

# EVALUACIÓN DEL PROCESO DE HIDROCAVITACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE PULPA DE LULO (*Solanum quitoense*)

## ASSESSMENT OF HYDROCAVITATION PROCESS IN LULO (*Solanum quitoense*) PULP PRESERVATION

Daniel CARDONA, Ing Alimen.<sup>1</sup>, Luis F. GUTIÉRREZ Ph.D.<sup>2\*</sup>, José F. GONZÁLEZ, M.Sc.<sup>3</sup>

### RESUMEN

**Antecedentes:** La hidrocavitación ha sido utilizada exitosamente en la disrupción de células de levaduras, formación de suspensiones y reconstitución de alimentos. Estas aplicaciones muestran las altas posibilidades de este fenómeno en la industria alimentaria, como por ejemplo la producción de pulpas de frutas procesadas. **Objetivo:** Evaluar los efectos de la hidrocavitación en la obtención de pulpa de lulo a nivel sensorial, fisicoquímico y microbiológico comparadas con operaciones industriales de escaldado, despulpado y pasteurización (1-4). **Métodos:** Se procesó lulo sin cáscara en un cavitador hidrodinámico de 6 Kg de capacidad a dos temperaturas de procesamiento 75°C y 60 °C. Se realizó a las pulpas un seguimiento sensorial y físico-químico durante un mes. A partir de estos resultados, se seleccionó el proceso de hidrocavitación de lulo que presentó las mejores características de producto. La pulpa de lulo hidrocavitada seleccionada fue comparada sensorial, físico-química y microbiológicamente con pulpa de lulo obtenida por un método convencional. Se aplicó a las pruebas sensoriales un análisis estadístico no paramétrico. Las pruebas microbiológicas se llevaron a cabo acorde a lo exigido por el Ministerio de Salud en la resolución 07992/91 y la norma ICONTEC 404 (3, 5). **Resultados:** Los resultados de los análisis sensoriales y fisicoquímicos de los tratamientos de lulo en el cavitador hidrodinámico mostraron que la pulpa obtenida a 60°C por hidrocavitación presentó las mejores características de producto. Para el caso de la pulpa de lulo obtenida por hidrocavitación comparada con la obtenida por un método

convencional, se resalta que la pulpa hidrocavitada presentó una menor cantidad de UFC Unidades formadoras de colonia/ml. A nivel sensorial las pulpas no mostraron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, las pruebas hedónicas presentaron una mejor respuesta en el caso de pulpa de lulo obtenida por el proceso de hidrocavitación. **Conclusiones:** La hidrocavitación es una técnica promisoriosa como alternativa eficaz para el procesamiento de frutas para la obtención de pulpas, ya que conserva características de mayor impacto en el producto.

**Palabras clave:** Pulpas, microbiológico, hidrocavitación, sensorial, fisicoquímico.

### ABSTRACT

**Background:** Hydrocavitation has been used successfully in the yeast cell disruption, suspensions formations and food reconstitution. These applications show high possibilities of this phenomenon in food industry, such as production of processed fruit pulps. **Objective:** Evaluate the hydrocavitation effects in pulp production at sensory, physicochemical, and microbiological level compared to industrial operations of scalding, pulping and pasteurization (1-4). **Methods:** Peeled lulo Pulp was processed in 6 Kg capacity hydrodynamic cavitator at two different temperatures of processing 75°C and 60 °C. A sensory and physico-chemical pulps tracing was performed a month. From these results, It was selected the hydrocavitation process which presented better product features. The selected lulo pulp was compared sensory, physico-chemical and microbiological with processed pulps by conven-

<sup>1</sup> Integrante Grupo de Investigación en Alimentos y Agroindustria, Planta de Bioprocesos y Agroindustria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

<sup>2</sup> Profesor Asistente, Integrante Grupo de Investigación en Alimentos y Agroindustria, Planta de Bioprocesos y Agroindustria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

<sup>3</sup> Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería, Facultad de Ingenierías, Manizales, Universidad de Caldas, Colombia.

\* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: fernando.gutierrez@ucaldas.edu.co

tional method. It was applied to the sensory tests a non-parametric statistical. The microbiological tests were performed according to the resolution 079992/91 of Ministry of Health, and ICONTEC 404 norm (3, 5). **Results:** The sensory and physico-chemical analyses results of lulo treatments in the hydrodynamic cavitator showed that pulps obtained at a 60°C by hydrocavitation presented better product features. For the case of lulo pulp obtained by hydrocavitation compared to that obtained by conventional method, it is emphasized that pulp hydrocavitated presented lower CFU (Colony forming units)/ml amount. At sensory level, the pulps didn't show statistically significant differences, however, hedonic tests presented a better response in case of lulo pulp obtained by hydrocavitation process. **Conclusions:** The hydrocavitation is a promising technique as effective alternative for fruits processing for the pulp production, because it preserves greatest impact features on the product.

**Keywords:** Pulps, microbiological, hydrocavitation, sensory, physicochemical.

## INTRODUCCIÓN

El procesamiento y producción de alimentos más sanos y de menor costo operacional, han sido aspectos de amplio estudio en la industria (6). Esto ha llevado a los investigadores a buscar alternativas tecnológicas eficientes, económicas y de bajo impacto ambiental. La hidrocavitación, aunque no ha sido ampliamente estudiada en alimentos, promete ser una tecnología que cumple con estas premisas. Específicamente, la hidrocavitación puede mejorar características vinculadas con la calidad de los alimentos, disminución de los costos energéticos y estabilidad de los productos. Algunos estudios que podrían indicar los efectos que la hidrocavitación tendría en matrices vegetales alimentarias se enmarcan en la reducción de la carga microbiana (7, 8), y la eficiencia de la cavitación hidrodinámica y la cavitación por ultrasonido en la disrupción de células de las levaduras (7, 9-11). En este caso la producción de pulpas de fruta podría ser impactada en forma positiva por la implementación de este tipo de tecnología, lo que ayudaría a mejorar y desarrollar esta cadena productiva aumentando al mismo tiempo la calidad de vida de los productores y comunidades involucradas.

La hidrocavitación es un fenómeno donde hay formación de burbujas o cavidades debido a la caída

la presión local que sufre un fluido líquido al pasar a través de una constricción. La presión local del fluido cae por debajo de la presión de vapor del líquido que fluye, como consecuencia se generan burbujas. Posteriormente, se ocasiona el colapso de las burbujas debido a la recuperación de la presión, liberando así una gran cantidad de energía (12). Durante la implosión de las burbujas se difunde calor, generando altos picos de temperatura y presión en pequeñas fracciones de tiempo que conduce a una reacción termolítica (13, 14). Toda esta energía liberada y su uso simultáneo en un proceso de transformación industrial enmarca este fenómeno dentro del concepto de integración energética y de procesos simultáneos (15).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en la Planta de Bioprocesos y Agroindustria de la Universidad de Caldas. Se utilizó lulo fresco de variedad Castilla, de forma semiesférica y con estado de madurez entre 3 y 5 (16), adquirido de un proveedor de la ciudad de Manizales, Caldas. Las Frutas se mantuvieron a una refrigeración de 4°C previamente al procesamiento. El estudio se desarrolló en dos partes: 1) Selección de pulpas hidrocavitadas a dos temperaturas de procesamiento mediante pruebas sensoriales y físico-químicas, 2) Evaluación de la pulpa seleccionada por hidrocavitación y de la pulpa procesada convencionalmente. En la primera parte del estudio, se procesó lulo por hidrocavitación a 60°C y 75°C, agregando 300 ml de agua al proceso. Con el objetivo de seleccionar el procesamiento cuya pulpa conservó mejores características se realizó un seguimiento sensorial y físico-químico de los tratamientos. En la segunda parte del estudio, se realizó un seguimiento a nivel sensorial, físico-químico y microbiológico para evaluar cuál de los dos procesamientos realizados arrojó mejores características del producto (3, 5, 17). Para llevar a cabo las pruebas microbiológicas, se tomaron muestras de pulpa una vez por semana durante 28 días. A las pulpas de lulo no se le agregaron conservantes comunes como benzoatos y sorbatos (18). Para el procesamiento por hidrocavitación se utilizó un hidrocavitador de 6 Kg de capacidad, mientras que para el convencional se utilizó marmita, despulpadora y estufa. Las muestras fueron almacenadas en un cuarto frío, a una temperatura entre 0°C a 4°C y humedad relativa del 93%. Para adelantar las

pruebas sensoriales se familiarizó con el producto a un panel de jueces semientrenados (2). Se entregó al panel muestras de pulpa de lulo disuelta en agua en una relación de 1/1 (P/P). Durante el seguimiento sensorial se aplicaron pruebas de medición del grado de satisfacción (Hedónicas) en una escala de 1 a 5 donde: 1 “me disgusta mucho”, 2 “me disgusta”, 3 “me es indiferente”, 4 “me gusta ligeramente” y 5 “me gusta mucho”. Y pruebas descriptivas (perfil) en los atributos: Apariencia, color y olor característico, acidez, amargor, persistencia, fermento, dulzor, pegajosidad, suavidad, fluidez y homogeneidad (2). Para determinar diferencias significativas entre los tratamientos a los resultados de las pruebas hedónicas se aplicó la prueba de Kruskal Wallis, y a los resultados de las pruebas de perfil se aplicó el método ANAVA (19). Se midieron las características fisicoquímicas: grados Brix en un refractómetro digital ATAGO modelo PAL 1 y pH en un potenciómetro SCHOTT Lab 850.

## RESULTADOS

Para la selección de la pulpa hidrocavitada con el mejor índice del grado de satisfacción sensorial, los valores de Kruskal Wallis variaron entre 0,8 a 2,52, y el valor de Chi-Cuadrado fue 3,84. No se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Las medias de las calificaciones en las pruebas hedónicas fueron: 2,85 a 4,09 en las muestras preparadas con pulpas obtenidas por hidrocavitación a 60°C, y 2,53 a 3,818 en las muestras preparadas con pulpas obtenidas por hidrocavitación a 75°C. Los valores correspondientes a las pruebas físico-químicas se encuentran en la Tabla 1. Los atributos que mostraron diferencias significativas durante algunos días del estudio en las pruebas de perfil fueron: acidez, persistencia, dulzor, olor y homogeneidad.

**Tabla 1.** Valores promedio de pH y °Brix en pulpas obtenidas por hidrocavitación y por un método convencional

Selección de Pulpa hidrocavitada				
Días	Procesamiento a 75°C		Procesamiento a 60°C	
	°Brix	pH	°Brix	pH
Día 1	7,233	3,362	6,1	3,587
Día 7	7,467	3,217	7	3,123
Día 10	7,333	3,199	6,967	3,114
Día 14	7,333	3,147	7	3,197
Día 17	7,067	3,134	6,833	2,977
Día 21	7,033	3,365	6,7	2,963
Día 24	7	3,179	6,667	3,065
Día 28	6,833	3,18	6,533	3,105
Día 31	7,033	3,177	6,733	3,082
Comparación pulpas obtenidas por hidrocavitación y por un método convencional				
Días	Procesamiento convencional		Procesamiento por hidrocavitación	
	°Brix	pH	°Brix	pH
Día 0	9,367	3,05	8	3,174
Día 13	9,767	3,053	8,5	3,114
Día 16	9,467	3,169	8,333	3,145
Día 22	8,667	3,12	8,567	3,16

Los resultados de las características de la pulpa de lulo hidrocavitada a 60°C y de la pulpa obtenida por un método convencional se muestran en las Tablas 1, y 2. Los valores de Kruskal Wallis variaron entre 0,011 a 0,63, y un Chi-Cuadrado igual a 3,84, lo que

indica que no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Los atributos que mostraron diferencias significativas en las pruebas de perfil fueron: Acidez y apariencia.

**Tabla 2.** Promedios de calificaciones en las pruebas hedónicas de pulpas obtenidas por hidrocavitación y por un método convencional.

SEGUIMIENTO DE PULPAS PROCESADAS (PRUEBAS HEDÓNICAS)		
Tiempo (Días después de procesamiento)	Hedónicas (Procesamiento Convencional)	Hedónicas (Procesamiento por Hidrocavitación)
Día 2	3,75	3,63
Día 6	3,4	3,5
Día 9	4,0	4,3
Día 13	3,0	3,1
Día 16	4,0	3,9

Los análisis microbiológicos de la pulpa obtenida por hidrocavitación reportó un recuento final en mohos y levaduras igual a 180 UFC/ml, de Aerobios Mesófilos de 300 UFC/ml. Para las muestras procesadas convencionalmente el recuento de mohos y levaduras fue igual a 400 UFC/ml, Aerobios Mesófilos de 500 UFC/ml. Ninguna las muestras de pulpas procesadas tanto por hidrocavitación como por un método convencional, llegaron al límite establecido por normatividad.

## DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos en los tratamientos de obtención de pulpa de lulo por hidrocavitación a 60°C y 75°C, se seleccionó el tratamiento a una temperatura de 60 °C, debido a que las pruebas hedónicas presentaron un mejor comportamiento para esta temperatura. El resultado pudo haber sido motivado, por atributos como la acidez, cuya diferencia significativa se registró en los días 1, 10 y 31, concluyéndose que entre más bajo sea este atributo, mayor aceptación tenía la pulpa en el panel sensorial. Como se muestra en la Tabla 1. los resultados físico-químicos no sufrieron variación significativa a través del tiempo, por lo que no puede considerarse como un factor determinante para comparar las características de deterioro entre las pulpas (4).

En la comparación de las pulpas obtenidas por hidrocavitación y por un método convencional, se resalta que no hubo diferencia estadística significativa en las pruebas hedónicas. Sin embargo, se destaca que hay un mejor comportamiento en el tratamiento por hidrocavitación debido a que sus medias son más altas en la mayoría de días del seguimiento en comparación al tratamiento por un método convencional (ver Tabla 2). En cuanto a los resultados microbiológicos, se observó que la

velocidad de deterioro de las pulpas obtenidas por hidrocavitación es menor que el mostrado en pulpas obtenidas por un proceso convencional industrial. Este comportamiento se debe a que durante el fenómeno de hidrocavitación pudo haberse dado lugar a una disrupción celular que disminuiría la carga microbiana presente en el alimento (9).

## CONCLUSIONES

La hidrocavitación, tecnología emergente, podría llegar a ser competitiva en la industria de alimentos, pues los resultados de la presente investigación demostraron una alta eficiencia en la conservación de características de gran impacto en el producto. El fenómeno de hidrocavitación destruye los microorganismos esterilizando las pulpas de fruta.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad de Caldas y sus instalaciones: Planta de Bioprocesos y Agroindustria, la Unidad Tecnológica de Alimentos. Y a COLCIENCIAS, por su programa de Jóvenes Investigadores.

## REFERENCIAS

1. Agatón L. Manual de prácticas de procesos vegetales. Manizales, Colombia: Editorial Universidad de Caldas; 2009.
2. Anzaldúa A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza, España: ACRIBIA, S.A. 1994.
3. ICONTEC NTC 404: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Frutas procesadas. Jugo y pulpas de fruta. 1998.
4. ICONTEC NTC 5468: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Zumos (jugos), Nectares, Pures (pulpas) y concentrados de pulpas. 2007.
5. Resolución número 7992 de 1991. 1991.
6. Santamaria MR. Industria Alimentaria. Tecnologías emergentes. Cataluña, España: Edicions UPC. 2005.

7. Gogate PR. Hydrodynamic Cavitation for Food and Water Processing. *Food Bioprocess Technology*. 2010; 4: 996-1011.
8. Calderón M, González M, Barbosa G, Swangson B. Métodos no térmico para procesamiento de alimentos: variables e inactivación microbiana. *Brazilian Journal, Food Technology*. 1999 1//;1(1-2):3-11.
9. Save S, Pandit A, Joshi J. Use of Hydrodynamic Cavitation for Large Scale Microbial Cell Disruption. *Food and Bioproducts Processing*. 1997;75(1):41-50.
10. Ulloa J, Ulloa P, Ramírez J, Ulloa B. Ultrasonido: Aplicaciones en el campo de alimentos. *Revista Fuente nueva época*. 2013 Septiembre; 2013(14):1-13.
11. Awad TS, Moharram HA, Shaltout OE, Asker D, Youssef MM. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*. 2012;48(2):410-27.
12. Ghayal D, Pandit AB, Rathod VK. Optimization of biodiesel production in a hydrodynamic cavitation reactor using used frying oil. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2013 1//;20(1):322-8.
13. Arrojo S, Benito Y. A theoretical study of hydrodynamic cavitation. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2008; 15(3):203-11.
14. Gogate PR. Cavitation reactors for process intensification of chemical processing applications: A critical review. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2008 4//; 47(4):515-27.
15. Cardona CA, Sánchez ÓJ, Gutiérrez LF. *Process Synthesis for Fuel Ethanol Production*. First ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press; 2010.
16. ICONTEC NTC 5093: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. *Frutas frescas. Lulo de Castilla. Especificaciones*. 2002.
17. Arroyave L. Ficha técnica de producto terminado: PULPA DE FRUTA. Espinal, Colombia: SENA; 2010 [cited 2015]; Available from: <http://es.slideshare.net/GITASENA/ficha-tecnica-pulpa-de-frutas>.
18. ViT P, Cardozo E, Moreno D. Aporte de estudiantes de tecnología de alimentos para un manual de calidad en la producción de pulpas de frutas. *Revista de la Facultad de Farmacia, Universidad de los Andes-Venezuela*. 2002; 43:19-24.
19. Siegel S. *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. Segunda ed. México1978.