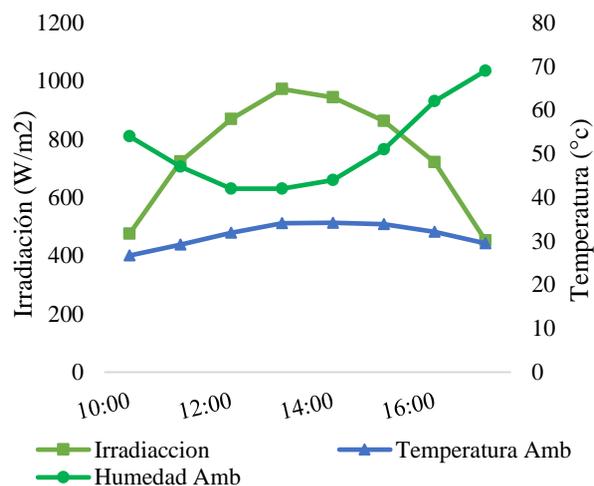
Tabla 1 Características y descripción de los instrumentos de medición de la estación meteorológica

Fuente: Elaboración propia con datos del proveedor.

Resultados experimentales y discusión

El estudio experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Secado Solar de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche. El período de pruebas fue del 1 marzo al 30 de junio del 2018.

En la Gráfica 1, se presenta el comportamiento de los parámetros climatológicos, se toma como referencia un día soleado de prueba, en este caso, se consideró el 23 de marzo. Como puede observarse, la irradiancia global máxima alcanzada fue de 972 W/m^2 , siendo el intervalo de los valores máximos promedio entre 868.7 W/m^2 y 943.5 W/m^2 . La temperatura ambiente máxima medida fue 34.2°C , el intervalo de valores máximos osciló entre y 34°C , siendo el promedio 33.9°C . Por otro lado, el valor mínimo que alcanzó la humedad relativa fue 42% , el promedio mínimo en los días de prueba osciló entre 44% y 47% .



Gráfica 1 Irradiancia solar global, temperatura ambiente y humedad relativa el día 4 de abril del 2017

Fuente: Elaboración propia

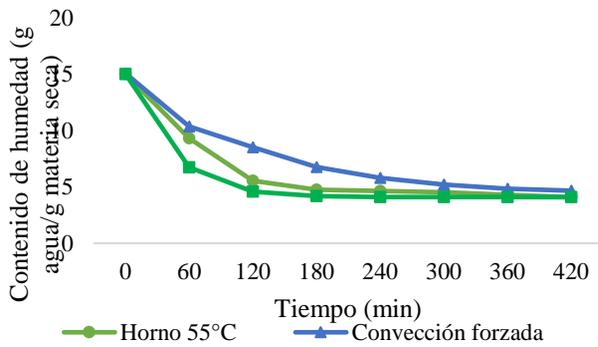
Cinéticas de secado

Se llevaron a cabo las pruebas de deshidratación de las hojas de las plantas medicinales obteniéndose las cinéticas de secado a temperaturas controladas de 55°C y en un secador solar tipo gabinete con convección natural y convección forzada, se realizaron tres experimentos en cada caso, empezando las cinéticas con 15 g de hojas frescas (Tomazini, *et al.*, 2016). En la Tabla 2, se presentan las humedades y actividad del agua iniciales y finales promedio de las hojas frescas y secas. Las humedades iniciales y finales presentaron valores dentro de los rangos reportados en la literatura como normales. Los valores finales de la a_w indican que no hay posibilidad de crecimiento microbiano en el producto deshidratado obtenido.

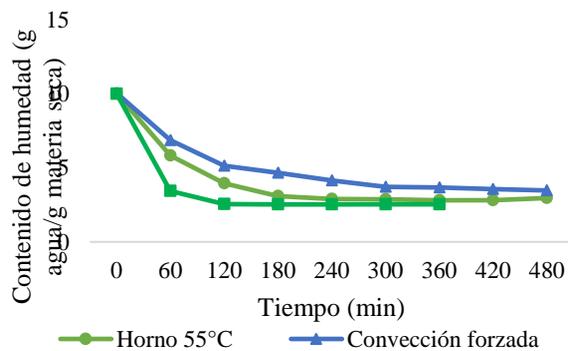
Convección Natural				
Planta medicinal	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)	A_w inicial	A_w final
Pasto limón	73.63	8.64	0.99	0.33
Hierbabuena	79.58	8.73	0.96	0.43
Guanábana	68.2	10.49	0.98	0.49
Convección Forzada				
Planta medicinal	Humedad inicial	Humedad final (%)	A_w inicial	A_w final
Pasto limón	73.63	9.54	0.99	0.42
Hierbabuena	79.58	11.02	0.96	0.4
Guanábana	68.18	10.43	0.98	0.44
Horno a 55°C				
Planta medicinal	Humedad inicial	Humedad final (%)	A_w inicial	A_w final
Pasto limón	73.632	8.27	0.99	0.46
Hierbabuena	79.581	11.11	0.96	0.4
Guanábana	68.177	10.03	0.98	0.42

Tabla 2 Humedades (%) y actividad del agua (a_w) para las tres temperaturas seleccionadas

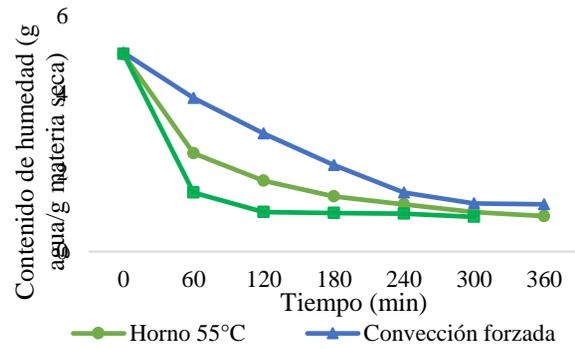
En las Gráficas 2, 3 y 4 se presenta el contenido de humedad en función del tiempo de las hojas bajo estudio; como se puede observar, en todos los casos la cinética de secado fue más rápida con convección natural, los tiempos de secado para cada planta medicinal con este modo de operación fueron tanto para la guanábana como para el pasto limón, 250 min; en el caso de la hierbabuena se redujo a 200 min. De igual forma, el comportamiento en horno fue muy similar en las tres plantas: la cinética en la hierbabuena y en el pasto limón fue muy cercana a la convección natural, en ambos casos se estabilizó en 300 min y la guanábana en 350 min, finalmente en el caso del secador con convección forzada fue más lenta en todos los casos, sin embargo resulta muy importante notar que al final, al estabilizarse el contenido de humedad, no fue muy diferente el tiempo de secado al resto de los modos de operación, la hierbabuena y el pasto limón se terminaron de secar en 400 min y las hojas de guanábana en 450 min.



Gráfica 2 Variación del contenido de humedad respecto al tiempo de secado en condiciones controladas a 55 °C y secadores solares con convección natural y convección forzada del pasto limón



Gráfica 3 Variación del contenido de humedad respecto al tiempo de secado en condiciones controladas a 55 °C y secadores solares con convección natural y convección forzada de la hoja de guanábana



Gráfica 4 Variación del contenido de humedad respecto al tiempo de secado en condiciones controladas a 55 °C y secadores solares con convección natural y convección forzada de hierbabuena

Estudio de colorimetría

Se presenta en las figuras 2, 3 y 4 a manera de resumen, los resultados obtenidos en las coordenadas L*, a* y b* en los diferentes modos de operación de los secadores solares y en horno a 55°C.

Hoja de guanábana	Modo de operación	Medición de color en fresco		Medición de color en seco		Color en seco	Muestra seca
	Convección natural	L*	37.02	L*	34.7		
		a*	-5.24	a*	3.95		
		b*	16.81	b*	13.31		
	Convección forzada	L*	37.02	L*	37.74		
		a*	-5.24	a*	0.93		
		b*	16.81	b*	17.44		
	Horno a 55°	L*	37.02	L*	50.01		
		a*	-5.24	a*	2.47		
		b*	16.81	b*	13.64		

Figura 2 Resultados del estudio de colorimetría obtenidos en la hoja de guanábana

Hoja de hierbabuena	Tecnología solar	Medición de color en fresco		Medición de color en seco		Color	Muestra seca
	Convección natural	L*	39.78	L*	30.02		
		a*	-5.54	a*	6.90		
		b*	20.83	b*	12.91		
	Convección forzada	L*	39.78	L*	40.64		
		a*	-5.54	a*	-1.31		
		b*	20.83	b*	14.44		
	Horno a 55°	L*	39.78	L*	41.51		
		a*	-5.54	a*	1.46		
		b*	20.83	b*	22.26		

Figura 3 Resultados del estudio de colorimetría obtenidos en la hoja de hierbabuena

Hoja de Pasto limón	Tecnología solar	Medición de color en fresco		Medición de color en seco		Color	Foto
		L*	a*	L*	a*		
 	Convección natural	L*	50.2	L*	44		
		a*	-7.87	a*	-2.62		
		b*	21.88	b*	11.12		
	Convección forzada	L*	50.2	L*	46.71		
		a*	-7.87	a*	-2.88		
		b*	21.88	b*	10.09		
	Horno a 55°	L*	50.2	L*	41.27		
		a*	-7.87	a*	1.85		
		b*	21.88	b*	13.14		

Figura 4 Resultados del estudio de colorimetría obtenidos en la hoja de hierbabuena

En las tablas 3, 4 y 5 se puede observar que en el caso del modo de operación con convección natural

Los tres parámetros medidos son: luminosidad (L), enrojecimiento (a) y amarillez (b). El valor de L varía de 100 (para blanco perfecto) a 0 (para negro) (Doymaz, 2002), entonces, la diferencia en la claridad es analizada mediante ΔL y la desviación del punto acromático rojo-verde es Δa , mientras que la desviación de amarillo-azul es Δb ; finalmente, el cambio total de color es ΔE .

Los resultados obtenidos indican que en el caso del secador que funcionó con convección natural mostró un incremento importante de a^* , lo cual revela una tendencia hacia los colores rojizos y por lo tanto, disminución del color verde; la luminosidad disminuyó en las tres plantas de forma muy similar. Fue muy notable la conservación del color verde tanto en convección forzada como en el horno a 55 °C, en comparación con convección natural. En lo que respecta a b^* , en los tres casos disminuyó este valor, esto indica una tendencia hacia los colores grises. La Tabla 3 indica los valores de ΔE , en función del tiempo final de secado.

Modo de operación	Hoja de guanábana		Hoja de pasto limón		Hoja de hierbabuena	
	ΔE	Tiempo de secado	ΔE	Tiempo de secado	ΔE	Tiempo de secado
CN	16	250	15	250	18	200
CF	7	450	13	400	8	400
Horno 55	14	350	14	300	7	300

Tabla 3 Variación de color ΔE en función del tiempo de secado, considerando los tres modos de operación del secado de las plantas medicinales estudiadas

Como puede observarse en la gráfica 3, se observa que el mayor cambio de color se presenta en la hoja de hierbabuena, con convección natural, esto debe ser porque esta hoja es muy delgada y pequeña, por lo tanto la exposición directa al sol degrada su coloración con mayor facilidad que al resto de plantas, en contraste con el horno y convección forzada que presentaron cambios de color muy similares en esta hoja; por otro lado, el horno presenta mayor cambio de color tanto en la hoja de guanábana como en el pasto limón comparado con la convección forzada.

Conclusiones

La cinética de secado fue más rápida con convección natural, los tiempos de secado para cada planta medicinal con este modo de operación fueron tanto para la guanábana como para el pasto limón, 250 min; en el caso de la hierbabuena se redujo a 200 min, pero se presentó en todos los casos analizados un incremento del parámetro a^* , lo cual indica un acercamiento a los colores rojizos en este modo de operación. En horno fue muy similar en las tres plantas: la cinética en la hierbabuena y en el pasto limón se estabilizó en 300 min y la guanábana en 350 min, en el caso del secador con convección forzada la hierbabuena y el pasto limón se terminaron de secar en 400 min y las hojas de guanábana en 450 min, por lo tanto la cinética fue más larga, con una diferencia entre 30 min y 60 min, esta diferencia de tiempo se compensa con la conservación de la coloración, muy semejante al horno. En todos los casos hubo una disminución de L^* , es decir, más acercamiento a los colores opacos, acentuándose en la convección natural.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que en los tres casos analizados se obtuvo un producto deshidratado en el que se garantiza la nula proliferación de microorganismos patógenos además de una humedad final semejante a los productos que se encuentran comúnmente en los mercados, por lo tanto, es factible el secado solar, específicamente utilizando convección forzada puesto que mantiene mejores propiedades de coloración al finalizar el secado, logrando de esta forma un ahorro energético importante para los productores del país, contribuyendo además al cuidado del medio ambiente.

Referencias

Alonso Jorge, Desmarchelier Cristian (2015). Plantas Medicinales Autóctonas de Argentina. Edit. Corpus. 3ª. Ed. Buenos Aires, Argentina.

Can Ortiz Genaro Octavio, Aguilar Cordero Wilian de Jesús, Ruenes Morales Rocío. (2017). Médicos tradicionales mayas y el uso de plantas medicinales, un conocimiento cultural que continúa vigente en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México. Teoría y Praxis 21:67-89.

Castillo Téllez Margarita, Pilatowsky Figueroa Isaac, Castillo Téllez Beatriz, López Vidaña Erick (2016). Solar drying of stevia (Rebaudiana bertonii) leaves using direct and indirect technologies. Solarr energy. 159: 898-907.

De las Mercedes Rodríguez Lizbeth. (2015) Etnobotánica maya: Algunas plantas de uso medicinal en estomatología. Revista ADM 2015; 72 (1): 21-25.

Fundación Chile, Proyecto FDI. Tomado de Bancharo Luján, Carballo Sergio, Telesca Juan, 2008. Manual de secado solar de especies medicinales y aromáticas para predios familiares. Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA, Montevideo – Uruguay

Jiménez Ruiz Aila. Relaciones electroquimioluminiscentes y parámetros CIELab: estudio de la interacción de especies biomédicas en dendrímeros y nanopartículas (2016). Tesis doctoral. Sevilla.

Luardini Maria Arina, Asi Natalina, Garner Mark. (July 2019). Ecolinguistics of ethno-medicinal plants of the Dayak Ngaju community. Language Sciences, 74, 77-84.

Madrilejos Mora Rosa (2016). Efectos de las plantas medicinales en los pacientes afectados de insuficiencia cardíaca. Formación Médica Continuada, 23, 420-429.

MHT, Medicamentos Herbarios Tradicionales. PROTEGE, red de protección social, Gobierno de Chile, Ministerio de Salud.

Waizel Bucay J., Martínez Rico IM. (2007). Plantas empleadas en odontologías. Revista ADM; 64 (5): 173-186