

INFLUENCIA DE PRE TRATAMIENTOS CONVENCIONALES EN EL PROCESO DE SECADO DE PIÑA Y EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PRODUCTO FINAL

Buestán, Enrique; Santiago, España; Cornejo, Fabiola.
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Campus Gustavo Galindo Km 30,5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes pre-tratamientos como deshidratación osmótica, uso de antioxidantes y escaldado en la piña después del secado.

Una vez finalizado el secado de los diferentes pre-tratamientos se desarrollaron isotermas, con el fin de determinar el valor de las monocapas, las cuales están íntimamente relacionadas con la vida útil del producto.

Por otro lado, se analizó la velocidad de secado de las frutas, aquí se pudo observar que el producto con mayor velocidad de secado fue el que no sufrió ningún pre-tratamiento, lo que se relaciona con la vida útil.

Para completar la investigación se determinó la vida útil de la piña mediante el método descrito por Theodore Labuza. Mediante este estudio se corroboró los datos obtenidos mediante las isotermas y el tiempo aproximado de vida útil de los mismos. Los resultados observados demostraron que el producto con mayor vida útil fue el que no sufrió ningún pre-tratamiento previo al secado.

Todos los resultados fueron analizados estadísticamente mediante un diseño de experimentos, con el fin de comparar las variables de respuestas obtenidas durante el desarrollo del proyecto con un grado de significancia del 95%

Palabras Clave: Secado, deshidratación osmótica, antioxidantes, escaldado, enlaces Van Der Waals.

Abstract

The Aim in the investigation was to evaluate the effect of different pre-treatments as osmotic dehydration, use of antioxidant and scalded in the pineapple after the dried one.

Once finished the dried one of the different pre-treatments isotherms developed, in order to determine the value of the monolayers, which are intimately related to the useful life of the product.

Another side, the speed was analyzed of dried of the fruits, whit that was possible to observe that the product with major speed of dried was the one that did not suffer any pre-treatment, and this is relates to the useful life.

To complete the investigation the useful life of the pineapple decided by means of the method described by Theodore Labuza. In conclusion of this study the information obtained with the isotherms was corroborated and the approximate time of useful life of the same ones. The observed results demonstrated that the product with major useful life was the one that did not suffer any pre treatment before the dried one.

All the results were analyzed statistically an experimental design, in order to compare the variables of answers obtained during the development of the project with a degree of significancia of 95 %.

1. Introducción

La conservación de los alimentos se fundamenta en la aplicación de tratamientos que eviten el desarrollo de microorganismos y las reacciones de deterioro. Una de las condiciones para que se den estos efectos es la alta A_w de las frutas. Uno de los tratamientos más aplicados es el secado, el cual consiste en la reducción de la A_w . El problema con la aplicación del secado es que los productos secos, sensorialmente no son aceptados. Actualmente, existen tratamientos preliminares que son utilizados para mejorar las características organolépticas del producto final, sin embargo, podrían afectar significativamente a la vida útil. El desarrollo de esta investigación fue para establecer si los pre-tratamientos aplicados al proceso de secado producen cambios estructurales que afectan las características organolépticas y vida útil de los productos secos, y de esta manera determinar los parámetros más adecuados para obtener productos de alta calidad y competitivos en el mercado. Es por eso, que para dicho estudio, se analizó los efectos de los pre-tratamientos convencionales en la cinética de secado, utilizando el modelo de Fick. Además, se determinó la influencia de los pre-tratamientos en las características físico-químicas y estabilidad en percha del producto final.

2. Materiales y Métodos

Materiales

Se utilizó una de las variedades de Piñas más consumidas en el Ecuador *Ananas Comosus* localizada en la ciudad de Milagro. Con un color promedio del día 2.

Métodos

Caracterización físico-química.

Se midió la humedad según el método oficial 22.021(A.O.A.C.). Los sólidos solubles se determinaron midiendo el índice de refracción de las muestras en un refractómetro (A.O.A.C.). La actividad de agua se determinó según el método oficial 32.005 (A.O.A.C.). Además se midió el pH mediante un potenciómetro y el encogimiento de la piña a la salida del secador utilizando un vernier. Los datos físico-químicos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características Físicoquímicas.

Color	Verde Día 2 (Tabla 3)
A_w	0.991 +/- 0,007
H (%)	87.05 +/- 2
Sólidos Solubles $^{\circ}$ Brix	11,5 +/- 0,707
pH	3.946 +/- 0,418

Procedimiento

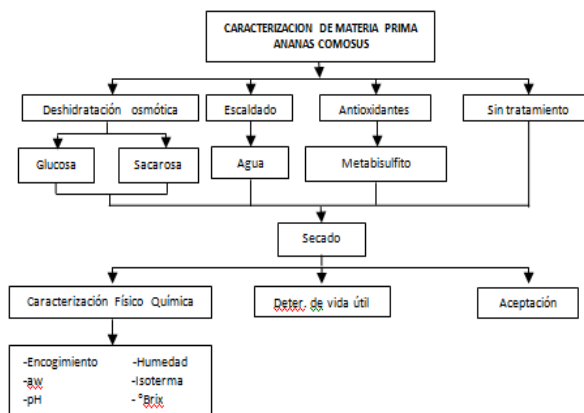


Figura 1. Esquema experimental realizado

Procedimiento general para la deshidratación de la piña.

La Deshidratación Osmótica se realizó con dos agentes osmóticos, Sacarosa y Glucosa a 60° Brix. Los pedazos de piña sometidos a este tratamiento se cortaron en forma de prisma con dimensiones de 4cm x 1cm x 1cm. La relación empleada fue de 4:1 fruta jarabe y fue monitoreado considerando el peso, humedad, A_w y grados Brix hasta las 5 horas de proceso. Las pruebas fueron realizadas por triplicado y con réplica.

Metodología del Escaldado

La Piña es una fruta que no se pardea con facilidad, sin embargo se sometieron las muestra al tratamiento de escaldado con el fin de inhibir la enzima polifenoloxidasasa. Este proceso se lo llevó a cabo con agua. Una vez finalizado el tratamiento se le realizó la prueba del guayacol obteniendo que a los 15 segundos de calentamiento a 100° C la enzima se inactiva (4).

Metodología del proceso de Agentes Antioxidantes.

Para el desarrollo de este proceso se trabajó con metabisulfito. Según estudios realizados por Chávez y Avanza (2006), la concentración adecuada para la inactivación enzimática es de 0,5% de metabisulfito. Las piñas fueron expuestas a estas soluciones por 3 minutos previos al proceso de secado (3).

Metodología del Proceso de Secado.

Una vez realizados los diferentes pre-tratamientos se procedió al secado. Este se realizó a una temperatura de 50 +/- 2 C y una humedad relativa de 68 +/- 2 C. Se monitoreó el peso de la fruta hasta peso constante (3).

Se utilizó el secador de bandejas fabricado en La Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la producción. Una vez terminado el proceso, se midió el producto para determinar el encogimiento, así también se analizó Aw y humedad. Todas las pruebas fueron realizadas por quintuplicado.

Con los datos obtenidos se realizaron las curvas de humedad libre vs tiempo.

Determinación de estabilidad de productos secos.

Una vez finalizado el proceso de secado con los diferentes tipos de pre-tratamientos, se realizaron las pruebas para determinar la estabilidad en percha de los productos. Primero, se determinó la humedad crítica de la piña seca. La humedad crítica se determinó colocando las muestras en baño de maría controlando la humedad a través del tiempo. Se tomaron cinco muestras y se analizaron sensorialmente mediante una escala hedónica de cinco puntos con cinco panelistas semientrenados y analizados estadísticamente, con un 95% de confiabilidad.

Adicionalmente, se calculó la densidad del producto para determinar la masa del producto en el empaque y el área del mismo. Una vez obtenidos dichos datos con las Isotermas de los diferentes pre tratamientos se obtuvo la humedad inicial y humedad de equilibrio.

Finalmente, se procedió a calcular la vida útil de los productos mediante el método de Labuza Ec1. Ec2.

$$\Theta_c = \frac{Ln \tau c}{(k/x) * (A/Ws) * (Po/b)} \quad Ec1.$$

$$\ln \tau = \ln \frac{me - mi}{me - m} \quad Ec2.$$

Humedad Crítica

Con el fin de obtener la humedad crítica de los diferentes productos, se desarrolló una prueba hedónica, en el que consistió introducir vapor de agua al alimento y evaluar sensorialmente cada cierto tiempo los cambios que se produzcan en el mismo. Para la evaluación del producto se explicó a los panelista que únicamente se desarrollará la prueba de manera visual.

Diseño Experimental.

El programa utilizado para el diseño experimental fue Minitab 14, con el fin de analizar los datos de una manera más objetiva.

Para el análisis de los datos se empleó como herramienta el ANOVA de un solo factor. Los niveles utilizados fueron cinco, los cuales correspondían uno a cada uno de los tratamientos estudiados.

Las variables de respuestas fueron vida útil, encogimiento, humedad crítica, coeficientes de difusividad en periodo constante y en periodo decreciente. El nivel de significancia seleccionado fue del 95% (P=0,05).

Las hipótesis se definieron de la siguiente manera:

Ho (hipótesis nula)= no existen diferencias significativas entre tratamientos.

Ha (hipótesis alternativa)= existen diferencias significativas entre tratamientos.

Si el p obtenido es menor o igual que 0,05, se concluye que las medias de uno o más pretratamientos son significativamente diferentes y que existe influencia significativa del pre-tratamiento sobre las variables de respuesta mencionadas anteriormente.

Si el p obtenido es mayor que 0,05, se concluye que entre las medias de uno o más pretratamientos no existen diferencias significativas y que no existe influencia significativa del pre-tratamiento sobre las variables de respuesta mencionadas anteriormente.

Para las comparaciones múltiples entre los pre-tratamientos se utilizó la herramienta de diferencia significativa mínima de Fisher, a fin de determinar cual pre-tratamiento tiene mayor efecto sobre la variable de respuesta, y cuales tiene similar efecto sobre la misma.

3. RESULTADOS

Cinética de Deshidratación Osmótica.

Los tiempos para alcanzar el 50% de reducción de peso del producto en la solución de glucosa y sacarosa fueron, 180 min y 120 min respectivamente.

Los factores que influyen principalmente en la transferencia de masa son: agente osmótico y el peso molecular. Por lo tanto, a mayor peso molecular del agente osmótico favorece a la pérdida de agua comparada con la ganancia de sólidos.

Sin embargo, no solo estos factores influyen en el fenómeno de la transferencia de masa, ya que también hay que tener en cuenta el encogimiento que sufre la piña, debido a que al cambiar la estructura del alimento, el diámetro de los poros disminuye, dificultando la entrada y salida de sólidos y agua.

Una vez obtenidos los coeficientes de transferencia de agua (K_w) y del sólido (K_s), se seleccionó el agente osmótico (sacarosa) como el más idóneo para la deshidratación osmótica previo al secado, ya que al poseer el K_w más alto (TABLA 2) permite que haya mayor salida de agua del alimento e igual entrada de sólidos al tener un valor similar de K_s que la glucosa (TABLA 3).

Tabla2. Coeficientes de transferencia de Agua

<i>K_w Glucosa</i>	<i>0.0360</i>
<i>K_w Sacarosa</i>	<i>0.0413</i>

Tabla3. Coeficientes de transferencia de Sólidos.

<i>K_s Glucosa</i>	<i>0.0252</i>
<i>K_s Sacarosa</i>	<i>0.0252</i>

Efecto de los pre-tratamientos en la capacidad de absorción de agua de la piña deshidratada.

Con la finalidad de analizar los diferentes pre-tratamientos luego del secado, se elaboraron las isotermas de absorción tanto para las piñas sin tratamiento, como para la piña con los pre-tratamientos.

Tabla4. Contenido de humedades en las diferentes monocapas.

PRE-TRATAMIENTO	CONTENIDO HUMEDAD DE LA MONOCAPA (g H₂O/100 g ss.)
<i>Sin Tratamiento</i>	<i>0,17</i>
<i>D.O. Glucosa</i>	<i>0,13</i>
<i>D.O. Sacarosa</i>	<i>0.12</i>
<i>Escaldado</i>	<i>0,11</i>
<i>Metabisulfito Secado</i>	<i>0.08</i>

Se puede observar que en el caso de la piña sin tratamiento, el contenido de humedad de la monocapa es de 0.17 g H₂O/100 g ss., la misma que está íntimamente relacionada con la vida útil y al poseer mayor agua ligada se vuelven más estables frente a los que poseen una monocapa con menor valor de agua ligada.

La D.O. con glucosa posee un valor alto de la monocapa, ya que este edulcorante permite que haya mayor entrada de sólidos en la micro-estructura del alimento, permitiendo que haya mayor captación de agua, ligándola y con esto tener un valor de monocapa de 0,13 g H₂O/100 g ss, a diferencia de la sacarosa que posee un valor menor de la monocapa de 0.12 g H₂O/100 g ss, ya que esta no permite que haya mayor entrada de sólidos, teniendo como consecuencia que una mayor parte del agua este en forma libre.

El escaldado posee un valor de monocapa de 0,11 g H₂O/100 g ss, debido a que al realizar el pre-tratamiento de escaldado cambia la estructura del alimento abriendo los poros, permitiendo que haya mayor migración de agua ya que no está ligada en la estructura de la piña.

Por último, encontramos el pre-tratamiento con metabisulfito con un valor de monocapa de 0.08 g H₂O/100 g ss, esto se debe a que el agente antioxidante al interactuar con el agua del alimento forma enlaces Van Der Waals, las mismas que son débiles y por ello fáciles de migrar ya que no se encuentran ligadas al alimento.

Efecto de los pre-tratamientos en la cinética de secado de piña.

Con el interés de conocer la influencia de los diferentes tratamientos previos al secado convencional de la Piña, se realizó la determinación de la velocidad de secado tanto para muestras de piñas secadas sin pre-tratamientos como para muestras de la fruta tratadas previo al secado convencional.

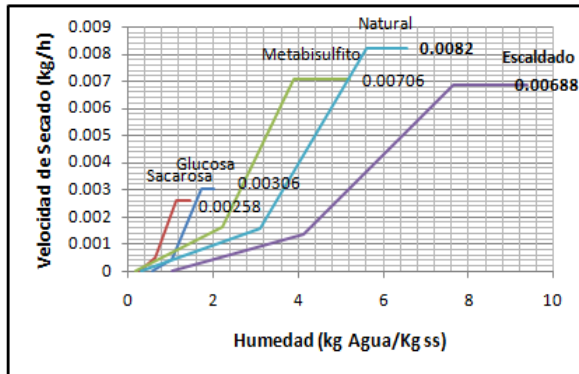


Fig. 3. Análisis de Curvas de Secado

Sabiendo que, el contenido de humedad libre se encuentra disponible para migrar del alimento por lo cual es eliminado fácilmente por secado. Al realizar el secado a las muestras que han recibido un tratamiento preliminar como la deshidratación osmótica, éstas muestran menos cantidad de agua libre ya que el tratamiento ayuda a la eliminación parcial del contenido de agua del alimento. Por otro lado, las piñas sin pre-tratamiento y con los otros pre-tratamientos no existe eliminación parcial del agua, sin embargo contribuyen a la disminución del tiempo durante el secado.

Al analizar las curvas de velocidad de secado expuestas en la figura 20, se observa que las piñas con los pre-tratamientos presentan velocidades de secados inferiores que las piñas sin tratamiento, esto ocurre porque los pre-tratamientos afectan directamente a la matriz de la fruta, cambiando las propiedades naturales de la misma.

En el caso de la deshidratación osmótica hay una eliminación parcial de agua, ésta produce un encogimiento y con esto una reducción del tamaño de los poros, a la vez que se crea una capa de azúcar alrededor de la fruta, que disminuye la transferencia de agua en el secado. Mientras que en el escaldado se afecta directamente a la matriz, alterando la estructura de la fruta, ya que la alta temperatura aumenta la cantidad de agua libre y causa una apertura del diámetro de los poros, facilitando la velocidad de secado.

En el caso del Metabisulfito, al ingresar al interior de la piña atrae a las moléculas de agua, formando numerosas uniones de Van Der Walls, estas uniones hacen que la movilidad de esta agua aumente y al ser uniones débiles el agua se elimina con mayor facilidad en el secado que con los otros pre-tratamientos. En el secado de piña sin tratamiento, no existe ninguna alteración a su estructura, la transferencia de agua es mayor durante el secado lo que hace que tenga la mayor velocidad.

Difusividades durante el secado

La muestra con mayor difusividad es la del producto natural, debido a que la estructura de la fruta no a sufrido ningún cambio, permitiendo de esta manera que haya una mayor velocidad de migración de agua. La siguiente muestra que posee una difusividad alta es con metabisulfito, esto se debe a que la mayoría del agua se encuentra en forma libre y unida por medio de enlaces débiles (Vander Walls), permitiendo de esta manera que haya una elevada difusividad.

El valor de difusividad del escaldado es alto comparando con Glucosa y Sacarosa, esto se debe a que el pretratamiento permite que al cambiar la estructura del alimento los poros del mismo sufran cambios, aumentando el diametro y de esta manera existe una migración de agua elevada afectando directamente la velocidad del secado. Por último, se encuentra la glucosa y sacarosa con los coeficientes de difusividad más bajos, esto se le atribuye a que durante la deshidratación osmótica se formó una capa sobre la superficie dificultando la salida del agua disminuyendo el coeficiente de difusividad y afectando directamente a la velocidad de secado.

Tabla4. Análisis de Curvas de Secado

Tratamiento	Periodo Constante	Desviación Estándar	Periodo Decreciente	Desviación Estándar
Natural	0.0133	+/- 0.0021	0.0140	+/- 0.0063
Metabisulfito	0.0106	+/- 0.0029	0.0085	+/- 0.0018
Escaldado	0.0096	+/- 0.00324	0.0069	+/- 0.00409
Glucosa	0.0055	+/- 0.00056	0.0036	+/- 0.00018
Sacarosa	0.0020	+/- 0.000318	0.0016	+/- 0.000283

Efecto de los pretratamientos en las características físicas y sensoriales de la pina deshidratada.

Uno de los mayores cambios físicos que sufre la piña es el encogimiento.

Tabla4. Análisis de Curvas de Secado

Metabisulfito	67.93%	+/- 0.0548
Escaldado	60.76%	+/- 0.0374
Natural	53.13%	+/- 0.0784
Glucosa	46.98%	+/- 0.0786
Sacarosa	45.43%	+/- 0.0391

El secado con el pre-tratamiento de Metabisulfito presentó el mayor encogimiento, esto se da por la formación de numerosas uniones Van Der Walls, que atraen muchas moléculas de agua, haciendo de estas uniones débiles y de esta manera se facilita la migración del agua durante el secado. Por ello, al eliminarse más agua la reducción del tamaño será mayor.

En el caso de escaldado, existe una alteración de la estructura de la piña, aumentando la cantidad de agua libre, lo que aumentará la cantidad de agua eliminada durante el secado, y así exista un encogimiento alto.

La piña que no recibió ningún tratamiento preliminar, al no sufrir ningún cambio en su estructura, la cantidad de agua disponible a eliminar se encuentra casi en igual proporción que el agua ligada, esto hace que al final del secado el encogimiento sea considerable.

Efecto de los pretratamientos en la estabilidad de la pina deshidratada.

Utilizando la Ec. 7 y 8 se calculó la vida útil del producto, con el cual se puede comprobar que guarda una relación con las monocapas, ya que mientras mayor sea el contenido de humedad en la monocapa la, vida útil aumenta.

Se puede observar en la tabla 5 la muestra de menor vida útil es la que sufrió el pre-tratamiento con metabisulfito con 1.18 meses, mientras que escaldado y sacarosa obtuvieron mayor vida útil, 2.57 meses y 3.02 meses respectivamente; en la cual se puede observar que el tiempo en percha es similar. Por último, se puede notar que las muestras con mayor estabilidad son la de glucosa 4.15 meses y natural 4.31 meses.

Tabla5. Análisis de Curvas de Secado

TRATAMIENTO	Vida útil	Desviación Estándar
Natural	4.31 meses	+/- 0.314
Glucosa	4.15 meses	+/- 0.236
Sacarosa	3.02 meses	+/- 0.657
Escaldado	2.57 meses	+/- 0.036
Metabisulfito	1.18 meses	+/- 0.016

Conclusiones

Se logró comprobar con este Proyecto de Graduación que al aplicar los distintos tratamientos previos al secado, se ve afectada la vida útil del producto final, de manera significativa en el escaldado y con el uso de antioxidantes, disminuyéndola en un 40% y 73% respectivamente.

Al sumergir la piña en soluciones hipertónicas para realizar la deshidratación osmótica, se mejoraron las características sensoriales por el ingreso de solutos. Sin embargo, la velocidad de secado disminuye, debido a que este pre-tratamiento afecta la estructura de la fruta, disminuyendo las dimensiones y a la vez reduciendo el diámetro de los poros y formando una pequeña capa de azúcar alrededor de la fruta, lo cual impide que durante el secado haya una rápida migración de agua.

Se pudo comprobar que el metabisulfito alcanzó la mayor velocidad de secado comparando con los demás pre-tratamientos, debido a que se forman enlaces Van Der Walls, permitiendo así que haya una facilidad para la migración de agua. Sin embargo, este pre-tratamiento afecta las características sensoriales del producto final, especialmente el sabor.

Agradecimiento

A la Ing. Fabiola Cornejo por su invaluable ayuda, a la Escuela Superior Politécnica y al Programa de Ingeniería de Alimentos.

Bibliografía y Referencias

[1] Pavinee inac - hoty. Water mobility and its relation to functionality of sucrose – containing food systems. 1993. 134 – 140.

[2] Lerici c.r. - pinnavaia g., m dalla rosa, and bartolucci l. Osmotic agents on drying behavior and product quality. Journal food science. 1985. 1217 – 1219.

[3]Chavez maría g - avanza j. R., evaluación de pre tratamientos en el secado convectivo de berenjenas. Universidad nacional del nordeste comunicaciones científicas y tecnológicas. 2006. 1-4

[4]Bolin, h.r. & huxsoll, c.c. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. J. Food. (1983). Sci., 48, 202-205.

[5]Robert e. Treybal. Operaciones de transferencia de masa – second edition. Pp.738.

[6]Fennema, o.r., ed. Food chemistry - second edition, revisado y expandido. New york: marcell dekker, inc. (1985).pp. 46-50.

[7]Robert e. Treybal. Operaciones de transferencia de masa – second edition. Pp.729.

[8]Ponting, j.d., watters g.g., forrey rr. Jackson r, stanley w.l. 1966. Osmotic dehydration of fruits. Food technol. 20: 125-128.

[9]Cubero, n. Monteferrer, a. Villalta, j. 2002. Aditivos alimentarios editorial mundi – prensa libros, s.a. Madrid.