



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**DESHIDRATACIÓN DE MASHUA *Tropaeolum tuberosum* PARA LA
OBTENCIÓN DE HOJUELAS**

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial

Autor: MARIO VINICIO LARA RAMOS

Director: Ing. Ángel Satama MSc.

Ibarra-Ecuador

2017

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



NOMBRE: Mario Vinicio Lara Ramos

DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 100310681-0

FECHA DE NACIMIENTO: 07 de Febrero de 1990

ESTADO CIVIL: Soltero

DIRECCIÓN: Calle Shyris y Quilago

TELÉFONO: 0992242709

E-MAIL: osirismm6@hotmail.com

AÑO: 2017

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

FICAYA-UTN

MARIO VINICIO LARA RAMOS, “DESHIDRATACIÓN DE MASHUA *Tropaeolum tuberosum* PARA LA OBTENCIÓN DE HOJUELAS”. TRABAJO DE GRADO. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial Ibarra, 23 de enero del 2017.

DIRECTOR: Ing. Ángel Satama MSc.

La presente investigación tuvo como objetivo deshidratar mashua *Tropaeolum tuberosum* para la obtención de hojuelas.

Ibarra, 23 de enero del 2017



Ing. Ángel Satama MSc.
Director de Tesis



Mario Vinicio Lara Ramos
Autor

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue obtener hojuelas de mashua *Tropaeolum tuberosum* variedad amarilla mediante deshidratación, en forma de rodajas con espesor de 2mm, la deshidratación fue realizada en estufa, estableciendo dos factores experimentales: la temperatura de trabajo (35 y 45 °C) y velocidad de aire de secado (0,80 y 1,35 m/s). Se aplicó el Diseño Completamente al Azar (D.C.A.) con arreglo factorial (A x B) con tres repeticiones. La mashua recién cosechada presenta sabor picante, es necesario acondicionar las rodajas con un pretratamiento térmico de 90°C por un tiempo de 4 minutos.

La materia prima recién cosechada presento una humedad de 88,7% y después de un pretratamiento térmico alcanzo el 93% de humedad, el tiempo requerido para llegar a una humedad de 6,43% es de 4,67 horas siendo el tratamiento cuatro (T4) el que presenta dichas características. Sin embargo, el tratamiento uno (T1) presenta las mejores condiciones en lo que se refiere a retención de actividad antioxidante. Durante la deshidratación se registra la pérdida de peso a intervalos cortos de tiempo hasta obtener peso constante, con los resultados obtenidos se observa que las curvas de secado para los

cuatro tratamientos presentaron un período constante, seguido de un período decreciente, hasta alcanzar la humedad de equilibrio.

Palabras clave: deshidratación, actividad antioxidante, período constante, período decreciente

ABSTRACT

The objective of this research was to obtain flakes of mashua *Tropaeolum tuberosum* yellow variety by dehydration, in the form of slices with a thickness of 2 mm, dehydration was carried out in an oven, establishing two experimental factors: working temperature (35 and 45 ° C) and Drying air velocity (0.80 and 1.35 m / s). The Completely Random Design (D.C.A.) was applied with factorial arrangement (A x B) with three replicates. The freshly harvested mashua has a spicy taste, it is necessary to condition the slices with a thermal pretreatment of 90 ° C for a time of 4 minutes.

The raw material recently harvested had a humidity of 88.7% and after a thermal pretreatment reached 93% of humidity, the time required to reach a humidity of 6.43% was 4.67 hours with treatment four (T4) which has these characteristics. However, treatment one (T1) has the best conditions

in terms of retention of antioxidant activity. During dehydration, the weight loss is recorded at short intervals until constant weight is obtained, with the results obtained that the drying curves for the four treatments presented a constant period, followed by a decreasing period, until reaching the humidity of balance.

Keywords: dehydration, antioxidant activity, constant period, decreasing period

INTRODUCCIÓN

El Ecuador al igual que otros países con los que comparte la Cordillera de los Andes, tiene el gran privilegio de contar con muchos tubérculos andinos, sin embargo a pesar de esto no los valoramos, un claro ejemplo de dicha afirmación es la mashua, que es un tubérculo andino heredado desde nuestros antepasados, la producción y consumo han quedado rezagados debido a la falta de conocimiento y divulgación de las propiedades alimenticias, medicinales y nutricionales que posee este tubérculo.

MASHUA

La mashua es una especie rústica, que puede crecer bien a temperaturas bajas y

en suelos pobres, sin necesidad de fertilizantes. Además, es resistente a nematodos, insectos y varias plagas, como el gorgojo de la papa. Por esta razón, en los Andes se siembra habitualmente como cerco perimétrico de protección de otros cultivos. Su ciclo de cultivo varía entre 6 y 9 meses, llegando a producir rendimientos superiores a los de otras tuberosas andinas. Los tubérculos de la mashua tienen un elevado contenido de proteínas (mayores a los de la papa, la oca y el olluco), carbohidratos, fibra, ácido ascórbico (vitamina C) y calorías. También contienen una elevada concentración de glucosinolatos aromáticos que al ser hidrolizados se transforman en isotiocianatos, compuestos químicos responsables de otorgar el típico sabor picante a los tubérculos. Los isotiocianatos son conocidos por sus propiedades antibióticas, insecticidas, nematicidas, anticancerígenas y diuréticas, lo que contribuye a sustentar el uso tradicional de la mashua en la medicina folclórica de los Andes. (Manrique et al. 2013).

DESHIDRATACIÓN

“El proceso de deshidratación tiene como objetivo conservar la calidad de los alimentos mediante la disminución del contenido de humedad, lo que evita la contaminación microbiológica de los

productos durante el almacenamiento y alarga su tiempo de vida útil” (Fernández, Muñiz , García, Cervantes, & Fernández, 2015).

Cabe destacar que el secado por flujo de aire caliente es uno de los procesos más utilizados para la deshidratación de frutas por ser eficiente, productivo, económico y de fácil manejo gracias a las nuevas tecnologías. Este método de deshidratación, elimina el agua de los alimentos por medio de calor mediante la evaporación, lo que impide el crecimiento de algunas bacterias que no pueden vivir en medios secos (Vásquez Osorio et al., 2014, citado en Fernández et al., 2015).

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE DESHIDRATACIÓN DE UN ALIMENTO

TEMPERATURA DE AIRE DE ENTRADA

El secado o deshidratación de vegetales a altas temperaturas afecta las propiedades organolépticas del producto y su valor nutricional; durante esta operación pueden cambiar la textura, el color, la densidad, la porosidad y las características de adsorción de materiales; también se pueden presentar los fenómenos de endurecimiento y

encogimiento, por lo que la temperatura de secado es una variable a tener en cuenta en los estudios cinéticos, pues aunque temperaturas elevadas pudieran acelerar el proceso, la pérdida de calidad del producto no compensaría la reducción de tiempo del proceso. (Hincapié, Omaña, Hincapié, Arias, & Vélez , 2010)

VELOCIDAD DE AIRE

La velocidad del aire del secador tiene como funciones principales, en primer lugar, transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el alimento facilitando su evaporación. En segundo lugar, ayuda a transportar la humedad saliente del material. La velocidad de secado aumenta a medida que incrementa la velocidad de aire que fluye sobre el alimento. A mayor velocidad, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado (Sánchez, 2015).

Al incrementar velocidad de aire altas, se aumenta la velocidad de transferencia de masa por convección y a su vez aumenta la velocidad de deshidratación. Sin embargo, velocidades excesivamente altas del aire provocan arrastre del producto, incremento de costos de operación debido al mayor gasto energético requerido para calentar y

hacer circular una mayor masa de aire (Colina, 2010).

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Algunos solutos como azúcares, almidones, gomas, proteínas y sales, interactúan con el agua del alimento, disminuyendo la velocidad de transporte de agua y por consiguiente la velocidad de deshidratación (Colina, 2010).

ESTRUCTURA CELULAR

Algunos solutos como azúcares, almidones, gomas, proteínas y sales, interactúan con el agua del alimento, disminuyendo la velocidad de transporte de agua y por consiguiente la velocidad de deshidratación (Colina, 2010).

FORMA Y TAMAÑO DEL PRODUCTO

Cuando los alimentos se rebanan o cortan en finos segmentos aumenta su área superficial y esto facilita la deshidratación, ya que disminuye el grosor del producto y, por tanto, se reduce la distancia entre cualquier punto interno del alimento y la superficie. (Colina, 2010)

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La actividad antioxidante de un alimento, a diferencia de la sola medición del contenido de un antioxidante determinado, la medición de la actividad antioxidante de un alimento permite cuantificar la capacidad o actividad que tendrían todos los compuestos antioxidantes presentes, entre los que se encuentran vitaminas, carotenoides, polifenoles, flavonoides; que actúan simultáneamente como una mezcla de compuestos antioxidantes (INTA, 2011). No obstante, Al medir individualmente cada uno de los diferentes antioxidantes procedentes del alimento, no se puede obtener el valor real de la capacidad antioxidante total ya que existen efectos de sinergia entre ellos que pueden alterar el valor de la capacidad total (Gutiérrez, Ledesma, García & Grajales, 2007, citado en Pérez, 2014).

“Estudios recientes indican que la mashua es fuente importante de actividad antioxidante y es comparado con arándano, un cultivar premier y que es considerado una de las frutas con alto contenido de actividad antioxidante y que en términos de nutrición es excelente” (Cuya, 2009).

Asimismo, Calsin, Aro, & Tipacti, (2016) afirman que la mashua presenta un alto contenido de compuestos antioxidantes,

como fenólicos, antocianinas, carotenoides y capacidad antioxidante comparados a otros tubérculos andinos (papa, olluco, oca). Los fitoquímicos responsables de la capacidad antioxidante están relacionados con los compuestos fenólicos y carotenoides.

MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental se realizó en el Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina, ubicada en el Cantón Mejía, Provincia de Pichincha.

Se analizó la actividad antioxidante en la materia prima y producto final. Se planteó 4 tratamientos: T1 (Temperatura de 35 °C y Velocidad de aire de 0,80 m/s), T2 (Temperatura de 35 °C y Velocidad de aire de 1,35 m/s), T3 (Temperatura de 45 °C y Velocidad de aire de 0,80 m/s), T4 (Temperatura de 45 °C y Velocidad de aire de 1,35 m/s)

La actividad antioxidante se realizó por el método MO-LSAIA-13 de reducción de la absorbancia ABTS de reducción de la absorbancia 2,2-bis--azino (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) o ABTS.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La investigación “Deshidratación de mashua *Tropaeolum tuberosum* para la obtención de hojuelas” define los siguientes resultados:

CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La caracterización de la mashua objeto de estudio se realizó inmediatamente después de la cosecha a los seis meses. Según Suquilanda (2011), la cosecha se realiza entre los 5-6 meses después de la siembra en suelos que se encuentran sobre los 2 900 metros del nivel del mar. A continuación en la Tabla 1 se detalla los resultados obtenidos de la caracterización de la mashua, realizada en los laboratorios del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la Estación Experimental Santa Catalina.

Tabla 1. Composición química proximal de la mashua variedad "amarilla chaucha".

Análisis	Unidad	Resultados
Humedad	%	88,96
Cenizas **	%	5,61
Grasa **	%	2,76
Proteína**	%	14,19
Fibra **	%	6,23
Extracto libre de nitrógeno **	%	71,2

Datos expresados en **base seca

Fuente. (INIAP, 2015)

Los valores obtenidos en el análisis proximal de la mashua variedad “Amarilla chaucha” se asemejan a los valores reportados por Espín, Villacrés & Brito (2004). Sin embargo el contenido de proteína de la mashua en esta investigación reporta valores superiores de este parametro a los autores ya mencionados, incluso aventaja a otros tubérculos andinos como: la jícama 3,73%, el melloco 10,01%, la oca 4,60% y la zanahoria blanca 5,43%. “El contenido de estos compuestos puede variar debido a la variabilidad genética, el clima, y el tipo de suelo”. (Espín, Villacrés, & Brito, 2004)

Tabla 2. Composición físico químico de la mashua variedad "amarilla chaucha".

Análisis	Unidad	Resultados
Azúcares reductores **	%	40,71
Actividad antioxidante **	uMTrolox/g	37,67
Vitamina C	mg/100g	19,78
Acidez titulable	%	0,22
pH	-----	6,70
Sólidos solubles	°Brix	6,00
Índice de madurez	-----	27,27

Datos expresados en **base seca

Fuente. (INIAP, 2015)

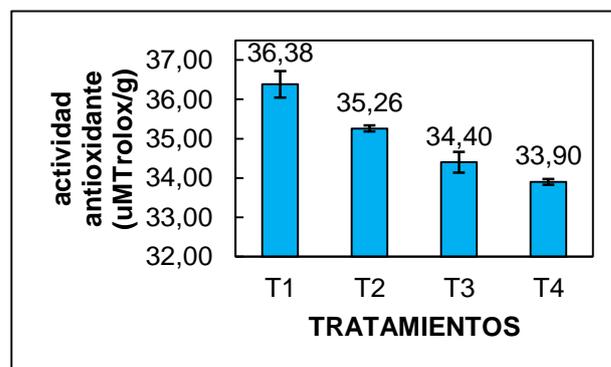
El valor encontrado de actividad antioxidante en la mashua investigada fue de 37,67 uMTrolox/g base seca y 4,16 uMTrolox/g base húmeda, estos valores se asemejan a los encontrados por Temoche, Campos, Chirinos, & Cisneros, (2004) donde el contenido de actividad

antioxidante de la mashua fresca fue de 5,8 uMTrolox/g de mashua en base húmeda.

ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN LAS HOJUELAS DESHIDRATADAS

Al emplear los diferentes tratamientos, se afirma que tanto la temperatura como la velocidad de secado inciden en la pérdida de actividad antioxidante, por ende el uso de temperaturas bajas como el tratamiento T1 (temperatura 45°C y velocidad de aire 0,80m/s) tiene una pérdida de 3,42% menor a diferencia de los tratamientos T2, T3 y T4.

Gráfico 1. Actividad antioxidante de las hojuelas deshidratadas.

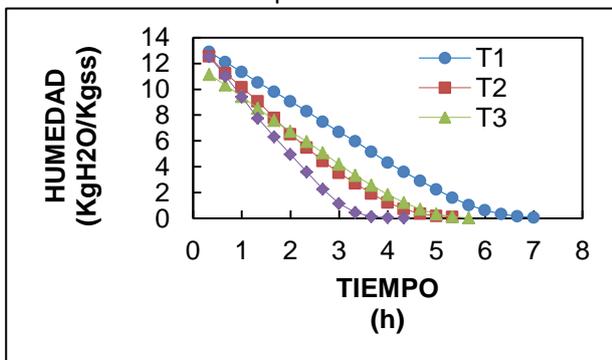


Al emplear temperaturas de 35 °C y velocidades de aire de secado de 0,80-1,35 m/s se registra mayor retención de actividad antioxidante en las hojuelas, sucediendo lo contrario a temperatura de 45 °C. Algo semejante ocurre en la

investigación de Cuya (2009), sometió a secado mashua variedad "zapallo amarillo" en rodajas de 2mm de espesor en bandejas a temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C, y 1,4m/s de velocidad de aire constante; observando mayor retención de actividad antioxidante en hojuelas de mashua a 40°C. Es decir, las elevadas temperaturas por tiempos prolongados ocasionan pérdidas de vitamina C y compuestos fenólicos, los cuales son principales contribuyente de la actividad antioxidante. Así mismo, Claudio y Nájera (citado en Paucar, 2014) señalan que tanto la temperatura como el tiempo de cocción pueden afectar las propiedades antioxidantes de las frutas y verduras ya sea aumentando o disminuyendo esta actividad.

CURVAS DE SECADO DE HOJUELAS DE MASHUA

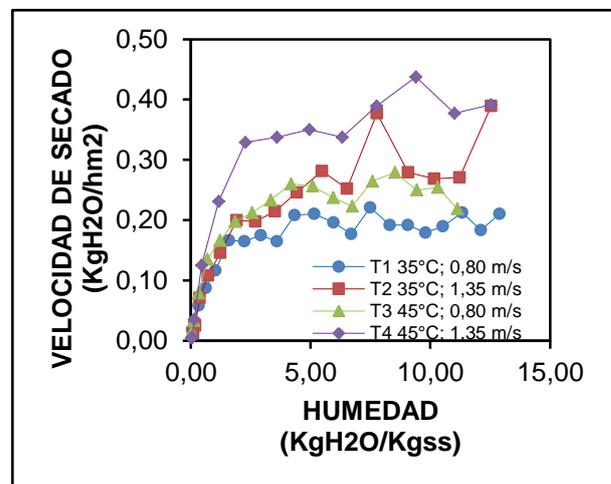
Gráfico 2. Contenido de humedad en función del tiempo de secado



Como era de esperarse, la temperatura influye fuertemente en el proceso, es decir al emplear temperaturas elevadas se reduce

el tiempo de secado, sin embargo hay que tomar en cuenta que la temperatura viene acompañada por la velocidad de aire, ya que al elevar la velocidades de aire aumenta la transferencia de calor al producto, donde la reducción del tiempo y el aumento de la humedad crítica es influenciada por el empleo de velocidades de aire altas.

Gráfico 3. Curvas de velocidad de secado en función de la humedad



La velocidad de secado fue fuertemente influenciada por la temperatura, sin embargo, al combinar con diferentes velocidades de aire, la velocidad de secado aumenta. En el gráfico 8 se puede evidenciar que el tratamiento T2 (35°C y 1,35 m/s) supera al tratamiento T3 (45°C y 0,80 m/s), es decir al emplear temperaturas bajas y combinar con velocidades de aire altas, la velocidad de secado y el coeficiente de convección de transferencia de calor aumentan, permitiendo un menor tiempo de secado. Por otro lado, la velocidad de secado en el tratamiento T4

(45°C y 1,35 m/s) es casi el doble en comparación al tratamiento T1 (35°C y 0,80 m/s) esto se debe a lo ya mencionado anteriormente.

CONCLUSIONES

La madurez recomendada para la obtención de hojuelas de mashua deshidratada es utilizar tubérculos cosechados a los seis meses, ya que los mismos presentan firmeza luego del escaldado a 90 °C por 4 minutos, sin embargo la mashua soleada y escaldada a niveles de temperatura y tiempo antes mencionado se desintegra, volviéndose el producto inadecuado para este propósito.

En el proceso de deshidratación de las hojuelas de mashua las dos temperatura de 35 °C y 45 °C, presentaron los dos periodos de secado, donde el tiempo del período constante es menor en relación al período decreciente, debido a que el escaldado modificó su estructura celular facilitando la difusión de agua, mientras que el periodo decreciente dificulta la migración de agua, debido al contenido alto de carbohidratos y proteínas de la mashua.

El mejor tratamiento fue T1 (temperatura de 35 °C y velocidad de aire de 0,80 m/s),

que presentó mayor retención de actividad antioxidante de 36,38 uMTrolox/g en las hojuelas de mashua deshidratada el cual tuvo una pérdida de 3,42%.

RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones de deshidratación con diferentes variedades de mashua utilizando los mismos factores estudiados.

Evaluar con tiempos menores de escaldado, con el objetivo de reducir perdidas de vitaminas C debido a que es un componente principal de la actividad antioxidante.

Evaluar el contenido de actividad antioxidante de mashua, en el proceso de secado natural.

BIBLIOGRAFÍA

Fernández, D., Muñiz , S., García, A., Cervantes, R., & Fernández, D. (2015). Cinética de secado de fruta bomba (Carica papaya L., cv. Maradol Roja) mediante los métodos de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 22-28.

- Calsin, M., Aro, J., & Tipacti, Z. (2016). Evaluación de la eficacia de antioxidantes de Isaño (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) en la oxidación de aceite de soya. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 18(2), 143-150.
- Colina, M. L. (2010). *Deshidratación de alimentos*. Trillas.
- Cuya, R. A. (2009). "EFECTO DE SECADO EN BANDEJA Y ATOMIZACIÓN SOBRE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA MASHUA (*Tropaeolum tuberosum* R & P)". Lima.
- Hincapié, G., Omaña, M., Hincapié, C., Arias, Z., & Vélez, L. (2010). Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en la citropulpa. *Lasallista de Investigación*, 7(2), 85-93.
- INTA. (2011). *ANÁLISIS DE ANTIOXIDANTES: ¿QUÉ Y CÓMO SE DEBEN MEDIR?* Recuperado el 10 de 09 de 2015, de PortalAntioxidantes: <http://www.portalantioxidantes.com/analisis-de-antioxidantes/>
- Manrique, I., Arbizu, C., Vivanco, F., Gonzales, R., Ramírez, C., Chávez, O., y otros. (20 de 12 de 2013). *Colección de germoplasma de mashua conservada en el Centro Internacional de la Papa (CIP)*. Recuperado el 02 de 09 de 2015, de Centro Internacional de la Papa: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2015/01/006159-mashua.pdf>
- Paucar, S. (2014). *COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE DOS VARIEDADES MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*): AMARILLA CHAUCHA Y ZAPALLO*. Quito.
- Pérez, C. A. (2014). *EFECTO DE LA FRITURA A PRESIÓN REDUCIDA EN EL CONTENIDO DE ANTIOXIDANTES DE MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*)*. Quito.
- Sánchez, M. (2015). *Deshidratado convencional por aire forzado de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) y zanahoria (*Daucus carota*), evaluación del efecto en las propiedades físicas y nutraceuticas*. Santiago de Querétaro.
- Suquilanda, M. (26 de 01 de 2011). *Producción orgánica de cultivos andinos (manual)*. Recuperado el

10 de 08 de 2015, de Technologies and practices for small agricultural producers:

http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf

Temoche, M., Campos, D., Chirinos, R., & Cisneros, L. (2004). *“Evaluación de los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante presente en 30 genotipos de mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz y Pavon)”*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.