

## EFFECTO DEL CLORURO DE CALCIO EN EL PROCESAMIENTO MÍNIMO DE PAPAYA (*Carica papaya L.*) ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN BAJO ATMOSFERA MODIFICADA, EVALUADO POR EL MODELO D-ÓPTIMO

EFFECT OF CALCIUM CHLORIDE ON MINIMUM PROCESSING OF PAPAYA (*Carica papaya L.*) STORED IN COOLING UNDER MODIFIED ATMOSPHERE, EVALUATED BY MODEL D-OPTIMAL

Fecha de recepción: 22 noviembre 2013

Fecha de aceptación: 16 mayo 2014

Lourdes Esquivel Paredes<sup>1</sup>  
Augusto Mechatto Anastasio<sup>2</sup>  
Walter Símpalo López<sup>3</sup>  
Wilson Símpalo López<sup>4</sup>

### Resumen

La finalidad fue evaluar el efecto del cloruro de calcio en la vida útil de la papaya mínimamente procesada (PMP) almacenada en refrigeración bajo atmósfera modificada.

La primera fase determinó el efecto del cloruro de calcio en los trozos de papaya, sometidos a soluciones de diferentes concentraciones de cloruro de calcio (0 a 3 %), tiempos (0 a 10 min.) y temperaturas (4 a 12°C), Las variables independientes (concentración de cloruro de calcio, tiempo y temperatura) aplicando la metodología de superficie de la respuesta (RSM) usando un diseño D-Óptimo, con cinco niveles para cada factor, Seguidamente del tratamiento con ClCa, siguió el enjuagado, higienizado y drenado para ser envasado en bandejas de poliestireno cubiertas por bolsas plásticas y almacenadas a 4 °C durante 5 días, se evaluó parámetros de calidad: porcentaje de conservación de pectina y porcentaje de conservación de vitamina C, Las condiciones más favorables

<sup>1</sup> Adscrito a la Dirección del Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Maestro en Gerencia en Industrias Agropecuarias y Pesqueras, Docente en la Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, [eparedes@crece.uss.edu.pe](mailto:eparedes@crece.uss.edu.pe).

<sup>2</sup> Adscrito a la Dirección de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, Maestro en Gerencia en Industrias Agropecuarias y Pesqueras, Docente en la Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, [amechatto@crece.uss.edu.pe](mailto:amechatto@crece.uss.edu.pe).

<sup>3</sup> Adscrito a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, Ingeniero Agroindustrial, Docente en la Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, [wsimpalo@crece.uss.edu.pe](mailto:wsimpalo@crece.uss.edu.pe).

<sup>4</sup> Maestro en Gerencia en Industrias Agropecuarias y Pesqueras, Agroindustrias La Morina, Moro – Chimbote, [w@crece.uss.edu.pe](mailto:w@crece.uss.edu.pe).

presentaron porcentaje de conservación de pectina de 93,64% y porcentaje de conservación de vitamina C de 78,73%, bajo las siguientes condiciones de tratamiento: concentración de cloruro de calcio de 2,09 % (W/W), temperatura de 12 °C y un tiempo de 4,8 minutos, siendo estas condiciones seleccionadas para el siguiente ensayo.

Se evaluó la PMP refrigerada (7 °C) con y sin tratamiento de CaCl envasadas en bandejas de poliestireno y cubiertas con polietileno, condiciones atmosféricas: atmósfera modificada pasiva (aire), atmósfera modificada activa (5% O<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub>, 85% N<sub>2</sub>) y vacío (540 mmHg), con evaluaciones cada 18 días: Vitamina C, porcentaje de pectina, pH, °Brix, acidez titulable, análisis organoléptico y microbiológico, Las condiciones óptimas con cloruro de calcio y envasadas bajo atmósfera modificada activa, Vitamina C (30,8 mg/100 g, de muestra), porcentaje de pectina (520,8 mg/100 g, de muestra), pH (4,44), °Brix (8,90°), acidez titulable (0,2171 % de ácido Cítrico), y una vida útil de 16 días.

**Palabras claves:** *Atmosferas modificadas, cloruro de calcio, envasado al vacío procesamiento mínimo.*

### **Abstract**

The aim was to evaluate the effect of calcium chloride in the life of minimally processed papaya stored under refrigerated modified atmosphere, As the initial part of the study was characterized physically papaya, physicochemically and microbiologically.

The first phase of the study determined the effect of calcium chloride in the pieces of papaya, when subjected to solutions of different concentrations of calcium chloride (0 to 3%) as well as times (0 to 10 min,) and temperatures (7 to 12 ° C), The experimental conditions identified for these independent variables (calcium chloride concentration, time and temperature) were based on a methodology of response surface (RSM) using a D-Optimal design, with five levels for each factor, Following treatment with ClCa, followed by the rinsing process, sanitized and drained before being packed in trays of polystyrene covered with plastic bags and stored at 4 ° C for 5 days, then was evaluated for quality parameters such as the percentage of conservation pectin and the percentage of conservation of vitamin C according to the results obtained from this experiment it was concluded that the most suitable treatment conditions showed a retention percentage of 93,64% pectin and percentage retention of vitamin C 78,73 %, under the following processing conditions: calcium chloride concentration of 2,09% (W / W), temperature of 12 ° C and a time of 4,8 minutes, with these conditions selected for the following assay.

The second phase of the study evaluated the minimally processed papaya cooling (7 ° C) with and without calcium chloride treatment, the samples were packaged in polystyrene trays and covered with polythene bag under three

atmospheric conditions: passive modified atmosphere (air ) active modified atmosphere (5% O<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub>, 85% N<sub>2</sub>) and vacuum (540 mmHg) were assessed every three days for 18 days, through evaluating: Vitamin C, percentage of pectin, pH, ° Brix, titratable acidity, organoleptic and microbiological analysis, The results showed that the optimum conditions for preserving the quality of minimally processed papaya were the samples treated with calcium chloride and modified atmosphere packaged active, Featuring: Vitamin C (30,8 mg/100 g, Sample), percentage of pectin (520,8 mg/100 g, Sample), pH (4.44), ° Brix (8.90 °), titratable acidity (,2171% citric acid) and a lifespan of 16 days.

**Key Words:** *calcium chloride, minimal processing, modified atmospheres, vacuum packed,*

## 1. Introducción

En el mercado actual es cada día mayor la tendencia de los consumidores, a adquirir alimentos con características sensoriales que reflejen una mínima intervención de procesos industriales, muy especialmente cuando el alimento comercializado es una fruta o un vegetal, En respuesta a dicha demanda, se han desarrollado un conjunto de procedimientos o técnicas de conservación de alimentos conocidas como tecnología de obstáculos, la cual se fundamenta en la combinación de distintas técnicas de conservación, a diferencia de las tecnologías convencionales en las cuales la conservación del alimento se basa muchas veces en una sola técnica aplicada drásticamente.

A su vez, la tecnología de obstáculos, en respuesta a la demanda de alimentos frescos, se ha refinado cada vez más para dar origen al procesamiento mínimo de alimentos, mediante el cual se incorporan un conjunto de operaciones unitarias que tienen como objetivo extender la vida comercial del producto manteniendo las características sensoriales de la materia prima.

Los productos mínimamente procesados son generalmente reconocidos como alimentos sometidos a pequeñas modificaciones en sus condiciones naturales, los cuales poseen características de productos naturales y con garantía de sanidad.

En tal sentido, uno de los mayores retos que enfrenta el procesamiento mínimo de alimentos es el de poder combinar adecuadamente distintos factores de preservación a fin de generar productos inocuos, pero que al mismo tiempo garanticen las características de frescura que desea el consumidor.

El propósito del presente trabajo se fundamentó en la elaboración de productos mínimamente procesado, utilizando técnicas para disminuir y/o retardar

el deterioro causado por la aceleración del metabolismo y los cambios físicos en estos productos ligeramente procesados, como el almacenamiento en frío bajo atmósfera modificada y tratamiento con cloruro de calcio, evaluándose sus propiedades fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas, durante su almacenamiento, lo que nos permitió determinar la vida útil de dicho producto.

La atmósfera modificada puede ser de dos formas pasiva y activa, En caso de la atmósfera modificada pasiva, el producto es acondicionado en embalajes y la atmósfera es modificada por la propia respiración del producto, La atmósfera modificada activa se da inyectando en el espacio libre del embalaje una mezcla gaseosa pre determinada, Una de las ventajas de la atmósfera modificada activa es permitir la rápida estabilización de la atmósfera deseada, Otras de las formas de la atmósfera modificada es el envasado al vacío que es el método más simple de modificar la atmósfera interna de un envase, El producto se coloca en un envase formado con film de baja permeabilidad al oxígeno, se elimina el aire y se cierra el envase, El envase sin aire se pliega (colapsa) alrededor del producto, puesto que la presión interna es muy inferior a la atmosférica (Parry, 1995).

La modificación y el control del medio ambiente gaseoso que circunda a un alimento se viene empleando con el fin de lograr varios objetivos, tales como, limitar la actividad biológica del producto a través de la alteración de la composición de gases del ambiente y reducir tanto el crecimiento microbiano como la velocidad de oxidación o pérdida de agua del producto, Estos efectos se ven potenciados con la baja temperatura, por lo que en la práctica estas técnicas se aplican conjuntamente (Cátala, 1998).

Concentraciones muy bajas de oxígeno y/o muy altas de dióxido de carbono producen un cambio de respiración aeróbica a anaeróbica, lo cual causa la fermentación del producto, generando olores y sabores desagradables, y/o favorece el desarrollo de bacterias anaeróbicas como *Clostridium botulinum* (Yahia, 1995).

La influencia de la aplicación de calcio en frutos han recibido una considerable atención, debido a que este nutriente produce efectos deseables, retardando la maduración y envejecimiento, y controlando desordenes fisiológicos en frutas y hortalizas, Este tiene un papel importante en la manutención de la estructura de la pared celular en frutos, pues interactúa con la pectina de esta pared formando pectato de calcio, proporcionando una textura más firme a los frutos, (Poovaiah 1986).

La presencia de calcio, más allá de conferir insolubilidad al material péctico, limita la acción de la enzima poligalacturonasa, una vez que el pectato de calcio formado es resistente a la degradación por esta enzima, El tratamiento con calcio es beneficioso para productos mínimamente procesados, pues este tratamiento mantiene la firmeza en la pulpa de la fruta (Main, 1985).

Con estas premisas se planteó el presente trabajo de investigación cuyos objetivos fueron:

Determinar la concentración de cloruro de calcio, tiempo y temperatura del tratamiento que proporcione mayor conservación de la calidad de la papaya mínimamente procesada.

Evaluar los cambios físico-químicos, microbiológicos y organolépticos de la papaya mínimamente procesada con la concentración más adecuada de cloruro de calcio bajo atmósfera modificada, durante el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Determinar la vida útil de la papaya mínimamente procesada almacenada en refrigeración bajo atmósfera modificada.

## **2. Material y métodos**

### **2.1 Materiales**

#### **Materia Prima**

- La materia prima empleada fue la papaya (Caricapapaya L.) de variedad maradol (Chanchamayo), provenientes del Mercado Mochoqueque.

#### **Reactivos**

- 2-4 dinitrofenol,
- 2,6 diclorofenolindofenol

#### **Materiales de Vidrio**

- Vasos de precipitado

#### **Equipos**

- Bomba de vacío

### **2.2 Métodos de análisis físicos y químicos**

#### **Análisis Físico y Químico de la Materia Prima y Producto Final:**

- Determinación de la Humedad. Determinación de Ceniza Total. Determinación de Acidez. Determinación del pH. Determinación de Grados Brix. Determinación de Azúcares Reductores.

#### **Análisis Microbiológicos de Materia Prima y Producto**

- Recuento de Hongos y Levaduras. Recuento Total de Bacterias Aeróbicas Mesófilas Viables (RTBAMX). Determinación de Coliformes Totales.

### 3. Resultados y Discusión

#### 3.1 Caracterización de la materia prima

**Tabla 2.**

*Características físicas de la Papaya*

Características	Papaya
Forma	ovoide-oblonga
Largo (cm)	23,1 ± 2,4
Diámetro (cm)	13,6 ± 1,8
Peso (Kg)	1,7 ± 0,3
Color	Amarillo
Textura	Contextura firme, no dura

**Tabla 3.**

*Características físico-Químicas de la Materia Prima (Papaya)*

Características	Valor
Humedad (%)	91,10 ± 0,89
PH	5,13 ± 0,27
Sólidos solubles (°Brix)	9,74 ± 0,64
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,16 ± 0,016
Vitamina C (mg/100 g, de muestra)	57,24 ± 3,31
Pectina (g/100 g, De muestra)	0,59 ± 0,04
Textura (Newton)	5,10 ± 0,4

**Fuente:** *Laboratorio de Química de la USS*

**Tabla 4.**

*Análisis Microbiológico de la Papaya*

Análisis Microbiológico	UFC
Recuento de mesófilos viables	< 10
Recuento de hongos	< 10
Recuento de coliformes totales	Ausencia

**Fuente:** *Laboratorio de Química de la USS*

### 3.2 Tratamiento de la papaya mínimamente procesada con cloruro de calcio

Después de realizar los experimentos bajo las condiciones especificadas en la matriz del diseño D-óptimo, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 5) en función al contenido de pectina y vitamina C, de la papaya mínimamente procesada, Los experimentos se hicieron en forma aleatoria para prevenir tendencias sistemáticas por variables no controladas o desconocidas.

#### Efecto de la Temperatura, Tiempo y Concentración de Cloruro de Calcio sobre el porcentaje de conservación de Pectina.

La descripción cuantitativa de los efectos de las condiciones físicas en el porcentaje de conservación de pectina fue reportada mediante un modelo matemático empírico, y gráficos de superficie de respuesta, Donde las variables independientes fueron: Temperatura, tiempo y concentración de cloruro de calcio, cuya variable respuesta fue el porcentaje de conservación de Pectina, Los resultados fueron analizados usando el análisis de varianza (ANOVA) para el plan experimental usado, La ecuación de regresión obtenida después del análisis de varianza, da los niveles de porcentaje de conservación de pectina como una función de las diferentes variables: temperatura, tiempo y concentración, se muestra a continuación:

$$Y_1 = -2,26132 + 2,05885 x T^\circ + 8,14712 x t + 26,1436 x ClCa - 0,0155025 x T^{\circ 2} - 0,0241721 x T^\circ x t - 0,221954 x T^\circ x ClCa - 0,574881 x t^2 - 0,720375 x t x ClCa - 2,89536 x ClCa^2 \longrightarrow (01)$$

Donde:  $Y_1$ : Porcentaje de conservación de pectina,  $T^\circ$ : Temperatura ( $^\circ\text{C}$ ),  $t$ : Tiempo (min),  $ClCa$ : Concentración de cloruro de calcio (%)

La figura 1, el pareto muestras claramente que la Temperatura, % de Cloruro de Calcio, el cuadrado del % de Cloruro de Ca y el cuadrado del tiempo, afecta de manera significativa en el porcentaje de conservación de Pectina, Para mejorar la actuación del proceso, es obvio que debemos empezar ajustando el factor que tiene el efecto más grande, como es el caso de los mencionados anteriormente, para obtener rendimientos mayores de conservación de pectina en las papayas mínimamente procesadas que es una característica de calidad importante para su conservación.

**Tabla 5.**

*Resultados del porcentaje de conservación de pectina, y conservación de vitamina C para las diversas condiciones de tratamiento con cloruro de calcio según el diseño D-Óptimo*

Ensayo	T (C°)	t (min,)	ClCa (%)	Pectina (% de conservación)	Vitamina C (% de conservación)
1	28,00	8,00	3,20	82,53	75,23
2	40,00	5,00	0,00	71,74	73,83
3	52,00	2,00	0,80	85,27	71,55
4	40,00	5,00	4,00	86,58	77,44
5	28,00	2,00	0,80	70,58	86,38
6	40,00	10,00	2,00	74,19	68,96
7	52,00	8,00	0,80	91,6	68,48
8	52,00	8,00	3,20	81,22	71,55
9	28,00	2,00	3,20	82,98	81,42
10	40,00	5,00	2,00	90,84	77,68
11	52,00	2,00	3,20	87,52	80,9
12	40,00	5,00	2,00	95,56	75,67
13	20,00	5,00	2,00	81,67	87,65
14	28,00	8,00	0,80	77,91	74,62
15	40,00	0,00	2,00	78,52	76,4
16	40,00	5,00	2,00	94,15	77,31
17	60,00	5,00	2,00	87,42	69,43
18	40,00	5,00	2,00	90,32	74,49

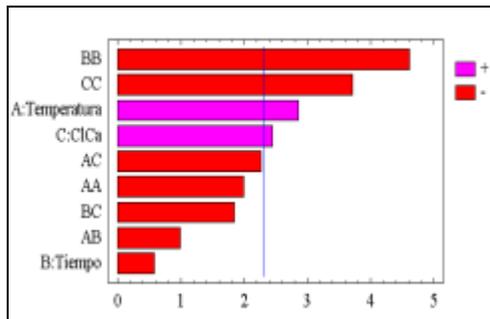
Fuente: *Design Expert v. 7.0*

**Tabla 6.**

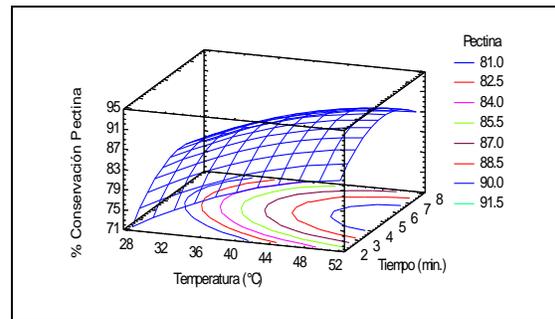
*Análisis de varianza para la respuesta % de conservación de pectina*

Factor	Suma de Cuadrado	G,I	Cuadrado medio	F	P
<b>A:</b>					
<b>Temperatura</b>	124,78	1	124,78	8,11	0,0216
<b>B: Tiempo</b>	0,01	1	0,01	0,00	0,9802
<b>C: % de Clca,</b>	83,89	1	83,89	5,45	0,0478
<b>AA</b>	61,01	1	61,01	3,96	0,0817
<b>AB</b>	5,87	1	5,87	0,38	0,5542
<b>AC</b>	79,07	1	79,07	5,14	0,0532
<b>BB</b>	327,95	1	327,95	21,31	0,0017
<b>BC</b>	52,07	1	52,07	3,38	0,1032
<b>CC</b>	212,65	1	212,65	13,82	0,0059
<b>Error</b>	123,13	8	15,39		
<b>Total</b>	923,509	17			

Fuente: *Design Expert v. 7.0*



**Figura 1:** Pareto Estandarizado para Conservación de Pectina



**Figura 2:** Superficie de Respuesta y Curva de Contorno para el % de Conservación de Pectina (ClCa = 1,0%)

Fuente: *Design Expert v. 7.0*

El ajuste del modelo fue expresado por el coeficiente de regresión  $R^2$  el cual fue de 0,96, El estadístico  $R^2$  indica que 96,67% de la variabilidad en la respuesta pueden ser explicada por el modelo. El valor también indica que sólo el 3,33 % de la variación total no se explica por el modelo. Esto muestra que la ecuación 1 es un modelo conveniente para describir la respuesta del experimento que indica el porcentaje de conservación de Pectina. Un valor alto del coeficiente de correlación ( $R = 0,98$ ), justifica una correlación buena entre las variables independientes.

Se observa en las Figura 2, que interacciona la temperatura-tiempo, que cuando se encuentran en sus niveles más bajos es decir una temperatura entre 20 y 32°C, un tiempo de 0 a 3 min, y una % de cloruro de calcio de 1%, se obtiene un valor de conservación de pectina predichos entre 51 a 78%, que es un intervalo de % de conservación de pectina más bajos en la región estudiada, estos valores en términos cuantitativos son 0,30 a 0,46 g/100g de pectina, mientras que la papaya en su estado natural tiene un contenido de 0,59 g/100g de pectina. En la figura 1 también es notorio que para una concentración de 1% de cloruro de calcio, a medida que se incrementa de manera combinada los parámetros de tiempo y temperatura, también se incrementa el porcentaje de conservación de pectina. En la región media de la figura 2 la superficie de respuesta se muestra que un incremento medio de temperatura de 33 a 46 °C en combinación con el tiempo de tratamiento que va de 4 a 6 min, se nota un porcentaje de conservación de pectina de entre 82 a 88 lo que indica los mayores incrementos la concentración de pectina en la región estudiada. En la región donde se presentan los mayores intervalos de tiempo y temperatura es decir de 7 a 10 min y de 47 a 60 °C se nota un descenso notable del porcentaje de conservación de pectina que va del 89 al 78% esto posiblemente debido a que una mayor exposición de la fruta al calor podría causar el ablandamiento de los tejidos produciéndose la ruptura de las cadenas pectinas presente en el tejido de la fruta. Mucho de la degradación y del ablandamiento de los tejidos de la fruta resultan de la degradación de la laminilla

media de las paredes de células corticales con el incremento de la liberación y degradación de la pectina. En muchas frutas la endopoligalacturonasa empieza la solubilidad acuosa de la pectina mientras que exopoligalacturonasa termina la hidrólisis (Perkins Veazie 1995).

### **Efecto de la Temperatura, Tiempo y Concentración de Cloruro de Calcio sobre el porcentaje de conservación de la Vitamina C.**

La descripción cuantitativa de los efectos de las condiciones físicas en el porcentaje de conservación de vitamina C fueron reportados mediante un modelo matemático empírico, y gráficos de superficie de respuesta. La metodología de superficie de respuesta es una técnica de modelamiento empírico usado para evaluar la relación entre un conjunto de factores experimentales controlables, para nuestro experimento dichas variables son: Temperatura, tiempo y concentración de cloruro de calcio, cuya variable respuesta será el porcentaje de conservación de vitamina C, Los resultados fueron analizados usando el análisis de varianza (ANOVA) apropiado para el plan experimental usado. La ecuación de regresión obtenida después del análisis de varianza, da los niveles de porcentaje de conservación de vitamina C como una función de las diferentes variables: temperatura, tiempo y concentración, se muestra a continuación:

$$Y_2 = 116,28 - 1,27078 x T^\circ - 0,513799 x t - 4,69359 x ClCa + 0,00667368 x T^{\circ 2} + 0,0195141 x T^\circ x t + 0,147999 x T^\circ x ClCa - 0,127169 x t^2 - 0,0250596 x t x ClCa - 0,0576365 x ClCa^2 \longrightarrow (2)$$

Donde:  $Y_2$  : Porcentaje de conservación de vitamina C,,  $T^\circ$ : Temperatura ( $^\circ\text{C}$ ),  $t$  : Tiempo (min), ClCa: Concentración de cloruro de calcio (%),

En la tabla 7 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta porcentaje de conservación de vitamina C. La significancia de cada efecto fue determinado usando el P-valor ( $P < 0,05$ ), donde el p-valor más pequeño indica significancia alta del coeficiente, Para nuestro caso, tres de los efectos tienen los P-valores inferiores a 0,05, Estos efectos son: temperatura, tiempo y la interacción temperatura con ClCa, que tienen un efecto notable en el porcentaje de conservación de vitamina C, Puede verse que las variables con los efecto más grandes fueron la temperatura y el tiempo, cuyos efectos son negativos, comprobándose la sensibilidad de esta vitamina frente a estas dos variables.

Analizando los efectos de cada variable se encuentra que las variables que tienen un efecto positivo sobre la respuesta ( $Y_2$ ) son la interacción temperatura con Clca, el porcentaje de cloruro de calcio, el efecto cuadrático de la temperatura, y la interacción temperatura con el tiempo. El resto de las variables tienen efecto negativo sobre la respuesta, Estos resultados pueden observarse en la figura 39, qué grafica los efectos positivos o negativos además del despliegues de las magnitudes de los efectos de los resultados obtenidos. Los efectos se ordenan del mayor al menor.

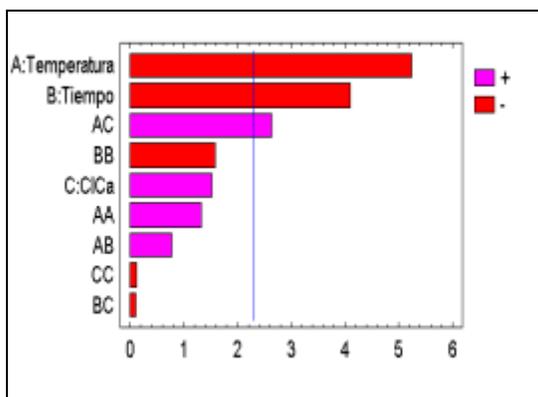
**Tabla 7.**

*Análisis de varianza para la respuesta % de conservación de Vitamina C*

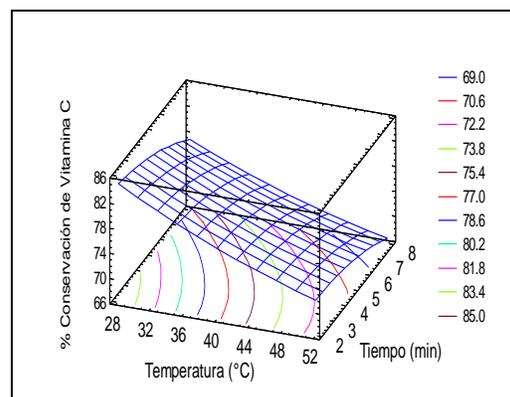
Factor	Suma de Cuadrado	G,l	Cuadrado medio	F	P
A: Temperatura	228.091	1	228.091	35.72	0.0003
B: Tiempo	134.651	1	134.651	21.09	0.0018
C: % de ClCa,	14.6429	1	14.6429	2.29	0.1684
AA	11.3069	1	11.3069	1.77	0.2199
AB	3.82261	1	3.82261	0.6	0.4613
AC	35,1541	1	35.1541	5.51	0.0469
BB	16.048	1	16.048	2.51	0.1515
BC	0.0630125	1	0.0630125	0.01	0.9233
CC	0.0842642	1	0.0842642	0.01	0.9114
Error	51.0779	8	6.38474		
Total	502.048	17			

**Fuente:** Design Expert v. 7.0

*Nota:* Nivel de confianza 95%; p significancia (0,05)



**Figura 3:** Pareto Estandarizado para Conservación de Vitamina C



**Figura 4:** Superficie de Respuesta y Curva de Contorno para el % de Conservación de Vitamina C (ClCa = 1,0%)

**Fuente:** Design Expert v. 7.0

La figura 3 de pareto muestras claramente que la temperatura es el factor más importante que afecta de manera significativa en el porcentaje de conservación de vitamina C seguido por el efecto del tiempo y por el efecto de la interacción del tiempo con el porcentaje de cloruro de calcio, Para mejorar la actuación del proceso, es obvio que debemos empezar ajustando el factor que tiene el efecto más grande, como es el caso de la temperatura, para obtener rendimientos óptimos de conservación de vitamina C.

El ajuste del modelo fue validado por el coeficiente de regresión  $R^2$  el cual fue de 0,958, indicando que 95,8% de la variabilidad en la respuesta pueden ser explicada por el modelo. El valor también indica que sólo el 4,2 % de la variación total no se explica por el modelo. Esto muestra que la ecuación 2 es un modelo conveniente para describir la respuesta del experimento que indica el porcentaje de conservación de la vitamina C, Un valor alto del coeficiente de correlación ( $R = 0,98$ ), justifica una correlación buena entre las variables independientes.

Se puede observar en las Figura 4 para una concentración de cloruro de calcio de 1%, no hay una diferencia significativa en el porcentaje de conservación de vitamina C, es decir esta no es influenciada por dichas concentración. En cuanto a la temperatura y el tiempo cuando estas se encuentran en su nivel bajo es decir  $7^{\circ}\text{C}$  y 0 min, respectivamente, independientemente de la concentración de cloruro de calcio se obtienen porcentajes de conservación de vitamina C entre 86 a 93%, siendo estos valores máximos en la región de estudio lo cual corresponde de 48,5 a 52,8 mg/100 g, de ácido ascórbico, la diferencia de estas cantidades con respecto a la cantidad de vitamina C inicial que presenta la papaya (57,2 mg/100g), se puede atribuir a la pérdida por manipulación (pelado cortado, etc.), propias del procesamiento mínimo y al efecto del tiempo de almacenamiento, Como puede observarse, a pesar de la baja temperatura de almacenamiento de esta prueba ( $4^{\circ}\text{C}$ ) hay una pérdida de este componente que puede deberse tanto a mecanismos oxidativos, dado el tipo de almacenamiento empleado (Vial et al., 1991),

#### **Evaluación de la papaya mínimamente procesada almacenada en refrigeración bajo atmósfera modificada.**

Una vez determinada las mejores condiciones del pre tratamiento de la papaya mínimamente procesada con cloruro e calcio, se analizaron dos tipos de muestra en el almacenamiento, una muestra sin ningún tratamiento previo y la otra tratada con cloruro de calcio bajo las condiciones antes establecidas, Las evaluaciones fueron fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

En cuanto al contenido de sólidos solubles en la papaya mínimamente procesada, presento una tendencia ha incrementarse hasta en el sexto día de almacenamiento y luego un descenso a lo largo del periodo de almacenamiento restante, el incremento desde  $9,75 \pm 0,05$  °Brix hasta  $9,95 \pm 0,25$  °Brix se debió posiblemente a que la velocidad de formación de azúcares a partir de las dextrinas presentes en la fruta fue mayor que la velocidad de degradación de los azúcares por efecto de la respiración. El descenso de los sólidos solubles de  $9,95 \pm 0,25$  °Brix hasta  $8,75 \pm 0,25$  °Brix en el almacenamiento, se debió posiblemente al incremento del metabolismo de estos productos, con el consecuente aumento de la tasa de respiración empleando como fuente de energía a los azucares presentes en la fruta, (Rosen & Kader, 1989).

Al comparar los tres tratamientos de condiciones atmosféricas (Vacío, atmósfera modificada activa y atmósfera modificada pasiva), se puede asociar esta variación en el contenido de sólidos solubles con la velocidad de respiración y la actividad enzimática; la cual es mayor en condiciones de atmósfera modificada pasiva, debido a la mayor disponibilidad de oxígeno y por lo tanto una mayor degradación de los azúcares. La modificación de la atmósfera en el interior del envase, que consiste en la reducción del contenido de oxígeno mientras se incrementan las concentraciones de dióxido de carbono y/o nitrógeno, ha mostrado que prolonga significativamente la vida útil de los alimentos perecederos conservados a temperatura de refrigeración (PARRY, 1995).

Con respecto a las muestras tratadas con cloruro de calcio, estas presentaron valores mayores en sólidos solubles en todo el periodo de almacenamiento, en comparación con las muestras sin tratamiento. Esto debido a que esta sal, conserva la estructura de la papaya por la formación de enlaces pectina-calcio, formando redes con alta resistencia, evitando una pérdida y degradación de azúcares propias del proceso, retardando a la vez el grado la respiración y los efectos de la actividad enzimática en las células.

#### **4. Conclusiones**

A concentraciones inferiores de 1,5 % de ClCa y condiciones de temperatura y tiempo de 7 a 12°C y de 0 a 3 minutos respectivamente se obtuvieron valores en un rango de 61 a 78% de conservación de pectina en papaya mínimamente procesada.

Las diferentes concentraciones de cloruro de calcio estudiadas no influyeron significativamente en el porcentaje de conservación de vitamina C en papaya mínimamente procesada pero si la variación de tiempo y temperatura de tratamiento.

La concentración de cloruro de calcio, tiempo y temperatura de tratamiento que proporciona mayor conservación de la calidad de la papaya mínimamente procesada son: 2% de ClCa, 4,8 min y 7°C respectivamente.

En el almacenamiento las muestras que presentaron mayor conservación, fueron las tratadas con ClCa (2% ClCa, tiempo de 4,8 min a una temperatura de 7°C) bajo atmósfera modificada activa (5% O<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub> y 85% N<sub>2</sub>), que aquellas tratadas sin cloruro de calcio y empacadas bajo atmósfera modificada pasiva y vacío.

El tiempo de vida útil estimada para la papaya mínimamente procesada tratada con cloruro de calcio, empacada bajo atmósfera modificada activa y almacenada en refrigeración es de 16 días.

## 5. Referencia

- Adel, A. 2001. Recomendaciones para Mantener la Calidad Post-cosecha Department of Pomology, University of California, 2001.
- Artés, F., Castañer, M., y GIL, M. 1998, "El pardeamiento enzimático de frutas y hortalizas mínimamente procesadas", Food Sci, Technol, Intern, 4 (6): 377-389.
- Baldwin, A. 1995. Use of Edible Coatings to Preserve Quality of Lightly Processed Products Critical Reviews in Food Science and Nutrition 509-524.
- Braverman, J. 1978. Introducción a la bioquímica de los alimentos, Mexico, Omega, 355 p.
- Brecht, J. 1995, Physiology of lightly processed fruits and vegetables, HortScience, v,30, n,1, p,18-21.
- Burns, J. 1995. Lightly processed fruits and vegetables: introduction to the Colloquium, HortScience, v,30, n,1, p,14-17.
- Cantwell, M. 1992 Postharvest handling systems; minimally processed fruits and vegetables, In: KADER, A,A, (Ed.) Postharvest technology of horticultural crops, Oakland, California: University of California: University of California, cap,32, p,277-281.
- Catala, R. 1998. Conservación de frutas y hortalizas en atmósfera controlada y modificada, Agroeconómico N°45: 15-19.
- Cheftel, J., y Cheftel, H. 1992. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos, España, Acribia, 333 p, (vol 1).
- Collazos, C. (1993). La composición de los alimentos de mayor consumo en el Perú, Edit Banco de Reserva, Sexta edición, Lima Perú, pp 20-22.
- Esquivel, P. y Vásques, G. J 2005, optimización de la deshidratación osmótica de la papaya (carica papaya) empleando películas de quitosano evaluado por el diseño de box-behnken, Tesis para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa, Perú, pp,97-100.
- Fahn, A. 1982. Plant Anatomy, EE,UU, 3 Ed, Oxford: Pergamon Press, 544 p.
- IV Encuentro nacional sobre procesamiento mínimo de frutas e hortalizas y I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 2006, Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas, Universidad de Sao Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" CYTED, Abril.

- Main, L., Morris, J. y Wehunt, E. 1985. Effect of preprocessing treatments on the firmness and quality characteristics of whole and sliced strawberries after freezing and thermal processing. J. Food Sci., Vol. 51, pp. 391.394.
- Parry, R. 1995. Envasado de los alimentos en atmósfera modificada. Madrid, Vicente. 331 p.
- Poovaiah, B. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Tech., Vol. 40, pp. 86.89.
- Rosen, J. y Kader, A. 1989. Postharvest physiology and quality maintenance os sliced pear and strawberry fruits. Journal of Food Science, v.54, n.3, p.656-659, May .
- Yahia, E. 1995. La tecnología de las atmósferas modificadas y controladas. Horticulturainternacional N° 8: pp 20-25.