

Contenido de vitamina C en hojas de perejil (*Petroselinum crispum*) secado por flujo de aire a diferentes velocidades y temperaturas

Vitamin C content in parsley leaves (Petroselinum crispum) dried by air flow at different speeds and temperatures

 Damián Manayay Sánchez¹ ,  Luis Alberto Taramona Ruíz²,  Oscar Jordán Suárez²

¹Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Santa. Ancash, Perú

²Universidad Le Cordon Bleu, Magdalena del Mar. Lima, Perú

Recibido: 03/05/2018

Revisado: 13/05/2019

Aceptado: 29/05/2019

Publicado: 30/06/2019

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento del contenido de vitamina C en hojas de perejil liso después de su cosecha y desecado, los ramos frescos recolectados de los predios hortícolas de Chaclacayo, fueron deshojados, lavados, desinfectados en agua clorada, escurridos y secados con flujo de aire caliente a 1,0 y 1,5 m/s, y a temperaturas de 20, 25, 30, 35, 40, 45, y 50 °C; encontrándose que la reducción del contenido de vitamina C en las hojas secas fue de 22,92 y 25,75 % respectivamente, no se mostró diferencia estadística significativa de la interacción temperatura y velocidad del aire de secado, y las cinéticas de pérdida de agua en las muestras correspondieron a modelos exponenciales en todos los tratamientos.

Palabras clave: Secado de perejil, cinética de secado, secado de hojas de hortalizas, energía de activación.

ABSTRACT

The behavior of the vitamin C content in smooth parsley leaves after harvesting and artificial drying were determined. The fresh branches collected from the Chaclacayo horticultural farms were stripped, washed, disinfected in chlorinated water, drained and dried with air flow hot at rates of 1 and 1.5 m / s, and temperatures ranging from 20 to 50 °C; It was found that the reduction of the vitamin content in dry leaves were 22.92 and 25.75 % respectively, no statistically significant difference was shown in the interaction of temperature and air speed of drying, and the kinetics of water loss in the samples was ruled by exponential models.

Keywords: Drying of parsley, kinetics of parsley drying, drying of vegetable leaves, activation energy in dried parsley leaves.

INTRODUCCIÓN

El perejil es una fuente interesante de compuestos antioxidantes, dada la presencia de betacaroteno y vitamina C, compuestos que colaboran en la prevención de cáncer, problemas cardíacos, y enfermedades de la visión como las cataratas.

La vitamina C o ácido ascórbico es una sustancia necesaria para la supervivencia en los seres humanos, soluble en agua, y que es un donante de electrones, propiedad a la cual se le atribuye su potente capacidad antioxidante.

La vitamina C es también un agente antiinflamatorio de gran alcance, que explica su utilidad en condiciones tales como osteoartritis y artritis reumatoide, es necesaria para el correcto desempeño del sistema inmune, y puede también ser provechoso para prevenir infecciones o fríos recurrentes del oído.

Esto puede explicar por qué la gente que consume cantidades suficientes de alimentos que contienen vitamina C ha reducido los riesgos para todas estas condiciones.

Otro antioxidante importante encontrado en los alimentos es el betacaroteno; debido a su naturaleza lipofílica, trabaja en las áreas lipídicas del cuerpo. Las dietas con alimentos ricos en betacaroteno se asocian a un menor riesgo para el desarrollo y la progresión de condiciones como arterioesclerosis, diabetes, y cáncer de colon.

El betacaroteno es convertido por el cuerpo a la vitamina A, un nutrimento importante para un óptimo sistema inmune, y conocido como "vitamina anti infectante."

En este marco de bondades de la materia prima y las posibilidades permanentes de

desarrollar tecnología apropiada y óptima para la preservación de principios activos saludables.

Uno de los principales procesos postcosecha realizado con el fin de preservar la calidad de los productos agrícolas es el secado, que es definido como un proceso simultaneo de transferencia de calor y masa entre el producto y el aire de secado (Brooker *et al.*, 1992); este proceso permite eliminar parcialmente el agua libre contenida en el producto, facilitando su posterior almacenamiento disminuyendo el riesgo de deterioro.

Una vez que se realiza la cosecha de las plantas, se inicia un proceso natural de descomposición y con ello la degradación de los principios activos; este deterioro se debe a un aumento en la actividad enzimática; dicho esto, la conservación de productos agrícolas por medio del secado se basa en el hecho de que, al reducir la cantidad de agua presente en la planta, se reduce la actividad de agua y las reacciones químicas, es decir se disminuye la actividad enzimática, así como la proliferación de microorganismos.

El elevado contenido de agua presente en plantas (60 – 80 %), hace que el secado sea un proceso fundamental para evitar la degradación del material vegetal y preservar la calidad de los principios activos (Reis *et al.*, 2003).

El secado se debe realizar hasta que el producto tenga una humedad de 8 a 12 % según la especie vegetal (Farías, 2003); dentro de estos porcentajes la mayoría de las especies vegetales pueden ser almacenadas sin riesgos de deterioro (Silva y Casali, 2000).

El secado en plantas medicinales debe realizarse correctamente, considerando la

humedad relativa y la velocidad del aire de secado, así como la temperatura; un secado muy rápido puede llevar a la volatilización de los principios activos y un secado muy lento puede favorecer a la degradación del material vegetal y a la presencia de microorganismos (Silva y Casali, 2000).

La temperatura del aire de secado tiene efecto directo sobre la composición química de los principios activos en plantas medicinales (Melo *et al.*, 2004); demostrando que se pueden emplear temperaturas de aire de secado a partir de los 40 °C para el secado, indicando a su vez que se deben realizar más estudios en esta área con el fin de establecer temperaturas de secado diferenciadas para cada especie.

Existen referencias que por ejemplo, aplicando técnicas de deshidratación osmótica para el secado de hojas de perejil, a una temperatura de 60 °C demostraron que la muestra sin pre tratamiento es el más adecuado porque presenta el menor tiempo de secado para alcanzar la humedad de equilibrio (68 min), la menor actividad de agua (0,27) y contenido de humedad (4,3 %), y un menor efecto en la disminución del contenido de vitamina C (8,7 mg de vitamina C/100 g de perejil) y carotenos (36,9 mg de carotenos/100 g de perejil) (García *et al.*, 2010).

La cinética de secado para perejil en condiciones de secado solar, muestra que es notablemente significativa la influencia de la velocidad del aire en el comportamiento del secador ya que se traduce directamente en una disminución considerable de la velocidad de secado (Morsetto *et al.*, 2008); secado de hojas de chíá (*Salvia hispánica L.*), muestra que las hojas de este vegetal mantienen la integridad de sus tejidos y el color cuando se secan a temperaturas menores a 40 °C

(Quiroga *et al.* 2014); así mismo, en el secado de hojas de quinua variedad Salcedo INIA, el escaldado y temperatura del aire de secado influyen reduciendo significativamente los tiempos de secado, el proceso de secado es descrito por los modelos de Page y Midilli para las condiciones estudiadas, la mejor velocidad de secado se alcanza en muestras escaldadas a temperaturas de 70 °C, por consiguiente con mayor coeficiente de difusividad efectiva y disminución de la energía de activación, sin embargo, el mejor coeficiente de rehidratación se obtiene cuando se escalda en agua; el escaldado en una solución de NaCl retiene mejor los macronutrientes (Paquita, 2015).

En secado de Chamomilla recutita redujeron el tiempo de secado de 52 horas a 3,5 horas al aumentar la temperatura del aire de secado de 30 °C a 50 °C, mostrando que el contenido de aceite esencial se mantuvo en el rango del 15 al 25 % independientemente de la temperatura utilizada durante el secado (Müller y Mühlbauer, 1990); experimentando con secado de Taxus a 30, 40, 50 y 60 °C, para evaluar el rendimiento del principio activo taxol, siendo los tratamientos plantas enteras, hojas, tallos y muestras picadas en trozos pequeños, determinaron que el contenido de taxol conseguido a partir de tallos no se vio afectado por las diferentes temperaturas; mientras que para las muestras a partir de hojas, el rendimiento aumentó linealmente conforme aumento la temperatura; en las muestras de plantas enteras el contenido se mantuvo constante (0,014 %) a temperaturas de 40, 50 y 60 °C; sin embargo, no sucedió lo mismo para el secado a 30 °C donde el rendimiento disminuyó 0,08%, justificando que dicha reducción pudo deberse al prolongado tiempo de secado que pudo favorecer la actividad enzimática en las muestras, causando la degradación del principio activo

(Hansen *et al.*, 1993); por su parte (Buggle *et al.*, 1999), secaron plantas de *Cymbopogon citratus* a temperaturas de 30, 50, 70 y 90 °C hasta alcanzar una masa constante, con el objetivo de evaluar la cantidad y calidad del aceite esencial determinando que el secado a 50 °C fue el tratamiento que mejor rendimiento proporcionó (1,43 % m/v) en relación al resto de tratamientos, puntualizando que si bien el secado a 30 °C proporcionó un rendimiento de 1,34% m/v, no es recomendable, ya que favoreció el desarrollo de hongos durante el proceso; para los tratamientos a 70 y 90 °C, los rendimientos obtenidos mostraron ser menores en comparación a los obtenidos a 30 °C y 50 °C; en el secado de *Cymbopogon winterianus* Jowitt, a 30, 40, 50, 60 y 70 °C se determinó que la temperatura de 60 °C, fue la que mostró mejores resultados, tanto en el rendimiento como en la calidad de aceite esencial (Rocha, *et al.*, 2000).

En el secado de "alecrim pimenta" (*Lippia sidoides* Cham) determinaron que los principios activos presentes en el aceite esencial p-cimeno y timol, no presentan una diferencia significativa con respecto a las temperaturas empleadas (40, 50, 60 y 70 °C), pero hubo un aumento apreciable en la concentración de cariofileno para las temperaturas de 50, 60 y 70 °C (Randüz *et al.*, 2001); al secar *Menta x villosa* Huds, a 40, 50, 60 y 70 °C, concluyeron que la temperatura de secado igual a 50 °C es la recomendable, al obtener mayor cantidad de aceite esencial y concentración de principios activos (Randüz *et al.*, 2006); experiencias de secado para fines comerciales de *L. alba* desde 40 hasta 80 °C concluyeron que no se altera la presencia de citral, el principio activo de interés (Barbosa *et al.*, 2006); se puede secar *Melaleuca alternifolia* Cheel a una temperatura de 80 °C sin alterar significativamente la calidad del aceite esencial (Lemos, 2008),

experimentos de secado de *Mikania laevigata* a temperaturas de 40, 50, 60, 70 y 80 °C, determinaron que el secado a 50 °C presentó los mejores resultados para la extracción de aceite esencial al obtenerse un mayor rendimiento con respecto al resto de tratamientos (Radünz *et al.*, 2010).

Por lo expuesto, se planteó evaluar el comportamiento del contenido de vitamina C en hojas de perejil liso después de su cosecha y desecado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Ramos frescos de perejil recolectados de predios hortícolas de Chaclacayo, Lima.

Procedimiento

El experimento consistió en las etapas de cosecha de ramos de perejil y transporte al laboratorio, deshojado, lavado y desinfección con agua clorada a 70 ppm, escurrido (en mallas), análisis inicial de vitamina C, secado y análisis de vitamina C.

El secado se desarrolló en una cabina de flujo de aire vertical aplicando 7 temperaturas (20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 °C) a 2 velocidades de secado (1 a 1,5 m/s), generando 14 tratamientos.

Determinación de vitamina C

La cuantificación de vitamina C se realizó por titulación empleando una solución de iodo (2 % m/v) y solución de almidón al 1 %.

RESULTADOS

Análisis del contenido de vitamina c

La Tabla 1 y la Figura 1, muestran los resultados de la concentración de vitamina C de perejil en estado fresco y a diferentes temperaturas y a dos velocidades de aire de secado.

Tabla 1. Concentración de vitamina C (mg/100g) en hoja fresca y seca.

Muestra	Temperatura (°C)	Velocidad del aire de secado (m/s)	
		1	1.5
Hoja fresca	20	37.52±0.6	37.52±0.60
	25	36.71±0.62	35.84±0.90
	30	34.62±0.50	34.44±1.40
	35	31.74±1.01	31.56±1.44
Hoja seca	40	31.02±0.80	30.18±0.10
	45	29.12±0.36	28.65±0.21
	50	28.92±0.21	27.86±0.12

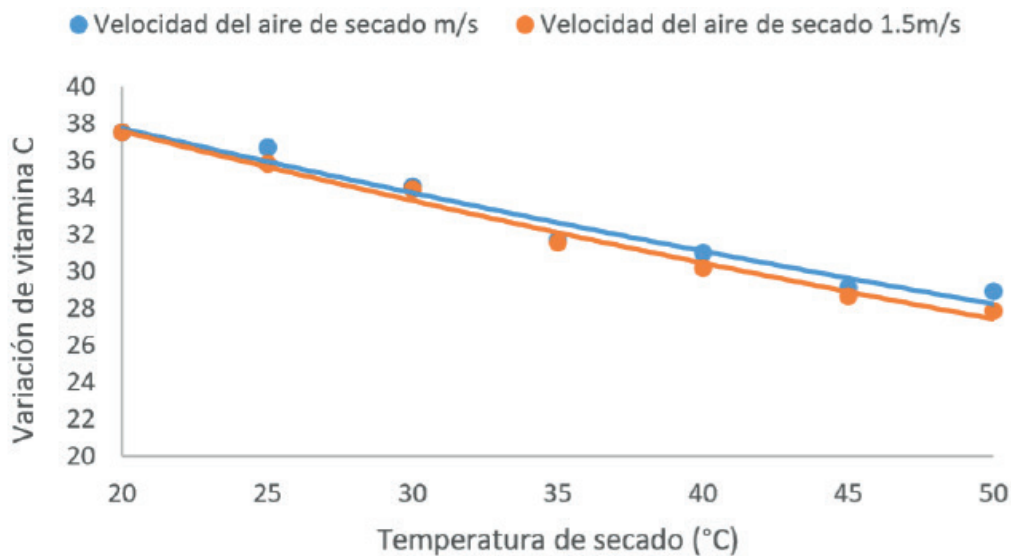


Figura 1. Variación del contenido de vitamina C de perejil a diferentes valores de Temperatura y velocidad del aire de secado.

En la Figura 2 se presenta el efecto de la temperatura y velocidad del aire de secado sobre el contenido de vitamina C.

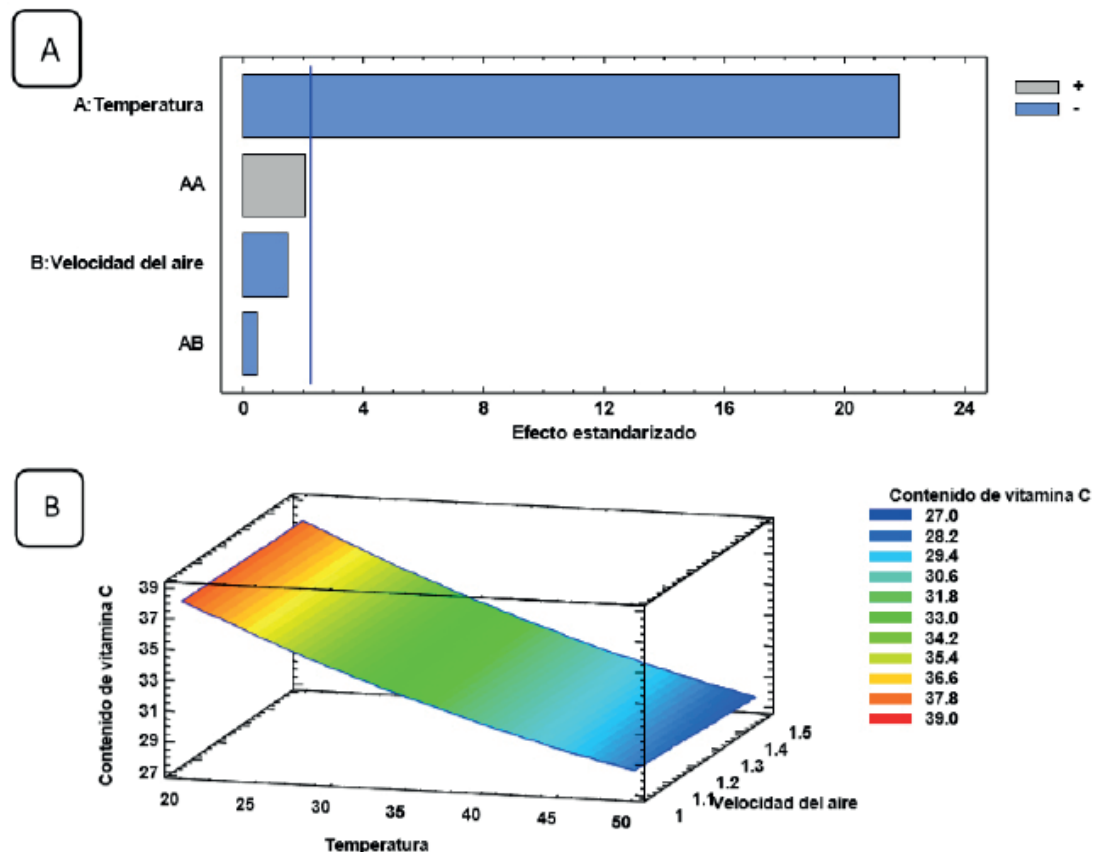


Figura 2. Análisis de Pareto para el comportamiento de medias de la variación de vitamina C durante el secado (A), y superficie de respuesta del contenido de vitamina C a diferentes temperaturas y velocidad del aire de secado (B).

Cálculo de la energía de activación de la degradación de vitamina C

A través la tabla 2 y las figuras 3 y 4, se muestra la determinación de los parámetros del modelo de Arrhenius para

el cálculo de la energía de activación de la cinética de degradación de la vitamina C en el secado de hojas de perejil, tanto para para 1 m/s y 1,5 m/s de velocidad de aire respectivamente.

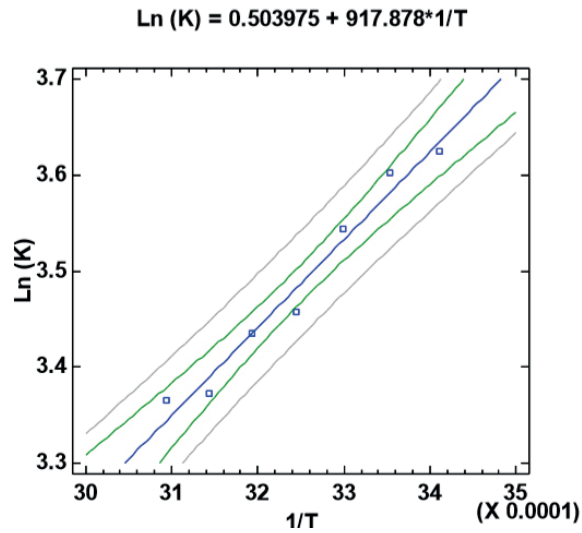


Figura 3. Gráfica de la ecuación de Arrhenius para el secado de hojas de perejil a diferentes temperaturas y a 1 m/s de velocidad del aire de secado.

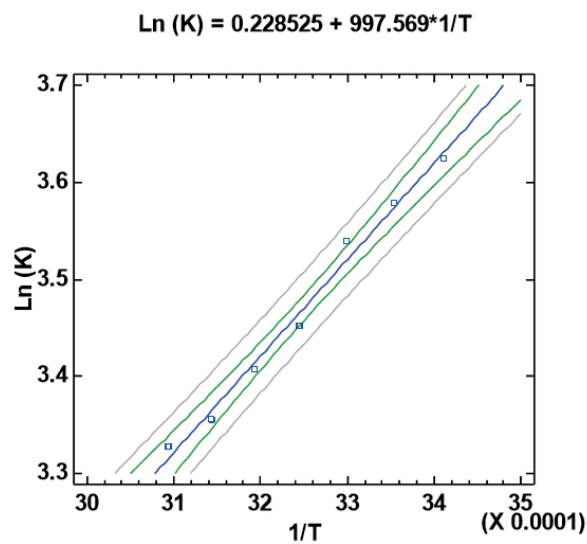


Figura 4. Gráfica de la ecuación de Arrhenius para el secado de hojas de perejil a diferentes temperaturas y a 1.5 m/s de velocidad del aire de secado.

Tabla 2. Parámetros de la ecuación de Arrhenius para secado de hojas de perejil

Velocidad de aire de secado (m/s)	A (min⁻¹)	-E_a (J/mol)
1.0	1.66	7631.53
1.5	1.26	8294.10

Cinética de secado de hojas de perejil

A través de las tablas 3 y 4 se muestra los resultados de la variación de peso de las hojas

de perejil y mediante las figuras 7 y 8 se ilustra el comportamiento cinético de la pérdida de peso, respecto del tiempo de secado.

Tabla 3. Cinética de pérdida de peso de hojas de perejil en un secador de cabina con flujo de aire a 1 m/s de velocidad.

Tiempo (min)	TEMPERATURA (°C) / PESO (g)						
	20	25	30	35	40	45	50
0	400	400	400	400	400	400	400
30	390.53	360.23	320.19	296.52	265.76	259.74	253.68
60	354.62	289.31	267.21	265.91	231.65	231.46	229.61
90	342.26	278.29	252.32	232.93	189.58	192.95	189.93
120	301.25	256.19	242.34	186.44	142.81	149.45	142.09
150	274.36	249.36	221.5	153.27	110.91	121.32	112.19
180	254.21	187.52	165.12	101.43	89.35	92.98	89.43
210	223.23	125.42	120.2	87.93	68.89	61.87	59.19
240	195.54	97.33	91.67				
270	165.32	89.26	82.56				
300	135.12						
330	112.52						
360	96.87						
390	87.89						

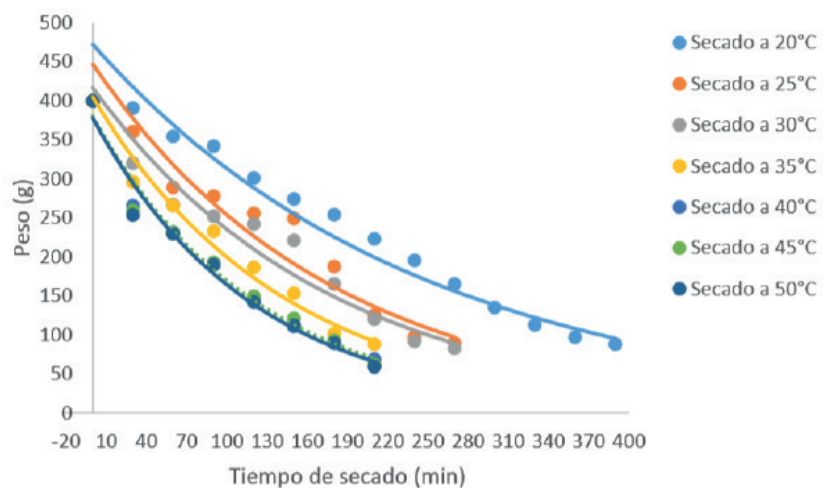


Figura 5. Cinética de pérdida de peso de hojas de perejil a diferentes temperaturas y una velocidad de 1 m/s del aire de secado.

Tabla 4. Cinética de pérdida de peso de hojas de perejil en un secador de cabina con flujo de aire a 1.5 m/s de velocidad

Tiempo (min)	TEMPERATURA (°C) / PESO (g)						
	20	25	30	35	40	45	50
0	400	400	400	400	400	400	400
30	388.24	359.56	316.16	284.82	280.38	275.2	261.43
60	348.23	286.68	279.43	256.78	246.64	225.31	202.22
90	339.13	269.79	258.72	237.39	227.23	204.13	168.47
120	298.89	250.42	241.26	219.35	189.95	176.19	136.33
150	267.45	220.29	179.48	179.22	158.54	139.28	97.43
180	249.32	193.36	143.89	137.35	110.65	98.34	62.54
210	219.78	123.21	110.73	98.81	89.29	73.55	42.87
240	192.45	89.49	84.44	76.29	58.3	44.87	
270	152.35	62.77	59.32				
300	126.34						
330	89.97						
360							

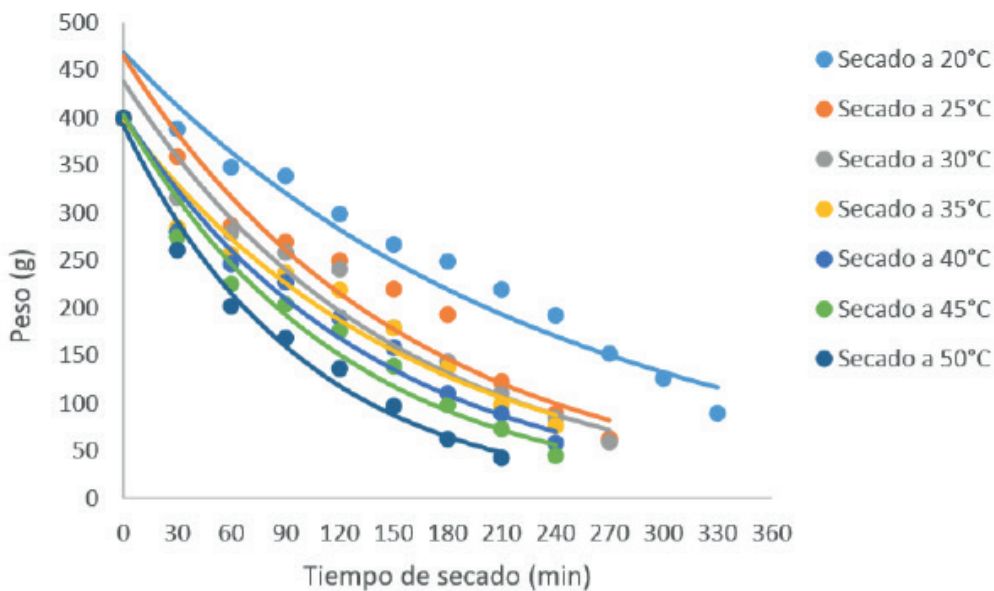


Figura 6. Cinética de pérdida de peso (g) de hojas de perejil a diferentes temperaturas y una velocidad de 1,5 m/s del aire de secado.

Velocidad de secado de hojas de perejil

Las figuras 7, 8, 9 y 10 muestran el comportamiento de la velocidad de secado de hojas de perejil a temperaturas de 30

y 50 °C y a las velocidades de 1 y 1,5 m/s respectivamente, similar comportamiento mostró para las demás temperaturas.

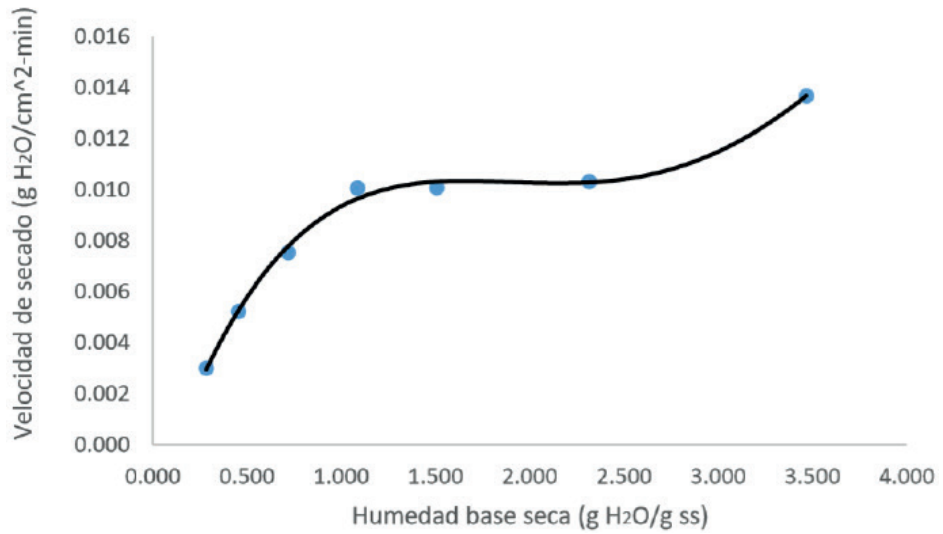


Figura 7. Velocidad de secado de hojas de perejil a 1 m/s y 30 °C de temperatura del aire de secado.

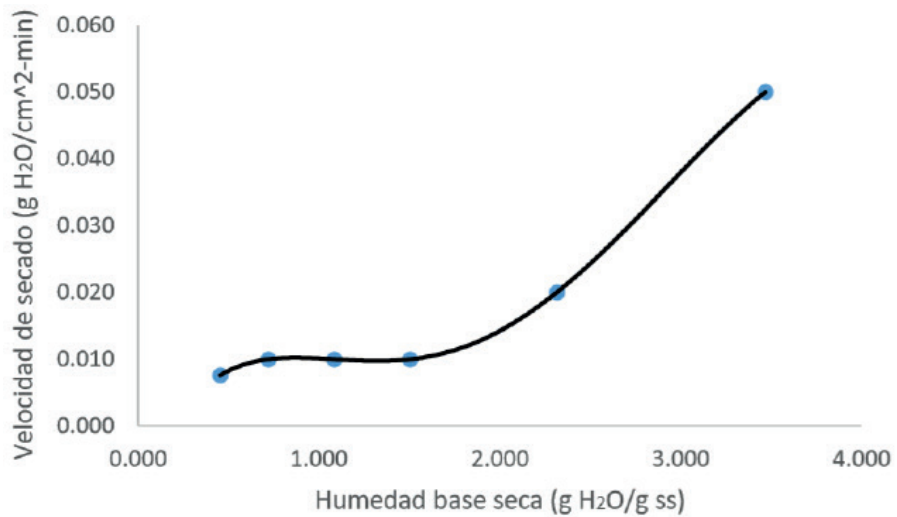


Figura 8. Velocidad de secado de hojas de perejil a 1 m/s y 50 °C de temperatura del aire de secado.

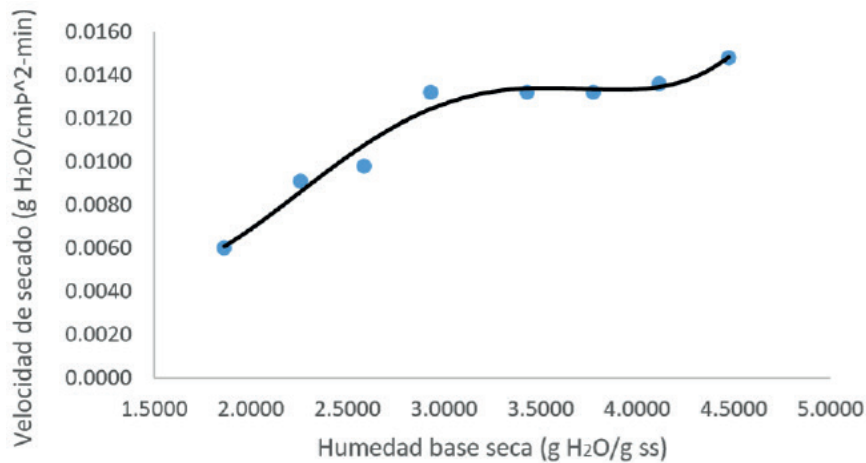


Figura 9. Velocidad de secado de hojas de perejil a 1.5 m/s y 30 °C de temperatura del aire de secado.

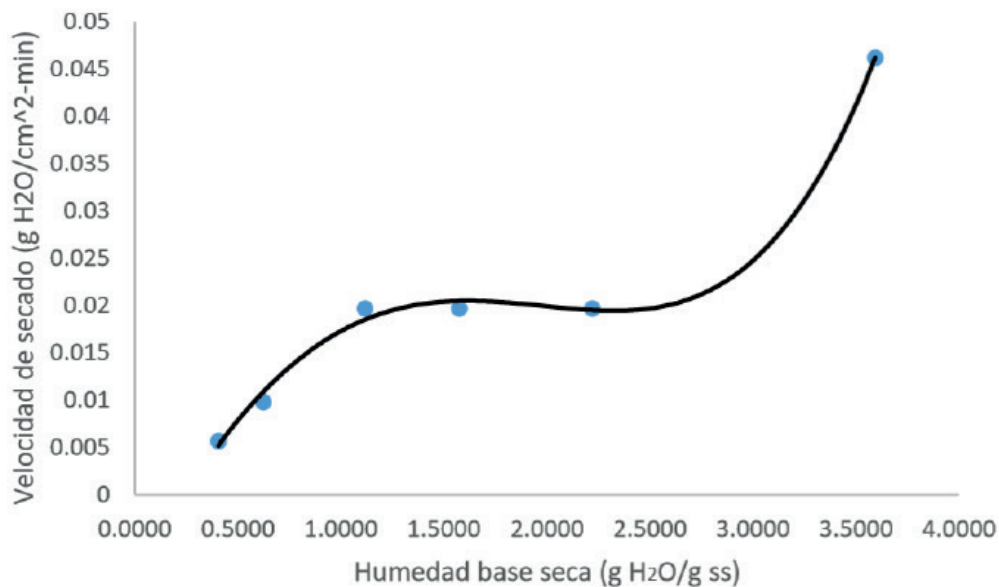


Figura 10. Velocidad de secado de hojas de perejil a 1.5 m/s y 50 °C de temperatura del aire de secado.

DISCUSIÓN

Tal como se observó en la tabla 1, el contenido de vitamina C en hojas de perejil secadas a diferentes temperaturas y a velocidades de aire de 1 m/s y 1.5 m/s, mostraron reducciones de 22,92 y 25,75 %, respecto de la concentración inicial (37,52 mg/100 g) respectivamente, resultado que permite explicar que tanto las temperaturas

y las velocidades del aire de secado no tienen mayor efecto en la destrucción de la vitamina C en el secado de hojas de perejil bajo las condiciones y equipo de secado utilizado en esta investigación.

La humedad promedio de las hojas de perejil y cilantro es de 84% según reporte de la literatura

(Akpınar *et al.*, 2006), en esta investigación se determinó que la humedad de perejil fue 82 %, equivalente a 4,56 g H₂O/g ss, se asume que pueda deberse a las condiciones climáticas y la época de cosecha, considerando que las muestras fueron adquiridas en Chaclacayo, zona donde la temperatura se mantiene por encima de lo que ocurre en todo Lima, en tanto que la humedad relativa está por lo general por debajo de lo normal en la capital.

El análisis estadístico bajo un diseño de experimento factorial de 7x2, correspondientes a siete niveles de temperatura y dos niveles de aire de secado, indicado en la tabla 3 y el diagrama de Pareto de la figura 3, muestran que los niveles de temperatura ($p < 0,05$) tienen efecto significativo en la velocidad de reacción de la vitamina C, no siendo así los niveles de velocidad del aire de secado ni la interacción temperatura x velocidad de aire de secado ($p > 0,05$), similar expresión muestra también la gráfica de superficie de respuesta (figura 2).

Respecto a la ecuación de Arrhenius, cuyos parámetros de frecuencia de las colisiones (A) y la energía de activación (Ea) se muestran en la tabla 2, mostró que para ambas velocidades de aire de secado los valores de A son menores a Ea, sin embargo, la energía de activación para la velocidad de 1,5 m/s es relativamente mayor indicando que aparentemente a una mayor velocidad de aire de secado, la muestra es mucho más sensible a los cambios de temperatura, aun cuando para ambos casos las pendientes de la ecuación de Arrhenius son muy pronunciadas, tal como se observó a través de las figuras 5 y 6.

En cuanto a la cinética de secado, en todos los casos, las velocidades de pérdida de peso en función del tiempo de secado correspondieron a cinéticas exponenciales

cuyos comportamientos se indican tanto en la figura 7 como en la figura 8, mientras que las curvas de velocidad de secado en todos los ejemplos mostrados en este reporte tienen un evidente comportamiento de dos períodos de secado, uno aunque relativamente corto, de velocidad constante donde la difusión del agua es mayor, y otro de velocidad decreciente donde la difusión del agua es menor.

CONCLUSIONES

- El contenido de vitamina C en hojas de perejil deshidratadas en un secador de cabina con flujos de aire de secado de 1 y 1.5 m/s, y a las temperaturas de 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 °C, se reduce en un 22,92 % y 25,75 % respectivamente.
- No se encontró diferencia estadística significativa entre las interacciones de temperatura y velocidad del aire de secado.
- La energía de activación de la cinética de degradación de vitamina C, mostró que las hojas secadas a 1,5 m/s de velocidad de aire de secado es más sensible a los cambios de temperatura.
- La cinética de pérdida de peso de hojas de perejil, corresponden a un comportamiento de tipo exponencial, con curvas de velocidad de secado que muestran los períodos de velocidad de secado constante y decreciente.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Akpınar, E. K., Bicer, Y., y Ildiz, C. (2003). Thin layer drying of red pepper. *Journal of Food Engineering* 59, 99-104.

Barboza G, Cantero J, Núñez C, y Ariza Espinar L. (2006). *Flora Medicinal de la Provincia de Córdoba (Argentina)*. Ed. Museo Botánico. Córdoba, Argentina.

- Buggle, V., Ming, L.C., Furtado, E.L., Rocha, S.F.R y Marques, M.O.M. (1999). Influence of different drying temperatures on the amount of essential oils and citral content in *Cymbopogon citrates* (DC) Stapf. Poaceae. Acta Horticulture, n.500, p, 71-74.
- Brooker, D.B.; Baker-Arkema, F.W., y Hall, C.W. (1992). Oilseeds-Drying in: Drying and storage of grains and oil seeds. New York: AVI Book Pub. Cap. 3, 450p.
- García, M.M., Cortez, R.M., y Rodriguez, S.E. (2010). Evaluación del Secado de Perejil Aplicando Técnicas de Deshidratación Osmótica Como Pre tratamiento. Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín, Colombia. 63(2):5693-5705.
- Hansen, R.C., Keener, H.M., y Elohly, H.N. (1993). Thin layer drying of cultivated taxus clippings. Transactions of the ASAE, V.36, N.5, p.1387-1391.
- Lemos, D.H. (2008). Influencia da temperatura do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. 55f. Tesis (Maestría en Ingeniería Agrícola) – Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Federal de Viçosa, Viçosa – Minas Gerais.
- Melo, E.C., Radünz, L.L. y Melo, R.C.A. (2004). Influência do processo de secagem na qualidade de plantas medicinais. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, V.12, N.4, P.307-315.
- Morsetto, J., Lema, A., Potin, M., y Paisio, G. (2008). Estudio preliminar sobre la cinética de secado para perejil en condiciones de secado solar. Revista de la Asociación Argentina de energías renovables y ambiente (ASADES), Argentina.
- Müller, J. y Mühlbauer, W. (1990). Effects of drying on the essential oil of Chamomile recutita. In: International Joint Symposium of: Biology and Chemistry of Active Natural Substances. 1990, Bonn. Anais. Bonn, P.155.
- Paquita, N. R. (2015). Efecto del escaldado y temperatura en la cinético de secado de las hojas de quinua (*Chenopodium quinoa* willd), variedad salcedo INIA. Tesis de título profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Quiroga, M., Echazú, R., Irazusta, M.I., Martín, D., Busilacchi, H., Di Sapiro, O., Bueno, M., y Severín, C. (2014). Estudio experimental del secado de hojas de chía (*Salvia hispánica* L.). Revista de la Asociación Argentina de energías renovables y ambiente (ASADES), Argentina.
- Radünz, L.L., Melo, E.C., Machado, M.C., Santos, R.R, y Santos, R. (2001). Secagem em camada delgada de folhas de *Lippia sidoides* Cham. In: XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 31 de julho a 03 de agosto de 2001, Foz do Iguaçu, Paraná.
- Rocha, S.F.R., Ming, L.C., y Marques, M.O.M. (2000). Influência de cinco temperaturas de secagem no rendimento e composição do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, V.3, N.1, P.73-78.