

## “APLICACIÓN DE REVESTIMIENTOS COMESTIBLES EN PAPAYA (*Carica papaya*) MÍNIMAMENTE PROCESADA”

"APPLICATION OF EDIBLE COATINGS IN MINIMUMLY PROCESSED PAPAYA (*Carica papaya*)"

Elza Berta Aguirre Vargas <sup>1</sup>

Fecha de recepción: 17 febrero 2015

Fecha de aceptación: 20 de mayo 2015

### Resumen

Se propone en este estudio la aplicación de revestimientos comestibles a base de almidón y su interacción de las mismas con una solución conservadora para prolongar la vida útil de la papaya (*Carica papaya*) mínimamente procesado. Las condiciones experimentales fueron identificadas basadas en la metodología de superficie de respuesta (RSM) usando el diseño de D-óptimo. Las variables independientes consideradas fueron: concentración de ácido ascórbico [0.5 a 1.5%], ácido cítrico [0.3 a 0.7%], cloruro de calcio [0,5 a 1%) y dos (2) tipos de cubierta comestible una de almidón de papa y otra de maíz. Los cubos de papaya fueron sometidos a la inmersión de la solución conservadora y luego cubiertos con los revestimientos y puestos en bolsas de polietileno y almacenados a 5°C. Los cubos fueron mantenidos a 5°C por 96 horas, luego se evaluaron los siguientes parámetros °Brix, pH y Porcentaje de pérdida de Vitamina C. Los modelos se validaron mediante la metodología de la validación cruzada (95% de confiabilidad), aplicando el método de la función deseada con las restricciones de: maximice el contenido de Sólidos Solubles (°Brix), maximice el pH y minimice el porcentaje de pérdida de Vitamina C, se optimizaron las concentraciones de los componentes de la solución conservadora: ácido Ascórbico de 1.5%, ácido Cítrico de 0.55% y Cloruro de Calcio de 0.5%; encontrando que hay una buena interacción con las dos cubiertas de almidón estudiadas. Bajo estas condiciones, la papaya mínimamente procesada mantiene buena calidad por 13 días a temperaturas de refrigeración.

**Palabras clave:** *Procesamiento mínimo, revestimiento comestible, superficie de respuesta*

### Abstrac

The application of edible coatings with starch and its interaction of the same ones with preservative solutions sets out in this study to prolong the life utility of minimally processed papaya (*Carica papaya*). The experimental conditions were identified cradles in the methodology of answer surface (RSM) using the design of D-optimal. The considered independent variables were: concentration of ascorbic acid [0.5 to 1.5%], citric acid [0.3 to 0.7%], calcium chloride [0.5 to 1%] and two (2) types of edible starch coatings one of Potatoe and another of maize. The cube of papaya was put under the immersion of the preservative solution and soon covered with the coatings and positions in polyethylene bags and stored 5°C. The buckets were maintained to 5°C by 96 hours, soon evaluated the following parameters °Brix, pH and percentage of lost vitamin C. The models were validated bye means of the methodology of the crossed validation (95% of trustworthiness), applying the method of the Function Desired with the restrictions of: maximize the Soluble Solid content (°Brix), it maximizes pH and it diminishes the percentage of lost of Vitamin C, optimized the concentration of the components of the preservative solution: Acid Ascorbic of 1.5%, citric acid of 0.55% and calcium chloride of 0.5%; finding that there is a good interaction with the two studied starch covers. Under these conditions, papaya minimumly processed maintains good quality bye 13 days to temperatures of refrigeration.

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Dra. en Ingeniería. Universidad Nacional del Santa. Santa. Ancash. Perú. [eaquirre@uns.edu.pe](mailto:eaquirre@uns.edu.pe).

**Keywords:** *edible coatings, minimal processing, response surface*

## 1. Introducción

El procesamiento mínimo es definido como cualquier alteración física causada en frutas y hortalizas, que mantenga el estado fresco de esos productos. Este procesamiento incluye operaciones de selección, lavado, sanitización, pelado, corte, centrifugación, embalaje, almacenamiento y comercialización. (Moretti, 1999)

Un revestimiento comestible es definido como una fina capa de material comestible, depositada en un alimento como cubierta, que viene siendo utilizada para extender la vida post-cosecha de vegetales. Su finalidad es inhibir o reducir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aromas, entre otros, pues promueven barreras semipermeables. Además de eso, pueden transportar ingredientes alimenticios como antioxidantes, antimicrobianos y flavorizantes y/o mejorar la integridad mecánica o las características de manipulación del alimento.

La mayor ventaja del uso de esas coberturas es que pueden ser consumidas juntamente con el alimento. Porque están en contacto con los alimentos, es deseable que las películas y coberturas comestibles presenten propiedades organolépticas neutras (transparente, inodoro, insípido), de modo que no altere las características sensoriales de los alimentos. (Gontard, 1991)

Las cubiertas a base de almidón como biopolímero de formación fueron estudiadas intensamente en los últimos años. El almidón ha sido frecuentemente usado como materia prima para este fin, en función de su transparencia e insaboridad. La obtención de la cobertura de almidón se basa en el principio de gelificación de la misma, bajo condiciones de altas temperatura y exceso de agua, seguida de una retrogradación. (Cereda, Bertolini y Evangelista, 1992).

Los principales compuestos químicos utilizados en productos mínimamente procesados son los antioxidantes, los acidulantes, los agentes quelantes. (Chitarra, M. 2000). El uso de ácido ascórbico como antioxidante, además de ser totalmente para el consumo humano, puede aumentar el contenido de Vitamina C de ciertas frutas y hortalizas. (Préstamo, G. y Manzano, P., 1993).

El ácido cítrico es uno de los principales ácidos orgánicos naturales en frutos. Previene el oscurecimiento enzimático por la acción sobre polifenoloxidasas y peroxidasas. También es utilizado para potenciar (acción sinérgica) otros antioxidantes como el ácido ascórbico. (Chitarra, M. 2000).

Los efectos del calcio en los frutos han recibido especial atención, visto que las aplicaciones de ese catión producen efectos positivos retardando la senescencia, mediante la disminución de la respiración y de la producción de etileno en el complejo membrana-pared celular, como también en el control de los disturbios fisiológicos y en la conservación de los frutos. (Préstamo, G. y Manzano, P., 1993).

La conservación por el uso de la sal (NaCl) es uno de los métodos más antiguos de conservación de alimentos. La eficacia del proceso es debido al aumento de la presión osmótica y consecuente disminución de la actividad de agua afectando así el crecimiento microbiano. (Potter, N., 1968) (Wong, D.; Tillin, S.; Hudson, J. y Pavlath, A., 1994) propusieron el uso de solución conservadora (ácido ascórbico, ácido cítrico, cloruro de calcio y cloruro de sodio) para vegetales mínimamente procesados. Las principales funciones esperadas de esta solución son evitar o minimizar el oscurecimiento de los tejidos, la pérdida del aroma y del sabor, cambios en la textura, reducción en la calidad nutricional, además de propiedades antimicrobianas.

El procesamiento mínimo, al igual que cualquier proceso, requiere que se optimice con el fin de minimizar costos y efectos indeseados en el producto resultante. Optimizar es seleccionar la mejor alternativa de un grupo específico de alternativas para un proceso determinado, y para ello se requiere se requiere, primero, un método que describa las alternativas potenciales del proceso, y segundo, un criterio para decidir cuál de las alternativas es la mejor (Lawson, J., Madrigal, J. y Erjavec, J., 1992). Los métodos de optimización dependen de la relación o modelo entre los factores y la respuesta; si es una relación definida en forma mecánica, se tienen métodos analíticos, si está definida casuísticamente se tienen métodos estadísticos. En el caso que la función sea casuística (aproximada) se aplican los métodos de optimización estadística tales como el grafico convencional, el grafico mejorado, la función deseada y el procedimiento de superficie de respuesta.

El método de la función deseada es una técnica analítica desarrollada para la optimización de sistemas de múltiples factores y múltiples respuestas. (Sundaram, R., 1996) y (Harrington, E. 1965). Cada respuesta ( $y_n$ ) se estandariza en funciones deseadas  $d_n$  del tipo  $d_n=h_n(y_n)$  y el valor de  $d_n$  incrementa de 0 (mínimo) a 1 (máximo) cuando la respuesta asociada se aumenta. (Derringer, G. y Suich, R., 1980) usaron la siguiente función deseada:

$$d_n = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{Si } y_n < a \\ \left( \frac{y_n - a}{b - a} \right) & \text{Si } a \leq y_n \leq b \\ 1 & \text{Si } y_n > b \end{array} \right\}$$

Donde a y b son valores constantes (las restricciones de las respuestas) y n una constante positiva. Para todas las funciones deseadas se define una función deseada total siendo  $D = F(d_1, d_2, \dots, d_n)^{1/2}$  Un alto valor de D indica las mejores funciones deseadas del sistema, lo que se traduce en soluciones óptimas de dicho sistema.

El objetivo del presente trabajo será evaluar el efecto de una solución conservadora y su interacción con cubiertas comestibles a base de almidón de papa y maíz en la conservación de papaya mínimamente procesada, durante su almacenamiento refrigerado.

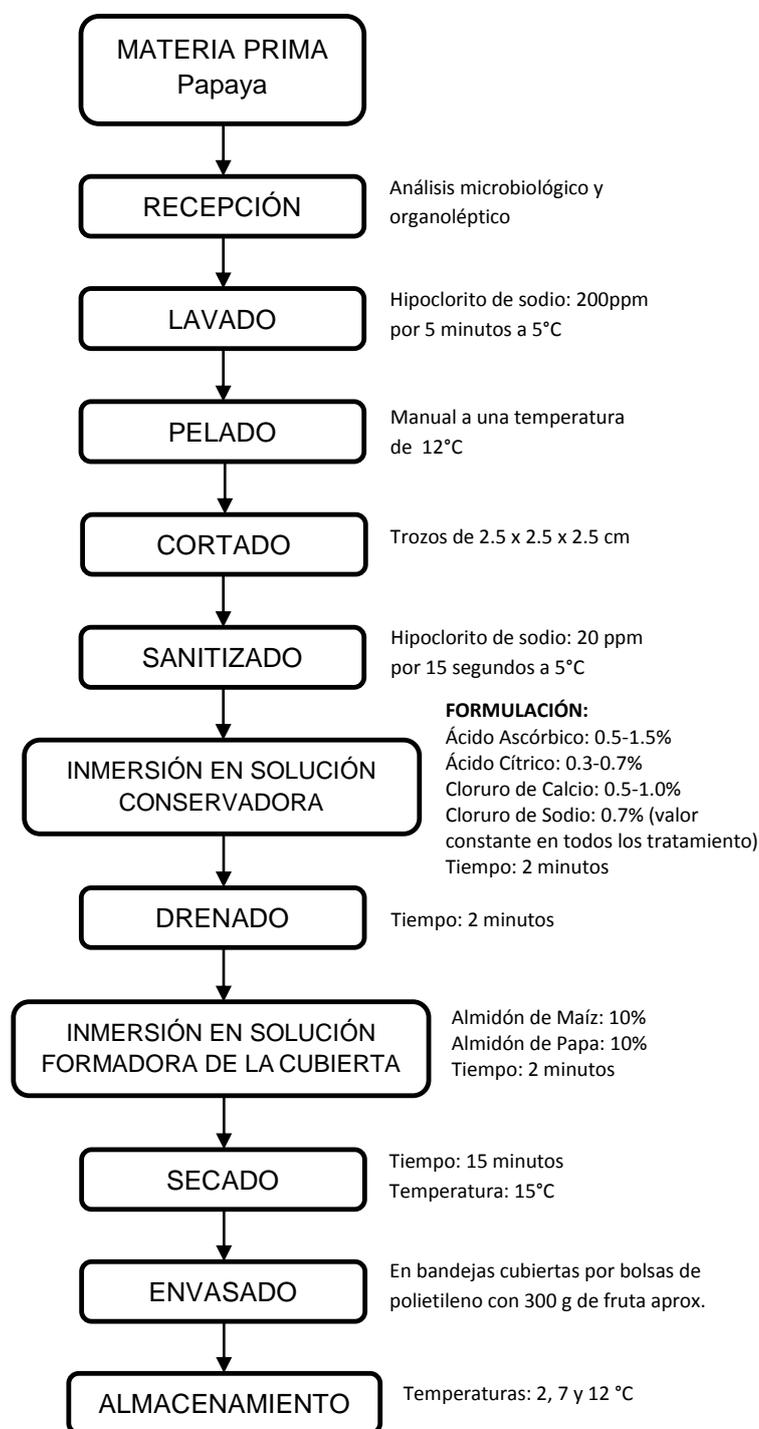
## 2. Materiales y métodos

El diagrama para la elaboración de papaya mínimamente procesada se muestra en la figura 1. Los cubos de papaya fueron sometidos a la inmersión de la solución conservadora y luego cubiertos con los revestimientos y puestos en bolsas de polietileno y almacenados a 5°C. Los cubos fueron mantenidos a 5°C por 96 horas, luego se evaluaron los siguientes parámetros °Brix, pH y porcentaje de pérdida de Vitamina C.

### Diseño estadístico

En el presente estudio, se llevó a cabo la Optimización del contenido de ácido ascórbico [0.5-1.5, % p/p], ácido cítrico [0.3-0.7, % p/p] y cloruro de calcio [0.5-1.0, % p/p]. El cloruro de sodio se mantendrá con la concentración inicial. La concentración ideal para no proporcionar sabor residual perceptible es del 0.7%. Se aplicará un Diseño D-óptimo para determinar la concentración óptima de la solución conservadora, así como su interacción de la misma, con las cubiertas comestibles a base de almidón de papa y maíz. El Diseño D-óptimo, selecciona aquellos puntos que extraerán el máximo de información de la región experimental teniendo en cuenta el modelo que se espera ajustar, minimiza el error de predicción esperado para la variable dependiente, es decir, maximiza la precisión de predicción. En la Tabla 1, se presenta los factores a optimizar, mediante el Diseño D-óptimo, el cual será realizado con 3 factores numéricos (Formulación de la Solución conservadora y un factor categórico: tipo de

cubierta comestible). El procesamiento de datos se realizará con software Design Expert V.7.0 de StatEase. La matriz de los diferentes experimentos se presenta en la Tabla 1.



**Figura 1**  
*Diagrama de Flujos del Proceso experimental*

### 3. Resultados

En la tabla 1 se presentan los ensayos realizados para determinar las concentraciones óptimas de los componentes de la película según el diseño de D-óptimo, con sus respectivos niveles para cada factor independiente así como sus respuestas (factores dependientes).

Para el ajuste correspondiente de los modelos explicativos de la variación de los °Brix, pH y % de pérdida de Vitamina C, se analizó la suma de cuadrados secuenciales del modelo, considerando: 1) la media de la respuesta, 2) la media más los efectos lineales, 3) la media más los efectos lineales y las interacciones, y 4) la media más los efectos lineales, las interacciones y los efectos cuadráticos de los factores % Ácido Ascórbico (A), % Ácido Cítrico (B), % Cloruro de Calcio (C) y tipo de cubierta comestible.

**Tabla 1**

*La matriz de condiciones para cada ensayo.*

Nº	Condiciones para cada Ensayo				RESPUESTAS		
	Ácido Ascórbico	Ácido Cítrico	Cloruro de calcio	Tipo de Cubierta Comestible (Almidón)	°Brix	pH	% Pérdida de Vitamina C
1	1.5	0.70	1.00	Papa	7.8	4.88	13.3189
2	1.5	0.30	1.00	Maíz	8	4.84	15.3348
3	1.0	0.70	0.75	Papa	7.6	4.58	13.6874
4	1.2	0.30	0.50	Papa	7	3.90	14.5061
5	0.5	0.30	1.00	Maíz	8.8	4.20	25.4497
6	0.5	0.30	0.83	Papa	8	4.50	12.5973
7	1.5	0.50	0.67	Papa	8.4	4.91	18.0432
8	0.75	0.450	0.63	Papa	7.6	4.00	7.35066
9	1.5	0.70	0.5	Maíz	8.9	4.77	13.5595
10	0.8	0.50	1	Papa	7.4	4.80	13.7692
11	1.0	0.30	0.76	Maíz	8	4.76	27.8258
12	0.5	0.70	0.50	Maíz	7.5	4.81	36.5682
13	0.5	0.70	1.00	Maíz	7.2	3.80	28.5203
14	1.5	0.70	1.00	Maíz	7.2	4.38	22.1021
15	0.5	0.30	0.83	Papa	6.8	3.70	17.167
16	0.5	0.70	0.50	Papa	7	4.10	14.3765
17	1.3	0.30	0.50	Papa	7.2	3.40	10.6163
18	1.5	0.30	0.50	Maíz	7.6	4.20	7.57848
19	0.5	0.30	0.50	Maíz	7	4.90	6.685

Los modelos ajustados para cubierta de almidón de maíz se presentan a continuación: °Brix= $1.31390+0.58598A+9.32799B+10.70018C+2.28324AB-2.4930AC-9.93663BC+0.22109A^2-4.56120B^2-2.09218C^2$  (1), pH= $2.27528-1.12138A+8.78811B+3.48804C+0.44211AB+1.69033AC-3.96646BC-0.12371A^2-6.50278B^2-2.61663C^2$  (2) y % Pérdida de Vitamina C= $55.25868+15.49682A+6.75661B+166.83576C-28.83909AB+7.56669AC-72.56342BC-8.20718A^2+101.77425B^2-83.03139C^2$  (3).

(1) El cual explica el 85,92% de la variabilidad de los °Brix con al menos 95% de nivel de confianza. (2) El cual explica el 82,64% de la variabilidad de los °Brix con al menos 95% de nivel de confianza. (3) El cual explica el 82,34% de la variabilidad de los °Brix con al menos 95% de nivel de confianza.

Los modelos ajustados para Cubierta de almidón de papa se presentan a continuación: °Brix= $0.17153+1.47638A+10.33225B+10.47741C+2.28324AC-2.49304BC-9.93663BC+0.22109A^2+4.56120B^2-2.09218C^2$  (4), pH= $-0.44596-0.59056A+9.54626B+5.54495C+0.44211AB+1.69033AC-3.96646BC-0.12371A^2-6.50278B^2-2.61663C^2$  (5) y % Pérdida de Vitamina C= $-61.37150+33.57721A-29.64558B+165.67693C-28.83909AB+7.56669AC-72.56342BC-8.20718A^2+101.77425B^2-83.03139C^2$  (6)

(4) El cual explica el 85,92% de la variabilidad de los °Brix con al menos 95% de nivel de confianza. (5) El cual explica el 82,64% de la variabilidad de los °Brix con al menos 95% de nivel de confianza. (6) El cual explica el 82,34% de la variabilidad de los °Brix con al menos 95% de nivel de confianza.

### Optimización mediante la metodología de función deseada

Para la optimización se tomaron las siguientes restricciones: 1. Factores nominales: Ácido cítrico, ácido Ascórbico y cloruro de calcio con los valores entre (-1 y +1); 2. Factores Categóricos: Cubiertas a base de almidón de papa y cubiertas base de almidón de maíz; 3. Variables respuestas: °Brix: Mantenga el contenido inicial de °Brix del fruto. pH: Mantenga inicial el pH del Fruto y % de pérdida de Vitamina C: Minimice el % de pérdida de Vitamina C.

Aplicando la metodología de la función deseada mediante el paquete estadístico Design-Expert 7.0 se obtuvieron 30 posibles soluciones. El óptimo para el proceso de conservación de la papaya mínimamente procesada corresponde a la primera solución ya que el valor de la función deseada es el más cercano a la unidad. En este caso los valores óptimos son: Ácido Ascórbico: 1.5%, Ácido Cítrico: 0.55% y Cloruro de Calcio: 0.5%. Tipo de cubierta Comestible: Almidón de Maíz. Valor de función deseada (Desirability): **0.90005535**

Para el caso de almidón de papa el mayor valor de función deseada fue de **0.86107715**, obteniendo bajo estas condiciones los valores óptimos de: Ácido Ascórbico: 1.5, Ácido Cítrico: 0.59 y Cloruro de Calcio: 0.5. Los cuales son muy similares a los obtenidos para el almidón de maíz. Por lo que se puede concluir que una mejor interacción entre los componentes de la solución conservadora con los dos tipos de cubierta se debe dar a estos niveles óptimos encontrados según la metodología de optimización de función deseada. La prueba confirmativa permitió validar estos valores óptimos obtenidos mediante el análisis estadístico.

## 4. Conclusiones

Los modelos se validaron mediante la metodología de la validación cruzada (95% de confiabilidad), aplicando el método de la función deseada con las restricciones de: maximice el contenido de Sólidos Solubles (°Brix), maximice el pH y minimice el porcentaje de pérdida de Vitamina C, se optimizaron las concentraciones de la componentes de la solución conservadora: Ácido Ascórbico de 1.5%, Ácido Cítrico de 0.55% y Cloruro de Calcio de 0.5%; encontrando que hay una buena interacción con las dos cubiertas de almidón estudiadas. Bajo estas condiciones, la papaya mínimamente procesada mantiene buena calidad por 13 días a temperaturas de refrigeración.

## 5. Referencias

- Moretti, C. (1999). Processamento mínimo de hortaliças: alternativa viável para a redução de perdas pós-colheita e agregação de valor ao agronegócio brasileiro. *Horticultura Brasileira*, v.17, n.2, p.1.
- Krochta, J. y Mulder-Johnston, C. (1997). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology*, v. 51, n. 2, p. 61-74.
- Gontard, N. Films et enrobages comestibles: étude et amélioration des propriétés filmogènes du gluten. Montpellier, Thèse, Université Montpellier II. 174p.
- Cereda, M., Bertolini, A. y Evangelista, R. (1992). Uso do amido em substituição às ceras na elaboração de “filmes” na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças: estabelecimento de curvas de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 7; Recife. 107p.
- Chitarra, M. (2000). Processamento mínimo de frutas e hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE, 113p.
- Préstamo, G. y Manzano, P.(1993). Peroxidases of selected fruits and vegetables and the possible use of ascorbic acid as an antioxidant. *HortScience*, v.28, n.1, p.48-50.
- Awad, M. (1993). Fisiología pós-colheita de frutos. São Paulo: Nobel.114p.
- Potter, N. (1968). Food science. New York:The AVI Publishing Company.
- Wong, D.; Tillin, S.; Hudson, J. y Pavlath, A. (1994). Gas Exchange in cut apples with bilayer coatings. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v.42, n.10, p. 2278-2285.
- Lawson, J., Madrigal, J. L. y Erjavec, J. (1992). Estrategias Experimentales para el Mejoramiento de la Calidad en la Industria. Primera edición. México. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Sundaram, R. (1996). A First Course in Optimization Theory. Primera edición. London. Cambridge University Press.
- Harrington, E. (1965). The experimental design for quadratic response surfaces. *Biometrics*. 15,2: 611-624.
- Derringer, G. y Suich, R. (1980) Simultaneous Optimization of several response variables. *J. Pha. Sci.* 66, 4. 1070-1073.