

ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL SECADO DE HOJAS DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.)[#]

Quiroga M., Echazú R.
Irazusta M.I.^{*}, Martín D.^{*},
Busilacchi H.⁺, Di Sapio O.⁺,
Bueno M.⁺, Severín C.⁺

INENCO – Instituto UNSa. – CONICET
Av. Bolivia 5150 – A4408FVY Salta, República Argentina
FAX 54 387 4255489 – e-mail: mirtaqui@gmail.com

Recibido 17/08/14, aceptado 24/09/14

RESUMEN: Las hojas de *Salvia hispanica* L. chía presentan potencial uso medicinal, en perfumería y como saborizante, además de propiedades repelentes de algunos insectos, siendo escasos los estudios sobre secado y conservación de las mismas. En el presente trabajo, se analizan condiciones de secado en laboratorio y en secador solar pasivo, como asimismo se determinan características microscópicas y espectrales de tejido fresco y seco, constituyendo un avance en el conocimiento del material y metodología de estudio a efectos de su aplicación.

Palabras clave: chía, secado solar, morfoanatomía de hoja, reflectancia espectral

INTRODUCCION

La salvia hispánica L. conocida como “salvia española”, “artemisa española”, “chía mejicana”, “chía negra” o simplemente “chía”, es una planta anual originaria de las zonas montañosas del oeste y centro de México, que mide entre 1 y 2 m de altura. Las poblaciones precolombinas de Mesoamérica la empleaban como medicinal y a sus frutos comúnmente denominados “semillas”, como alimento.

Actualmente se cultiva en Australia, Bolivia, Colombia, Guatemala, México, Perú y en Argentina, en las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán y Catamarca. Di Sapio, (2010). En Salta, el año 2013 la superficie cultivada fue de alrededor de 50.000 Has. quintuplicando la del año anterior; en el año 2014, si bien hay diferencias entre las estimaciones de INTA y las del sector privado, la superficie duplicaría la de 2013 alcanzando entre 80 y 100.000 entre el Norte, Este, Sur de Salta y Valle de Lerma Duranti, (2014).

El valor alimenticio y para la salud humana de los frutos de chía hoy es reconocido. Poseen alto contenido en aceites (cercano al 40 %), con uno de los mayores contenidos naturales de los ácidos grasos insaturados alfa linolénico (60-63 %) y linoleico (20 %) fuentes naturales de ácidos grasos omega-6 y omega-3, importantes para la nutrición humana por sus efectos cardioprotectores y reductores del colesterol en sangre, Busilacchi et al, (2013). Posee bajo contenido en sodio, entre un 19 y 23 % de proteínas, mayor éste último al contenido en los cereales tradicionales, el arroz y el maíz, sin gluten por lo que representa un buen alimento apto para celíacos e hipertensos. Se destaca también por su alto contenido de antioxidantes y vitaminas A, B3, B2 y B1, muy buen contenido mineral, principalmente calcio, fósforo, magnesio y potasio. Su contenido de calcio, supera 4 veces el de la leche. Los frutos contienen 5 % de fibra soluble que se observa como mucilago en contacto con el agua, que tiene actividad metabólica como retardar la absorción de glucosa y colesterol en sangre Ayerza & Coates, (2005).

En contraste con otros pseudocereales americanos como el *Amaranthus* (kiwicha) y *Chenopodium* (quinoa), pocos estudios se han realizado sobre *Salvia hispanica* L. a pesar de la gran importancia de esta especie en el período precolombino, en el cual, según estudios etnobotánicos, tenía usos alimenticios, medicinales, culinarios, artísticos y religiosos. Cahill, (2003)

Es muy poco lo que se conoce respecto a la composición de las hojas y sus usos potenciales. La familia de las Lamiáceas, a la cual pertenece la chía y el género *Salvia* en particular, es el más numeroso y conocido a través del mundo por los aceites esenciales producidos por su follaje usados como saborizantes, aromatizantes y medicinales con propiedades digestivas, protectoras hepáticas, antitusivos y dermatológicas Barboza et al, (2006).

En análisis químicos de hojas de chía se han identificado 42 componentes en variadas concentraciones, que varían según la ubicación geográfica y las condiciones climáticas. En la chía proveniente de Texas – EEUU predomina el β caryophylleno mientras que la del noroeste argentino contiene principalmente globulol, en segundo lugar β caryophylleno y en cantidades menores γ muuroleno, β pineno entre otros, atribuyéndose la variación en la composición a la latitud y condiciones ambientales. Los aceites esenciales de hojas de chía son de interés por su potencial valor saborizante y fragancia para perfumería y porque el follaje parece repeler a la mosca blanca y otras plagas de insectos. Ahmed, (1994).

Resulta de particular importancia estudiar las hojas provenientes de cultivos locales, sus características y condiciones particulares.

[#] Parcialmente financiado por el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta.

^{*} LANAVE - Laboratorio de Anatomía Vegetal UNSa.

⁺ Universidad Nacional de Rosario.

Las Lamiaceas en general incluyendo a la chía presentan en sus órganos pelos glandulares que contienen aceites esenciales aromáticos, sustancias responsables de una gran parte de las propiedades medicinales y aromáticas de las plantas. Un análisis que puede aportar información respecto a la calidad del secado en hojas, es el grado de integridad y conservación de los tejidos secos en comparación con los de la planta fresca, particularmente de aquellos responsables de la formación y conservación de sustancias importantes para el fin que se destina. Un material deshidratado en condiciones adecuadas sin una manipulación excesiva, tenderá a conservar la integridad de sus estructuras.

Una observación macroscópica podrá arrojar información relacionada con el color, un factor importante en el material vegetal y el grado de ruptura que tuvo durante el proceso; la lupa brindará información también macroscópica, algo más profunda pudiéndose detectar ruptura de pelos o lesiones en la superficie del tejido. El estudio microscópico, arrojará información a un nivel más profundo, como el grado de conservación de la estructura de los tejidos, de paredes y membranas celulares, del grado de lisis o destrucción celular, que puede reflejarse o no en el color y características macroscópicas.

Si bien existen pocos antecedentes en este sentido se considera que el análisis el microscópico comparativo de la anatomía de los tejidos, constituye una herramienta alternativa, para la evaluación de los procesos que pueden determinar un potencial deterioro del material vegetal, como son las distintas condiciones de secado.

En la facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta, el INENCO y Facultades de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario se llevan cabo estudios conjuntos relacionados con el cultivo, variedades, propiedades y aplicaciones de la chía. Dentro de los que se encuadra el presente trabajo, en cual se analizan las condiciones de secado para la conservación de hojas, como avance en la posibilidad de aplicación y uso de las mismas.

Se presentan las curvas de secado de hojas de chía en laboratorio y solar, se analizan las condiciones del mismo y los resultados a través del estudio anatómico de hojas secadas en laboratorio, frescas y secas en planta, considerando que las hojas frescas muestran el estado del material antes del proceso de deshidratado, el secado en laboratorio representa el secado en condiciones óptimas y el secado en planta al aire libre reúne las peores condiciones para la conservación del material durante el proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación de las curvas de secado se emplearon muestras de hojas cultivadas en Vaqueros, Salta (S 24.70448, E 65,41713, 1280 m.s.n.m.) cosechadas poco antes del inicio de los ensayos. En la figura 1 se muestra una fotografía de la planta en el cultivo.



Figura 1: Plantas de Chía.

Se usaron dos equipos para el secado:

Secado solar pasivo: Para el secado solar pasivo se colocó el material en un sector de invernadero sin cultivo, con cubierta de polietileno LDT de 150 micrones. La muestra se colocó en una sola capa, sobre una malla de polipropileno, de modo que recibe radiación solar atenuada por la cubierta. La circulación de aire es solo pasiva y la densidad de carga muy baja, ya que en ese sector del invernadero, no hay nada más que el ensayo. Echazú et al, (2007)

Estas condiciones experimentales, son similares a las de un secador solar pasivo de tipo tendalero, excepto la densidad de carga que suele ser mayor en estos equipos. Saravia, (1996)

Secado en laboratorio: Para el secado en condiciones controladas, se utilizó el minisecador de laboratorio, que se muestra en las figuras 2 y 3. Este equipo consta de una cámara de secado con paredes de policarbonato alveolar de 4 mm, una fuente de aire caliente con una resistencia eléctrica de 400 W y un ventilador de 600 rpm, 100 w de potencia y 65 mm de diámetro. Quiroga et al, (2007)

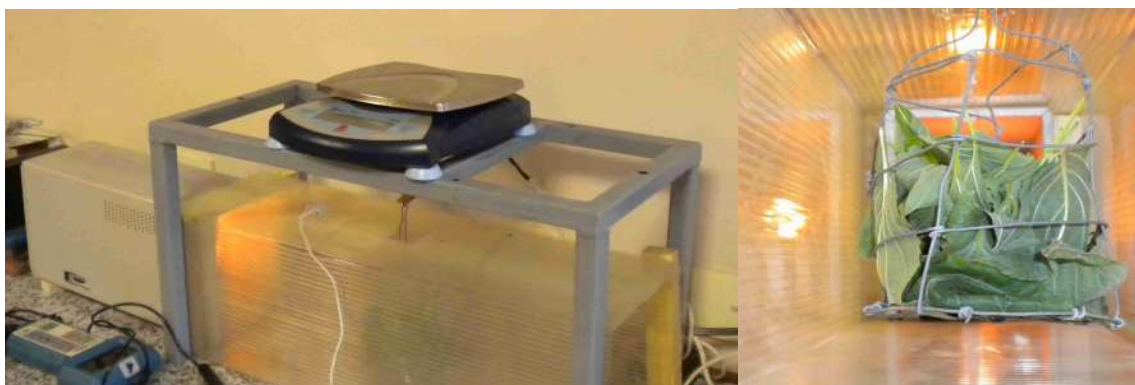


Figura 2: Equipo secador de laboratorio.

Figura 3: Interior del secador con muestra de hojas frescas

Las muestras se colocaron en una bandeja suspendida de la balanza, de modo que permanecieron durante todo el ensayo dentro de la cámara sin que el pesado interfiera con la experiencia. La potencia de la resistencia se regula por medio de un diac, para controlar la temperatura de la corriente de aire.

Instrumentación: Se midieron las temperaturas del ambiente y de la cámara de secado con termocuplas tipo J conectadas a un data logger Omega OM 220 con registros cada 10 minutos.

El peso de las muestras y su evolución en el tiempo, se determinaron con una balanza granataria Hoaus Scout 400 x 0.1 g.

Se midió la radiación solar global sobre plano horizontal cada 300 seg con un solarímetro Kipp Zonnen CM3 conectado a un data logger Campbell CR23X.

Para medir la velocidad del aire en la cámara de secado se utilizó un anemómetro de hilo caliente TSI 8345.

Se determinó el espectro de reflexión en el rango de 400 a 1100 nm de las hojas frescas y del material seco con un espectrorradiómetro Li-1800 con resolución de 2 nm acoplado a una esfera integradora Lic-Cor de 500 mm.

Se tomaron fotografías con luz solar del material fresco y en diferentes etapas de secado, con una cámara compacta Nikon Coolpix S220. Los equipos de laboratorio se fotografiaron con la misma cámara e iluminación fluorescente (cálida).

Anatomía de hojas: Los estudios y procesamiento del material se llevaron a cabo en el Laboratorio de Anatomía Vegetal (LANAVE) UNSa. aplicando las técnicas histológicas convencionales, siguiendo protocolos descritos por D'Ambroggio, (1986) y Gattuso & Gattuso, (2002). Se trabajó con material fresco, secado en laboratorio y secado en la planta.

Hojas frescas y deshidratadas se llevaron a laboratorio, las secas se rehidrataron en agua destilada, posteriormente se efectuaron cortes a mano alzada bajo lupa o bien fueron incluidas en médula de zanahoria, para realizar transcortes con un micrótopo de deslizamiento (Leica SM); los cortes seleccionados se colorearon con tinción doble safranina – fast green y se hicieron preparados transitorios en medio glicerina 50 %. Los preparados se observaron en un microscopio trinocular de alta resolución marca Leica, modelo DM 2500 y se tomaron fotografías con cámara digital marca Leica modelo DFC 290 Firewire.

Los preparados y fotografías se analizaron comparativamente a fin de detectar diferencias entre el material fresco y en distintas condiciones de secado.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Las figuras 5 y 6 muestran la evolución del contenido de humedad de las muestras, durante el proceso de secado en laboratorio. En la primera, la temperatura del aire se mantuvo en valores cercanos al promedio de 33,2 °C y en la segunda de 38,3 °C. En los dos casos la experiencia se cortó cuando la diferencia de peso entre dos lecturas consecutivas alcanzaba el orden del error instrumental.

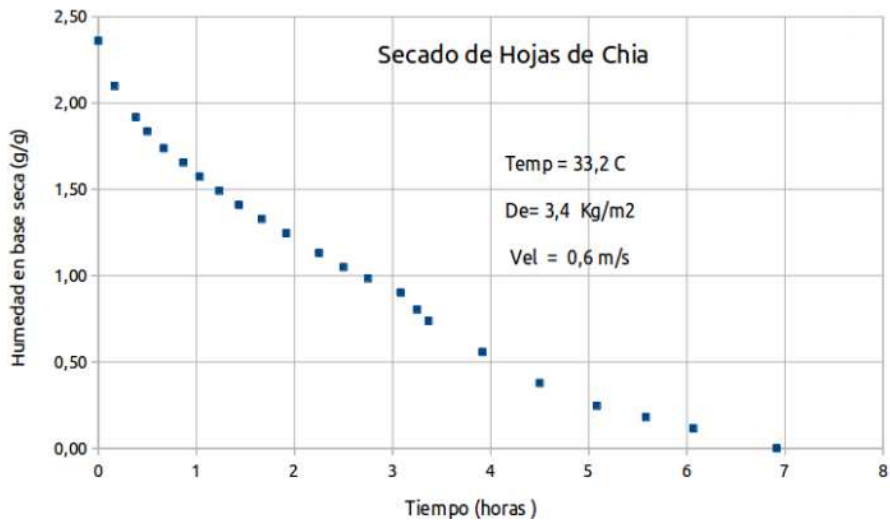


Figura 5: Curva de secado de hojas de chia en laboratorio a 32 °C.

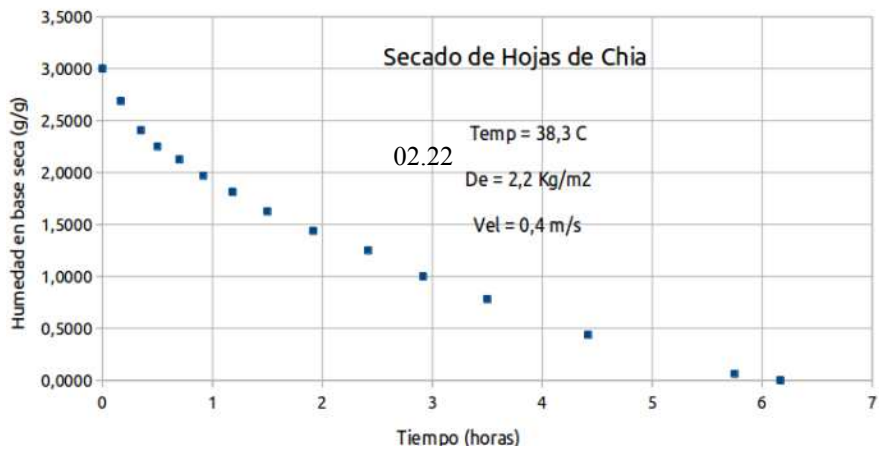


Figura 6: Curva de secado de hojas de chia en laboratorio a 38 °C.

La curva de la figura 7 corresponde al secado solar pasivo, (en un invernadero), y muestra el efecto combinado del secado por efecto del aire caliente y de la absorción de radiación solar, por el mismo material. Debe tenerse en cuenta, que en este caso, la radiación que recibe la muestra no corresponde al espectro solar, ya que en el interior del invernadero, está filtrada por el plástico de la cubierta y su fracción UV es notablemente menor.

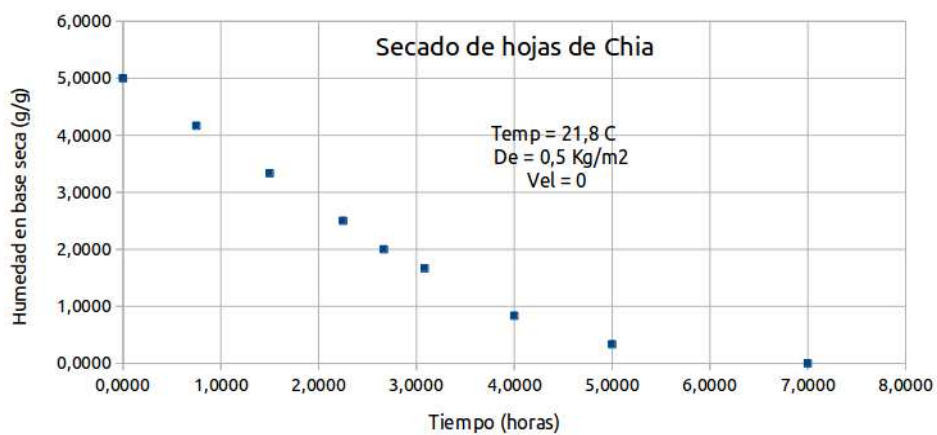


Figura 7: Curva de secado solar pasivo a 22 °C de hojas de chia.

En la figura 8 se muestra la evolución de la radiación solar y de la temperatura del aire en un punto cercano a la muestra. Se observa que la temperatura promedio fue menor que las del laboratorio, a pesar de que el tiempo empleado para completar el secado fue casi igual, debido al aporte de la radiación.

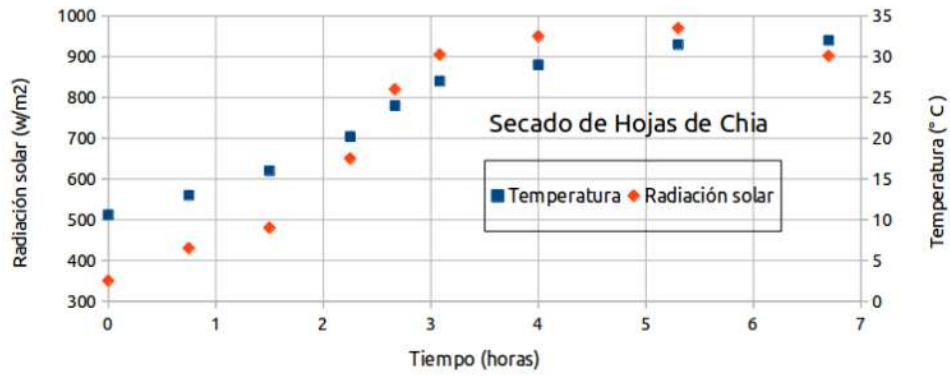


Figura 8: Temperatura y radiación solar de la cámara durante el secado solar pasivo. En la fotografía de la figura 9 se muestran hojas frescas, secadas en laboratorio y en el secador solar pasivo.



Figura 9 (de izquierda a derecha): Hoja fresca cara superior, cara inferior, tres hojas secadas en laboratorio y dos secadas en solar pasivo. La imagen se tomó con luz solar, en espacio de color sRGB DSC.

La fotografía permite apreciar que el material secado en laboratorio, con temperaturas de 40 °C o inferiores, mantuvo el color verde, mientras que el secado en secador pasivo, se decoloró notablemente.

Estudios anatómicos de hojas frescas y secas.

Las figuras 10, 11 y 12 muestran las imágenes de los preparados microscópicos de las hojas fresca, deshidratada en condiciones de laboratorio y la deshidratada en la planta, respectivamente.



Figura 10: Hoja fresca a) nervadura principal b) detalle de epidermis c) tricoma eglandular

La hoja fresca muestra una estructura conservada en los tejidos,

En a) se observa la nervadura principal de la hoja con los tejidos de conducción bien diferenciados, en forma de arco rodeados de una amplia vaina parenquimática, la cara abaxial de la nervadura con células bien diferenciadas y conservadas y los tricomas que en

esta imagen en particular aparecen recortados por el procedimiento de preparación microscópica.

b) nos muestra la cara abaxial (envés) de una porción de nervadura, con células prismáticas pequeñas, superficie con cutícula delgada, y los tricomas, que son más abundantes en esta cara. Como es posible apreciar la superficie es lisa sin plegamientos, la forma de las células se diferencia claramente.

La imagen c). muestra los tricomas eglandulares, simples, uniseriados, conformados por 1 o 3-5 células. En el haz la epidermis es uniestratificada con células grandes prismáticas, con una delgada cutícula. Si bien las imágenes no permiten apreciarlo muy claramente, en el mesófilo de la hoja se distingue el parénquima clorofílico en empalizada, hacia el haz y en envés el parénquima esponjoso con varias capas de células. Los pelos simples se aprecian bien conservados y con sus células turgentes.

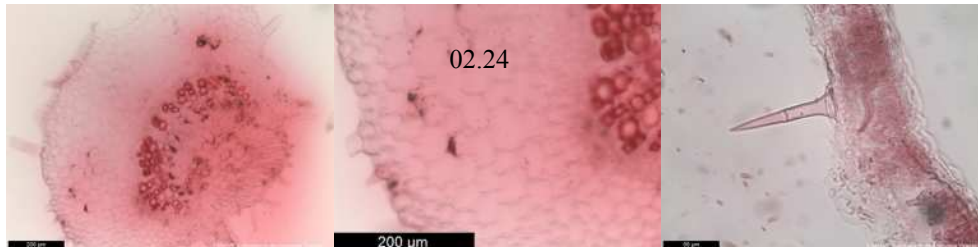


Figura 11: Hoja deshidratada en laboratorio a) *nervadura principal* b) *detalle de epidermis* c) *tricoma eglandular*

La hoja secada en laboratorio, se asemeja a la fresca.

Tanto a) como b) muestran la epidermis abaxial, lisa, bien conservada, las células del mesófilo y epidermis son claramente distinguibles y conservadas en sus formas.

En c) puede apreciarse una mayor ondulación, que afecta particularmente la epidermis, atribuible a una pérdida de agua de las vacuolas que producen una contracción y repliegue de las paredes celulares, aunque permanecen con sus estructuras conservadas y sin evidencia plasmólisis. Los tejidos parenquimáticos en empalizada y esponjosos del mesófilo no muestran diferencias apreciables y los tricomas permanecen conservados y turgentes.



Figura 12: Hoja deshidratada en la planta (deteriorada) a) *nervadura principal* b) *detalle de epidermis* c) *tricoma eglandular* d) *estado final de tricomas*.

Las imágenes del secado de hoja en planta (las peores condiciones) evidencian alteraciones claras en los tejidos.

En a) la nervadura principal se encuentra notablemente contraída, con los tejidos abaxial (envés) y adaxial (haz) muy plegados, si bien se aprecian los tejidos de conducción, no se diferencian claramente las células de su entorno.

b) nos muestra un detalle de la epidermis abaxial, con las células totalmente alteradas en sus formas al igual que las del tejido parenquimático subepidérmico.

c) presenta un mesófilo de la hoja donde no pueden diferenciarse los distintos tipos de parénquima. Las células han superado su punto crítico de estrés, de manera que, a pesar de la rehidratación, no han recuperado su forma natural y se encuentran en una clara plasmólisis. Hay una alteración en las formas naturales del tejido y en el color.

La imagen d) ilustra claramente el estado final de los tricomas en el que se aprecian contraídos, deshidratados y colapsados.

La magnitud de la reflexión en hoja en distintas condiciones es orientativa respecto a diferentes condiciones morfológicas, fisiológicas o constitutivas, a la vez que arroja indicios de las dimensiones de los demás procesos.

De esta manera es posible encontrar diferencias en la reflexión en hojas con distinta morfología, tricomas, tipos de epidermis, y estados hídricos. El agua absorbe en la longitud infrarroja del espectro, así a través de la reflexión infrarroja se mide indirectamente el estado hídrico de un cultivo.

En el proceso de secado, se produce una pérdida progresiva del contenido de agua de las células pero con acompañamiento de otros procesos a nivel celular y morfológico que inciden en la reflexión y que no se evidencian simplemente en el análisis de la reflexión infrarroja sino que afectan otras bandas del espectro.

La figura 13 muestra los espectros de reflexión del haz (la cara superior) de una hoja de chia fresca y una secada en laboratorio. Se observa escasa diferencia en el visible, indicando que el material no se decoloró durante el secado en las condiciones indicadas anteriormente. La mayor reflexión en infrarrojo cercano es debida a la pérdida de agua y la variación de textura de su superficie.

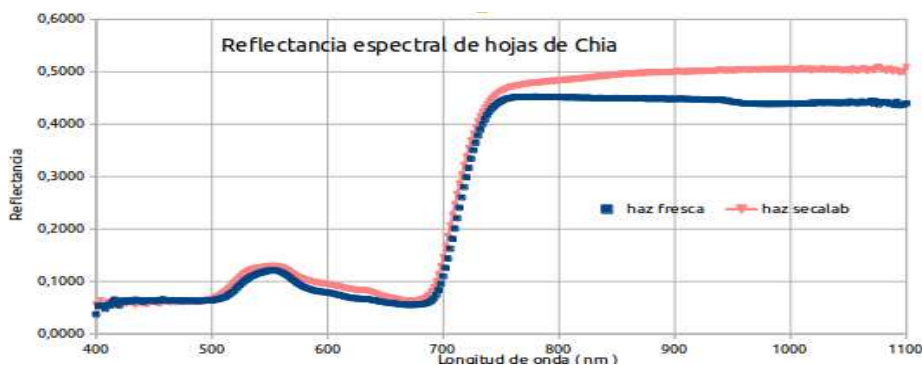


Figura 13: Espectros de reflexión visible-NIR de la cara superior de hojas de chia fresca y secada en laboratorio.

En la figura 14 se ven los espectros de reflexión del envés (la cara inferior) de las hojas, comparando las frescas con las secadas a diferente temperatura. La curva indicada en celeste, corresponde a la muestra secada a 33,2 °C, mientras que la verde representa la secada a 38,3 °C y la roja el material fresco. Se observa que la reflexión de radiación infrarroja aumenta al disminuir el contenido de humedad, según avanzó el secado.

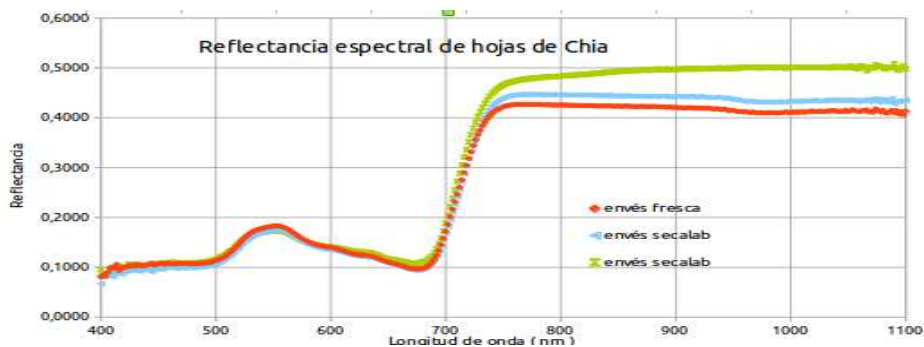


Figura 14: Espectros de reflexión visible-NIR de la cara inferior de hojas de chia fresca y secada en laboratorio.

Comparando las figuras 13 y 14 se desprende que el envés de la hoja tiene una mayor reflectancia alcanzando casi un 20 % mientras que el haz de la misma hoja fresca no llega a 15 % esto se corresponde con la morfoanatomía de la hoja donde puede observarse claramente una mayor densidad de tricomas en el envés. De los cortes anatómicos de las figuras 10 y 11, puede observarse que comparativamente la hoja seca, presenta mayor rugosidad en la superficie de la hoja, debido a la formación de repliegues en la pared celular de la epidermis.

CONCLUSIONES

Las hojas de chia mantienen la integridad de sus tejidos y el color cuando se secan a temperaturas menores a 40 °C. El material sufre deterioro si se seca expuesto a radiación solar, perdiendo su coloración natural.

En transortes y observación en microscopio óptico es posible detectar diferencias en la integridad de los tejidos sometidos a distintas condiciones en el proceso de secado. En los mismos pudo observarse que las hojas de chia deshidratadas en condiciones controladas mantienen la integridad de sus estructuras anatómicas, muy similares a las de una hoja fresca, a diferencia del material proveniente de deshidratado en condiciones no controladas y en ambientes desfavorables.

Las curvas de reflectancia incorporan información adicional, respecto a las variaciones de color y textura derivadas de los tratamientos de secado.

REFERENCIAS

- Ahmed M., Ting I.P., Scora R.W., 1994 Leaf oil composition of *Salvia hispanica L.*, from tree geographical areas. Journal of Essential Oil Research Vol. 6, Issue 3 pp 223 – 228.
- Ayerza, R., Coates, W., 2005. Chia. Rediscovering a Forgotten Crop of the Aztecs, 1st ed. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, p. 197.
- Barboza G, Cantero J, Núñez C, Ariza Espinar L. 2006. Flora Medicinal de la Provincia de Córdoba (Argentina). Ed. Museo Botánico. Córdoba, Argentina.
- Busilacchi H., Quiroga M., Bueno M., Di Sapio O., Flores V., Severín C. 2013 Evaluación de *Salvia hispanica L.* cultivada en el sur de Santa Fé, (Argentina) Cultivos Tropicales, vol.34. n°4, p. 55-59. ISSN impreso: 0258-5936 digital: m1819-4087.
- Cahill J. P. 2003, Ethnobotany of chia, *Salvia hispanica L.* (Lamiaceae) Economic Botany Volume 57, Issue 4, pp 604-618
- Di Sapio O., Bueno M., Busilacchi H., Quiroga M. & Severín C. 2012 Caracterización Morfoanatómica de Hoja, Tallo, Fruto y Semilla de *Salvia hispanica L.* (Lamiaceae) Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas (BLACPMA).ISSN 0717 7917-. Volumen 11, Número 3
- Duranti Gabriel, 2014 en, <http://www.saltaagropecuaria.com.ar/chia-muchas-hectareas-sembradas-e-incertidumbre-de-precios.html> - Consultada julio 2014
- Echazú R., Condorí M., Durán G. y Saravia L. 2007 Curvas de Secado Experimentales en la Planta de Deshidratado Solar de Huacalera AVERMA Vol. 11 - ISSN 0329-5184
- Ortiz De Montellano Galeazzi, V. 2004. “Análisis y Simulación de Procesos de Secado de Cilantro, Perejil y Epazote bajo Condiciones de Temperaturas Cambiantes”. Universidad de las Américas, Puebla, México
www.tesis.digitales.udlap.mx
- Quiroga M. Ebber S., Echazú R., Saravia L. Sanchez B. Condorí M. 2007 Curvas de Secado Experimentales de Hojas de Yacón AVERMA Vol. 11 - ISSN 0329-5184
- Saravia L., Román R. et al., 1996 "Ingeniería del Secado Solar " Subprograma VI: Nuevas Fuentes y Conservación de la Energía del Programa CYTED-D, Edición de la Universidad de Chile.

ABSTRACT

Leaves of *Salvia hispanica L.* chia have potential medicinal use in perfumery and as a flavoring, in addition to some insect repellent properties, with few studies on drying and preserving them. In this paper, drying conditions in laboratory and analyze passive solar dryer, microscopic and spectral features of cool, dry tissue was also determined, providing a breakthrough in understanding the material and methodology to study effects of its application.

Keywords: chia, solar drying, Morphology, anatomy leaves, spectral reflectance