

USO DE MICROONDAS EN EL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLOGICAS DE UN NÉCTAR DE LECHOSA (*Carica papaya*)

(USE OF MICROWAVES IN THE THERMAL TREATMENT ON THE PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF A MILK NEED)

José Ramos, Pedro León, Xavier Martínez.

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Programa Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

Alejanrt@gmail.com /pedroleon.210784@gmail.com /martinezxavier2010@hotmail.com.

Recibido: 18-12-2018/ Aceptado: 10-04-2019

RESUMEN

El néctar de papaya no pasteurizado, es un alimento que puede contaminarse con diferentes tipos de agentes que puede alterar o no sus características y dependiendo del agente se distingue la contaminación física, química o biológica. Como objetivo se evaluó el uso de microondas en el tratamiento térmico sobre las características físicas-químicas y microbiológicas de un néctar de lechosa (*Carica papaya*). Se utilizó un diseño factorial completo 3** (2-0) para (2) factores experimentales, en un bloque para un total de 12 tratamientos distintos y 4 puntos centrales y se estudiaron (6) respuestas: °Brix, pH, acidez titulable total, aerobios mesofilos, coliformes totales y mohos y levaduras. El proceso arrojó como óptimo el tratamiento No. 10 por presentar valores ideales de 65 seg para el tiempo de tratamiento y 2% para la potencia del microondas (con una deseabilidad de 0,9872). Valores óptimos para las respuestas de 12,34 °Brix, 4,62 de pH, 3,15% de acidez titulable, aerobios mesofilos $3,20 \times 10^3$ ufc/ml, $1,1898 \times 10^3$ NMP/ml para coliformes totales y $1,1622 \times 10^3$ ufc/ml de mohos y levaduras. En conclusión, desde el punto de vista microbiológico se puede afirmar que el néctar obtenido se considera pasteurizado como consecuencia del tratamiento térmico aplicado.

Palabras Clave: Néctares y jugos, Tratamiento térmico con Microondas, Pasteurización, Diseño Factorial Completo 3** (2-0).

SUMMARY

The unpasteurized papaya nectar is a food that can be contaminated with different types of agents that may or may not alter its characteristics and depending on the agent, physical, chemical or biological contamination is distinguished. The objective was to evaluate the use of microwaves in the thermal treatment on the physical-chemical and microbiological characteristics of a papaya nectar (*Carica papaya*). A complete factorial design 3 ** (2-0) was used for (2) experimental factors, in a block for a total of 12 different treatments and 4 central points, and (6) responses were studied: ° Brix, pH, titrable acidity total, mesophilic aerobes, total coliforms and molds and yeasts. The optimum treatment was No. 10 that presented ideal values of 65 sec for the treatment time and 2% for the microwave power (with a desirability of 0.9872). The responses optimal values were as follows: 12.34 ° Brix, 4.62 pH, 3.15% titrable acidity, aerobic mesophiles 3.20x10³ cfu / ml, 1.1898x10³ MPN / ml for total coliforms and 1.1622x10³ cfu / ml of molds and yeasts. In conclusion, from the microbiological point of view it can be affirmed that the nectar obtained is considered pasteurized as a consequence of the applied heat treatment.

Keywords: Nectars and juices, heat treatment with microwaves, pasteurization, complete factorial design 3 ** (2-0).

INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas en la dieta humana es de vital importancia por el aporte de vitaminas, minerales, fibra, agua y otros nutrientes, además de la satisfacción de consumir un producto de características sensoriales tan variadas y agradables (Camacho, 2002; Citado por Cañizares *et al*, 2009).

En Venezuela, la diversidad de frutas producidas es amplia, gracias a los diferentes climas y ecosistemas que naturalmente existen en nuestra geografía. Una de estas es la lechosa, que se consume principalmente como fresca, por su excelente sabor y textura, es muy solicitada por los consumidores que tienen preferencia por las frutas que además de agradables posean un contenido alto de nutrientes (Materano *et al.*, 2011).

El contenido de vitaminas, minerales y proteínas, hacen sobresalir esta fruta por sus características medicinales, principalmente en el tratamiento de enfermedades gástricas. Su valor nutritivo es alto: cien (100) gramos de pulpa, suministran los requerimientos mínimos

diarios de vitamina C y la mitad de la vitamina A. Además, posee, vitaminas del complejo B (B1, B6 y B12) (Arango y Román, 2010).

La papaya se procesa para elaborar purés, néctares, mermeladas, fruta deshidratada, fruta cristalizada, alimentos infantiles, conservas en almíbar y jugos, que son productos en buen estado al ser envasados al vacío en recipientes de conservas de lata, frascos de cristal, tetrapak, entre otros (Anguiano, 2010).

Desde hace algunos años, cada vez resulta más frecuente la demanda del consumidor de productos naturales que hayan sido mínimamente procesados, confiando así en que de esta forma se conserva la esencia natural del alimento, y se evita la destrucción o eliminación parcial de las sustancias que resultan beneficiosas para la salud. Esta tendencia se observa principalmente en las frutas y jugos de frutas mínimamente procesados (Materano, ob. cit.). No obstante, esto puede suponer a veces un problema, ya que se ha detectado un aumento del índice de enfermedades causadas por intoxicaciones alimentarias en los últimos años. El hecho de consumir productos que prácticamente no han sido procesados aumenta el riesgo de contaminación, principalmente por ataques de microbacterias, y entre los productos de principal riesgo se encuentran los jugos de frutas (Ainia, 2009). Cabe mencionar también, que en los zumos industriales se pierden sus propiedades nutricionales en el proceso de elaboración, un porcentaje variable de sus vitaminas, minerales y enzimas se pierde inevitablemente en los procesos a los que son sometidas las materias primas y que van desde el calentamiento al enfriamiento pasando por el tratamiento enzimático, la centrifugación y la desaireación (Ainia, ob. cit.).

Aunado a esto, se puede decir también que los néctares preparados en los hogares pueden constituir una fuente de riesgo para la salud, por ser un alimento no pasteurizado y manipulado en condiciones inadecuadas, además de la calidad del agua utilizada en la elaboración de alimentos no sea apta para este fin (Ávila y Fonseca, 2008).

El néctar de papaya no pasteurizado es un alimento que puede contaminarse con diferentes tipos de agentes que puede alterar o no sus características y dependiendo del

agente se distingue la contaminación física, química o biológica. En vista de lo antes señalado, el objetivo de la investigación fue evaluar el uso de microondas en el tratamiento térmico sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de un néctar de lechosa (*Carica papaya*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de lechosa (*Carica papaya*), se recolectaron en el sector Mango Redondo del municipio San Carlos, estado Cojedes, Venezuela, se obtuvieron 35 Kg de lechosa. Fueron llevadas al Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos (L.I.T.A.) ubicado en UNELLEZ-Cojedes. El traslado se realizó en cestas plásticas de capacidad 25 Kg evitando daños físicos o mecánicos durante su manipulación para conservar su estado fresco. Una vez en el LITA se muestrearon de acuerdo a la Norma COVENIN 1031-81, clasificándolas por tamaño y grado de madurez, se procedió a la obtención de la pulpa de lechosa (*Carica papaya*), se elaboró adaptando los métodos propuestos por Parra (2003), para obtener pulpas de frutas frescas a congelar, los cuales son los siguientes: recepción, lavado y desinfección (Limpieza), selección, pelado y arreglo, donde se hizo una selección y luego se lavaron por inmersión en agua clorada a temperatura ambiente (35°C), con el fin de eliminar residuos de suciedad, impurezas y flora microbiana externa.

Luego se hizo un escaldado en cocina de vapor a 85°C/5 min. para ablandarlas y aumentar el rendimiento de extracción, así como también inactivar enzimas encargadas de causar pardeamiento enzimático como la polifenoloxidasas. Una vez realizadas las operaciones preliminares de adecuación de la materia prima (frutas frescas) se procedió con el despulpado y refinado de la pulpa para luego elaborar el néctar y posterior tratamiento con microondas.

Tratamiento térmico con microondas del néctar de lechosa

El néctar de lechosa tratado en el horno microondas, se realizó en el LITA, específicamente en el Laboratorio de Investigación, se aplicó un diseño factorial de

respuesta para dos (2) factores experimentales, tiempos variables de calentamiento (50, 65 y 80 seg) y potencia del microondas (1, 2 y 3%), en un bloque para un total de 12 muestras o tratamientos distintos y 4 puntos centrales sin repetición. Una vez realizados los tratamientos se procedió a los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Para determinar temperaturas de pasteurización se utilizó un termómetro de mercurio al finalizar cada tratamiento, necesarios para la elaboración de la matriz de diseño estadístico experimental.

El néctar crudo antes de ser expuesto al tratamiento térmico con microondas, fue sometido a un análisis microbiológico simple, el cual tenía por objetivo verificar la presencia o ausencia de contaminación microbiana y la naturaleza de la misma. Para la identificación del microbiota se hicieron cultivos directos por duplicado en agar ogy y agar saboraud y su cuantificación se realizó por medio del conteo de unidades formadoras de colonias por ml de néctar. Seguidamente, el néctar fresco se sometió a la acción de la microonda. Al finalizar el proceso de pasteurización en el horno microondas se midió el pH y °Brix del néctar y se practicó el análisis microbiológico respectivo.

Para recolectar los datos de las características fisicoquímicas se utilizaron los siguientes métodos: Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron mediante la Norma COVENIN N° 924:1983, el pH se determinó mediante empleo de la Norma COVENIN N° 1315:1990 y la acidez titulable total según la Norma COVENIN N° 1769:1981. Para recolectar los datos de los ensayos de la caracterización microbiológica, se realizaron recuentos en placas con siembra en diluciones desde 10^{-1} hasta 10^{-5} para contaje de las colonias de todas las unidades experimentales, todas las diluciones se realizaron con agua peptonada (0,1% de peptona), según COVENIN N° 1989. Seguidamente se realizaron diluciones seriadas y se procedió a sembrar los siguientes microorganismos: aerobios mesofilos (AM) y mohos y levaduras (ML). El recuento de aerobios mesófilos (AM): según COVENIN (1978), recuentos de mohos y levaduras (ML) COVENIN (1990). Para el recuento de coliformes totales se determinó mediante COVENIN (2409-86).

Los análisis matemáticos, estadísticos y gráficos se realizaron con los softwares *Statística v.7.0* y *JMP v.4*. El software *Statística v.7.0* se utilizó para obtener los

coeficientes estimados del modelo cuadrático (proc rsreg) y las gráficas de superficie de respuesta del recuento microbiológico del néctar de lechosa y el software JMP v.4, se utilizó para el proceso de co-optimización multifactorial multirespuesta, aplicando procedimientos de perfiles de respuestas múltiples bidimensionales y gráficos de deseabilidad dinámicos que permitió simular; y superposición de las gráficas de contornos dinámica o crosshair dinámico que permitió co-optimizar y simular (Lawson *et al.*, 1992) citados por Ávila (2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran las principales características físicas y químicas realizadas a la pulpa de lechosa, antes de preparar los tratamientos o unidades experimentales generadas por la matriz de diseño. Al comparar estos datos con los obtenidos por (Franco, 2014), se puede observar que estos valores se encuentran por encima en comparación a lo reportado por este autor.

Tabla 1. Características físicas-químicas y microbiológicas de la pulpa de lechosa.

Determinación	Valor Promedio
°Brix	12,9
pH	4,82
Acidez titulable (%)	2,1

Fuente: Determinaciones propias.

El néctar antes de ser expuesto al tratamiento térmico con el horno microondas, fue sometido a un recuento microbiológico simple, a fin de comparar con los del néctar tratado con microondas, obteniéndose valores por debajo de lo establecido por la Norma General del CODEX (2005) para néctares de frutas, como se muestran en el tabla 2.

Tabla 2. Análisis microbiológico del néctar de lechosa.

Producto	Aerobios mesofilos (ufc/ml)	Coliformes totales (Total de colonias/ml)	Mohos y levaduras (ufc/ml)
Néctar de lechosa	98x10 ³	30x10 ³	14x10 ³

Fuente: Determinaciones propias.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en la presente investigación; donde se puede apreciar los valores de las respuestas medidas (°Brix, pH, acidez titulable total, Aerobios Mesófilos, Coliformes totales, Mohos y levaduras) por cada tratamiento.

Tabla 3. Resultados obtenidos para las variables respuestas.

Trat.	FACTORES EXPERIMENTALES		FACTORES RESPUESTAS					
	Tiempo de calentamiento (seg)	Potencia del microondas (%)	°Brix	pH	ATT	A.M.	C.T.	MyL
	X1	X2	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆
1	80	3	12,1	4,79	2,5	3,544	2,301	2,485
2	65	2	12,3	4,61	3	2,176	0	1
3	50	1	12,9	4,53	3,3	3	1	3,397
4	65	1	12,5	4,63	2,6	3,06	1	1
5	80	2	12,2	4,89	2,3	5,243	1	1
6	80	1	12,4	4,78	2,9	3	0	3,477
7	50	3	12,5	4,89	3	3	1,477	1
8	65	3	12	4,83	3	3,477	2	1
9	50	2	12,1	4,52	3,5	3,602	1,477	2,301
10	65	2	12,3	4,69	2,5	3,477	1,698	2,602
11	65	2	12,2	4,67	2,9	3,079	1,301	1
12	65	2	12,9	4,44	4,5	3	1,477	1

El resumen de los coeficientes estimados para cada modelo poblacional de las respuestas medidas se presenta en la tabla 4. Se observa que el factor tiempo de calentamiento (X_1) en 65 seg y a una potencia del microondas (X_2) de 2% equivalentes a 490 MHz, disminuyen de manera lineal la concentración de °Brix, acidez titulable, coliformes totales (en cuanto al tiempo de calentamiento) y mohos y levaduras (en cuanto a la potencia del microondas) en el néctar de lechosa, es decir por cada aumento de una unidad del tiempo de calentamiento y la potencia del microondas, se provoca una disminución de los °Brix en el néctar, a razón de: 0,009 y 0,2 unidades, respectivamente; contrario efecto causa para las respuestas pH, aerobios mesofilos, coliformes totales (en cuanto a la potencia del microondas) y mohos y levaduras (en cuanto al tiempo de calentamiento) que se incrementó. La interacción entre el tiempo de calentamiento y la potencia del microondas (β_{12}) presenta valores positivos para las respuestas °Brix, aerobios mesófilos, coliformes totales y mohos y levaduras, indicando una tendencia a incrementar todas las respuestas, es decir, existe un efecto sinérgico altamente significativo al combinar estos factores.

Tabla 4. Coeficientes estimados del modelo poblacional planteado.

Coefficiente estimado	°Brix	pH	ATT	AM	CT	MyL
β_0	13,319	4,051	4,767	1,305	0,402	1,721
β_1	-0,009	0,006	-0,023	0,024	-0,007	0,007
β_2	-0,2	0,095	-0,05	0,160	0,630	-0,505
β_{11}	-0,0001	0,003	-0,0004	0,003	-0,0004	0,004
β_{22}	0,075	0,085	-0,2	-0,476	0,169	0,314
β_{12}	0,002	-0,006	-0,002	0,009	0,030	0,029

Análisis de las gráficas de superficie de respuesta

En la Figura 1, se observa un punto máximo de 120 y un mínimo de 20 para la variable tiempo de tratamiento (X_1) y un punto máximo de 7 y un mínimo de 4,5 para la variable potencia del microondas (X_2). Esto indica que la solución de la Superficie de Respuesta para la respuesta predicha de los aerobios mesófilos, es un punto de silla que aumenta el tiempo de tratamiento, cuando se incrementa la potencia del microondas, disminuyendo las unidades formadoras de colonias presentes en el néctar de lechosa.

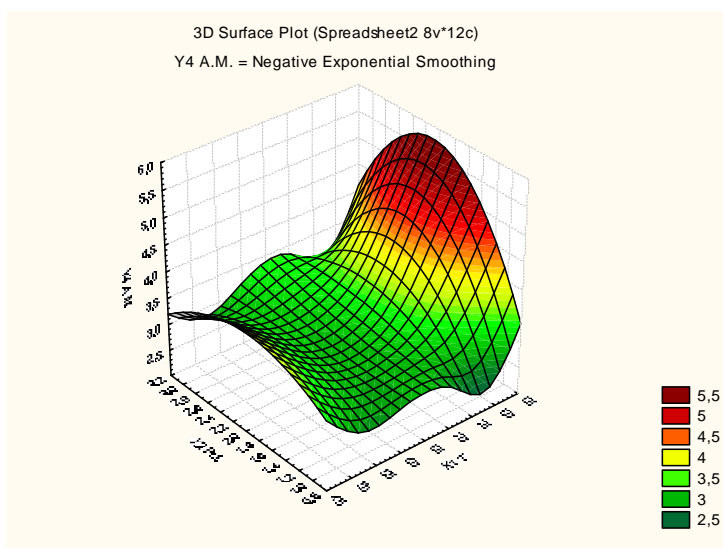


Figura 1. Efecto de las variables tiempo de tratamiento (X_1) y potencia del microondas (X_2) sobre la respuesta aerobios mesófilos.

En las Figuras 2 y 3 se presentan las superficies de respuestas para las variables coliformes totales y mohos y levaduras, respectivamente. Se observa que es un punto de silla que, a valores medios del tiempo de tratamiento, cuando se incrementa la potencia del microondas, indica que disminuye el número más probable de coliformes totales presentes en el tratamiento. La Figura 3, indica que, a valores medios del tiempo de tratamiento, cuando se incrementa la potencia del microondas, disminuyen las unidades formadoras de

colonias de mohos y levaduras presentes en el tratamiento, tendencia que se observa en la respuesta anterior.

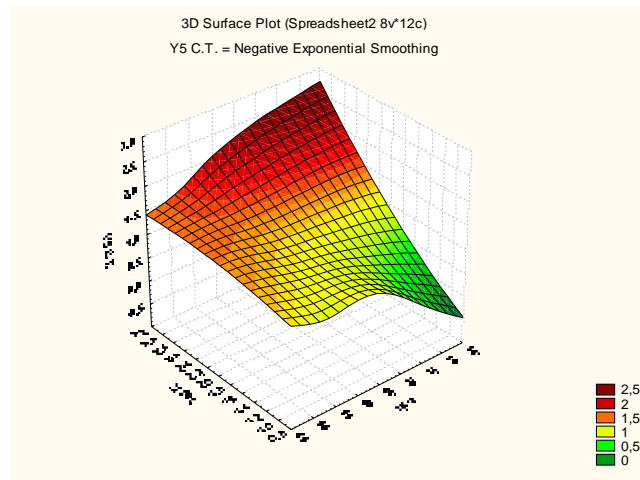


Figura 2. Efecto de las variables tiempo de tratamiento (X_1) y potencia del microondas (X_2) sobre la respuesta coliformes totales.

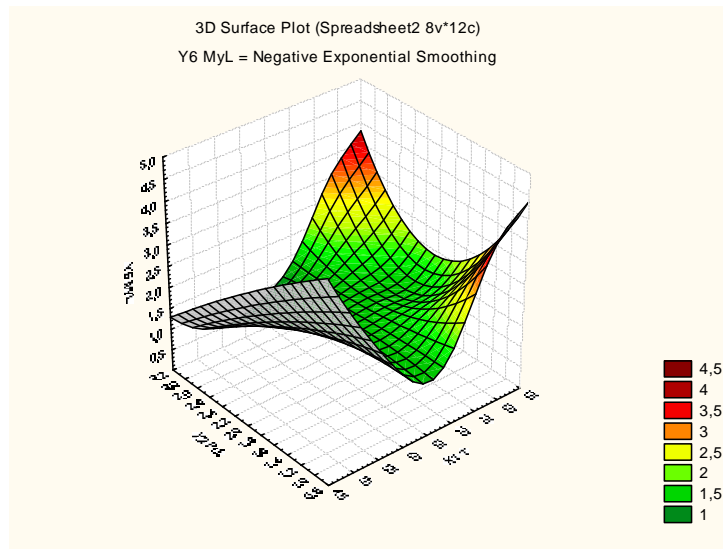


Figura 3. Efecto de las variables tiempo de tratamiento (X_1) y potencia del microondas (X_2) sobre la respuesta mohos y levaduras.

Los resultados obtenidos en el tratamiento térmico con el uso del horno microondas del néctar de lechosa son semejantes a los encontrados por Velásquez y Sánchez (2008), quienes determinaron la eficacia del sistema de procesado por microondas para inactivar la carga microbiana presente en el jugo de mango preparado a partir de fruta fresca verificando el efecto sobre el potencial de hidrógeno, pH, y la concentración de sólidos solubles, °Brix, fijados al inicio de dicho estudio. Se obtuvieron reducciones importantes, de hasta el 89%, con tratamiento suaves, en la carga microbiana. La reducción significativa de la población microbiana inicial pone de manifiesto que la energía electromagnética de microondas funciona favorablemente en el proceso de destrucción del hongo *Aspergillus sp.* El pH se ajustó a 4,0 y la concentración de sólidos solubles a 12 °Brix, en todos los casos. Los cambios de temperatura que experimentó el jugo de mango se registraron durante 224 segundos, tiempo que le tomó a los 4 L del fluido atravesar todo el sistema.

En la Figura 4, se muestran los perfiles de predicción (maximización y minimización) con niveles óptimos de 65 seg de tiempo de tratamiento o de calentamiento (X_1) y 2% de potencia del microondas (X_2), con estos valores se obtuvieron las combinaciones óptimas operativas que permitieron obtener un néctar de lechosa con las siguientes características: 12,34 °Brix, un pH de 4,61, acidez titulable de 3,15%, aerobios mesófilos de 3,20 ufc/ml, coliformes totales de 1,18 Total de colonias/ml y de mohos y levaduras 1,16 ufc/ml, con una deseabilidad de 0,9871 en un rango de 0-1.

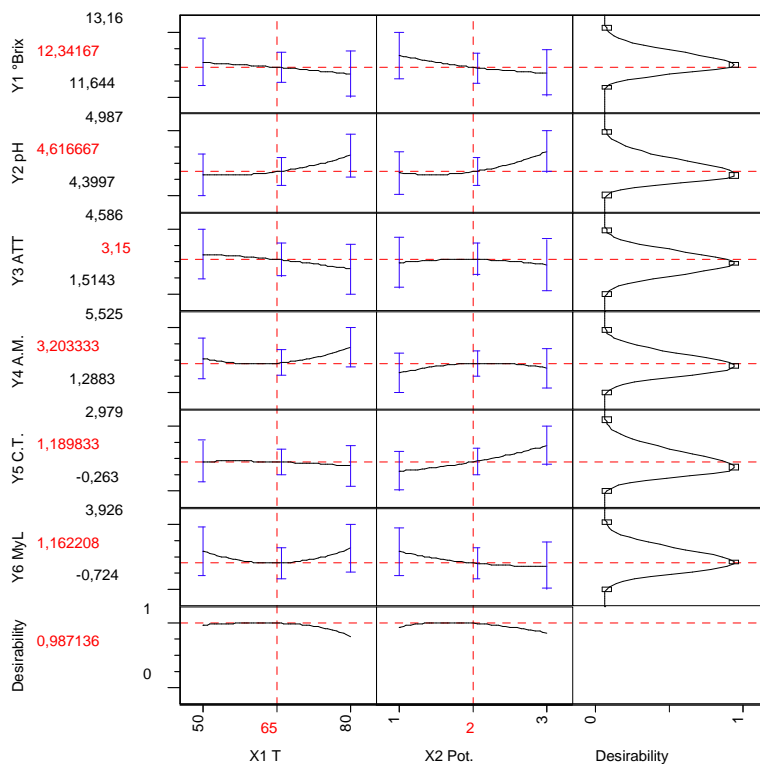


Figura 4. Perfil de predicción dinámico multirespuestas y multifactor experimental.

CONCLUSIONES

- 1.- En los recuentos microbiológicos evaluados a las 24 horas, no se encontró crecimiento microbiano por encima de 10 ufc/ml en el néctar sometidos a los diferentes tratamientos térmicos, es decir, no se hallaron variaciones en cuanto a la calidad microbiológica de éste.
- 2.- Las gráficas de superficie de respuesta del análisis microbiológico, indican que cuando se aumenta la potencia del microondas, disminuyen las unidades formadoras de colonias de aerobios mesofilos, coliformes totales y mohos y levaduras.
- 3.- Los óptimos obtenidos para las variables tiempo de tratamiento o calentamiento y potencia del microondas fueron $X_1 = 65$ seg y $X_2 = 2\%$ o 490 MHz, así como las respuestas predichas por las técnicas antes mencionadas fueron: °Brix = 12,34; pH = 4,62; ATT = 3,15%; A.M. = 3,20 ufc/ml; C.T. = 1,1898 Total de colonias/ml y MyL = 1,1622 ufc/ml.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ainia (2009). *Mejor conservación del zumo*. España. Disponible en: http://www.infoalimentacion.com/noticias/2009/10/3217_mejor_conservacion_zumo.asp
- Anguiano, M.M. (2010). *Papaya perfil comercial*. Dirección de comercialización y planeación de México. Disponible en: www.seder.col.gob.mx/
- Arango, L. y Román, C. (2010). *El cultivo de la papaya en los llanos orientales de Colombia*. Corporación colombiana de investigación fitopecuario. Disponible en: www.agronet.gov.co/
- Ávila, P.G. y Fonseca, M.M. (2008). *Calidad microbiológica de jugos preparados en hogares de bienestar familiar*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C. Disponible en: www.javeriana.edu.co/
- Ávila, E. (2008). *Optimización de procesos biotecnológicos, utilizando metodología de superficie de respuesta*. Universidad de Zaragoza. España. 2^{do}. Trabajo de investigación.
- Cañizares, C.A., Bonafine, O., Laverde, D., Rodríguez, R. y Méndez, J. (2009). *Caracterización química y organoléptica de néctares a base de frutas de lechosa, mango, parchita y lima*. INIA – Venezuela. Disponible en: <http://www.bioline.org.br/pdf?cg09011>
- Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. Norma Venezolana COVENIN N° 1315-1990. **Determinación de pH.**
- Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. Norma Venezolana COVENIN N° 1769-1981. **Determinación de acidez titulable total.**
- Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. Norma Venezolana COVENIN N° 924-1983. **Determinación de sólidos solubles.**
- Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. Norma Venezolana COVENIN N° 1337: 90. **Determinación de Mohos y Levaduras.**
- Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. Norma Venezolana COVENIN N° 2409: 86. **Coliformes totales.**
- Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. Norma venezolana COVENIN N° 1978. **Aerobios mesófilos.**

- Franco-Martínez, M.C. (2014). Ficha técnica pulpa de papaya. [Artículo en línea]. Disponible en: <https://irp-cdn.multiscreensite.com/>.
- Materano, W., Zambrano, J., Valera, A., Maffei, M. y Torres, C. (2011). *Calidad de lechosa osmodeshidratada en cuatro estados de madurez mediante evaluación sensorial y parámetros físico-químicos*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). Disponible en: <http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/>
- Parra, G.R. (2003). *Procesadora y comercializadora de frutas*. Facultad de Ingeniería. Disponible en: www.monografia.com/