

## OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE UNA ENSALADA DE FRUTAS MÍNIMAMENTE PROCESADA ENRIQUECIDA CON COMPONENTES FISIOLÓGICAMENTE ACTIVOS (VITAMINA C Y CALCIO), MEDIANTE TÉCNICAS DE IMPREGNACIÓN A VACÍO

### PROCUREMENT AND EVALUATION OF QUALITY OF MINIMALLY PROCESSED FRUIT SALAD WITH ENRICHED PHYSIOLOGICALLY ACTIVE COMPONENTS (VITAMIN C CALCIUM), BY TECHNIQUES OF VACUUM IMPREGNATION

*Patricia C. Rojas Medina<sup>1</sup> y Constanza Sánchez Ornés<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>MSc. En Ingeniería Agroindustrial, Vicerrectorado de Infraestructura y procesos industriales. Coordinación de Postgrado, UNELLEZ-San Carlos. Estado Cojedes, Venezuela. [Patriciarojas1404@gmail.com](mailto:Patriciarojas1404@gmail.com).

<sup>2</sup>Dra. (Universidad de Zaragoza-España). Profesora Titular (J). Programa Ciencias del Agro y del Mar. Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales. UNELLEZ-San Carlos. Estado Cojedes, Venezuela.

\*Tesis de Maestría Área de Postgrado de la UNELLEZ-San Carlos

Recibido: 16-08-2009 / Aceptado: 13-04-2010

#### RESUMEN

Se desarrolló una ensalada de frutas mínimamente procesada, utilizando técnica de impregnación a vacío para incorporar soluciones con 1% citrato de calcio, 2% ácido ascórbico, 50 °Brix, 1% ácido cítrico y 250 ppm de sorbato de potasio. Se utilizó un diseño experimental compuesto central ortogonal. Las frutas utilizadas fueron guayaba de la variedad “criolla roja”, melón de la variedad “edisto” y piña de la variedad “española roja” procedentes del estado Lara, estas fueron cortadas en cubos de 1,5 cm<sup>2</sup> de los cuales se tomaron 200 g de cada una para luego ser sumergidas en la solución de impregnación, y se procedió con las 10 unidades experimentales (tiempo (min)-presión (mmHg)) en el equipo de vacío. Se empacaron en bolsas de polietileno selladas a vacío, cada tratamiento fue duplicado y almacenado en refrigeración, se realizaron análisis físicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. Los datos obtenidos permitieron generar modelos de predicción y se obtuvo el tratamiento a aplicar, la co-optimización predijo que con la combinación de tiempo 2,89 min – presión 459 mmHg, se obtuvo un alimento funcional con las siguientes características: ácido ascórbico 260,22 mg; calcio 595,03 mg, pH 2,84; ° Brix 29,08; acidez titulable 0,029 % y  $a_w$  0,968. Los componentes fisiológicamente activos calcio y ácido ascórbico se incorporaron de manera eficiente, alcanzando el calcio valores de 573,66 a 685 mg, y el ácido

ascórbico valores en un rango de 255 mg a 263 mg en la ensalada de frutas. La evaluación sensorial de aceptabilidad arrojó que el tratamiento que obtuvo la mejor aceptación fue el tratamiento (2,01 min–579,71 mmHg) y el tratamiento con la menor aceptación fue (3,25 min–410 mmHg). La actividad microbiológica UFC/g mohos y levaduras para todos los tratamientos realizados fueron < 10 UFC/g.

**Palabras clave:** melón, piña, guayaba calcio, ácido ascórbico

#### SUMMARY

A fruit salad minimally processed was developed, using vacuum impregnation technique to incorporate solutions with 1% calcium citrate, 2% ascorbic acid, 50% °Brix and 1% citric acid. A central composite orthogonal design was used. The fruits utilized were guava of the variety "red native", melon of the variety "edisto" and pineapple of the variety "Spanish red" from the state of Lara, these were cut in cubes of 1.5 cm<sup>2</sup> of these 200 g were taken in order to be submerged in the solution of impregnation, and proceeded with The 10 experimental unit (time (min)-pressure (mmHg)) in impregnation equipment. They were packed in of polyethylene bags and vacuum sealed; each treatment was duplicated was duplicated

and stored in cooling, then physic-chemical, microbiological and sensory assays were performed. The data obtained permitted to generate prediction models to get the treatment to be applied, the co-optimization predicted that with the combination of time 2.89 min–pressure 459 mmHg, a potential functional food with the following characteristics was obtained: ascorbic acid 260.22 mg, calcium 595.03 mg, pH 2.84, ° Brix 29.08, tritable acidity 0.029%, and  $a_w$  0.968. The components physiologically assets calcium and ascorbic acid were incorporated in an efficient way, reaching calcium values from 573.66 mg to 685 mg, and the ascorbic acid values in a range of 255 mg to 263 mg in the fruit salad. The sensory evaluation of acceptability indicated that the processing that obtained the best acceptance was the processing (2.01 min–579.71 mmHg) and the processing with the least acceptance was (3,25 min–410 mmHg). The microbiological activity UFC/g molds and yeasts for all the processing carried out were <10 UFC/g.

**Keywords:** *melon, pineapple, guava, calcium, acid ascorbic.*

## INTRODUCCIÓN

El concepto tradicional que existe, que para el mantenimiento de una salud óptima la dieta diaria debe proveer cantidades adecuadas de nutrientes esenciales ha cambiado en los últimos años, por la evidencia cada vez más fuerte que como una mezcla compleja de sustancias químicas, los alimentos contienen también sustancias fisiológicamente activas que cumplen, al igual que los nutrientes esenciales, una función de beneficio contribuyendo a reducir la incidencia de ciertas enfermedades crónicas y por tanto son necesarias para una vida saludable. (Caragay, 1992).

Algunos alimentos estructurados como frutas y vegetales tienen un gran número de poros (espacios intercelulares) que se encuentran completamente ocupados por gas o líquidos propios del alimento, esto ofrece la posibilidad de impregnarlos con una solución determinada para mejorar su composición mediante la incorporación de ácidos, preservantes, azúcares u otros depresores de actividad de agua ( $a_w$ ), así como componentes fisiológicamente activos (vitaminas, minerales, microorganismos benéficos y componentes no nutricionales), que permitan el diseño de alimentos funcionales. La impregnación a vacío de productos porosos es un mecanismo hidrodinámico que promueve el intercambio de gas o líquido ocluido en los poros, debido a cambios en la presión. Esta operación permite incorporar cualquier ingrediente en un alimento poroso, con la finalidad de adaptar su composición a ciertos requerimientos de estabilidad o calidad en una forma rápida y simple. El ácido ascórbico y el calcio son componente fisiológicamente activos que se han utilizado junto a otras sustancias químicas como agentes antipardeamiento y anti ablandamiento, que además pueden incorporarse para aumentar los niveles nutricionales de la fruta y así obtener un alimento funcional, definido como “cualquier alimento o ingrediente que pueda proveer un beneficio en la salud más allá de los elementos nutrimentales que pueda contener (IOM/NAS, 1994).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado en el trabajo de investigación fueron piñas (variedad Española Roja), guayabas (variedad Criolla Roja) y melones

(variedad Edisto) comprados en un mercado local provenientes del estado Lara en condiciones óptimas para el consumo, y fueron llevadas al Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de los Alimentos (LITA) de la (UNELLEZ), Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales, San Carlos, estado Cojedes, Venezuela, donde fueron caracterizados sus valores de pH, acidez titulable, sólidos solubles,  $a_w$ , calcio y ácido ascórbico presente en cada fruta. Luego se procedió a cortar en cubos de 1,5 cm<sup>2</sup> y fueron impregnadas al vacío utilizando diferentes tiempos y presiones según el ensayo establecido con la solución de impregnación que contenía sacarosa (50 °Brix), 1% de ácido cítrico, 2% de ácido ascórbico, 1% de citrato de calcio y 250 ppm de sorbato de potasio, luego fueron empacadas al vacío y almacenadas en refrigeración por 10 días. (Figura 1). Durante este tiempo según el ensayo establecido, fueron evaluadas las siguientes respuestas: acidez titulable, pH, actividad de agua ( $a_w$ ), sólidos solubles; componentes fisiológicamente activos calcio y ácido ascórbico; microbiológicas unidades formadoras de colonia (UFC) para hongos y levaduras, así como las características sensoriales.

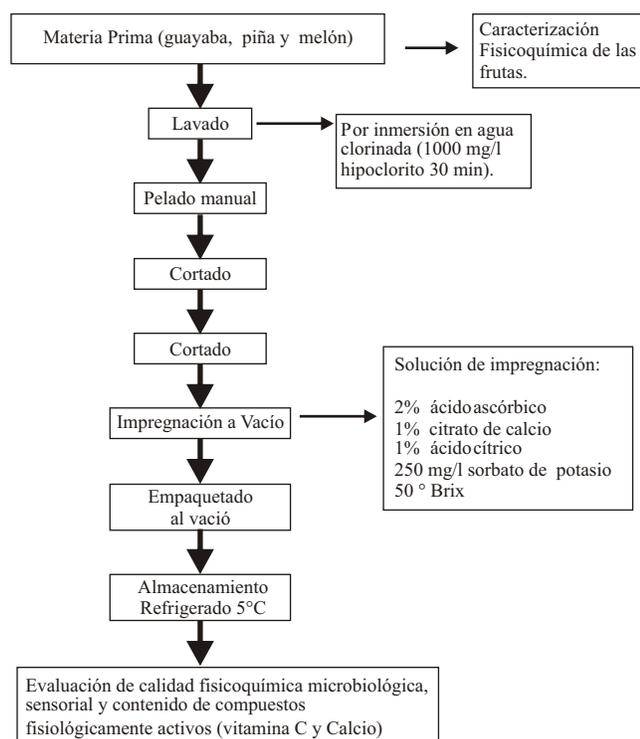


Figura 1. Esquema tecnológico para la elaboración de la ensalada de frutas.

En el Cuadro 2 se refleja que el melón utilizado como materia prima tiene bajo contenido de calcio, vitamina C (ácido ascórbico) y °Brix, con respecto a lo que indica la (FAO, 2001). Es un producto con elevada actividad de agua propia de una fruta fresca, en cuanto al pH es el adecuado según los valores reportados por la (FAO, 2001). En cuanto al recuento microbiológico hongos y levaduras se obtuvieron valores < 10 ufc/g.

Cuadro 2. Características físico químicas del melón

Determinación	valor promedio
Acidez titulable (%)	0,162
p H	4,980
Actividad de agua ( $a_w$ )	0,998
°Brix	6,200
Calcio (mg)	10,20
Ácido ascórbico (mg)	20,30

### CARACTERIZACIÓN DE LA GUAYABA

En el Cuadro 3 se refleja que la guayaba utilizada como materia prima al compararla con los valores reportados por la FAO (2001), el contenido de calcio es igual, la vitamina C (ácido ascórbico) reporta un contenido más bajo, el contenido de °Brix dentro de los rangos para esta fruta, el pH también está dentro del rango, con relación a la  $a_w$  es elevada propia de las características de esta. Al comparar estos datos con los obtenidos por (Medina y Pagano, 1993), solo se puede observar una diferencia en cuanto a la acidez más baja en comparación a la reportada por estos autores. Para el recuento de hongos y levaduras los valores fueron < 10 ufc/g.

Cuadro 3. Características Físico Químicas De La Guayaba

Determinación	Valor Promedio
Acidez titulable (%)	0, 153
pH	4, 57 0
Actividad de agua ( $a_w$ )	0, 989
°Brix	6, 100
Calcio (mg)	18,70
Ácido ascórbico (mg)	112,6

### CARACTERIZACIÓN DE LA PIÑA.

En el Cuadro 4, se refleja que la piña utilizada como materia prima tiene alto contenido de calcio y bajo contenido de vitamina C (ácido ascórbico), con respecto a lo que indican (FAO, 2001; Sousi-Fachmann-Kraut, 1999), Es un producto rico en sólidos solubles, un pH ácido, con una  $a_w$  elevada propia de esta fruta, y acidez titulable adecuada dentro de los valores indicados por la (FAO, 2001). Los valores del recuento hongos y levaduras fueron de < 10 ufc/g.

**Cuadro 4.** Características físico químicas de la piña

Determinación	Valor Promedio
Acidez titulable (%)	0,340
pH	4,350
Actividad de agua ( $a_w$ )	0,997
° Brix	13,60
Calcio (mg)	15,00
Ácido ascórbico (mg)	16,00

### ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS FRUTAS IMPREGNADAS A VACÍO.

En el Cuadro 5 se observa que los rangos de acidez titulable estuvieron entre 0,029% a 0,034 %, lo cual es lógico por la cantidad de ácido ascórbico impregnado.

Con respecto al pH, los rangos observados van de 2,64 a 2,92, hubo una disminución considerable con respecto a las frutas sin impregnar. Los sólidos solubles (°Brix) en un rango de 27 a 30,8, logrando un aumento considerable con respecto a las frutas sin impregnar. Mientras que la actividad de agua estuvo entre 0,972 a 0,987, observándose la disminución con respecto a las frutas sin impregnar lo que refleja la ganancia de azúcar y la pérdida de agua en el proceso de impregnación. En cuanto al porcentaje de calcio y el contenido de ácido ascórbico se observa en el Cuadro 5, que las muestras tuvieron una ganancia de ambos componentes de las soluciones de impregnación si se compara con las frutas sin impregnar, demostrando de esta manera la efectividad del proceso de impregnación bajo las condiciones aplicadas en el experimento.

En el Cuadro 5 se observan los resultados de los análisis microbiológicos para los diferentes tratamientos, los cuales obtuvieron recuentos < 10 ufc/g para hongos y levaduras, esto indica que todos los tratamientos evaluados contribuyeron a mantener los

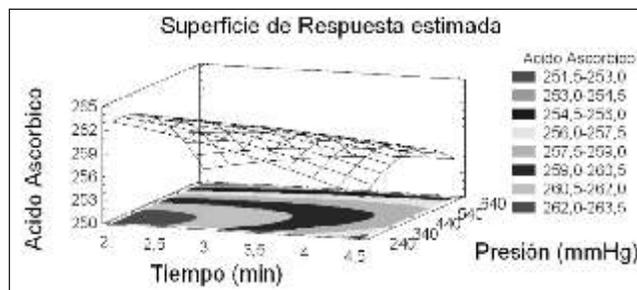
bajos contajes microbianos que presentaba la fruta fresca, los fueron inferiores a 10 ufc/g.

**Cuadro 5.** Promedio de los valores obtenidos durante el análisis

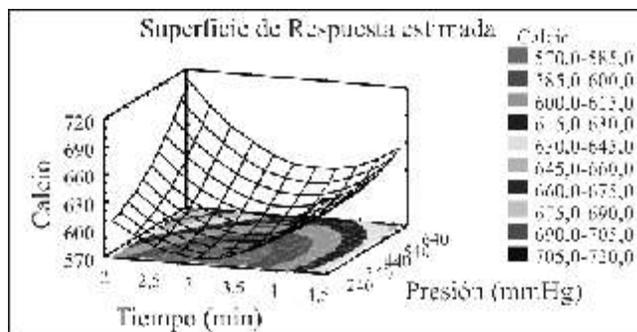
Tratamiento	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Repetición	Tiempo	Presión	Ac. A.	CALCIO	pH	*BRIX	ACIDEZ	A <sub>w</sub>	Hongos y Levaduras
1	-1	-1	1	2,01	240,29	263	607	2,87	27,40	0,033	0,982	1,812
2	-1	1	1	2,01	579,71	255	684	2,69	30,75	0,033	0,977	1,620
3	1	-1	1	4,49	240,29	256	650	2,70	27,70	0,032	0,979	1,556
4	1	1	1	4,49	579,71	257	644	2,64	27,10	0,030	0,986	1,041
5	1,07809	0	1	1,91	410,00	262	641	2,80	29,90	0,028	0,977	0,078
6	1,07809	0	1	4,59	410,00	258	643	2,66	28,10	0,026	0,98	1,544
7	0	1,07809	1	3,25	227,04	260	576	2,90	27,04	0,034	0,972	0,078
8	0	1,07809	1	3,25	592,96	257	615	2,77	28,50	0,033	0,973	1,079
9	0	0	1	3,25	410,00	261	581	2,85	28,58	0,029	0,967	1,698
10	0	0	1	3,25	410,00	261	581	2,86	28,60	0,029	0,967	1,623
1	-1	-1	2	2,01	240,29	263	610	2,86	27,40	0,033	0,982	1,861
2	-1	1	2	2,01	579,71	255	685	2,70	30,80	0,034	0,977	1,612
3	1	-1	2	4,49	240,29	255	651	2,70	27,70	0,032	0,979	1,544
4	1	1	2	4,49	579,71	256	645	2,65	27,00	0,030	0,987	1,000
5	1,07809	0	2	1,91	410,00	261	645	2,79	30,00	0,029	0,977	0,078
6	1,07809	0	2	4,59	410,00	258	644	2,67	28,10	0,026	0,98	1,544
7	0	1,07809	2	3,25	227,04	259	578	2,92	26,80	0,034	0,972	0,078
8	0	1,07809	2	3,25	592,96	256	618	2,78	28,60	0,033	0,975	1,079
9	0	0	2	3,25	410,00	260	585	2,86	28,60	0,029	0,968	1,681
10	0	0	2	3,25	410,00	261	585	2,87	28,50	0,029	0,968	1,623

### ANÁLISIS DE LAS SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIABLES

En la Figura 2, se observa un comportamiento de silla de caballo, indicando esto que un factor incrementan la respuesta y que simultáneamente el otro la reduce. El máximo operativo de ácido ascórbico en la ensalada 263 mg se logra con niveles entre 2 a 2,5 minutos de impregnación y presión en un rango aproximado de 240 a 340 mmHg de presión.



**Figura 2.** Superficie de respuesta estimada para ácido ascórbico.



**Figura 3.** Superficie de respuesta estimada calcio.

En la Figura 4, se presenta la superficie de respuesta del modelo estimado de la respuesta pH, se visualiza la existencia de una silla de caballo, adicionalmente se observa que el mínimo de pH (2,62) se obtiene al combinar el tiempo de impregnación en 4,5 minutos y 640 mmHg de presión de impregnación. PH inferiores a 3 es lo ideal ya que se encontraría por debajo del límite requerido para la actividad de los microorganismos responsables de deterioro y de las enzimas responsables del pardeamiento de las frutas (4,5-8) y lo considera un alimento ácido condición que afecta el crecimiento microbiano (Millán, 2001).

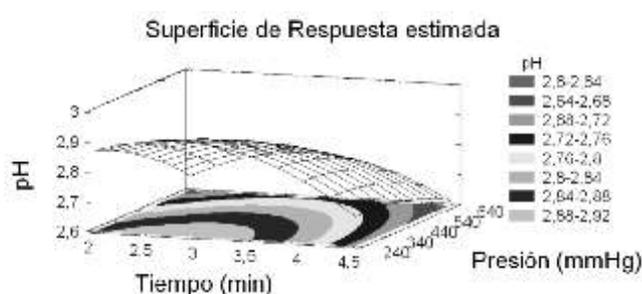


Figura 4. Superficie de respuesta estimada pH.

En la Figura 5, un comportamiento similar lo modela la respuesta °Brix al estudiar sus valores mínimos (26) °Brix, el rango máximo de (30,5 a 31) °Brix se proyecta con presiones entre 540 y 640 mmHg y tiempo de impregnación de 2 min.

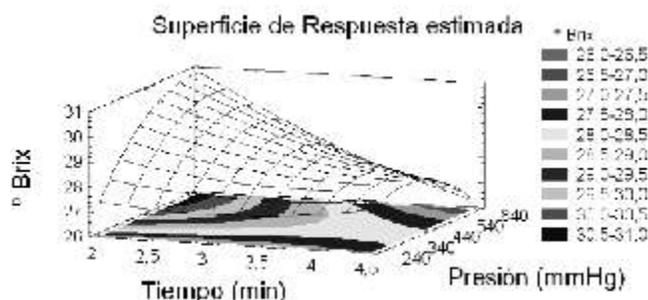


Figura 5. Superficie de respuesta estimada ° Brix.

En la Figura 6, se muestra la silla invertida resultante de la combinación de los factores tiempo y presión de impregnación sobre la acidez titulable. Donde se manifiesta que la acidez disminuye a valores centrales del diseño para cada factor en estudio. Mientras que a valores extremos del diseño se encontró respuesta máxima de la acidez titulable.

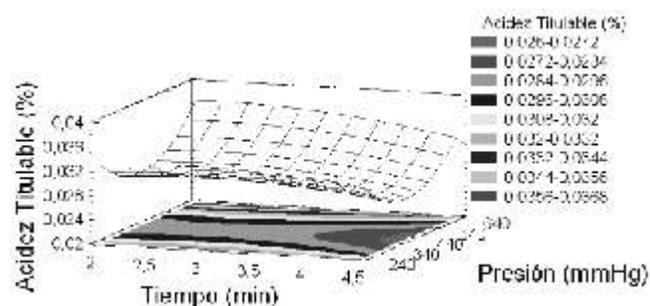


Figura 6. Superficie de respuesta estimada acidez titulable.

En la Figura 7, se muestra la superficie de respuesta estimada para  $a_w$ , se observa valores mínimos de 0,96-0,964 de  $a_w$  combinando el tiempo y presión de impregnación en 3,5 min y 440 mmHg respectivamente. Estos valores son cercanos al punto central del diseño. (Panadés *et al.*, 1996), Obtuvo valores actividad de agua de la guayaba que osciló entre 0,941 y 0,976. (Millan *et al.*, 2001), Lograron reducir la actividad de agua de la fruta hasta 0,976 mediante pulso de vacío y deshidratación osmótica en melones. (Dávila y López, 2005), reportaron  $a_w$  0,85 en rodajas de piñas impregnadas a vacío. Como se puede observar los valores obtenidos están dentro de los rangos reportados

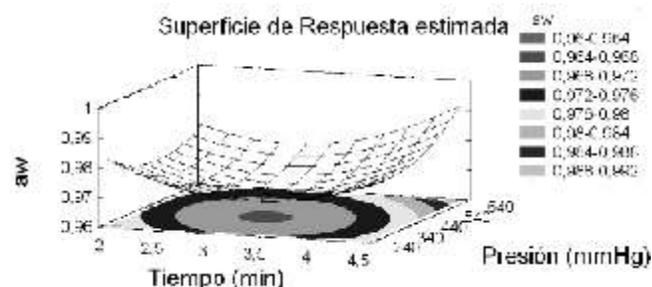


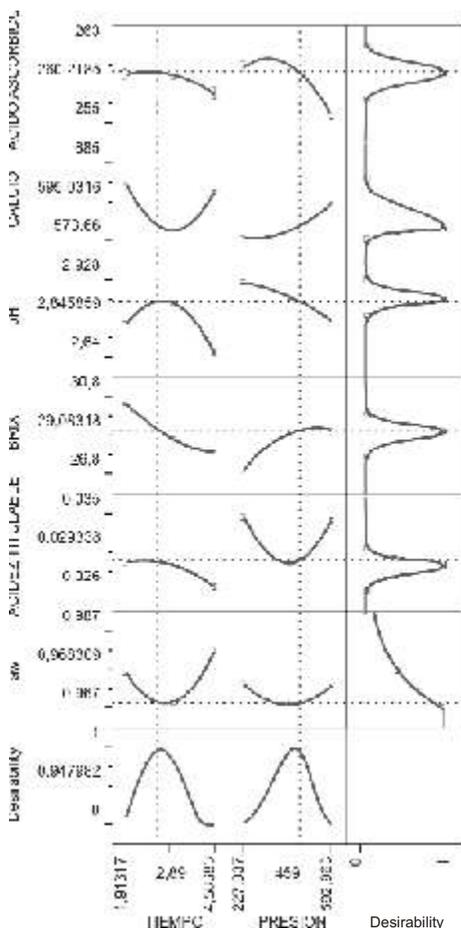
Figura 7. Superficie de respuesta estimada Aw.

## CO-OPTIMIZACIÓN MULTIRESPUESTA DE LA IMPREGNACIÓN A VACÍO PARA LA ENSALADA DE FRUTAS

La co-optimización, consistió en maximizar las proporciones de calcio, ácido ascórbico, pH,  $a_w$ , °Brix para obtener los valores de tiempo y presión para las características deseadas.

En la Figura 8 se muestran los perfiles de predicción (maximización y minimización) muestra que con niveles de 2,89 minutos de tiempo de impreg-

nación (X1) y 459 mmHg de presión de impregnación (X2). Se Obtiene la combinación óptima operativa que permite obtener un producto con las siguientes características: concentración de ácido ascórbico 260,22, concentración en calcio 595,03, pH de 2,85, °Brix de 29,08, una  $a_w$  de 0,968, y acidez titulable total de 0,029. En cuanto a los resultados microbiológicos los recuentos para hongos y levaduras fueron menores a 10 ufc/g.



**Figura 8.** Perfil de predicción dinámico multirespuestas y multifactor experimental

De los valores obtenidos en la co-optimización cabe destacar que se estaría garantizando potencialmente la ingesta diaria de calcio y ácido ascórbico según el instituto nacional de nutrición (INN, 2000). Cuyos valores son de 1000 mg/día y 60 mg/día respectivamente la ensalada está aportando por cada 100 gr valores de 595,03 mg de calcio y 260,22 mg de ácido ascórbico, por lo tanto estamos en presencia de un alimento potencialmente funcional. Por otra parte

el conjunto pH 2,85,  $a_w$  0,968 y acidez titulable 0,029 % nos estarían garantizando el no deterioro del producto por acción de hongos y levaduras, ya que los valores tan bajos de pH y acidez nos sirven de obstáculo, aunque la  $a_w$  es considerablemente baja todavía esta propensa al ataque microbiano pero al actuar en conjunto forman barreras o obstáculos (métodos combinados). En cuanto a los ° Brix 29,08 aportarían un complemento para la dieta diaria.

### EVALUACIÓN SENSORIAL DE ACEPTABILIDAD.

En la Figura 9, gráfico caja y bigote se visualiza claramente el grado de aceptación para cada muestra, adicionalmente se observa la variabilidad de las muestra. De este gráfico se deduce que las muestras 1 al 8 poseen variabilidad similar, mientras que las muestras 9 y 10 son diferentes, pero similar entre ellas con la mayor aceptabilidad



**Figura 9.** Grafico aceptabilidad de los tratamientos bajo estudio de la ensalada de fruta.

### CONCLUSIONES

1.- Las frutas utilizadas como materia prima para la elaboración de la ensalada de frutas tienen las siguientes características: Melón variedad Edisto: acidez 0,162 %, pH 4,98,  $a_w$  0,998, sólidos solubles 6,2, calcio 10,2 mg, ácido ascórbico 20,3 mg, y un conteo microbiano < 10 para hongos y levaduras. Guayaba variedad criolla roja: acidez 0,153 %, pH 4,57,  $a_w$  0,989, sólidos solubles 6,1, calcio 18,7 mg, ácido ascórbico 112,6 mg, y un conteo microbiano < 10 para hongos y levaduras. Piña variedad española roja: acidez 0,340 %, pH 4,35,  $a_w$  0,997, sólidos solubles 13,6, calcio 15 mg, ácido ascórbico 16 mg y un conteo microbiano < 10 para hongos y levaduras.

2.- Los valores de la co-optimización para la ensalada de frutas impregnada al vacío con componentes fisiológicamente activos, resultaron de la combinación de tiempo 2,89 min–presión 459 mmhg, obteniéndose de esta manera un potencial alimento funcional con las siguientes características: ácido ascórbico 260,22 mg, calcio 595,03 mg, pH 2,84, °Brix 29,08, acidez titulable 0,029 %, y  $a_w$  0,968.

3.- Se pudo observar que para los 10 tratamientos realizados hubo un incremento significativo de los componentes fisiológicamente activos calcio y ácido ascórbico logrando de esta manera incorporar de manera eficiente dichos componentes, alcanzando el calcio valores de 573,66 mg a 685 mg, y para el ácido ascórbico en un rango de 255 mg a 263 mg en la ensalada de frutas.

4.- Las características fisicoquímicas de la ensalada impregnada a vacío reunieron los siguientes valores según el tratamiento realizado: pH con valores de 2,64 a 2,92; °Brix 26,8 a 30,8; Acidez titulable 0,026 a 0,035; y  $A_w$  0,967 a 0,987.

5.- La actividad microbiológica UFC/g hongos y levaduras para todos los tratamientos realizados fueron  $< 10$  UFC/g. La evaluación sensorial (aceptabilidad) de la ensalada de frutas, reporto que el tratamiento con mayor aceptación para un grupo conformado por 40 participantes fue el tratamiento (4,59 min - 410 mmHg) y el tratamiento con la menor aceptación fue el (2,01 min - 240,29 mmHg).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caragay, A. B. 1992. *Cancer-preventive foods and ingredients*. Food Technol. 46(4):65-68.
- Dávila-Solar, L. y L. López-Ráez. 2005. *Transferencia de masa en la deshidratación osmótica a vacío de rodajas de Ananas comosus L. Merr. "Piña"*. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial 8 (1): 07-12.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2001. Tablas de composición de alimentos; Anales de la organización.
- Instituto Nacional de Nutrición, INN, (2000).
- IOM/NAS. 1994. *Opportunities in the Nutrition and Food Sciences*. Ed. P.r. Institute of Medicine/National Academy of Sciences, National Academy Press, Washington D.C.
- Medina, M. y F. Pagano. 2003. *Caracterización de la pulpa de guayaba (Psidium guajava L.) tipo «Criolla Roja»*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 20:72-86.
- Millán FR, Roa V, Tapia M. 2001. *Estudio de la estabilidad microbiológica del melón (Cucumis melo L.) mínimamente procesado por impregnación al vacío*. ALAN, 51(2):173-179.
- Panadés G, Treto O, Fernández C, Castro D, Núñez M. 1996. *Pulse vacuum osmotic dehydration of guava*. En: Food Science and Technology International. 2:301-306.
- Souci SW, Fachmann WK. 1999. *El Pequeño Souci-Fachmann-Kraut: tablas de composición de alimentos*. Edit. Acribia, Zaragoza.