



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES

**ELABORACIÓN DE INFORMES FINALES - PRO**



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES

**ELABORACIÓN DE INFORMES FINALES - PROYEC**

Elaborado por: Vicerrectoría de Investigaciones

F-04-MP-06-02-02  
V-03-2016

Elaborado por: Vicerrectoría de Investigaciones

F-04-MP-06-02-02  
V-03-2016

Fecha de presentación del Informe: Día  Mes  Año **1. Datos generales del Proyecto**

<b>Código del proyecto:</b> 2906			
<b>Título del proyecto:</b> OBTENCIÓN DE ALOE VERA (Aloe Barbadensis Miller) EN POLVO CON RETENCIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y NUTRICIONALES. MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS			
<b>Facultad o Instituto Académico:</b> Facultad de Ingeniería			
<b>Departamento o Escuela:</b> Ingeniería de Alimentos			
<b>Grupo (s) de investigación:</b> GIPAB (GRUPO DE INVESTIGACION EN INGENIERIA DE LOS PROCESOS AGROALIMENTARIOS Y BIOTECNOLOGICOS)			
<b>Entidades:</b> Universidad del Valle			
Palabras claves: Aloe vera, secado, ventana de refractancia, propiedades fisicoquímicas			
Investigadores <sup>1</sup>	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Alfredo A. Ayala Aponte	2 h/semana	2 h/semana
Coinvestigadores	Jose David Cárdenas Nieto (Estudiante Maestría)	40 h/semana	40 h/semana
Otros participantes	Monitores de Investigación: Gisselle Juri Morales, Paula Escobar Maria Alejandra Pantoja Sanchez Alexandra Pantoja, Evelin Natalia Zuñiga M.	5h/semana	5h/semana

<sup>1</sup> Todas las personas relacionadas en el informe y que participan en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.



## 2. Resumen ejecutivo:

El Aloe vera es un producto de interés debido a sus componentes bioactivos que le confieren propiedades medicinales. El uso potencial del Aloe vera, implica algún tipo de procesamiento que permita conservar sus propiedades nutricionales. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia del espesor de la muestra (5 y 10 mm) y la temperatura de secado (60, 70, 80, 90°C) por la técnica de Ventana de Refractancia sobre las cinéticas de secado, el color, volumen y relación de rehidratación en láminas de Aloe vera, así mismo sobre la solubilidad, viscosidad, vitamina C, E y capacidad antioxidante en Aloe vera en polvo reconstituido en agua. Para las muestras en láminas de Aloe vera se calcularon los coeficientes de difusión y la energía de activación. Los valores experimentales de humedad fueron ajustados a los modelos de Newton, Page, Modificado de Page, Henderson Pabis, Logarítmico y Midilli Kuck. Los resultados mostraron que el aumento de temperatura disminuyó el tiempo de secado. Los tratamientos con espesor de 5 mm mostraron una reducción del tiempo en 50% respecto al de 10 mm. El coeficiente de difusión presentó mayores valores con el incremento de la temperatura y del espesor. El modelo de Midilli Kuck obtuvo estadísticamente el mejor ajuste para ambos espesores de Aloe vera. El cambio de volumen de las láminas de Aloe vera presentó una relación lineal respecto a la pérdida de humedad. El cambio de color mostró mayor influencia con el factor espesor, siendo mayor los cambios a 10 mm. La relación de rehidratación de muestras secas y la solubilidad de Aloe vera en polvo aumentaron con la temperatura y con menor espesor, siendo el espesor de 5 mm los que mostraron los mayores valores. La temperatura influyó significativamente sobre los contenidos de vitaminas C, E, capacidad antioxidante y la viscosidad en Aloe vera en polvo reconstituida en agua.

### Abstract

Aloe vera is a product of interest for its bioactive components that give it medicinal properties. The potential use of Aloe vera, often involves some type of processing that allows to preserve its nutritional properties. The aim of this study was to evaluate of samples thickness (5 and 10 mm) and drying temperature (60, 70, 80 and 90 ° C) through Refractance Window on kinetics of drying, color, volume, ratio rehydration, solubility in water, viscosity, vitamin C, E and antioxidant capacity were evaluated. Additionally, diffusion coefficient, activation energy were estimated. The experimental values of moisture were fitted using Newton, Page, Modified's Page, Henderson



Pabis, Logarithmic and Midilli Kuck models. The results showed that the increase in temperature decreased the drying time, in addition the thickness of 5 mm dried in half the time than 10 mm. The diffusion coefficient obtained the highest values with the increase in temperature and thickness. The Midilli model showed the best fit of drying kinetics, obtained the best fit for both thicknesses. The change in volume presented a linear relationship with respect to humidity. On the other hand, the color had influence of the thickness factor, presenting an increase of the parameter  $a^*$ . The ratio rehydration and the solubility increase with temperature, in addition it obtained the highest values in the samples of 5 mm. The temperature had a significant effect on vitamin C, E, antioxidant capacity and viscosity.

### 3. Síntesis del proyecto:

#### Tema

El interés de llevar a cabo este proyecto surgió de la necesidad de reducir las pérdidas nutricionales, cambios físicos y químicos del Aloe vera cuando se someten a procesos de secado.

El Aloe vera se ha convertido en una de las materias primas más importantes en la industria de alimentos, dado que representa una fuente emergente de componentes bioactivos. El gel de Aloe vera es empleado en la industria de alimentos para la preparación de bebidas saludables, como ingrediente en otros productos; lácteos, helados y confitería. Esta planta es altamente perecedera después de la cosecha, debido a que su alto contenido de agua hace que sea susceptible a deterioro microbiológico. Por lo cual, el uso potencial del Aloe vera, implica algún tipo de procesamiento que permita conservar los componentes bioactivo. Las técnicas más comunes para prolongar la vida útil de este producto son el secado con aire caliente y aspersion. Sin embargo, estos métodos causan una degradación significativa en términos de calidad física y nutricional. Por tal motivo se plantea la Ventana de Refractancia (VR) como alternativa de secado para reducir la degradación fisicoquímica, nutricional y organoléptica de los alimentos, y mejorar la eficiencia energética de la operación de secado. Este método es capaz de deshidratar alimentos en cortos tiempos, manteniendo su integridad con respecto a aromas, sabores y nutrientes



## **Objetivo general**

Evaluar el secado por ventana de refractancia en la calidad fisicoquímica, nutricional y funcional en la obtención de Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) en polvo.

## **Objetivos específicos**

- Establecer el efecto de la temperatura de proceso y el espesor de muestra sobre las cinéticas de secado y propiedades fisicoquímicas (color y rehidratación) de láminas de Aloe vera secada por VR.
- Determinar la influencia de la temperatura de secado por VR y espesor de muestra sobre la retención nutricional (vitamina C y E) y funcional (capacidad antioxidante) de Aloe de vera en polvo, así como solubilidad y Viscosidad (curva de flujo) del Aloe de vera disuelta en agua.

## **Metodología**

### **Muestra**

Se emplearon hojas de Aloe vera (*Aloe barbadensis Miller*) adquiridas en un supermercado de cadena especializado en vegetales de la región y se almacenaron a 4°C hasta su uso. Las hojas se seleccionaron por su color, tamaño y consistencia; se lavaron con agua potable y se removió la epidermis del gel, dejando escurrir el exudado, que emana debajo de la cáscara, por una hora. Posteriormente se cortaron y se formaron láminas con dimensiones de 25x15 mm, con dos niveles de espesor de 5 y 10 mm.

### **Secado**

Se empleó un equipo piloto para reproducir el principio de VR. Este consistió en un baño termostático (Precision General Purpose Walter Baths), con una cámara de acero inoxidable de capacidad de 5,5 L. El equipo consta de dos controles de temperatura y una resistencia eléctrica en el fondo de la cámara. El tanque se llenó de agua, colocando sobre su superficie una membrana de poliéster transparente tipo Mylar™, haciendo contacto directo del agua con la superficie interna de la membrana.



Los experimentos se realizaron por triplicado, siguiendo un diseño factorial 4X2 completamente aleatorio para analizar el efecto de la temperatura de secado (60, 70, 80, 90°C) y el espesor de muestra (5, 10 mm)

### ***Variables de respuesta***

Contenido de humedad

Método AOAC 20.013. Estufa de secado a 70°C durante 24 h, basado en la diferencia de pesos antes y después de secado. Se utilizó una estufa de secado (Binder, E28, Alemania) y una balanza digital de 0,0001 g de precisión (Mettler-Toledo, AE100, Suiza).

Variabes indirectas

Para la determinación del coeficiente de difusión se empleó la solución analítica de la segunda ley de Fick. La determinación de la energía activación se realizó por medio de la ecuación de Arrhenius. Las cinéticas de humedad se ajustaron por medio de seis modelos empíricos de secado de materiales biológicos

Volumen e índice de encogimiento

El volumen de las muestras se midió mediante un calibrador digital (Red Line, USA) con precisión de  $\pm 0,01$  mm.

Color

Los cambios del color fueron medidos por un espectrofotómetro (Hunter Lab ColorFlex, USA), usando las coordenadas, Luminosidad ( $L^*$ ), verde/rojo ( $a^*$ ) y azul/amarillo ( $b^*$ ), utilizando como referencia iluminante D65 y el observador 10

Rehidratación

Los experimentos se realizaron con un contenido de humedad inicial de muestras seca aproximado de 0,10 g agua/g s.s. Se agregó 1 g de muestra seca en 40 mL de agua destilada a 25°C. Las muestras se pesaron a diferentes tiempos de rehidratación.

Molienda



Se empleó un molino decuchilas (IKA A 11 basic). El polvo obtenido se pasó por un tamiz malla # 40, obteniendo un tamaño de partícula menor a 420  $\mu\text{m}$ .

#### Solubilidad en agua

1 g del polvo se agregó a 100 mL de agua destilada en agitación a 1000 rpm durante 9 min. Posteriormente, la solución se centrifugó a 3000 g por 5 min. Después, se tomó una alícuota de 25 mL del sobrenadante y se transfirió a una caja Petri, previamente pesada, la cual se llevó a un horno a 105°C durante 24 h

#### Viscosidad

El polvo de Aloe vera, previamente tamizado, se reconstituyó de acuerdo a su contenido de humedad inicial. La solución se estabilizó durante 15 min y posteriormente se realizó la medición de la viscosidad mediante un viscosímetro Brookfield (modelo DV-II, USA) a 20°C.

#### Vitamina C

Se realizó a partir de la metodología USP 35-NF30 Ed. 2012, empleado un cromatógrafo de alta eficiencia (HPLC)

#### Vitamina E

Se empleó la metodología AOAC, 948.26. Ed.18 2005, utilizando un cromatógrafo de alta eficiencia (HPLC)

#### Capacidad antioxidante

Se preparó una solución de 2,2 difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) a una concentración de 0,15 M. usando un espectrofotómetro (Mapada Instruments UV-3200PCS) se midió la absorbancia a 517 nm de la mezcla del extracto de Aloe vera y la solución de DPPH.

### Resultados obtenidos

#### Cinéticas de secado



El incremento de la temperatura y menor espesor de muestra se obtuvo la mayor pérdida de humedad (mayor velocidad de secado), lo que significa reducción de los tiempos de secado. Las muestras de 5 mm mostraron una reducción del 50% en el tiempo de proceso respecto a las de 10 mm. Estos tiempos de secado fueron inferiores a otros métodos reportados en la literatura científica.

#### Coeficiente de difusión y energía de activación

El coeficiente de difusión efectivo de humedad en Aloe vera fue influenciado por la temperatura de proceso y el espesor de muestra, notándose que con el aumento de la temperatura y con mayor espesor se incrementó el valor del coeficiente de difusión. La energía de activación fue mayor en las muestras de 10 mm.

#### Modelación cinética de secado

Los modelos cinéticos Midilli Kuck, Logarítmico, Page y el Modificado Page presentaron buen ajuste a las cinéticas de secado. Sin embargo, el modelo Midilli Kuck estadísticamente fue el de mejor ajuste, indicando que es apropiado para reproducir las cinéticas de secado de Aloe vera por Ventana de refractancia.

#### Volumen e índice de encogimiento

Se observó una relación lineal entre el índice de encogimiento y la relación de humedad en todos los tratamientos. Se observó mayor pérdida de volumen a mayor temperatura ( $p < 0.05$ ).

#### Color

Las láminas de Aloe vera de 5 mm de espesor presentaron significativamente ( $p < 0.05$ ) menores cambios de color respecto a las de 10 mm, atribuidas a poca presencia de aloína, factor que aumentó el parámetro  $a^*$ ; mientras que la temperatura no influyó significativamente.

#### Rehidratación

La temperatura de secado y el espesor de la muestra evidenciaron influencia significativa ( $P < 0.05$ ) sobre la rehidratación. A mayor temperatura y menor espesor (5 mm) la relación de rehidratación fue mayor.

#### Solubilidad en agua



El aumento de la temperatura de secado y el espesor de la muestra, generó un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) en el valor de la solubilidad del polvo de Aloe vera disuelta en agua.

#### Viscosidad

La temperatura influyó significativamente ( $p < 0.05$ ) sobre la viscosidad del Aloe vera en polvo reconstituida en agua, disminuyendo su viscosidad. Las curvas de flujo presentaron un comportamiento pseudoplástico.

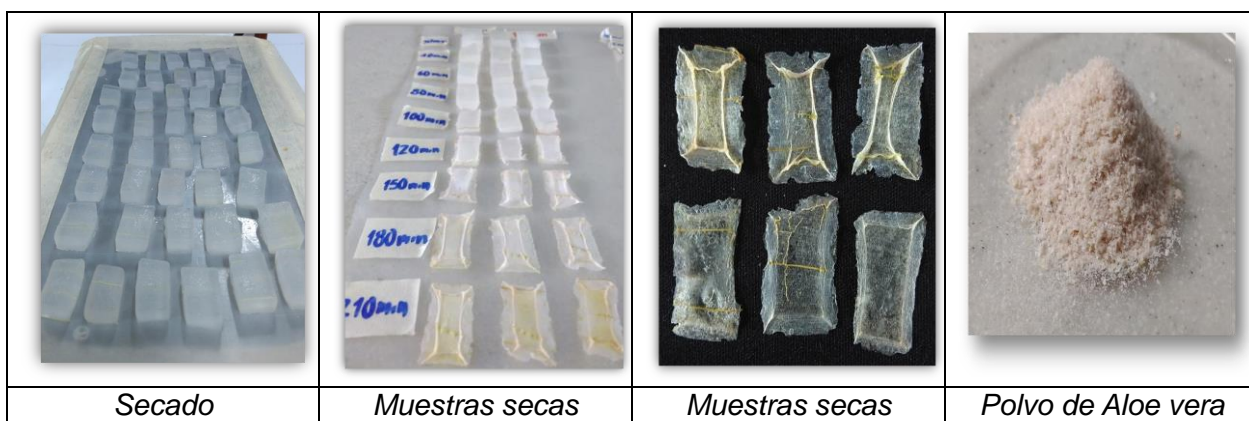
#### Vitamina C y E

Los valores de vitamina C disminuyeron con el aumento de la temperatura para el espesor de 5 mm; 70 y 60°C presentaron las menores pérdidas; mientras que la vitamina E no cambió significativamente ( $P > 0.05$ ) por efecto del espesor y la temperatura.

#### Capacidad antioxidante

La temperatura evidenció un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la capacidad antioxidante, reduciendo su valor respecto a la muestra fresca.

#### Imágenes de Aloe vera durante el proceso



#### Principales conclusiones y/o recomendaciones

- La técnica por ventana de refractancia es altamente potencial para el secado de láminas de Aloe vera y para la obtención de producto en polvo. El mejor tratamiento del proceso fue 70°C a 5 mm, por presentar mayor relación de rehidratación y menor cambio de color en las láminas de Aloe vera, y por obtener mayor retención de vitamina C y capacidad



antioxidante en el producto en polvo. Además, la muestra de 5 mm se deshidrata más rápido con un 50% menos del tiempo respecto a la de 10mm.

**Impactos actual o potencial:**

La técnica de VR evidenció reducción del tiempo de secado y pérdida de calidad de Aloe Vera comparado con los resultados de otros métodos reportados en la literatura científica. Con el método de Liofilización se alcanzan mas de 24 h, con aire caliente entre 7 y 12 horas, mientras que con ventana de refractancia variaron entre 60 y 120 min.

Por otra parte, mediante los resultados obtenidos en la investigación, se realizó una publicación de un artículo científico y dos ponencias.

**5. Productos:**

**Tabla No. 1. Cantidad y tipo de productos pactados en el Acta de Trabajo y Compromiso y productos finalmente presentados**

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS				No. de PRODUCTOS PRESENTADOS			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
<b>Productos de nuevos conocimientos</b>								
Artículo en revista ISI-SCOPUS:				1			1	
Artículo completo publicado en revistas indexadas	A1	A2	B	C	A1	A2	B	C
Libros de autor que publiquen resultados de investigación								
Capítulos en libros que publican resultados de investigación								
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados								
<input type="checkbox"/> Prototipos y patentes								

Elaborado por: Vicerrectoría de Investigaciones



TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
<input type="checkbox"/> Software				
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial				
Normas basadas en resultados de investigación				
<b>Formación de recursos humanos</b>	No. de estudiantes vinculados	No. de tesis	No. De estudiantes Vinculados	No. De tesis
Estudiantes de pregrado	2	1	4	1
Semillero de Investigación			1	
Estudiantes de maestría	1		1	
Estudiantes de doctorado				
Joven investigador				
<b>Productos de divulgación</b>				
Publicaciones en revistas no indexadas				
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
<b>Propuesta de investigación</b>	1		1	1
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.		1		1

**Tabla No. 2. Detalle de productos**

Para cada uno de los productos obtenidos y relacionados en la tabla anterior, indique la información solicitada para cada uno, anexando copia de las respectivas constancias. Como anexo a este formato encontrará el instructivo para instructivo para la revisión de informes finales y productos

**Artículo publicado Será sometido al comité**

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	Evaluación de temperatura de secado por ventana de refractancia en Aloe vera (Aloe barbandesis M.)
Nombre Particular:	Evaluación de temperatura de secado por ventana de refractancia en Aloe vera (Aloe barbandesis M.)
Ciudad y fechas:	Bogotá. 2016
Participantes:	Alfredo Ayala Aponte, José David Cárdenas.
Sitio de información:	Revista Agronomía colombiana (Categoría A2 en el 2016)
Formas organizativas:	Grupo GIPAB. (Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos)

**Ponencia oral 1**

Tipo de producto:	Ponencia
Nombre General:	X Simposio de Ingeniería (2018) Ingeniería Innovación Desarrollo. Ventana de refractancia alternativa secado Aloe vera
Nombre Particular:	Ventana de refractancia alternativa secado Aloe vera
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali. (Colombia). 02, 03, 04 de Mayo 2018
Participantes:	Jose David Cárdenas, Alfredo Ayala Aponte
Sitio de información:	Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo GIPAB. (Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos)

**Ponencia oral 2**

Tipo de producto:	Ponencia
Nombre General:	Efecto del pretratamiento de escaldado en el secado de aloe vera por Ventana de refractancia
Nombre Particular:	Efecto del pretratamiento de escaldado en el secado de aloe vera por Ventana de refractancia
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali. (Colombia). 16, 17 y 18 de Mayo 2018
Participantes:	Ayala Aponte Alfredo, Moná Cortes Andrea, Pantoja Sánchez Maria, Cárdenas Nieto José David
Sitio de información:	IV Congreso internacional de investigación e innovación en ingeniería, ciencia y tecnología de alimentos.
Formas organizativas:	Grupo GIPAB. (Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos)

**Propuesta de investigación**

Tipo de producto:	Propuesta presentada en convocatorias externas
Nombre General:	Producción de harinas nutritivas a partir de residuos sólidos vegetales, generados en la cadena de producción-consumo de cultivos de interés agrícola
Nombre Particular:	Producción de harinas nutritivas a partir de residuos sólidos vegetales, generados en la cadena de producción-consumo de cultivos de interés agrícola
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali. (Colombia). 16, 17 y 18 de Mayo 2018
Participantes:	Alfredo Ayala Aponte, Dora Clemencia Villada, Nelson Alfonso Vega
Sitio de información:	COLCIENCIAS
Formas organizativas:	GIPAB. (Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos) GICITECA. (Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología Agroindustrial)

*La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:*



---

Firma del investigador principal  
**ALFREDO AYALA APONTE**

---

VoBo. Vicedecano de Investigaciones

*Por favor presente su informe impreso y en formato digital en hoja tamaño carta, letra arial 11,  
con espacios de 1 1/2*