

Estudio de la estabilidad microbiológica del melón (*Cucumis melo L*) mínimamente procesado por impregnación al vacío

Félix Rafael Millán Trujillo, Sonia López Plá, Valentín Roa Tavera, María Soledad Tapia, Rita Cava

Universidad Simón Bolívar, Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela

RESUMEN. Con el propósito de diseñar un esquema de procesamiento mínimo para el melón, se redujo la actividad de agua de la fruta hasta 0,976 mediante pulso de vacío y deshidratación osmótica, y se estableció la combinación de preservativos antimicrobianos (100 ppm de sulfito de sodio, 600 ppm de sorbato de potasio, 0,5% de ácido L-ascórbico y 1% de ácido cítrico), mediante un diseño multifactorial 2^k ($p < 0,05$), que minimizaron los recuentos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras. En una segunda etapa experimental, se probaron las condiciones previamente mencionadas, en conjunto con la aplicación de escaldado con vapor saturado a $98^{\circ}\text{C}/3$ min y almacenamiento del producto en tres tipos de atmósferas modificadas (6% O_2 -6% CO_2 , 5% O_2 - 10% CO_2 y aire atmosférico), obteniéndose que la aplicación de los agentes antimicrobianos, en conjunto con el escaldado previo de la fruta y la utilización del aire atmosférico en empaques de alta barrera (30 μ nylon), contribuyó a extender la vida útil del melón mínimamente procesado durante 14 días, en base a los recuentos de aerobios mesófilos, psicrotrofos, bacterias ácido lácticas, enterobacterias, mohos y levaduras y a los atributos sensoriales color, olor, sabor y textura.

Palabras clave: Melón, fruta, procesamiento mínimo, tecnología de obstáculos, métodos combinados.

SUMMARY. Microbiological stability study of minimally processed cantaloupe (*Cucumis melo L*) by vacuum impregnation. In order to design a minimal process for cantaloupe, the water activity of the fruit was reduced until 0,976 through vacuum osmotic dehydration and the optimum combination of microbial preservatives (100 ppm sodium sulfite, 600 ppm potassium sorbate, 0,5 % L-ascorbic acid and 1% citric acid), that contributed to minimize ($p < 0,05$), the content of aerobic mesophilic bacteria, molds and yeast, was determined through a 2^k multifactorial design. In the second experimental stage, the conditions previously mentioned were tested together with the application of fruit's blanching ($98^{\circ}\text{C}/3$ min) with saturated steam and product storage in three different modified atmospheres (6% O_2 - 6% CO_2 , 5% O_2 - 10% CO_2 and atmospheric air). In such sense, the application of microbial preservatives together with fruit's blanching and atmospheric air in high barrier packages (30 μ nylon) contributed to extend the shelf life of the cantaloupe minimally processed during 14 days on the basis of aerobic mesophilic bacteria, psychrotrophic bacteria, acid lactic bacteria, enterobacteria, molds, yeast and the sensory attributes color, odour, taste and texture.

Key words: Cantaloupe, fruit, minimal processing, hurdle technology, combined methods.

INTRODUCCION

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 mas 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 (1).

La posibilidad de desarrollar esquemas de procesamiento mínimo de frutas, que permitan generar productos con características sensoriales similares a la materia prima de origen y al mismo tiempo obtener una vida comercial razonable del producto, plantea hoy en día amplias perspectivas de aplicación industrial en la fabricación de materias primas pre-procesadas, para su posterior suministro a la industria procesadora de frutas y a la industria relacionada con los servicios de alimentación institucionalizados.

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

garanticen las características sensoriales de frescura que desea el consumidor.

Tomando en cuenta las consideraciones hechas con anterioridad y con el interés de proponer nuevas alternativas para el uso de una fruta tropical de gran aceptación sensorial como el melón, el propósito del presente trabajo se fundamentó en el diseño de un esquema tecnológico para el procesamiento mínimo del melón por impregnación al vacío, basado en la depresión de su actividad de agua y en la incorporación de aditivos antimicrobianos.

MATERIALES Y METODOS

Caracterización de la materia prima

Caracterización físico – química. Se seleccionaron catorce melones de un local comercial de la ciudad de Caracas en base a la similitud de forma, tamaño y ausencia de lesiones externas. Los melones seleccionados se dividieron aleatoriamente en dos lotes de siete melones cada uno. Mediante la utilización de un cuchillo estéril, cada melón se peló y cortó en cubos de tamaño aproximadamente uniforme. A partir de cada lote se tomó un sub-lote compuesto por catorce cubos de melón seleccionados aleatoriamente, los cuales se homogeneizaron en una licuadora Oster durante tres minutos, luego de los cuales se procedió a la determinación por triplicado de los sólidos solubles por refractometría, mediante un refractómetro Abbe, pH mediante un potenciómetro Coleman modelo 39 previamente calibrado y actividad de agua por psicrometría utilizando el equipo DECAGON CX - 2.

Caracterización microbiológica. A partir de cada lote se tomaron sendas muestras aleatorias de 25 g. cada una y se colocaron en bolsas de polietileno para su posterior mezcla y homogeneización con 225 ml. de agua peptonada al 0,1% y pH 7, a fin de obtener una dilución 10^{-1} , a partir de la cual se efectuaron diluciones 10^{-2} y 10^{-3} . De cada dilución, se sembró 1 ml por profundidad en agar para recuento estándar (Oxoid) y las placas se incubaron a 35°C por 24 - 48 horas para el recuento de aerobios mesófilos. Se procedió de igual forma para el recuento de aerobios psicrotrofos, pero las placas se incubaron a 7°C durante 7 días.

Se procedió a inocular 1 ml por profundidad de cada dilución en agar Mc Conkey glucosado (BBL) y se incubaron las placas a 37°C durante 24 - 48 horas para el recuento de enterobacterias. De igual forma, se inocularon placas con agar DeMan-Rogosa-Sharpe (Merk) y agar Papa-Dextrosa (BBL) acidificado con ácido tartárico y se incubaron a 35°C por 48 horas y a 25°C por 5 días respectivamente, para la enumeración de bacterias ácido lácticas y recuento total de mohos y levaduras.

Determinación del mínimo valor de actividad de agua.

Se seleccionaron siete melones, los cuales fueron lavados y cortados en cubos. Luego, se procedió a seleccionar aleatoriamente cuatro muestras conformadas por 26 cubos de melón, a partir de las cuales se desarrollaron cuatro tratamientos. Tratamiento (1): inmersión en solución de sacarosa de 65° Brix y aplicación de un pulso único de vacío de 460 mmHg por 10 min. Tratamiento (2): Inmersión en solución de sacarosa de 65°Brix, aplicación de un pulso único de vacío de 460 mmHg por 10 min., y mantenimiento de la fruta en la solución durante 60 min., 90 min., (tratamiento 3) y 120 min., (tratamiento 4). Finalmente se realizó una prueba de aceptación de consumidores a través de una escala hedónica de nueve puntos (1 = me disgusta extremadamente y 9 = me gusta extremadamente), a fin de determinar el tratamiento que genera una depresión de la actividad de agua de la fruta, manteniendo las características sensoriales de la fruta no procesada.

Determinación de los límites máximos de preservativos. Para la determinación de los límites máximos de preservativos, se seleccionaron seis melones del mercado nacional y se procedió a lavarlos y cortarlos en cubos. Posteriormente, se seleccionó en forma aleatoria cuatro muestras de cuarenta cubos cada una, las cuales se dividieron a su vez en cinco sub-muestras conformadas por seis cubos cada una. Las mismas se sumergieron en soluciones de sacarosa de 65°Brix con diferentes concentraciones de los preservativos sulfito de sodio (0 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm y 125 ppm), sorbato de potasio (0 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 600 ppm y 800 ppm), ácido cítrico (0%, 0,5%, 0,75%, 1% y 1,25%) y ácido L-ascórbico (0%, 0,5%, 0,75%, 1% y 1,25%). Finalmente se realizó una prueba de aceptación de consumidores mediante una escala hedónica de nueve puntos (1 = me disgusta extremadamente y 9 = me gusta extremadamente), a fin de establecer la concentración máxima de preservativos que permitiera conservar las características sensoriales de la fruta procesada, similares a la fruta fresca.

Desarrollo del melón mínimamente procesado

Primera etapa de desarrollo. Los melones, obtenidos de un establecimiento comercial, fueron seleccionados bajo el criterio de uniformidad de tamaño, forma, textura y color externo. Luego, se trasladaron al Laboratorio de Desarrollo de Productos de la Universidad Simón Bolívar en donde se lavaron manualmente y se sumergieron en una solución con 300 ppm de hipoclorito de sodio. Posteriormente, se cortaron en mitades y se procedió a eliminar la concha y semillas, luego de lo cual se troceó la pulpa en cubos de aproximadamente 2,5 cm², los cuales se sumergieron en una

solución de sacarosa de 65° Brix con las distintas concentraciones de preservativos antimicrobianos consideradas en un diseño estadístico 2^k con 5 puntos centrales y un control (Tabla 1), en donde se consideró para la selección del nivel máximo de cada preservativo, los resultados obtenidos en la etapa precedente. Posteriormente, se aplicó un pulso único de vacío de 461 mmHg durante 10 minutos, tomando en consideración los resultados encontrados en la etapa de determinación del valor mínimo de actividad de agua de la fruta. La fruta tratada se empacó en bolsas plásticas y se almacenó a 5°C. Finalmente, se determinó por triplicado, el recuento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras de acuerdo a la metodología desarrollada en la etapa de caracterización de la materia prima para los días 0, 4, 8, 12 y 16 de almacenamiento para cada tratamiento contemplado en el diseño experimental.

TABLA 1

Diseño multifactorial 2^k para la selección de la combinación óptima de preservativos antimicrobianos a ser incorporados en el melón

Tratamientos	Preservativos antimicrobianos			Sorbato de potasio (ppm)
	Sulfito de sodio (ppm)	Ácido cítrico (%)	Ácido ascórbico (%)	
	A	B	C	D
1	50	0,5	0,5	200
2	100	0,5	0,5	200
3	50	1	0,5	200
4	100	1	0,5	200
5	0,5	0,5	1	200
6	100	0,5	1	200
7	5	1	1	200
8	100	1	1	200
9	50	0,5	0,5	600
10	100	0,5	0,5	600
11	50	1	0,5	600
12	100	1	0,5	600
13	50	0,5	1	600
14	100	0,5	1	600
15	50	1	1	600
16	100	1	1	600
17	75	0,75	0,75	400
18	0	0	0	0

Segunda etapa de desarrollo. A partir del tratamiento que minimizó el crecimiento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras en la etapa precedente, se desarrolló un nuevo diseño experimental para evaluar el efecto del escaldado con vapor saturado a 98°C por 3 min., previo al proceso de impregnación, así como el efecto del material de empaque utilizado (empaque de alta barrera Plastobarr N 80, constituido por dos capas de polietileno de alta densidad de 25 µ de espesor cada una y una película de poliamida de 30

µ de espesor y empaque de baja barrera, compuesto por una película de polipropileno de alta densidad biorientado de 20 µ de espesor y una película de polipropileno no biorientado de 35 µ de espesor, obtenidas de la compañía Minibag, C. A). Durante la operación de empacado se evaluó el efecto de tres tipos de atmósfera (6% de CO₂ - 6% de O₂, 10% de CO₂ y 5% de O₂ y atmósfera corriente), empleando para ello una cámara al vacío marca AGA, modelo PAK 12P. (Tabla 2). Finalmente, las muestras procesadas y empacadas en distintas atmósferas y materiales de empaque se almacenaron a 5°C durante 16 días, determinándose por triplicado el recuento de aerobios mesófilos mohos y levaduras a los 4, 8, 12 y 16 días y efectuándose pruebas de aceptación de consumidores en base a una escala hedónica bimodal de nueve puntos durante los días 2, 8 y 16 de almacenamiento.

TABLA 2

Diseño multifactorial desarrollado para evaluar el efecto del escaldado, atmósfera modificada y material de empaque en la estabilidad del melón mínimamente procesado

Tipo de empaque	Composición gaseosa de las atmósferas					
	6% CO ₂	10% CO ₂	Normal	6% CO ₂	10% CO ₂	Normal
	6% O ₂	5% O ₂		6% O ₂	5% O ₂	
	Con escaldado			Sin escaldado		
Alta						
Barrera	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Baja						
Barrera	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂

T_i : Tratamientos

Estabilidad microbiológica del melón. Una vez seleccionada la concentración óptima de los preservativos así como el material de empaque y la atmósfera a utilizar, se procedió a evaluar la estabilidad del producto final durante dieciséis días a través del recuento de aerobios mesófilos, aerobios psicrotrofos, enterobacterias, bacterias ácido lácticas, mohos y levaduras, mediante la metodología descrita en la etapa de caracterización de la materia prima. Además, se realizó un estudio de aceptación de consumidores mediante escala hedónica de nueve puntos, durante los días 2, 8, 14 y 16 de almacenamiento, a través de la evaluación de los atributos sensoriales color, olor, sabor y textura.

Análisis estadístico. El análisis estadístico de los datos se realizó a través del análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Duncan, utilizando para ello una nivel de confianza del 95%. Los cálculos correspondientes se efectuaron con el programa estadístico SPSS para Windows en su versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis físico-químico y microbiológico de la materia prima, permite considerar al melón como una fruta de alta humedad ($a_w = 0,985 \pm 0,04$, $n = 3$), y de baja acidez ($pH = 6,55 \pm 0,05$, $n = 3$). Estas condiciones, aunadas al aporte nutricional de la fruta, la caracterizan como un buen sustrato para el crecimiento microbiano.

En tal sentido, los análisis microbiológicos realizados a la fruta fresca, mostraron concentraciones en el orden de 10^3 ufc/g para aerobios mesófilos, bacterias ácido lácticas y levaduras, y concentraciones de 10^2 ufc/g para enterobacterias y aerobios psicrotrofos. Los recuentos microbiológicos anteriormente mencionados, pueden considerarse como una carga microbiana relativamente baja si se toma en cuenta que el melón proviene de una planta rastrera y que por lo tanto se encuentra en contacto con el suelo, en donde las poblaciones microbianas son elevadas.

Es importante destacar que los recuentos microbiológicos en frutas pueden ubicarse en concentraciones alrededor de 10^7 ufc/g, si no se aplican adecuadas prácticas de manejo post-cosecha (2), y en el caso de la presente investigación, prácticas de manufactura que contribuyan a minimizar el crecimiento microbiano.

En la selección del valor mínimo de actividad de agua que permitiera conservar las características sensoriales de la materia prima y al mismo tiempo disminuir la cantidad de agua libre en el producto, se seleccionó el tratamiento de inmersión de los cubos de melón en una solución de sacarosa con 65°Brix y la aplicación de un pulso único de vacío de 460 mmHg durante 10 minutos, seguido por una deshidratación osmótica de la fruta durante 90 minutos, ya que no se observó una evidencia estadística ($p > 0,05$), que indicara una diferencia en cuanto a los atributos sensoriales color, olor, sabor y textura, entre la fruta fresca y procesada bajo las condiciones anteriormente mencionadas.

Dado que en el concepto de alimentos mínimamente procesados se establece que el producto final debe ser lo más parecido posible a la materia prima que le dio origen (3), fue necesario evaluar la concentración máxima permitida de agentes antimicrobianos, en base a criterios sensoriales, antes de proceder al estudio de optimización. En tal sentido, la utilización de concentraciones máximas de 600 ppm de sorbato de potasio, 100 ppm de sulfito de sodio, 1% de ácido ascórbico y 1% de ácido cítrico, permitió conservar los atributos sensoriales sabor y olor, similares a la fruta no procesada ($p > 0,05$), y se utilizaron como base para establecer el nivel máximo de preservativos considerados en el desarrollo del diseño 2^k (Tabla 1).

Para el estudio de la combinación óptima de preservativos a ser incorporados a la fruta, se consideraron los recuentos de aerobios mesófilos por ser microorganismos indicadores

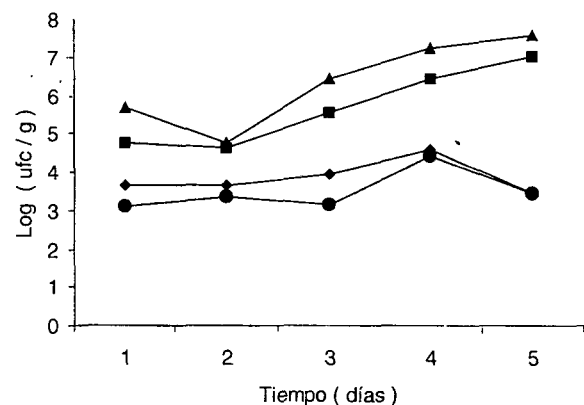
de la posible presencia de patógenos en el producto y porque internacionalmente, en países como Francia, se ha elaborado una legislación para alimentos mínimamente procesados que establece recuentos máximos entre 10^5 y 10^7 ufc/g en los productos, al momento de cumplirse la fecha de vencimiento (4). Por otra parte, se consideraron los recuentos de mohos y levaduras por cuanto son microorganismos indicadores del deterioro de frutas y vegetales (5).

En la Tabla 3 se observan los recuentos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras para los distintos tratamientos considerados en el diseño 2^k y para los distintos periodos de tiempo estudiados. En tal sentido, al final de los 16 días de almacenamiento, se obtuvieron recuentos entre 10^3 y 10^7 ufc/g para aerobios mesófilos, mohos y levaduras, observándose, a través del análisis de varianza, una evidencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$), de diferencias entre las distintas concentraciones de agentes antimicrobianos utilizados y su efecto en los microorganismos anteriormente mencionados.

Así, mediante la utilización de los agentes antimicrobianos en el orden de 600 ppm de sorbato de potasio, 100 ppm de sulfito de sodio, 1% de ácido cítrico y 0,5% de ácido L-ascórbico, se logró minimizar los recuentos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras durante el almacenamiento de la fruta y mantener los recuentos de dichos microorganismos dentro del rango establecido por la legislación internacional, al extender la fase de latencia durante el periodo estudiado y retardar así el periodo de crecimiento exponencial (Figura 1).

FIGURA 1

Recuentos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras en función del tiempo, para el melón procesado con las concentraciones óptimas de preservativos antimicrobianos establecidas en la primera etapa experimental



- ▲ Recuento de aerobios mesófilos en la fruta fresca
- Recuento de mohos y levaduras en la fruta fresca
- ◆ Recuento de aerobios mesófilos en la fruta procesada
- Recuento de mohos y levaduras en la fruta procesada

TABLE 3
 Recuento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras obtenidos en la etapa de optimización del uso de preservativos antimicrobianos

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)									
	0		4		8		12		16	
	Aerobios mesófilos (ufc/g)	Mohos y levaduras (ufc/g)	Aerobios mesófilos (ufc/g)	Mohos y levaduras (ufc/g)	Aerobios mesófilos (ufc/g)	Mohos y levaduras (ufc/g)	Aerobios mesófilos (ufc/g)	Mohos y levaduras (ufc/g)	Aerobios mesófilos (ufc/g)	Mohos y levaduras (ufc/g)
1	9,30x10 ³	2,35x10 ³	1,51x10 ⁵	2,32x10 ³	7,53x10 ⁵	8,00x10 ³	4,35x10 ³	4,00x10 ³	2,12x10 ⁴	1,45x10 ³
2	1,45x10 ⁴	7,60x10 ³	1,80x10 ⁴	6,35x10 ³	1,90x10 ⁴	6,90x10 ³	7,45x10 ³	4,60x10 ³	1,63x10 ⁵	7,35x10 ⁴
3	1,92x10 ⁴	7,25x10 ³	7,50x10 ³	1,30x10 ⁴	3,95x10 ⁵	1,29x10 ⁵	4,55x10 ⁵	4,55x10 ⁵	3,21x10 ⁶	3,07x10 ⁶
4	6,10x10 ³	2,15x10 ³	3,50x10 ⁴	1,65x10 ³	5,00x10 ³	2,50x10 ³	4,10x10 ³	3,75x10 ³	3,46x10 ⁵	2,90x10 ⁴
5	3,20x10 ³	2,70x10 ³	5,00x10 ³	1,15x10 ³	1,50x10 ³	1,15x10 ³	2,45x10 ⁵	2,30x10 ³	4,20x10 ⁵	8,70x10 ⁴
6	2,50x10 ⁴	9,30x10 ³	2,05x10 ⁴	8,50x10 ³	6,45x10 ⁴	1,96x10 ⁴	7,40x10 ⁴	1,40x10 ⁴	7,15x10 ⁵	6,70x10 ⁵
7	7,25x10 ³	3,40x10 ³	2,90x10 ⁴	6,25x10 ³	7,20x10 ⁴	3,95x10 ⁴	9,99x10 ⁴	7,00x10 ⁵	5,09x10 ⁵	9,99x10 ³
8	2,42x10 ⁵	5,50x10 ³	4,51x10 ⁵	6,25x10 ³	4,00x10 ³	4,55x10 ³	4,00x10 ³	5,20x10 ³	5,55x10 ⁴	1,20x10 ⁴
9	4,90x10 ⁵	2,20x10 ³	1,31x10 ⁶	2,15x10 ³	3,00x10 ⁶	5,50x10 ³	3,02x10 ⁴	3,50x10 ³	2,46x10 ⁶	1,30x10 ⁴
10	1,15x10 ⁴	2,60x10 ³	3,80x10 ⁵	1,50x10 ³	8,80x10 ⁵	2,15x10 ³	1,55x10 ⁵	2,25x10 ³	6,25x10 ⁴	3,00x10 ³
11	1,35x10 ⁴	3,65x10 ³	2,07x10 ⁵	1,17x10 ⁴	2,14x10 ⁵	2,35x10 ⁴	9,99x10 ⁴	2,75x10 ⁶	1,55x10 ⁶	1,75x10 ⁶
12	6,80x10 ⁴	2,04x10 ⁴	1,22x10 ⁵	1,50x10 ⁵	1,45x10 ⁵	1,10x10 ⁴	1,15x10 ⁴	2,90x10 ³	6,10x10 ³	6,90x10 ³
13	8,75x10 ³	5,00x10 ³	4,25x10 ³	4,75x10 ³	7,27x10 ⁴	3,25x10 ³	2,75x10 ³	3,75x10 ³	4,00x10 ³	7,85x10 ³
14	4,35x10 ⁴	1,22x10 ⁴	3,75x10 ³	5,25x10 ³	4,35x10 ⁵	2,80x10 ⁵	4,05x10 ⁵	1,90x10 ⁵	2,90x10 ⁶	5,70x10 ⁶
15	4,50x10 ³	1,35x10 ³	4,75x10 ³	2,35x10 ³	9,50x10 ³	1,45x10 ³	3,75x10 ⁴	2,75x10 ⁴	2,75x10 ³	2,94x10 ³
16	2,80x10 ³	2,65x10 ³	3,20x10 ³	2,09x10 ³	3,30x10 ³	2,05x10 ³	9,70x10 ⁴	5,85x10 ²	8,40x10 ⁵	9,99x10 ³
17	1,90x10 ⁴	1,27x10 ⁴	2,69x10 ⁵	7,75x10 ³	1,60x10 ⁵	2,06x10 ⁴	6,25x10 ⁴	5,70x10 ⁴	3,95x10 ⁴	8,51x10 ⁵
18	4,70x10 ⁵	5,55x10 ⁴	5,95x10 ⁴	4,35x10 ⁴	2,64x10 ⁶	3,49x10 ⁵	1,70x10 ⁷	2,65x10 ⁶	3,90x10 ⁷	1,09x10 ⁷

* Los valores reportados constituyen el promedio de determinaciones hechas por triplicado

El efecto observado entre el sulfito de sodio, sorbato de potasio y ácido cítrico puede considerarse como una acción sinérgica aditiva, por cuanto se obtuvieron menores recuentos microbianos al utilizar dichos compuestos en sus niveles máximos, no así para el ácido L-ascórbico, el cual permitió obtener mejores resultados cuando se utilizó en su nivel mínimo.

Una vez seleccionada la combinación óptima de preservativos antimicrobianos, se procedió a evaluar la factibilidad de aplicación del proceso de escaldado y el uso de atmósferas modificadas, así como la utilización de materiales de empaque de alta y baja barrera a los gases, para maximizar la estabilidad de la fruta procesada por impregnación al vacío.

En tal sentido, luego de optimizar el uso de agentes antimicrobianos en la etapa precedente, se obtuvo que el escaldado de la fruta durante 3 minutos a 98°C previo al proceso de impregnación al vacío, en conjunto con el empacado del producto en el polímero de alta barrera sin modificar la composición atmosférica en el interior del

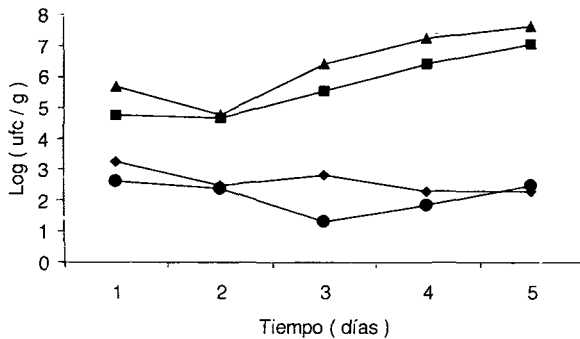
empaque, fueron las condiciones operativas que finalmente permitieron obtener los más bajos recuentos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras en las piezas de melón procesadas por impregnación al vacío con el esquema tecnológico propuesto (Figura 2).

Aún cuando el proceso de escaldado no tuvo un efecto notable en la reducción de la carga microbiana inicial de la fruta, si se la compara con el melón no escaldado, probablemente, el efecto de dicho proceso en la obtención de bajos recuentos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, pudo deberse a modificaciones inducidas por el proceso térmico en el tejido de la fruta, permitiendo así una incorporación más efectiva de los agentes antimicrobianos contenidos en la solución de impregnación (6).

Por otra parte, la ausencia de actividad respiratoria en la fruta luego del proceso de escaldado, justificó la no modificación de la composición atmosférica en el interior del empaque, el cual, al ser de alta barrera al oxígeno, afecta el crecimiento de aerobios mesófilos y en menor medida el crecimiento de mohos y levaduras (7).

FIGURA 2

Recuentos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras en función del tiempo, para el melón procesado bajo las concentraciones finales de preservativos antimicrobianos y condiciones de empaque



- ▲ Recuento de aerobios mesófilos en la fruta fresca
- Recuento de mohos y levaduras en la fruta fresca
- ◆ Recuento de aerobios mesófilos en la fruta procesada
- Recuento de mohos y levaduras en la fruta procesada

Concomitantemente, no se obtuvo una evidencia estadística ($p > 0,05$), que permitiera establecer a través del análisis de varianza un efecto significativo del escaldado, composición atmosférica y material de empaque utilizado, en los atributos sensoriales color, sabor y textura del producto final.

Una vez establecidas las condiciones de proceso que contribuyeron a minimizar los recuentos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, se procedió a evaluar la estabilidad del melón mínimamente procesado durante 16 días de almacenamiento en refrigeración, determinando los recuentos de aerobios mesófilos, aerobios psicrotrofos, bacterias ácido lácticas, enterobacterias, mohos y levaduras (Tabla 4).

En tal sentido, los recuentos de aerobios mesófilos se mantuvieron durante los 16 días de almacenamiento dentro del rango sugerido por la legislación internacional, específicamente la legislación francesa, para productos vegetales mínimamente procesados, concordando además con recuentos similares obtenidos en otras investigaciones para lechosa y melón mínimamente procesados, durante 15 y 11 días de almacenamiento respectivamente (8, 9).

TABLA 4

Recuentos microbiológicos de aerobios mesófilos, aerobios psicrotrofos, enterobacterias, bacterias ácido lácticas, mohos y levaduras para la fruta fresca y el melón mínimamente procesado con las condiciones finales de operación, durante 16 días de almacenamiento a 5°C

Micro organismo	Tiempo de almacenamiento (días)											
	0		2		4		8		12		16	
	Melón Fresco (ufc/g)	Melón Procesado (ufc/g)	Melón Fresco (ufc/g)	Melón Procesado (ufc/g)	Melón Fresco (ufc/g)	Melón Procesado (ufc/g)	Melón Fresco (ufc/g)	Melón Procesado (ufc/g)	Melón Fresco (ufc/g)	Melón Procesado (ufc/g)	Melón Fresco (ufc/g)	Melón Procesado (ufc/g)
Aerobios mesófilos	$2,4 \times 10^3$	$3,9 \times 10^2$	$6,1 \times 10^3$	$8,1 \times 10^2$	$5,6 \times 10^3$	$3,5 \times 10^3$	$8,0 \times 10^5$	$5,1 \times 10^3$	$2,5 \times 10^6$	$5,4 \times 10^3$	$3,4 \times 10^7$	$3,4 \times 10^4$
Aerobios psicrotrofos	$2,5 \times 10^2$	$3,0 \times 10^1$	$3,7 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$5,6 \times 10^2$	$3,9 \times 10^2$	$2,5 \times 10^3$	$9,3 \times 10^2$	$6,9 \times 10^3$	$3,1 \times 10^3$	$5,6 \times 10^5$	$4,9 \times 10^4$
Entero bacterias	$3,1 \times 10^2$	$1,2 \times 10^1$	$3,5 \times 10^2$	$1,5 \times 10^1$	$2,7 \times 10^3$	$2,0 \times 10^1$	$8,8 \times 10^3$	$2,3 \times 10^1$	$3,9 \times 10^3$	$1,5 \times 10^2$	$1,7 \times 10^4$	$2,4 \times 10^2$
Bacterias ácido lácticas	$6,5 \times 10^3$	$3,1 \times 10^2$	$6,5 \times 10^3$	$3,5 \times 10^2$	$3,5 \times 10^3$	$2,7 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	$8,8 \times 10^2$	$3,7 \times 10^4$	$3,9 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$
Mohos y levaduras	$3,9 \times 10^3$	$1,9 \times 10^3$	$4,5 \times 10^3$	$2,1 \times 10^3$	$1,5 \times 10^4$	$2,5 \times 10^3$	$2,4 \times 10^4$	$3,7 \times 10^3$	$4,4 \times 10^4$	$4,2 \times 10^3$	$3,2 \times 10^5$	$5,1 \times 10^3$

* Los valores reportados son el promedio de determinaciones hechas por triplicado

Con respecto al crecimiento de aerobios psicrotrofos en el tiempo, puede observarse en la tabla 4, que la diferencia a los 16 días de almacenamiento entre el melón fresco y la fruta mínimamente procesada, es de un solo ciclo logarítmico, a diferencia de los 3 ciclos logarítmicos observados en los aerobios mesófilos. Una posible explicación a este tipo de comportamiento puede fundamentarse en la acción selectiva que ejerce el almacenamiento en refrigeración sobre las distintas poblaciones microbianas presentes en la fruta, lo

cual favorece el desarrollo de grupos microbianos como los aerobios psicrotrofos, al generar fases de latencia muy prolongadas en otros grupos microbianos (7).

Por otra parte, se observó una diferencia apreciable entre la fruta fresca y la procesada mínimamente por impregnación al vacío, en cuanto a los recuentos microbiológicos de enterobacterias, bacterias ácido lácticas, mohos y levaduras, demostrándose de esa forma el efecto que tiene sobre la calidad microbiológica de la fruta, la incorporación de las

condiciones de proceso establecidas en la etapa de optimización y sugeridas en el esquema tecnológico de procesamiento mínimo del melón.

Dado que para el desarrollo de un alimento mínimamente procesado es importante considerar, además de la estabilidad microbiológica del producto, su estabilidad sensorial, se evaluó la variación en el tiempo de los atributos sensoriales sabor, olor, color y textura del producto final. En este sentido, se consideró arbitrariamente el punto medio de la escala hedónica, para establecer el límite sensorial de la vida útil del melón mínimamente procesado, obteniéndose que los atributos olor, color y textura se mantuvieron por encima del valor límite pre-establecido en tanto que el sabor del producto alcanzó dicho valor a los 14 días de almacenamiento, determinando de esa forma la vida útil o comercial del producto, aún cuando las características microbiológicas del mismo fueron aceptables durante los 16 días de almacenamiento.

En conclusión, las condiciones de procesamiento sugeridas en la presente investigación (Figura 3), permiten obtener trozos de melón mínimamente procesados con una vida comercial de aproximadamente 14 días, establecida en base a criterios de estabilidad microbiológica y sensorial, y con perspectivas de aplicación para el suministro de frutas mínimamente procesadas destinadas a los servicios de alimentación institucionalizados, así como el abastecimiento de materia prima pre-procesada para la industria de alimentos orientada a la fabricación de jugos de frutas.

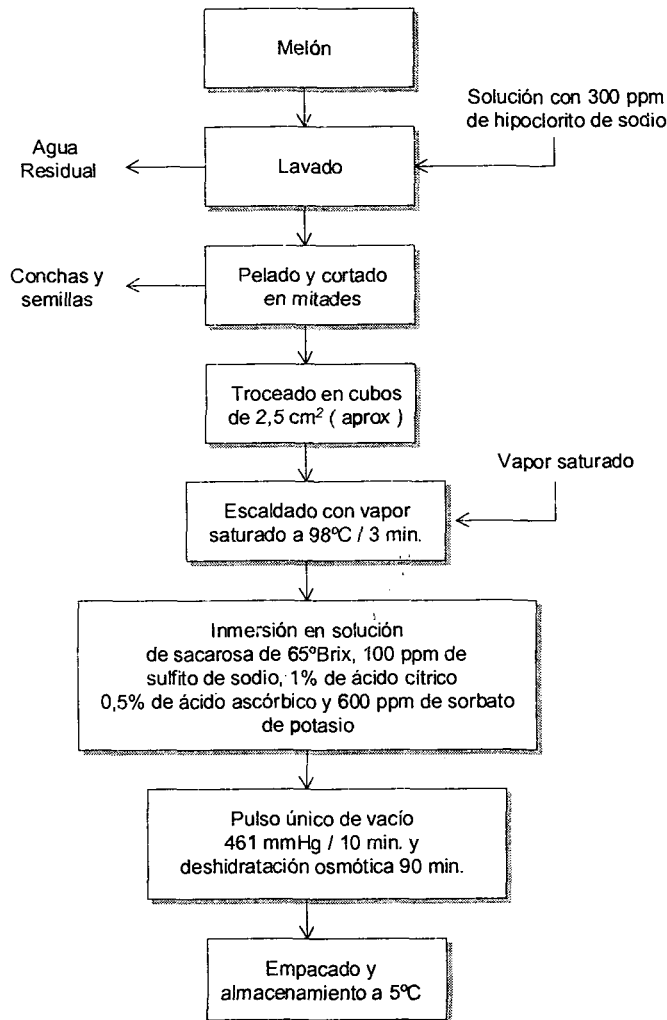
AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Decanato de Investigación y Desarrollo de la Universidad Simón Bolívar y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas a través de los proyectos S1-CAI-406-PN y S1-96000584 respectivamente, por el apoyo económico otorgado para la realización de la presente investigación.

REFERENCIAS

1. Tapia MS, Alzamora S, Welti J. Combination of preservation factors applied to minimal processing of food. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 1996; 36(6):629 - 659.
2. Flores A. Manejo post-cosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Experiencias y recomendaciones. UNELLEZ, San Carlos, Venezuela. 1994.
3. Mavell C. Minimal processing of food. *Food Sci Technol Today*. 1997;11:107 - 111.
4. Nguyen-the C, Carlin F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Crit Rev Microbiol*. 1994;34 (4):371 - 401.
5. Jay JM. Microbiología moderna de los alimentos. 3ra edición. España, 1994.
6. Carlin F, Nguyen-the C, Hilbert G, Chambroy. Modified atmosphere packaging of fresh ready-to-use grated carrots in polymeric films. *J Food Sci*. 1990; 55:1033.
7. Beauchat LR, Bracckett RE. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment, modified atmosphere packaging and temperature. *J Food Sci*. 1990; 55:755 -759.
8. Díaz R, Tapia MS, Montenegro G, González I. Desarrollo de productos de mango y papaya de alta humedad estabilizados por métodos combinados. *Bol Int Divulgación CYTED*. 1993;1:5.
9. O'Connor-Shaw R, Roberts R, Ford A, Nottingham S. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. *J Food Sci*. 1994; 59:1202 -1206.

FIGURA 3
Esquema tecnológico propuesto para el procesamiento mínimo del melón por impregnación al vacío



Recibido: 29-11-2000

Aceptado: 21-04-2001