REVITECA

Revista en Tecnología y Ciencia Alimentaria

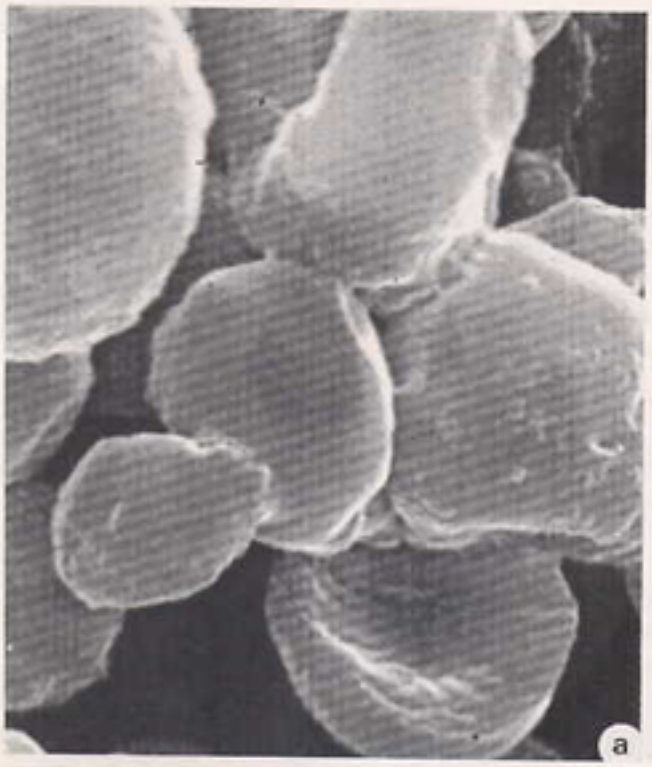
Publicación Semestral del Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos * Vol. 3 No. 1-2, 1994 *

REVITECA

Revista en Tecnología y Ciencia Alimentaria

Publicación Semestral del Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos * Vol. 3 No. 1-2, 1994 *

Análisis Cinético Ultraestructural de la Lipólisis de los Glóbulos Grasos Lácteos



Micrografía electrónica de barrido de glóbulos grasos lácteos

Se analizó cinética y estructuralmente la acción de la lipasa pancreática sobre la grasa de leches naturales (de vaca y humana) y homogeneizadas, mediante el estudio de los glóbulos grasos lácteos y sus membranas. Se encontró que la reacción ***in vitro*** de la enzima con las leches homogeneizadas fue más rápida que con las leches naturales.

Además, se observó una proporción mayor de glóbulos grasos lácteos... (ver pág. 28)

Cinéticas de deshidratación con aire caliente de zanahoria *(Daucus caroto)* en rodajas

Se realizó el estudio de las cinéticas de secado con aire caliente de rodajas de zanahoria escaldadas. Se evaluaron diferentes temperaturas (60, 70, y 80 °C), humedades absolutas del aire (12 y 55 g agua/kg aire seco) y velocidades del aire (0,5, 1,5 y 2,1 m/s). Se encontró un... (ver pág. 1)

La preservación de pulpa de guayaba *(Psidium guajava L.)* por métodos combinados

Se estudió la tecnología de factores combinados en la preservación de pulpa de guayaba. Se emplearon cuatro factores de conservación en tres niveles de aplicación cada uno, mediante un diseño factorial fraccionario 3^4: adición de... (ver pág. 11)

El análisis de superficies de respuesta en la preservación de pulpa de guayaba *(Psidium guajava L.)* por métodos combinados en el nivel industrial

Se estudió el uso de factores combinados para preservar la pulpa de guayaba a temperatura ambiente en el nivel industrial. Con los datos de un estudio anterior en el nivel piloto, y... (ver pág. 19)

Supervivencia del *Vibrio cholerae* y *V. parahaemolyticus* en el ceviche

Se estudió la supervivencia de ***Vibrio cholerae*** y ***V. parahaemolyticus***, en ceviche preparado con una formulación estandarizada en Costa Rica. Se inoculó el pescado troceado para... (ver pág. 38)

ISSN 1022-0321

REVITECA

Revista en Tecnología
y Ciencia Alimentaria

Vol. 3, No. 1-2, 1994

Revista Semestral publicada por el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos

Director del CITA
Luis Fernando Arias Molina

Editor
Ricardo Quirós Castro

Consejo Editorial
Ing. Luis Fernando Arias Molina
Ing. Fernando Aguilar Villarreal
Ana Ruth Bonilla Leiva, Ph. D.
Lic. Vera García Cortes
Víctor Lobo Di Palma, M. Sc.
Juan Manuel Esquivel Kruse, M. Sc.

Diagramación
Jeanina García Ureña

La responsabilidad de los trabajos firmados es de sus autores y no del CITA, excepto cuando se indique expresamente lo contrario.

La mención de cualquier empresa o procedimiento patentado no supone su aprobación por parte del CITA.

Los artículos incluidos en REVITECA pueden reproducirse libremente siempre y cuando se haga mención expresa de su procedencia y se envíe copia al Consejo Editorial.

Correspondencia por canje y suscripciones
Universidad de Costa Rica - Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos
REVITECA
San José - Costa Rica
Telex UNICORI 2544
Tels. 225-9885 / 224-8027 / 207-4212 / 207-4701

La presente edición de REVITECA es patrocinada por la Fundación para la Investigación Agroindustrial Alimentaria (FIAA).

Cinéticas de deshidratación con aire caliente de zanahoria *(Daucus caroto)* en rodajas

Ana M. Rodríguez-Sibaja
Pedro Fito-Maupoey 1

La preservación de pulpa de guayaba *(Psidium guajava L.)* por métodos combinados

Floribeth Víquez-Rodríguez 11

El análisis de superficies de respuesta en la preservación de pulpa de guayaba *(Psidium guajava L.)* por métodos combinados en el nivel industrial

Floribeth Víquez-Rodríguez
Catalina García-Santamaria 19

Análisis cinético ultraestructural de la lipólisis de los glóbulos grasos lácteos

Teresita Rodríguez-Salas
Francisco Hernández-Chavarría
Julio Francisco Mata-Segreda 28

Supervivencia del *Vibrio cholerae* y *V. parahaemolyticus* en el ceviche

Priscilla Alvarado-Marenco
Vera García-Cortes 38

EL ANALISIS DE SUPERFICIES DE RESPUESTA EN LA PRESERVACION DE PULPA DE GUAYABA *(Psidium guajava L.)* POR METODOS COMBINADOS EN EL NIVEL INDUSTRIAL

Floribeth Víquez-Rodríguez*; Catalina García-Santamaria**

ABSTRACT

Surface response analyses in guava pulp *(Psidium guajava L.)* preservation by combined factors at industrial level

The technology of combined factors to preserve guava pulp at room temperature in the industrial level was studied. Based on data obtained in a previous pilot plant study, mathematical models were formulated to explain the variability of each factor and its influence on pulp stability. From these models, four treatments were selected for the industry trials.

The values obtained agreed with those proyected through the models for most of the characteristics, but were significantly different for color and vitamin C.

Through the application of surface response technique, the effectiveness of the combined factors method to preserve guava pulp in bulk at room temperature was confirmed with minimum risk.

* Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos. Programa Cooperativo UCR-MAG.

** Universidad de Costa Rica.

RESUMEN

Se estudió el uso de factores combinados para preservar la pulpa de guayaba a temperatura ambiente en el nivel industrial. Con los datos de un estudio anterior en el nivel piloto, y mediante el análisis de regresión, se construyeron los modelos matemáticos que explican la variabilidad de cada factor y su influencia sobre la estabilidad de la pulpa de guayaba. A partir de los modelos matemáticos, se eligieron cuatro tratamientos para ser ensayados en la industria.

Los valores obtenidos concuerdan con los proyectados a través de los modelos, para la mayor parte de las características estudiadas y sólo fueron significativamente diferentes para el color y la vitamina C.

Mediante la aplicación del análisis de superficies de respuesta se pudo confirmar, con el mínimo riesgo, la eficacia del método de factores combinados para preservar pulpa de guayaba a granel a temperatura ambiente.

INTRODUCCION

La industrialización de la guayaba ***(Psidium guajava L.)*** es muy conocida y se ha expandido en Costa Rica y los países vecinos. Dado que gran parte de la materia prima proviene de cultivos estacionales espontáneos y no organizados, la mayoría de las empresas se ven obligadas a aprovechar los picos de alto suministro para almacenar pulpas que aseguren la actividad productiva durante todo el año.

En forma tradicional, los métodos de almacenamiento de esas pulpas emplean técnicas bastante empíricas y faltas de control, que no solo deterioran las características del fruto, sino que se traducen en pérdidas significativas para el industrial.

Varios de estos países han hecho estudios (Granados, 1980; Vargas 1983, 1984) sobre la aplicación del método de conservación por factores combinados, cuyos resultados exitosos pueden ser de gran importancia para la agroindustria de la guayaba y de otras frutas similares. Dado que la mayoría de estos estudios se plantean en el

plano piloto o de laboratorio, y los estudios de confirmación en el nivel industrial implican un alto riesgo económico, es muy importante tratar de derivar un modelo determinístico de comportamiento.

El objetivo de este estudio es confirmar en el ámbito industrial, las recomendaciones derivadas de un ensayo en el nivel piloto, en el que se determinaron los factores de conservación de la pulpa de guayaba en el almacenamiento a 6 meses (Víquez, 1994).

A fin de predecir el efecto de los factores sobre la estabilidad de la pulpa, se tomaron los datos del estudio anterior para construir los modelos matemáticos que explican la variabilidad de las respuestas y su influencia sobre las características de interés. Lo anterior permitió el escalamiento en el campo de la industria con un mínimo de riesgo para el industrial.

MATERIALES Y METODOS

Derivación de los modelos matemáticos

Para la derivación de los modelos matemáticos se utilizaron los datos del estudio anterior en el nivel piloto (Víquez, 1994).

Para ajustar en una ecuación las relaciones que existen entre las variables dependientes y los factores combinados utilizados, se aplicó el método de mínimos cuadrados. Las variables independientes se utilizaron en sus niveles originales, esto es, sin recodificar. Otras de las variables respuesta fueron transformadas con el propósito de satisfacer los requisitos teóricos de los modelos. Estas transformaciones fueron del tipo $y=y^{\alpha}$. En algunos casos fue del tipo a <1, lo que causa una contracción de los valores más altos, y en otros a >1, que tiene el efecto contrario. La transformación seleccionada en cada caso fue estimada de los datos mismos utilizando la función de verosimilitud (método de Box & Draper, 1987). Con este método, se logra estabilizar la variancia de la respuesta en cada tratamiento, una distribución aproximadamente normal de los residuos y una expresión final de la ecuación que, en términos de la variable transformada, sea lo más simple posible.

Selección de los tratamientos

Al utilizar la proyección de los modelos matemáticos para las características químicas y microbiológicas más importantes, se escogieron cuatro combinaciones de los factores para ser probados en la industria.

Tratamiento Nº	Adición de azúcar %	a_w	Adición de Benzoato %
1	0	0.98	0.05
2	15	0.96	0.05
3	15	0.96	0.05
4	0	0.98	0

En todos los casos se aplicó una temperatura de proceso de 75 °C durante 5 min, y las pulpas resultantes fueron almacenadas a temperatura ambiente por un período de 165 días para determinar su vida útil. Para tal fin se utilizaron los métodos del "Association of Official Analytical Chemists" (AOAC, 1990) para determinar el porcentaje de humedad, °Brix, pH y acidez. El color se determinó por medición de la absorbancia a 440 nm utilizando un espectrofotómetro UV-Visible, Schimadzu UV-240 y un colorímetro Hunter Lab. La vitamina C se determina siguiendo el método descrito por Cox & Pearson (1962). Los recuentos totales de bacterias mesófilas, de hongos y levaduras y de coliformes, se determinan utilizando los métodos de la ICMSF (1978).

Materia prima y proceso

Los ensayos industriales se realizaron en la empresa La Tricopilia S.A. Se prepararon alrededor de 200 kg de pulpa por tratamiento, con guayaba procedente de las zonas de Guápiles y Siquirres de Costa Rica.

El proceso de obtención de la pulpa siguió las siguientes etapas: selección, lavado con chorros de agua fría,

despulpado (utilizando un molino despulpador con una malla de 0,045 plg). La pulpa resultante se llevó hasta un valor de pH de 3,5 con la adición de ácido cítrico. Según el tratamiento se adicionó azúcar y benzoato de sodio. En todos los casos se aplicó un tratamiento térmico de 75 °C por 5 min y envasó en caliente en recipientes plásticos de 25 kg de capacidad.

Indicadores técnico-económicos

Con el propósito de dar una idea al industrial sobre los costos de aplicación de los cuatro tratamientos seleccionados y probados en la empresa, se cuantificaron los valores de la materia prima, el azúcar y el benzoato de sodio utilizados en el ensayo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Modelos predictivos

Para predecir la vida útil de los tratamientos bajo ensayo en el plano industrial, se derivaron los modelos matemáticos que explican la variabilidad de cada factor y su influencia sobre la estabilidad de la pulpa de guayaba. De esta forma, al sustituir en la ecuación el factor y el nivel al que se usa, se puede calcular en forma teórica la respuesta para esa característica y determinar con el mínimo de riesgo para el industrial, su comportamiento en el almacenamiento.

En las fórmulas derivadas, Díaz (1974) se refiere al tiempo de almacenamiento en días: x_1 al porcentaje de adición de azúcar de caña; x_2 a la temperatura del tratamiento térmico y x_4 a la temperatura de almacenamiento. La variable benzoato de sodio (Pres1) se encuentra recodificada y adquiere un valor de uno cuando se usa y de cero cuando no se usa.

A continuación se presentan las ecuaciones estimadas para cada una de las variables respuesta. Entre paréntesis se incluyen los errores estándar de los coeficientes estimados.

- Humedad (Y_1)

El porcentaje de humedad debió ser transformado para ampliar su rango de variación. La nueva variable respuesta es la cuarta potencia de la humedad original. La ecuación estimada fue la siguiente:

$$Y_1^4 = \underset{(512613)}{6{,}0 \times 10^7} + \underset{(2638)}{551{,}0\ \text{Días}} - \underset{(13922)}{1{,}4 \times 10^6 X_1} - \underset{(5791)}{2{,}3 \times 10^4 X_2} - \underset{(353066)}{6{,}9 \times 10^6\ \text{Pres1}} + \underset{(14991)}{3{,}5 \times 103\ X4}$$

Esta ecuación explica en un 99,4% la variabilidad de los datos de humedad. Como puede apreciarse los factores que aportan un componente significativo son: el porcentaje de azúcar añadido, el tratamiento térmico y la presencia de benzoato. El aumento en el nivel de alguno de estos factores tiene un efecto negativo sobre el porcentaje de humedad.

- pH (Y_2)

La relación entre los valores observados máximo y mínimo es muy pequeña, ya que se produce un intervalo de confianza muy amplio para la potencia estimada, lo que significa que una transformación de la variable hace poca diferencia para un mejor ajuste del modelo.

La ecuación estimada explica en un 62% la variabilidad de los datos de pH.

$$Y2 = \underset{(0{,}03)}{3{,}56} - \underset{(0{,}0001)}{1{,}8 \times 10^{-5}\ \text{Días}} - \underset{(0{,}0008)}{0{,}0081\ X_1} + \underset{(0{,}0003)}{1{,}1 \times 10^{-4}\ X_2} - \underset{(0{,}02)}{0{,}02\ \text{Pres1}} - \underset{(0{,}0008)}{2{,}6 \times 10^{-4} X_4}$$

El efecto más importante sobre el pH, es el del porcentaje de azúcar añadido, conforme éste aumenta, se reduce el nivel de la respuesta.

- Vitamina C (Y_3)

La transformación sugerida es el logaritmo natural, lo que permite contraer la escala de los valores observados. El modelo explica en un 84% la variabilidad de la respuesta, y en especial, es notable el efecto del tiempo de almacenamiento y el tratamiento térmico, los que al aumentar, inducen una reducción en el grado de la vitamina C en el producto.

$$\underset{(0,3)}{LN(Y3) = 4,6} - \underset{(0,002)}{0,026\ Dias} - \underset{(0,008)}{0,013\ X_1} - \underset{(0,002)}{0,006\ X_2} + \underset{(0,2)}{0,2\ Presl} - \underset{(0,008)}{0,003\ X_4}$$

- Grados Brix (Y_4)

El modelo explica en un 98% la variabilidad en los datos de grados Brix. El análisis de los residuos, en este caso, no proyectó la necesidad de transformar la variable original.

$$Y_4 = 7,1 - 1,1 \times 10^{-4}\ Dias + 0,813\ X_1 + 0,021\ X_2 + 1,3\ Presl - \underset{(0,01)}{0,006\ X_4}$$

El porcentaje de azúcar añadido, la presencia de benzoato y el tratamiento térmico tienen un efecto positivo significativo sobre los grados Brix.

- Color (abs. a 440 nm) (Y_5)

La variabilidad en esta característica pudo ser explicada por el modelo desarrollado, tan sólo en un 31%. La presencia de benzoato y un mayor tiempo de almacenamiento reducen el índice de color.

$$Y_5 = \underset{(0,01)}{0,15} - \underset{(0,00002)}{2,0 \times 10^{-4}\ Dias} + \underset{(0,0001)}{1,5 \times 10^{-4}\ X_2} - \underset{(0,009)}{0,040\ Presl} - \underset{(0,009)}{0,015\ Pres\ 2} - \underset{(0,0003)}{8,6 \times 10^{-5}\ X_4}$$

- Acidez (Y_6)

La ecuación obtenida para el porcentaje de acidez, requirió la transformación de la respuesta original a su inversa, y explica alrededor de un 42% la variabilidad de los datos para la acidez.

El aumento en el tiempo de almacenamiento y la presencia de benzoato tienen un efecto negativo significativo sobre la acidez. El azúcar tiende a aumentar el porcentaje de acidez.

$$Y_6^{-1} = \underset{(0,05)}{1,12} - \underset{(0,0003)}{7,3 \times 10^{-4}\ Dias} - \underset{(0,001)}{0,008\ X_1} - \underset{(0,0006)}{5,0 \times 10^{-4}\ X_2} + 0,11\ Presl + 6,5 \times 10^{-4}\ X_4$$

- Recuento total (Y_7)

La transformación más adecuada para datos de índole microbiológica es la del logaritmo base 10. La tasa de crecimiento en el recuento total de bacterias disminuye conforme aumentan el porcentaje de azúcar y el tratamiento

térmico y conforme disminuye la temperatura de almacenamiento. El producto con menor carga microbiana tiene un tiempo de almacenamiento mayor. La adición de preservante no produce una diferencia significativa. Este modelo explica en un 70% la variabilidad de la respuesta.

Estudio de Vida Util en la Industria

$$\underset{}{LOG(Y_7)} = \underset{(0,2)}{4,2} - \underset{(0,001)}{0,004\ Días} - \underset{(0,006)}{0,025\ X_1} - \underset{(0,003)}{0,035\ X_2} + \underset{(0,2)}{0,2\ Pres1} + \underset{(0,007)}{0,022\ X_4}$$

En los Cuadros 1 al 7 se observan los resultados de las características químicas de la pulpa de guayaba durante el almacenamiento en el nivel de industria.

El porcentaje de humedad, los ºBrix, el pH y la acidez no varían con respecto al tiempo pero sí entre tratamientos, debido a las diferencias en los grados de adición de azúcar: a mayor porcentaje de azúcar, menor porcentaje de humedad y de pH y mayor ºBrix (Cuadros 1 al 4).

Cuadro 1. Porcentaje de humedad de la pulpa en el nivel industrial, según tratamiento y tiempo de almacenamiento

Tratamiento	Tiempo almacenamiento, días				
	0	33	65	79	165
1	85,3	-	85,8	86,2	85,8
2	74,9	-	75,8	76,1	75,2
3	75,2	-	74,7	75,6	75,2
4	86,0	86,4	86,2	87,0	86,9

Cuadro 2. Grados brix de la pulpa en el nivel industrial, según tratamiento y tiempo de almacenamiento

Tratamiento	Tiempo almacenamiento, días				
	0	33	65	79	165
1	9,0	-	9,0	9,0	9,0
2	21,5	-	22,0	22,0	22,5
3	22,0	-	21,5	21,5	22,0
4	9,5	8,5	9,0	9,5	9,0

Cuadro 3. pH de la pulpa en el nivel industrial, según tratamiento y tiempo de almacenamiento

Tratamiento	Tiempo almacenamiento, días				
	0	33	65	79	165
1	3,60	-	3,77	3,77	3,60
2	3,50	-	3,58	3,70	3,50
3	3,50	-	3,67	3,70	3,50
4	3,40	3,60	3,63	3,68	3,50

Cuadro 4. Porcentajes de acidez de la pulpa en el nivel industrial, según tratamiento y tiempo de almacenamiento

Tratamiento	Tiempo almacenamiento, días				
	0	33	65	79	165
1	1,1	-	1,1	1,1	1,2
2	1,1	-	1,3	1,1	1,1
3	1,1	-	1,1	1,1	1,1
4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3

A los 165 días de almacenamiento se encontró una degradación total de la vitamina C para el tratamiento 1; los restantes tratamientos muestran valores de vitamina C entre 8 y 22% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Vit C(mg/100g) de la pulpa en el nivel, según tratamiento y tiempo almacenamiento

Tratamiento	Tiempo almacenamiento, días				
	0	33	65	79	165
1	-	-	33,6	19,8	0
2	-	-	12,0	12,2	7,6
3	82,3	-	34,1	19,9	21,6
4	-	57,2	18,9	17,1	18,4

La determinación de la absorbancia a 440 nm. mostró un comportamiento bastante irregular (Cuadro 6). Al comparar los valores reales con los proyectados se encontraron diferencias significativas al 5%, debido quizás a que el modelo desarrollado en el nivel piloto explica tan sólo en un 31% la variabilidad de esta característica. Al utilizar el colorímetro Hunter Lab se encontró que no hubo diferencia significativa en los valores encontrados de a y b. Los valores L sí mostraron una variación con respecto al tiempo, con un grado de significancia de 0,05%. Estos valores van disminuyendo, lo que implica un oscurecimiento de la pulpa de guayaba con el tiempo de almacenamiento (Cuadro 7).

Cuadro 6. Color (abs a 440 nm) de la pulpa en el nivel industrial, según tratamiento y tiempo de almacenamiento

Tratamiento	Tiempo almacenamiento, días				
	0	33	65	79	165
1	0,455	-	0,159	0,140	0,148
2	0,379	-	0,121	0,108	0,109
3	0,615	-	0,173	0,112	0,133
4	0,259	0,165	0,157	0,139	0,126

Cuadro 7. Color (Hunter Lab) de la pulpa en el nivel industrial, según tratamiento y tiempo de almacenamiento

Tratamiento		Tiempo almacenamiento, días				
		0	33	65	79	165
1	L	46,6	-	44,00	38,25	39,93
	a	11,5	-	12,34	12,81	11,32
	b	20,3	-	20,84	18,56	19,00
2	L	43,3	-	40,24	38,52	36,83
	a	12,7	-	12,66	13,71	12,49
	b	18,6	-	19,29	18,84	17,95
3	L	43,9	-	38,37	43,04	37,17
	a	12,5	-	14,39	12,08	14,33
	b	19,6	-	18,91	20,12	18,64
4	L	47,8	44,17	42,75	42,40	41,30
	a	12,2	11,95	12,43	12,71	12,36
	b	19,6	20,45	19,91	20,51	19,75

A los 165 días de almacenamiento, las pulpas sometidas a los cuatro tratamientos presentaron recuentos microbiológicos aceptables (Cuadro 8). Estos valores y los encontrados para las características: humedad, ºBrix, pH y acidez muestran un comportamiento similar al encontrado en el estudio precedente en el plano de planta piloto.

En el Cuadro 9 se reportan los valores reales y los proyectados según las ecuaciones, para los 165 días de almacenamiento. Como puede observarse no existen diferencias significativas al 0,05% entre ellos, salvo para las características de color y vitamina C.

Cuadro 8. Recuento microbiano de la pulpa en el nivel industrial, según tratamiento y tiempo de almacenamiento

Tratamiento		Tiempo almacenamiento, días				
		0	33	65	79	165
1	R T	$1,6x10^2$	-	$9,9x10^1$	$5,0x10^1$	$6,0x10^1$
	H L	<10	-	$3,8x10^2$	<10	$5,0x10^1$
	Col	<3	-	<3	-	<3
2	R T	$2,1x10^2$	-	$6,0x10^1$	$3,0x10^1$	$4,0x10^1$
	H L	<10	-	$7,6x10^5$	<10	<10
	Col	<3	-	<3	-	<3
3	R T	$1,0x1,0^1$	-	<10	$6,5x10^2$	$6,9x10^2$
	H L	<10	-	$1,0x10^1$	$4,1x10^2$	<10
	Col	<3	-	<3	-	<3
4	R T	$2,8x10^2$	$3,5x10^2$	$4,7x10^2$	<10	$3,7x10^2$
	H L	<10	$2,6x10^2$	$2,7x10^2$	<10	$2,0x10^2$
	Col	<3	<3	<3	-	<3

R T: Recuento total de bacterias mesófilas aeróbicas UFC/g.

H L: Recuentos de hongos y levaduras UFC/g.

Col: NMP de coliformes totales/g.

Cuadro 9. Comparación entre los resultados prácticos y los proyectados*

	1	2	3	4
% Humedad	85,8 (84,61)	72,2 (74,50)	75,2 (78,37)	86,9 (87,33)
°Brix	9,0 (97,8)	22,5 (21,97)	22,0 (20,70)	9,01 (8,50)
pH	3,6 (3,54)	3,5 (3,41)	3,5 (3,44)	3,5 (3,56)
Acidez	1,2 (0,91)	1,1 (1,03)	1,1 (1,16)	1,3 (1,02)
Vit. C	0,0 (1,057)	7,6 (0,8712)	21,6 (0,689)	18,4 (0,836)
Color	0,148 (0,0881)	0,109 (0,0881)	0,133 (0,1286)	0,126 (0,1286)
Log R T	1,0 (1,6)	1,0 (1,2)	2,0 (1,1)	2,0 (1,4)
Log H L	1,0 (1,6)	1,0 (1,2)	1,0 (1,0)	2,0 (1,4)

* según modelos matemáticos entre paréntesis a los 165 días de almacenamiento.

Cuadro 10. Indicadores técnico-económicos de los tratamientos ensayados

Tratamiento	Costo/Kg de producto US$	% de distribución del costo por insumo	
1	0,078	guayaba	90,4
		benzoato	1,2
		mano de obra	8,4
2	0,120	guayaba	51,2
		azúcar	43,2
		benzoato	0,6
		mano de obra	5,0
3	0,116	guayaba	51,1
		azúcar	44,5
		mano de obra	4,4
4	0,074	guayaba	91,5
		mano de obra	8,5

CONCLUSIONES

1. Los cuatro tratamientos ensayados en el ámbito industrial mostraron recuentos microbiológicos aceptablemente bajos a los 165 días de almacenamiento.

2. Los valores predictivos de las ecuaciones matemáticas derivadas no fueron significativamente diferentes a los obtenidos en la realidad, salvo para los valores de color y vitamina C. Ello es debido posiblemente a que las ecuaciones correspondientes a estas variables explican en un grado considerablemente bajo la variabilidad de las respuestas.

3. Las ecuaciones de regresión mostraron validez para proyectar tratamientos efectuados bajo similares condiciones de proceso. A pesar de las diferencias propias del escalamiento, las ecuaciones fueron confiables y aplicables en el nivel de industria. La técnica de superficies de respuesta constituye, por lo tanto, un método eficiente, seguro y económico para pronosticar el efecto de los factores en el escalamiento del proceso.

4. En el caso específico de la pulpa de guayaba, los resultados ofrecen a la industria varias alternativas de combinación de factores que logran mantener el producto en condiciones adecuadas a temperatura ambiente por un período mínimo de 165 días, con lo cual se podrían eliminar o reducir las pérdidas por concepto de deterioro de producto almacenado, que se presentan con los métodos tradicionalmente utilizados.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 15th Ed. V. 2. Virginia.

BOX, G. E. P. & DRAPER, N. R. 1987. Empirical model-building and response surfaces. New York; John Wiley.

COX, H.E. & PEARSON, D. 1962. The chemical analysis of foods. Cap. 7. New York. Chemical Publishing Co.

DIAZ, D. 1974. Conservación de pulpas de frutas tropicales mediante un aditivo químico. Tecnología n. 88:7-19.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOODS. 1978. Microorganismos de los alimentos. Métodos de muestreo para análisis microbiológicos: Principios y aplicaciones específicas. Ed. Acribia. V.2.

GRANADOS, G. 1980. Industrialización de la guayaba. In Bol. Técnico Labal 1(1): 14-19.

VARGAS, M. 1983. Diferentes métodos de conservación de pulpas de frutas tropicales. Tecnología. 24(144):34-48.

_____. 1984. Conservación de pulpas de frutas tropicales en bolsas flexibles esterilizables. Tecnología. 25(150):37-51.

VIQUEZ, F. 1994. La preservación de pulpa de guayaba *(Psidium guajava L.)* por métodos combinados. En prensa.