

OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE GELES DE ALOE VERA MEDIANTE UN DISEÑO ROTACIONAL

Beatriz Hernández Sánchez, Ana Santoveña Estévez, José B. Fariña Espinosa, Matías LLabrés Martínez.

Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica. Avda. Astrofísico Francisco Sánchez s/n. Universidad de La Laguna. 38200 La Laguna. Tenerife. España.

Resumen /Abstract

Se empleó un Diseño Rotacional Central Compuesto para establecer las condiciones de estabilización del gel de Aloe vera basándonos en el análisis de la superficie de respuesta. El objetivo del trabajo fue estudiar la influencia de las combinaciones de las temperaturas y tiempos de tratamiento sobre las propiedades reológicas de geles de Aloe barbadensis Miller (A. vera) recién extraídos y tras diferentes períodos de tiempo. Para ello se utilizó un diseño experimental que nos permitió optimizar el proceso.

In the present work we used a central rotational design in order to evaluate the ideal conditions in the Aloe vera stabilization treatment, for this purpose a response surface analysis was developed. The aim of the work was to study the influence of time and temperature during the gel stabilization on its rheological properties.

Introducción

Como consecuencia de las reacciones enzimáticas y de oxidación que tienen lugar en el seno del gel de aloe, que favorecen su degradación, se hace necesario encontrar un método de estabilización del mismo (1). Así Ashley (2), empleó para estabilizar el gel natural de aloe una combinación de altas temperaturas durante cortos períodos de tiempo, añadiendo estabilizantes como el ácido ascórbico. Teniendo en cuenta esta referencia y consultando algunas patentes, se llevó a cabo este trabajo para procurar la mejor combinación entre temperatura y tiempo de tratamiento.

Materiales y Métodos

Materiales. Se emplearon hojas de Aloe vera maduras (limpiadas con agua) a las que se les extrajo el gel incoloro por corte (separación de la corteza externa de la pulpa parenquimatosa) y extrusión mediante una prensa neumática.

Métodos. Se usó un sistema Brookfield Viscometer LVDV-II+ (Middleboro, MA, USA) caracterizado por presentar una geometría cilíndrica que proporciona la razón de cizalla calculada, medidas de viscosidad en centiPoises (cP) y variaciones de la temperatura del recipiente que envuelve la muestra. Las medidas de la viscosidad recogidas se determinaron a una velocidad de 10 revoluciones por minuto (rpm).

Se utilizó un diseño experimental Rotacional Central Compuesto de segundo orden (3), donde se incluyen dos variables (temperatura y tiempo) y 5 niveles ($-\sqrt{2}$, -1 , 0 , $+1$, $+\sqrt{2}$), con el objetivo de encontrar el punto óptimo de tratamiento térmico que se le podría aplicar al gel sin alterar excesivamente sus propiedades reológicas iniciales. Para llevar a cabo dicho diseño se establecieron unos límites máximos y mínimos, de cada una de las variables (*Tabla 1*):

	Temperatura	Tiempo
Máximo	75°C	15 min.
Mínimo	45°C	4 min.

Tabla 1. Límites seleccionados de las variables a ensayar.

Este ensayo constó de 13 experimentos que resultaban de la combinación de las variables descritas anteriormente (Tabla 2):

Exp.	Temperatura	Tiempo	x.1	x.2
1	53.7	5.6	-1	-1
2	71.3	5.6	1	-1
3	53.7	13.4	-1	1
4	71.3	13.4	1	1
5	50.0	9.5	-1.414	0
6	75.0	9.5	1.414	0
7	62.5	4.0	0	-1.414
8	62.5	15.0	0	1.414
9	62.5	9.5	0	0
10	62.5	9.5	0	0
11	62.5	9.5	0	0
12	62.5	9.5	0	0
13	62.5	9.5	0	0

Tabla 2. Combinaciones de las variables implicadas en el diseño para cada uno de los experimentos. Exp.: Experimentos; x.1: Temperatura; x.2: Tiempo.

Tratamiento de las muestras. A las muestras de gel procesadas se les adicionó una serie de aditivos, conforme a la patente seleccionada (U.S. Patent No. 4,446,131): 0.5% Ácido Ascórbico (Merck, Darmstadt, Germany), 0.006 % Tocoferol, 0.5 % Ácido Cítrico, 3.0 % Sorbitol, 0.2 % Benzoato sódico y 0.05 % Alcohol cetílico (Acofarma, Terrassa, Barcelona). Las muestras de este ensayo se almacenaron en nevera (4±0.5°C) y a temperatura ambiente (21±1.0°C) para observar la influencia por igual de las diferentes condiciones de conservación.

Análisis de datos. Se realizó un estudio de regresión entre esa viscosidad y el tiempo de almacenamiento, en cada uno de los puntos del diseño a una determinada velocidad de husillo, y para las dos temperaturas valoradas en el ensayo. Los resultados de este ensayo se analizaron mediante el programa Mathematica® versión 4.0 (Wolfram Research, Redwood City, CA) procediendo a la determinación de las superficies de respuesta (4), ajustando la función cuadrática de los parámetros estudiados (tiempo y temperatura) a los datos experimentales observados para la viscosidad:

$$f(\mathbf{x}) = b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_n x_n + b_{11} x_1^2 + \dots + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2 + \dots + b_{n-1n} x_{n-1} x_n$$

La función a optimizar se estimó a partir de datos experimentales obtenidos con el diseño experimental rotacional central compuesto, muestreando éste en un espacio delimitado que es un círculo de radio r = 2:

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 \leq r^2$$

Las funciones lineales cuadráticas se utilizan como una aproximación empírica. Debido precisamente a esta naturaleza empírica, es necesario verificar que el modelo cuadrático es adecuado para la interpretación de los datos en el intervalo de valores de las variables independientes. Si los datos experimentales o la naturaleza del problema indican la existencia de más de un máximo o un mínimo podemos utilizar el método de las superficies de respuestas restringiendo nuestra búsqueda a la zona de interés. Las funciones de dos o más variables (presente ensayo) exhiben solamente un punto estacionario, pero este puede ser un máximo, un mínimo o un punto de silla. En nuestro caso, el punto óptimo se sitúa en la frontera establecida por las restricciones impuestas a las variables independientes. Por esto, en este ensayo se acotan las variables definiendo un intervalo, no necesariamente igual, para cada una de ellas. La optimización restringida realizada se basó en un sistema formado por la ecuación Lagrangiana junto con sus restricciones, expresada a continuación mediante el código Mathematica®:

```
L = f - z* (x1^2 + x2^2 - 2.0)
eqLag = Mod[D[L, #] == 0 &, {x1, x2}]
AppendTo eqLag, x1^2 + x2^2 - 2.0 == 0
```

que nos permite localizar la respuesta óptima (viscosidad máxima) dentro del intervalo de valores del diseño experimental.

Resultados y Discusión

Resultados. No se observó ningún cambio significativo en los caracteres organolépticos del gel tratado en los distintos experimentos de este ensayo. Los resultados de la regresión realizada se reflejan en las Figuras 1. y 2.:

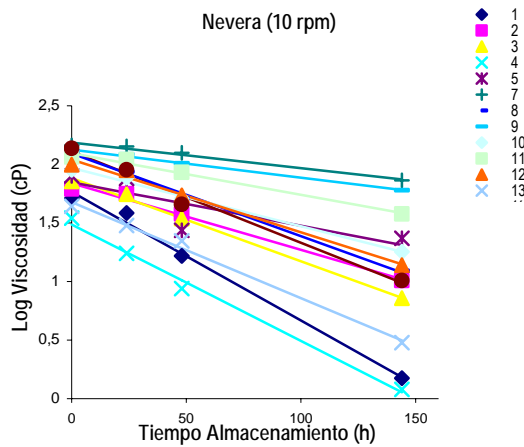


Figura 1. Variación de la viscosidad del gel con el tiempo para el experimento realizado, y almacenado a $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ a una velocidad de 10 rpm.

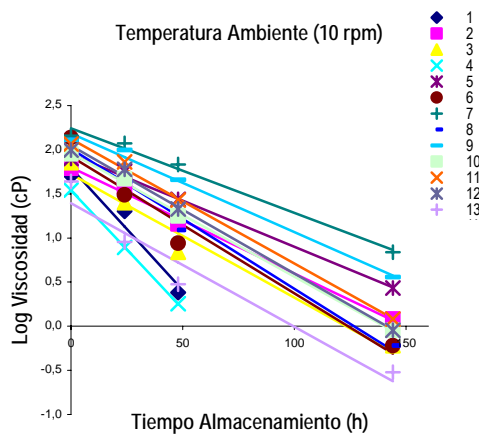


Figura 2. Variación de la viscosidad del gel con el tiempo para el experimento realizado, y almacenado a $21 \pm 1.0^\circ\text{C}$ a una velocidad de 10 rpm.

En cuanto al estudio de superficie los resultados obtenidos no fueron significativos, aunque se especifica a continuación el análisis realizado para las 0 horas de almacenamiento (Figura 3):

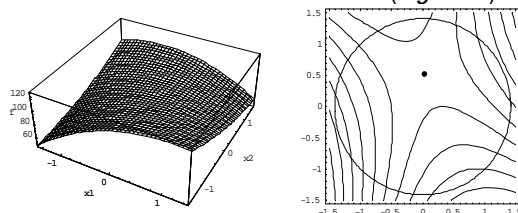


Figura 3. Estudio de superficie para todas las muestras del ensayo a 0 horas de almacenamiento.

En la Figura 4. se puede apreciar la reducción gradual del promedio ponderado (b_0) debido

principalmente al tiempo de almacenamiento y no necesariamente a las condiciones de tratamiento a las que se someten las muestras del ensayo; distinguiéndose de la misma forma, una reducción menor en las muestras almacenadas en nevera que a temperatura ambiente.

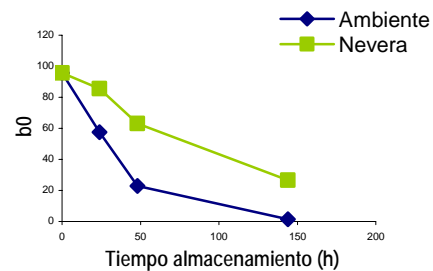


Figura 4. Evolución de b_0 con el tiempo de almacenamiento a las dos temperaturas ensayadas.

Discusión. Al inicio del ensayo se apreciaron diferencias en cuanto a la viscosidad presentada por los geles obtenidos a partir de las distintas hojas seleccionadas. La representación gráfica de los resultados se realizó en forma logarítmica para linealizar los datos y mejorar la visualización de la regresión realizada para cada uno de los experimentos. A la vista de ellos, se observa como se produce un mayor descenso de la viscosidad cuando se almacena a más altas temperaturas. En cuanto al estudio de superficie de respuesta realizado, no dio resultados significativos ($\alpha = 0.05$), concluyendo que las condiciones de tratamiento planteadas, tanto de temperatura como de tiempo no influyen en la viscosidad final de las muestras tratadas, resultando ser el tiempo de almacenamiento el parámetro que condiciona la desestabilización reológica del gel.

Bibliografía

1. Fujita, K., Ito, S., Teradaira, R., Beppu, H.; "Properties of a carboxypeptidase from aloe". Biochemical Pharmacology 28, 1261. 1979.
2. Ashley, A.D.; "Applying heat during processing the commercial Aloe vera gel". Erde International 1, 40. 1983.
3. Lewis, G.A., Mathieu, D., Phan-Tan-Luu, R.; Pharmaceutical Experimental Design. New York. 1999.

4. Shaw, W.T. and Tigg, J.; Applied Mathematica®. Addison-Wesley Publishing Company. Reading, Massachussets. 1973.
5. Wolfram, S.; Mathematica®: A System for Doing Mathematics by computer. AddisonWesley, Redwood City, California. 1988.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por la empresa Aloe Fenimoy® s.l. a través de la Fundación Universidad-Empresa. Al mismo tiempo queremos agradecer a Cajacanarias por otorgar una beca de investigación para doctorandos a Beatriz Hernández Sánchez.

Autor de contacto:

Beatriz Hernández Sánchez

beaherna@ull.es

*Departamento de Ingeniería Química y Tecnología
Farmacéutica. Facultad de Farmacia.*

Avda. Astrofísico Francisco Sánchez s/n

La Laguna. Tenerife

Tel.: 922 318452. Fax: 922 318506.