

Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año **1. Datos generales del Proyecto**

Código del proyecto: CI 2845			
Título del proyecto: Reducción de la pérdida de calidad y tiempo de congelación de fruta congelada mediante un sistema de congelación rápida individual (IQF) empleando pretratamientos osmóticos: aplicación en melón			
Facultad o Instituto Académico: Ingeniería			
Departamento o Escuela: Escuela de Ingeniería de Alimentos			
Grupo (s) de investigación: Grupo de Investigación Ingeniería de Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos (GIPAB)			
Entidades: Universidad del Valle			
Palabras claves: Congelación rápida individual, osmocongelación, pulsos de vacío, calidad de los alimentos, <i>Cucumis melo L.</i>			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Carlos Vélez Pasos	10h/semana	10h/semana
Coinvestigador	Alfredo Ayala Aponte	5h/semana	5h/semana
Estudiante Maestría	Karen Johana Ortega	40h/semana	40h/semana
Estudiantes de pregrado	Karen Loaiza	17h/semana	17h/semana
	Estefanía Erazo	17h/semana	17h/semana
	Karina Murillo	12h/semana	12h/semana
	Luis Castellanos	12h/semana	12h/semana

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

2. Resumen ejecutivo:

El proceso de congelación convencional involucra una serie de cambios físicos que pueden afectar en gran medida la calidad del producto, en cambio, la congelación rápida llamada "Individual Quick Freezing (IQF)" es un proceso que afecta en menor grado la calidad del alimento congelado. La técnica de osmocongelación (OC) involucra una deshidratación parcial por ósmosis previa a la congelación con el fin de disminuir el daño en el tejido a través de la remoción de parte del agua del tejido vegetal antes de congelar. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de pretratamientos osmóticos con y sin pulsos de vacío sobre la calidad y el tiempo de congelación por IQF de melón (*Cucumis melo L.*). En la primera etapa del estudio se determinó la influencia de las condiciones de operación (Temperatura y velocidad del aire) durante la congelación por IQF de melón tratado previamente con deshidratación osmótica atmosférica (DO) y con pulsos de vacío (PVDO), sobre la velocidad de congelación (VC), el tiempo de procesamiento (TC18 y TCT) y la calidad del producto final, en términos de pérdida de fase líquida (PFL), pérdida de volumen (ΔV), color (L^* , ΔC^* y ΔE), textura (ME y σ_F) y microestructura. Como control se emplearon muestras frescas sin tratar y como método control se empleó la congelación convencional o lenta (-18°C). Los resultados permitieron establecer las condiciones de operación óptimas para las muestras sin tratar (-26.5°C y 5.07m/s), y pretratadas con DO (-25.6°C y 5.63m/s) y PVDO (-29.3°C y 5.75m/s) congeladas por IQF.

En la segunda etapa del estudio, una vez establecidas las condiciones óptimas, se evaluó el efecto de la deshidratación osmótica con y sin aplicación de pulsos de vacío sobre la calidad del producto (mismas variables de respuesta), el contenido de vitamina C y β -carotenos de muestras de melón durante el almacenamiento en congelación (-18°C) a 30 días. Como resultado, el uso de pulsos de vacío generó menores PFL, ΔV , ΔE y mejoró la textura respecto a las muestras DO y sin pretratamiento, presentando variaciones mínimas durante almacenamiento, especialmente en congelación IQF.

Abstract

The conventional freezing process involves subsequent physical and chemical changes that may greatly affect the quality of the product; while rapid freezing called, "Individual Quick Freezing (IQF)" is a process that affects to lesser extent the quality of frozen food. Osmotic

freezing technique (OC) involves a partial dehydration by osmosis prior to freezing in order to reduce tissue damage through removal of the water from the plant tissue before freezing. The aim of this study was to evaluate the effect of osmotic pretreatments and vacuum pulses on quality and freezing time in IQF frozen melon (*Cucumis melo L.*). In the first stage, the influence of the operating conditions (temperature and speed air) of melon subject to previous atmospheric osmotic dehydration (DO) and vacuum pulses (PVDO) on freezing rate (VC), processing time (TC18 and TCT) and final product quality in terms of loss of liquid phase, volume loss, color, texture and microstructure was studied. Untreated fresh samples were used as control and, as control method, conventional or slow freezing was used (-18 °C). Results allowed to establish the optimum operating conditions for untreated samples (-26.5 °C and 5.07m/s), and pretreated samples with DO (-25.6 °C and 5.63m/s) and PVDO (-29.3 °C and 5.75m/s) freezing by IQF.

In the second stage, once established the optimal conditions, the effect of osmotic dehydration with and without application of vacuum pulses on quality product (same response variables) and additionally vitamin C and β -carotene content of melon samples was evaluated during frozen storage (-18 °C) at 30 days. As a result, the use of vacuum pulses showed the slightest PFL, ΔV , ΔE , improving the texture compared to control, and DO samples, especially in IQF.

3. Síntesis del proyecto:

Planteamiento del problema y justificación

En los últimos años se ha observado una marcada tendencia al consumo de frutas y verduras mínimamente procesadas, lo que ha llevado a los investigadores a estudiar métodos combinados de preservación. El almacenamiento congelado de productos es un método ampliamente usado en la industria de frutas y verduras para conservarlas durante largo tiempo (Delgado y Sun, 2001). Sin embargo, este método puede presentar problemas de calidad al descongelar el producto, atribuidos principalmente a la formación de grandes cristales de hielo durante el proceso inicial y el almacenamiento posterior, que ocasionan daños irreversibles a los compartimentos celulares, asociados a la pérdida del estado osmótico y a la semi-permeabilidad (Tregunno y Goff, 1996). Este fenómeno se ve favorecido por el alto contenido de humedad en el caso de las frutas, por lo que después del proceso de descongelación, dichas

pérdidas de calidad acumulativas, graduales e irreversibles se manifiestan en pérdidas de fase líquida (a causa del daño celular) (Marani et al., 2007), alteración de la textura (flacidez y contracción durante la descongelación) (Chassagne-Berces et al., 2009), reducción de volumen (Bello et al., 2012) y, en algunos casos, cambios de color (Marani et al., 2007) y de sabor y aroma (Moraga et al., 2006).

Con el fin de reducir estas pérdidas de calidad en los alimentos congelados, surgen alternativas como la congelación rápida individual (IQF), la cual reduce la temperatura del producto en corto tiempo logrando la formación de pequeños cristales y consecuentemente un menor daño de los tejidos vegetales (Xin et al., 2015).

La osmocongelación es otra alternativa que emplea la deshidratación osmótica (DO) como un tratamiento previo a la congelación de las frutas, resultando ventajosa no sólo en relación con la eliminación de agua y la consiguiente disminución de la formación de hielo, sino también en el aumento del efecto crioprotector de solutos por medio de la impregnación (Chiralt et al., 2001), en la disminución del oscurecimiento (Ayala Aponte y Cadena, 2014), y en la reducción del colapso estructural y la pérdida de fase líquida durante la descongelación (Chassagne et al., 2009; Wu et al., 2008; Marani et al., 2007). Otra alternativa innovadora es la aplicación de pulsos de vacío (PV) previo a la DO (PVDO), con lo cual se logra un incremento de las tasas de transferencia de masa en la deshidratación de frutas y vegetales (Ferrari et al., 2011; Corrêa et al., 2010; Paes et al., 2007). Así mismo, tiene un efecto positivo en la textura de la fruta y las características estructurales del tejido, como resultado de la sustitución de aire en los espacios intercelulares de la solución osmótica (Moreno et al., 2004).

Objetivos:

El propósito de este trabajo fue la congelación de melón por el sistema IQF como una posible alternativa de conservación para reducir pérdidas de calidad y tiempos de proceso en congelación de frutas frescas.

General: Evaluar el efecto de pretratamientos osmóticos con y sin pulsos de vacío sobre la calidad y el tiempo de congelación en melón congelado por IQF.

Específicos:

- Establecer las mejores condiciones de operación -velocidad del aire y temperatura de congelación- en muestras de melón congelado por IQF, con y sin pretratamiento osmótico, y determinar su efecto sobre el tiempo de congelación, el color, la pérdida de fase líquida y la firmeza.
- Evaluar el efecto de la deshidratación osmótica con y sin aplicación de pulsos de vacío sobre el color, pérdida de fase líquida, firmeza, vitamina C y microestructura de muestras de melón durante el almacenamiento en congelación

Metodología

El proyecto se realizó en cuatro etapas descritas a continuación:

1. Caracterización del túnel de congelación rápida individual (IQF)
2. Influencia de las condiciones de operación sobre la calidad de melón (Cucumis melo L.) congelado por IQF con y sin pretratamientos osmóticos y pulsos de vacío (55°Brix)
3. Influencia de pretratamientos osmóticos y pulsos de vacío sobre la calidad de melón (Cucumis melo L.) durante el almacenamiento en congelación (55°Brix y almacenamiento hasta 30 días)
4. Influencia de un pre-tratamiento osmótico sobre la calidad física de melón (Cucumis melo L., variedad cantaloupe) congelado con IQF (65°Brix y almacenamiento hasta 20 días)

Tabla 1. Actividades realizadas durante el proyecto

Etapas del proyecto	Actividades desarrolladas
1. Caracterización del túnel de congelación rápida individual (IQF) – modo lecho fijo.	<i>Actividad 1.1.</i> Se realizó un barrido de los rangos de operación del equipo con relación a la temperatura y velocidad del aire. <i>Actividad 1.2.</i> Se realizaron curvas de relación de frecuencia (Hz) vs velocidad del aire (m/s). <i>Actividad 1.3.</i> Se determinó la variación de los perfiles de temperatura y velocidad del aire en el túnel con y sin producto. <i>Actividad 1.4.</i> Se realizaron pruebas preliminares evaluando las curvas de congelación en melón y las variables de calidad.
2. Influencia de las condiciones de operación sobre la calidad de melón (Cucumis melo L.) congelado por IQF con y sin pretratamientos osmóticos y pulsos de vacío (55°Brix)	<i>Actividad 2.1.</i> Mediante un diseño central compuesto rotatable se evaluó el efecto de la temperatura y la velocidad del aire sobre la velocidad y el tiempo de congelación, y las variables de calidad color, textura, pérdida de fase líquida, cambio de volumen y microestructura. Los rangos de temperatura y velocidad del aire fueron -18 a -30°C y 2 a 6m/s, respectivamente. <i>Actividad 2.2.</i> Congelación de muestras cilíndricas de melón fresco y deshidratado osmóticamente (con y sin la aplicación de pulsos de vacío (5min a 300mbar) durante 90 minutos), para un total de 3 diseños experimentales por cada tratamiento. La deshidratación osmótica se llevó a cabo a 55°Brix. <i>Actividad 2.3.</i> Se establecieron modelos mediante el análisis de superficies de respuesta en función de la temperatura y la velocidad del aire. <i>Actividad 2.4.</i> Se encontró una condición óptima de temperatura y velocidad del aire en muestras con y sin pretratamiento, en la cual las respuestas pudieron ser maximizadas o minimizadas según fuera el caso. <i>Actividad 2.5.</i> Los modelos de superficie de respuesta bajo las condiciones óptimas fueron validados experimentalmente. <i>Actividad 2.5.</i> Para efectos de comparación, se determinaron de igual manera los cambios en las propiedades físicas de calidad y microestructura en melón congelado por método convencional (-18°C).

3. Influencia de pretratamientos osmóticos y pulsos de vacío sobre la calidad de melón (Cucumis melo L.) durante el almacenamiento en congelación (55°Brix y almacenamiento hasta 30 días)	<i>Actividad 3.1.</i> Se congelaron las muestras de melón con y sin pretratamiento (con y sin pulsos de vacío) mediante congelación IQF bajo las condiciones óptimas encontradas con anterioridad. Una vez congeladas se almacenaron a -18°C hasta 30 días. <i>Actividad 3.2.</i> Se empleó un diseño factorial 2x3 (tipo de congelación – IQF y convencional (-18°C)- y tratamientos - control, deshidratado osmóticamente (DO) y DO con pulsos (PVDO)-). Las mismas variables de respuesta se midieron al finalizar el proceso de congelación (día 0), y los días 1, 15 y 30 de almacenamiento en las muestras de melón descongeladas. <i>Actividad 3.3.</i> Todas las variables de calidad en estas dos etapas fueron medidas tanto para las muestras frescas como para las muestras pretratadas y finalmente descongeladas. <i>Actividad 3.4.</i> Adicionalmente se determinó la pérdida de vitamina C el día 30 de almacenamiento en las muestras con y sin pretratamiento bajo ambos métodos de congelación.
4. Influencia de un pretratamiento osmótico sobre la calidad física de melón (Cucumis melo L., variedad cantaloupe) congelado con IQF (65°Brix y almacenamiento hasta 20 días)	<i>Actividad 4.1.</i> Se evaluó el efecto de la temperatura de congelación (-18 y -30°C), el tipo de tratamiento (con y sin DO (65°Brix por 70min)) y el efecto del almacenamiento en congelación (1 y 20 días), mediante un diseño factorial 2x2x2 sobre la textura, color, pérdida de fase líquida y cambio de volumen. <i>Actividad 4.2.</i> Se determinaron las curvas de congelación en cada experimento. <i>Actividad 4.3.</i> Los resultados fueron comparados con los obtenidos en la etapa 3 bajo las mismas condiciones de congelación, comparando los pretratamientos osmóticos entre 55 y 65°Brix a presión atmosférica.

Resultados obtenidos

Etapa 1. La menor temperatura que alcanzó el túnel fue -30°C y la mayor velocidad del aire fue 8.5m/s. Con base en esos resultados, fue posible establecer el rango de operación del equipo entre -18 y -30°C de temperatura y velocidades entre 2 y 6 m/s. Las diferencias de temperaturas entre las bandejas dispuestas en el túnel de IQF no presentaron un gradiente significativo ($\pm 0,2^{\circ}\text{C}$); por el contrario, en cada una de las bandejas se presentaron gradientes hasta 2°C en el área más cercana a la puerta del túnel. Estos resultados fueron similares con y sin producto.

La relación entre la velocidad del aire (Y en m/s) y la frecuencia (X en Hz) fue lineal, lo cual se

pudo representar mediante la ecuación $Y=0.1375X+0.2956$. La distribución de la velocidad del aire varió de manera similar a la temperatura presentándose menores velocidades en la zona central más cercana a la puerta; adicionalmente, se encontraron menores velocidades en la zona posterior del túnel, que corresponde a la zona más alejada de la entrada de aire (Fig 1).

Etapas 2. En la Figura 2 (Anexo 1) se pueden distinguir las diferentes etapas de congelación, notándose una mayor velocidad de congelación e incluso una ausencia de subenfriamiento en las muestras congeladas a temperaturas más bajas y mayores velocidades del aire.

Puede observarse también en la misma figura que la prolongación de la meseta en las muestras pretratadas osmóticamente fue menor comparada con las muestras sin tratar; lo que se traduce en una reducción de los tiempos de congelación en la zona de máxima formación de hielo. Por tanto, menores tiempos en la transición de fase implican menores costos energéticos, como consecuencia de un menor calor para remover. Este comportamiento fue similar al obtenido por Zhao et al., (2014) en mango y Ramallo & Mascheroni (2010) en piña.

La temperatura y la velocidad del aire tuvieron un efecto significativo sobre la velocidad de congelación (VC) y el tiempo de proceso (TC18-nominal; TCT-total). Los coeficientes de los modelos de superficie de respuesta se muestran en la Tabla 2 (Anexo 1). Al optimizar estas variables (mínimos tiempos de proceso y máxima velocidad de congelación), las mejores condiciones se presentaron en muestras frescas congeladas a temperatura -26.5°C y velocidad de aire de 5.07m/s ; -25.6°C y 5.63m/s de temperatura y velocidad para muestras deshidratadas osmóticamente, y -29.3°C y 5.75m/s para muestras tratadas con pulso de vacío y deshidratación osmótica. Estas condiciones fueron validadas experimentalmente al compararlas con los resultados predichos por los modelos.

En general, temperaturas bajas (-28°C) y altas velocidades de aire (5.5m/s) en congelación IQF (Anexo 1, Figura 3), tuvieron un efecto significativo en la velocidad de congelación del producto, lo cual se tradujo en una reducción de hasta 5 veces en los tiempos de proceso frente a la congelación convencional. Adicionalmente, con la congelación IQF de melón sin pretratar se redujeron las pérdidas de calidad (PFL, ΔV , L^* , ME y σ_F) en relación con el método de congelación convencional. Adicionalmente, los pretratamientos osmóticos (DO y PVDO) presentaron un efecto protector sobre la textura del melón en congelación IQF. Los cambios en la turgencia celular y los espacios intercelulares en la microestructura del melón (Anexo 1,

Figura 4) permitieron explicar los cambios macroscópicos presentados.

Etapas 3. En general, la pérdida de fase líquida, PFL (Figura 5, Anexo 2), así como el cambio de volumen, ΔV (Figura 6, Anexo 2) fueron menores en IQF respecto a la congelación convencional. Los cambios en la microestructura (Anexo 1, Figura 4) describieron los cambios en la fase líquida durante el almacenamiento, atribuidos a la pérdida de turgencia de las células. El cambio en el color total (Figura 5, Anexo 2) fue menor en IQF en todos los tratamientos y mayor en las muestras pretratadas, sin variaciones significativas el día 30. Los pretratamientos osmóticos presentaron un efecto crioprotector sobre la textura del melón (Figura 6, Anexo 2), explicado posiblemente por el incremento en la permeabilidad de las membranas lo cual genera una deformación elástica de las mismas frente a la congelación. La retención de vitamina C y el contenido de β -carotenos respondieron al comportamiento exhibido por la PFL de las muestras con y sin pretratamiento los días 0 y 30 de almacenamiento.

Etapas 4. Las muestras pretratadas osmóticamente y congeladas por IQF presentaron una menor pérdida de fase líquida, PFL (-24.2%) y menor cambio de volumen, ΔV (-36.1%) en comparación con las muestras deshidratadas osmóticamente (-26.29%) y congeladas convencionalmente (-56.23%) (Anexo 3). Las muestras con DO presentaron mayor esfuerzo de fractura, $\Delta \sigma_F$ (5.31kPa) en comparación con las muestras control (0.32kPa) debido probablemente a que los solutos en la deshidratación osmótica ayudan a formar un tejido más fuerte. En cuanto al color, se observó una pérdida de luminosidad ΔL^* durante el tiempo de almacenamiento, conservándose mejor en el tratamiento IQF-DO (-16.34%) en comparación a IQF-C (-26.77%). Los cambios en el color total ΔE fueron menores en IQF-DO (7.47) debido probablemente al efecto protector de la deshidratación osmótica que reduce el pardeamiento enzimático. En general, las pérdidas físicas de calidad fueron reducidas al congelar el producto por el método IQF en comparación con el método de congelación tradicional. Adicionalmente, la deshidratación osmótica, DO a 65°Brix, presentó un efecto crioprotector sobre la matriz de la fruta, reduciendo daños estructurales durante la congelación.

Al comparar estos resultados de las muestras osmocongeladas en IQF a 65°Brix y 55°Brix, se encontró una menor pérdida de luminosidad para los primeros (hasta 5% menor), lo que indica que hubo un mayor efecto protector al deshidratarse el producto. Por otra parte, el cambio total

del color fue mayor en las muestras osmocongeladas convencionalmente a 55°Brix respecto a 65°Brix, lo cual se atribuye posiblemente a que a 55°Brix se afectó en mayor medida la cromacidad respecto a la luminosidad con el pretratamiento, contrario a lo ocurrido a 65°Brix, en el cual se afectó en mayor medida la luminosidad. En cuanto al cambio de volumen, las pérdidas fueron mayores en muestras osmocongeladas a 65°Brix por método convencional. Este comportamiento fue similar respecto a la pérdida de fase líquida, lo cual resulta en algo desfavorable para el tratamiento osmótico a 65°Brix. Finalmente, tanto las muestras osmocongeladas en ambas concentraciones y ambos métodos de congelación presentaron un incremento en el esfuerzo de fractura y una disminución en el módulo de elasticidad respecto a las muestras frescas; este resultado da a entender que dicho comportamiento es propio del material en este caso de la matriz del melón ante los procesos de osmocongelación.

Principales conclusiones y/o recomendaciones

Las superficies de respuesta permitieron encontrar las condiciones óptimas de operación para las muestras sin tratar (-26.5°C y 5.07m/s), y pretratadas con DO (-25.6°C y 5.63m/s) y PVDO (-29.3°C y 5.75m/s) congeladas por IQF.

El uso de pulsos de vacío permitió una reducción de las pérdidas de calidad tales como la pérdida de fase líquida, PFL; cambio de volumen y color total, y mejoró la textura respecto a las muestras control y DO en congelación IQF. Por consiguiente, el uso de PVDO previo a la congelación IQF es una alternativa adecuada para reducir las pérdidas de calidad de melón congelado-descongelado, en menores tiempos de proceso.

Las muestras pretratadas a 65°Brix presentaron una mejor conservación del color respecto a las muestras pretratadas a 55°Brix, sin embargo, las pérdidas de fase líquida y de volumen fueron mayores a 65°Brix. Podría realizarse la combinación de DO a 65°Brix con pulsos de vacío con el fin de determinar su efecto.

Se recomienda realizar pruebas adicionales tales como un análisis sensorial y microbiológico durante el procesamiento y el almacenamiento, y aplicar estos procesos a otras frutas altamente perecederas y porosas.

4. Impactos actual o potencial:

Investigativo

Este estudio permitió aclarar interrogantes respecto al efecto de las condiciones de operación en congelación en frutas pretratadas osmóticamente, el cual está poco estudiado. Por tanto, se espera que estos resultados sean la base para realizar diversos estudios con otros productos que incluyan además ensayos de vida útil, sensoriales y microbiológicos.

5. Productos:

Tabla No. 3. Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS				No. de PRODUCTOS PRESENTADOS			
Productos de nuevos conocimientos								
Artículo en revista ISI-SCOPUS:	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Artículo completo publicado en revistas indexadas	A1	A2	B	C	A1	A2	B	C
			1		3			
Libros de autor que publiquen resultados de investigación	0				0			
Capítulos en libros que publican resultados de investigación	0				0			
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados	0				0			
☐ Prototipos y patentes	0				0			
☐ Software	0				0			
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial	0				0			
Normas basadas en resultados de investigación	0				0			

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
	No. de estudiantes vinculados	No. de tesis	No. De estudiantes Vinculados	No. De tesis
Formación de recursos humanos				
Estudiantes de pregrado	0	0	2	1
Semillero de Investigación	2	1	2	1
Estudiantes de maestría	1	1	1	1
Estudiantes de doctorado	0	0	0	0
Joven investigador	0	0	0	0
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas	0		0	0
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
Propuesta de investigación	1 1 (institucional)		1 (institucional)	1
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	1		1	0

Tabla No. 4. Detalle de productos

Artículos Ponencia

Tipo de producto:	Artículo (Ponencia modalidad póster)
Nombre General:	Tres Póster en CINCIA 2016 **

Nombre Particular:	1. Efecto de las condiciones de operación sobre la calidad de melón (<i>Cucumis melo</i>) congelado por IQF. Vitae vol 23 N°1 (1): S204-208. 2. Cinéticas de deshidratación osmótica de melón (<i>Cucumis melo</i>) y efecto sobre su calidad. Vitae vol 23 N°1 (1): S208-213. 3. Influencia de un pretratamiento osmótico sobre la calidad física del melón congelado por IQF y su evaluación en almacenamiento. Vitae vol 23 N°1 (1): S406-410.
Ciudad y fechas:	Pasto, marzo 16-18, 2016
Participantes:	Karen J. Ortega, Carlos A. Vélez, Alfredo Ayala, Karina Murillo, Luis Castellanos.
Sitio de información:	https://aprendeonlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/vitae/issue/view/2184/showToc
Formas organizativas:	Grupo de Investigación GIPAB

** Las ponencias fueron publicadas en suplemento especial de la Revista Vitae, de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias de la Universidad de Antioquia, indexada en el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, COLCIENCIAS, en la categoría A1.

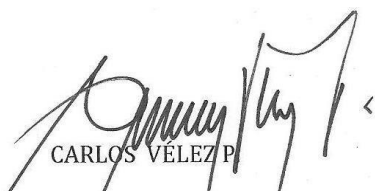
Divulgación institucional:

Tipo de producto:	Participación en la Semana de la Ingeniería
Nombre General:	9 Simposio de Investigación en Ingeniería
Nombre Particular:	Efectos de las condiciones de operación sobre la calidad de melón (<i>Cucumis melo</i>) procesado por congelación rápida individual.
Ciudad y fechas:	Cali, 18 al 21 octubre de 2016
Participantes:	Karen Johana Ortega
Sitio de información:	Facultad de Ingeniería – Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación GIPAB

Propuesta externa:

Tipo de producto:	Propuesta externa
Nombre General:	Convocatoria Jóvenes Investigadores Colciencias
Nombre Particular:	Modelos de predicción de tiempos de congelación en melón (<i>Cucumis melo</i>) mediante un sistema de congelación rápida individual, IQF
Ciudad y fechas:	Agosto 2016
Participantes:	Estefanía Erazo
Sitio de información:	COLCIENCIAS – Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación GIPAB

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:



CARLOS VÉLEZ P.

Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones

*Por favor presente su informe impreso y en formato digital en hoja tamaño carta, letra arial 11,
con espacios de 1 1/2*

Referencias bibliográficas

- Ayala Aponte, A., & Cadena, M. I. (2014). The influence of osmotic pretreatments on melon (*Cucumis melo* L.) quality during frozen storage Influencia de pretratamientos osmóticos sobre la calidad de muestras de melón (*Cucumis melo* L.) durante almacenamiento en congelación. *DYNA*, 81(186), 81–86.
- Bello, E. C., Mascheroni, R., & Patricia, D. R. (2012). Deshidrocongelación de Zapallo Anco, 161.
- Chassagne-Berces, S., Poirier, C., Devaux, M. F., Fonseca, F., Lahaye, M., Pigorini, G., ... Guillon, F. (2009). Changes in texture, cellular structure and cell wall composition in apple tissue as a result of freezing. *Food Research International*, 42(7), 788–797. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.001>
- Chiralt, A., Martinez, N., Martinez, J., Talens, P., Moraga, G., Ayala, A., & Fito, P. (2001). Changes in mechanical properties throughout osmotic processes Cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, 49, 129–135.
- Corrêa, J. L. G., Pereira, L. M., Vieira, G. S., & Hubinger, M. D. (2010). Mass transfer kinetics of pulsed vacuum osmotic dehydration of guavas. *Journal of Food Engineering*, 96(4), 498–504. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.032>
- Delgado, A. E., & Sun, D.-W. (2001). Heat and mass transfer models for predicting freezing processes – a review. *Journal of Food Engineering*, 47(3), 157–174. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00112-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00112-6)
- Ferrari, C. C., Arballo, J. R., Mascheroni, R. H., & Hubinger, M. D. (2011). Modelling of mass transfer and texture evaluation during osmotic dehydration of melon under vacuum. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(2), 436–443. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02510.x>
- Marani, C. M., Agnelli, M. E., & Mascheroni, R. H. (2007). Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation. *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1122–1130. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.022>
- Moraga, G., Martínez-Navarrete, N., & Chiralt, A. (2006). Compositional changes of strawberry due to dehydration, cold storage and freezing-thawing processes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30(4), 458–474. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2006.00079.x>
- Moreno, J., Bugueño, G., Velasco, V., Petzold, G., & Munizaga, T. (2004). Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation on Physicochemical Properties of Chilean Papaya (*Carica candamarcensis*).

Journal of Food Science, 69(3), FEP102–FEP106.

- Paes, S. S., Stringari, G. B., & Laurindo, J. B. (2007). Effect of vacuum and relaxation periods and solution concentration on the osmotic dehydration of apples. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(4), 441–447. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01255.x>
- Ramallo, L. A., & Mascheroni, R. H. (2010). Dehydrofreezing of pineapple. *Journal of Food Engineering*, 99(3), 269–275. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.02.026>
- Tregunno, N. B., & Goff, H. D. (1996). Osmodehydrofreezing of apples : structural and textural effects. *Food Research International*, 29(5), 471–479. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(96\)00056-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(96)00056-7)
- Wu, L., Ogawa, Y., & Tagawa, A. (2008). Electrical impedance spectroscopy analysis of eggplant pulp and effects of drying and freezing-thawing treatments on its impedance characteristics. *Journal of Food Engineering*, 87(2), 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.12.003>
- Xin, Y., Zhang, M., Xu, B., Adhikari, B., & Sun, J. (2015). *Research trends in selected blanching pretreatments and quick freezing technologies as applied in fruits and vegetables: A review*. *International Journal of Refrigeration* (Vol. 57). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.04.015>
- Zhao, J. H., Hu, R., Xiao, H. W., Yang, Y., Liu, F., Gan, Z. L., & Ni, Y. Y. (2014). Osmotic dehydration pretreatment for improving the quality attributes of frozen mango: Effects of different osmotic solutes and concentrations on the samples. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(4), 960–968. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12388>

Anexos

Anexo 1.



Figura 1. Módulo IQF

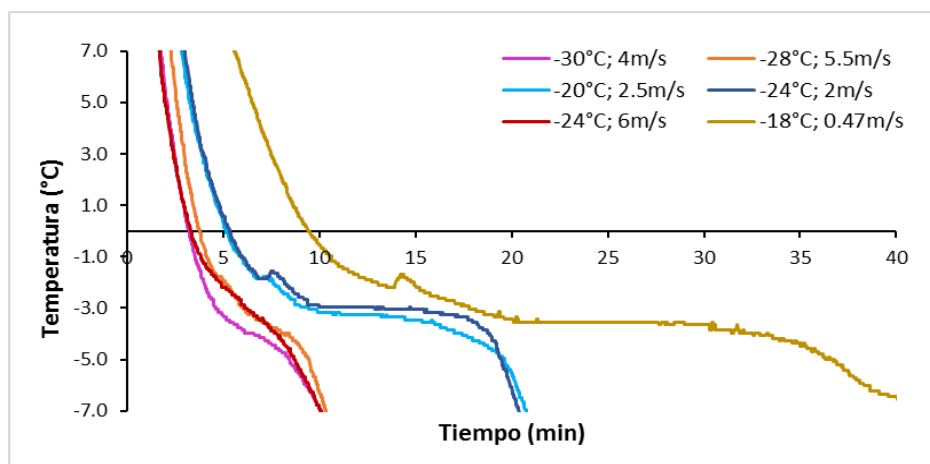


Figura 2. Curvas de congelación de trozos de melón (sin pretratar) a diferentes temperaturas y velocidades de aire, para congelación IQF y convencional (-18°C; 0.47m/s).

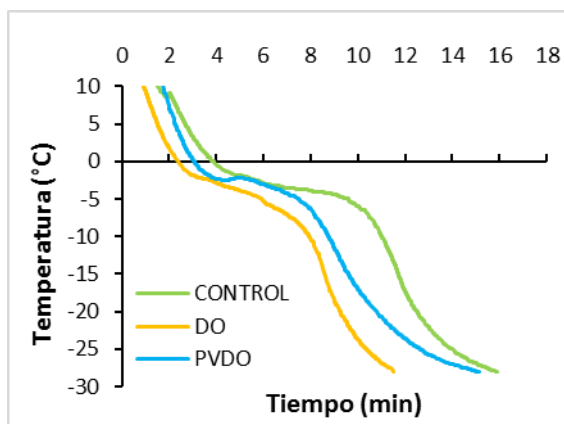


Figura 3. Curvas de congelación de cilindros de melón con y sin pretratamiento a -28°C y 5.5m/s

Tabla 2. Coeficientes de regresión de segundo orden para VC (velocidad de congelación), TC18 (tiempo de congelación nominal) y TCT (tiempo de congelación total) de melón con y sin pretratamiento procesado en congelación IQF.

Respuesta	Tratamiento	Intercepto	T	V	T ²	V ²	T*V	r ²
VC [°C/min]	Fresco	-2,675	-0,182	0,561	-0,003*	-0,075	-0,015*	97,23
	DO	-6,441	-0,591	-0,305	-0,012*	-0,017*	-0,033*	71,59
	PVDO	-1,982	-0,174	0,248	-0,004*	-0,075	-0,027*	91,36
TC18 [min]	Fresco	76,13	2,673	-10,89	0,037*	0,775	-0,097*	97,77
	DO	110,8	6,059	-6,275	0,100	0,326	-0,075*	98,05
	PVDO	90,44	4,532	-6,988	0,075	0,438	-0,063*	93,42
TCT [min]	Fresco	67,07	1,545	-12,35	0,029	1,154	0,004*	98,41
	DO	174,8	9,010	-18,43	0,153	1,104*	-0,247*	80,65
	PVDO	54,46	1,341*	-7,712	0,041*	1,159	0,192*	87,31

* No afectaron significativamente la respuesta (P>0,05)

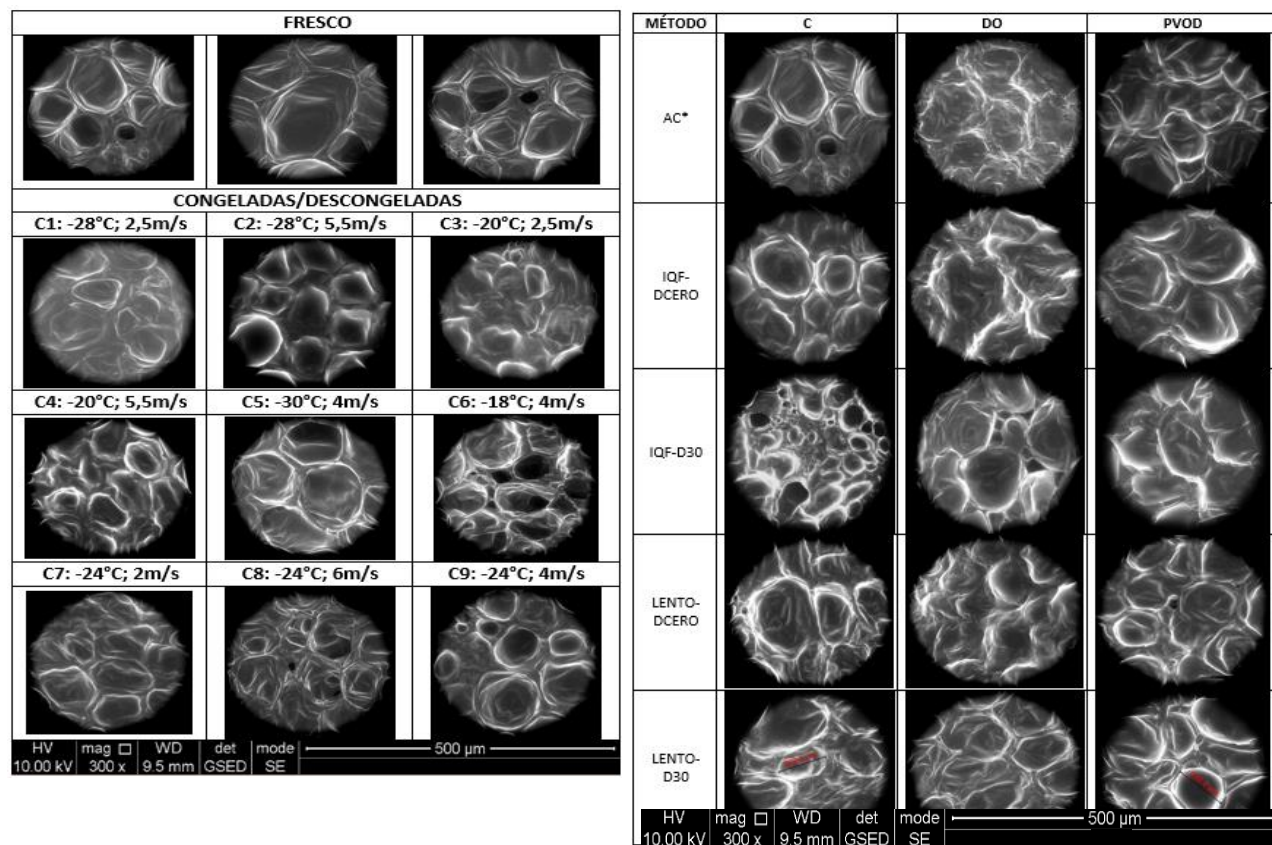


Figura 4. Micrografías de tejido de melón fresco sin congelar y congelado-descongelado bajo las nueve condiciones de operación en IQF, tomadas por ESEM 300X (izquierda); Efecto de los pretratamientos antes y después de congelar por IQF y congelación lenta sobre la microestructura del melón (día 0 y 30). *AC: antes de congelar (derecha).

Anexo 2.

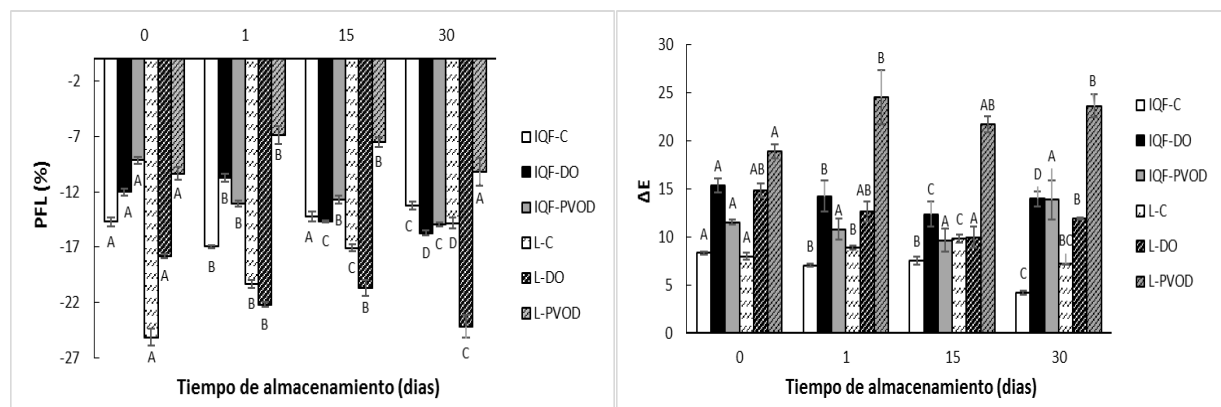


Figura 5. Pérdida de fase líquida (PFL) (izquierda) y cambio total de color (ΔE) (derecha) durante el almacenamiento en congelación para muestras con y sin pretratamiento congeladas por IQF y método convencional (L).

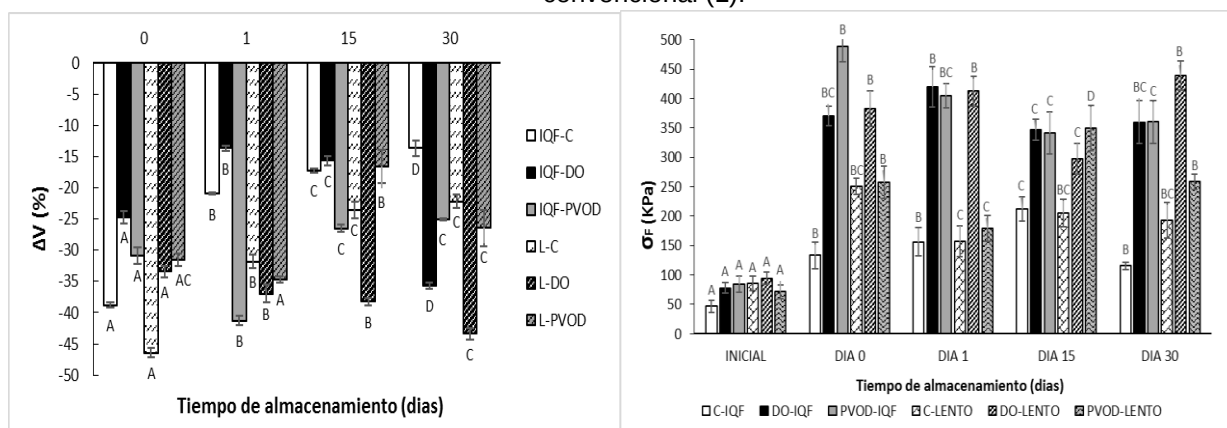


Figura 6. Cambio de volumen (ΔV) (izquierda) y esfuerzo de fractura (σ_F) (derecha) durante el almacenamiento en congelación para muestras con y sin pretratamiento congeladas por IQF y método convencional (L).

Anexo 3.

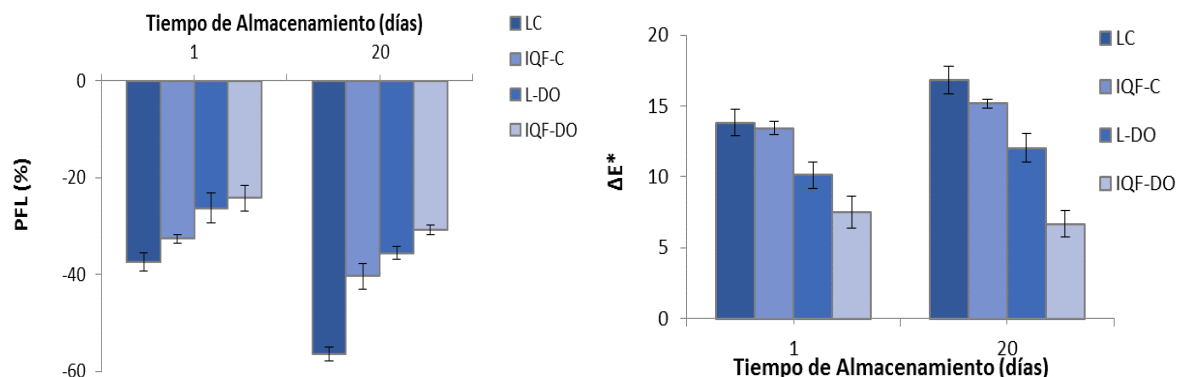


Figura 7. Pérdida de fase líquida (PFL) (izquierda) y cambio total de color (ΔE^*) (derecha) durante el almacenamiento en congelación para muestras con y sin pretratamiento (65°Brix) congeladas por IQF y método convencional (L).

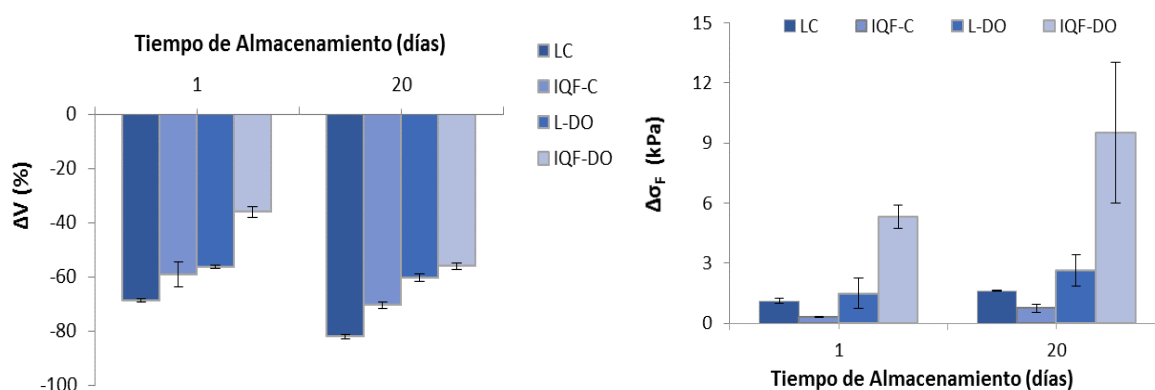


Figura 8. Cambio de volumen (ΔV) (izquierda) y esfuerzo de fractura (σ_F) (derecha) durante el almacenamiento en congelación para muestras con y sin pretratamiento (65°Brix) congeladas por IQF y método convencional (L).