

Aplicación de irradiación UV-C, ozono y ultrasonido de baja frecuencia como métodos alternativos a la pasteurización en jugo de piña con espinaca

Arevalo-Cruz, J., Lira-Vargas, A.A., Pascual-Bustamante S., Trejo-Márquez M.A. *, Moreno-Martínez, C.

Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales. Centro de Asimilación Tecnológica. Av. Dr. Jorge Jiménez Cantú S/N, Col. San Juan Atlamica, C.P. 54729, Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. * andreatrejo@unam.mx

RESUMEN:

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de la irradiación UVC, ozono y ultrasonido de baja frecuencia en un jugo de piña con espinaca sobre sus propiedades nutricionales, organolépticas, microbiológicas y de calidad para proponerlos como métodos alternativos a la pasteurización. La pasteurización del jugo se llevó a cabo a 90°C durante 5 minutos. Los métodos alternativos fueron irradiación UV-C que se aplicó con una potencia promedio de 258.59 UW/cm² durante 20 y 25 minutos, ozono en un método de inyección por burbujeo de 180 mg/h durante 3 y 6 minutos y finalmente ultrasonido de baja frecuencia de 42 kHz durante 20 y 25 minutos. Los parámetros evaluados en los jugos fueron: color, vitamina A, vitamina C, clorofila, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, actividad enzimática de la bromelina. Los jugos que presentaron un mejor comportamiento fueron los que se trataron con ultrasonido en un tiempo de 25 minutos, y a que conservaron los niveles de vitamina A y C; contenido de compuestos fenólicos y alta capacidad antioxidante; así como reducción de los microorganismos. Por tanto se puede afirmar que el mejor tratamiento alternativo a la pasteurización del jugo de piña con espinaca fue el ultrasonido de baja frecuencia.

Palabras clave: Piña, ultrasonido, irradiación UV-C, ozono, piña, espinaca

ABSTRACT:

The objective of the present work was to evaluate the effect of UVC irradiation, ozone and low frequency ultrasound in a pineapple juice with spinach on its nutritional, organoleptic, microbiological and quality properties to propose them as alternative methods to pasteurization. The pasteurization of the juice was carried out at 90° C for 5 minutes. The alternative methods were UV-C irradiation which was applied with an average power of 258.59 UW /cm² for 20 and 25 minutes, ozone in a bubbling injection method of 180 mg / h for 3 and 6 minutes and finally low frequency ultrasound of 42 KHz for 20 and 25 minutes: The parameters evaluated in the juices were: color, vitamin A, vitamin C, chlorophyll, phenolic compounds, antioxidant capacity, enzymatic activity of bromelain. The juices that presented a better behavior were those that were treated with ultrasound in a time of 25 minutes, since they conserved the levels of vitamins A and C; content of phenolic compounds and high antioxidant capacity; as well as reduction of microorganisms. Therefore it can be affirmed that the best alternative treatment to the pasteurization of the pineapple juice with spinach was the ultrasound of low frequency.

Key words: Pineapple, ultrasound, UV-C irradiation, ozone, pineapple, spinach

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la tendencia de la alimentación en México y en el mundo ha sido dirigida hacia el consumo de productos funcionales y con el mayor aporte nutrimental (Martínez, 2015), ya que según datos de la Organización Mundial de la Salud en 2014, el 39% de las personas adultas de 18 o más años tenían sobrepeso, y el 13% eran obesas lo cual conlleva a problemas cardiovasculares y enfermedades crónico degenerativas como la diabetes, por eso recomienda que dentro de la dieta diaria de todas las personas se ingieran como mínimo 400 g de frutas y verduras (OMS, 2016), sin embargo, debido al estilo de vida tan acelerado que se lleva hoy en día, esta ingesta se hace cada vez más difícil por lo que se han buscado alternativas para su consumo, un buen ejemplo es la ingesta de jugos verdes. Los jugos se obtienen de la parte comestible de frutas y verduras en buen estado, debidamente maduras y frescas. Dentro de su clasificación encontramos a los jugos mixtos, que son la combinación del jugo de dos o más frutas y/o verduras (NOM-173-SCFI, 2009), es aquí donde entran los jugos verdes que son una excelente opción para un desayuno sano y nutritivo, o para prevenir, desintoxicar, depurar, regenerar y rejuvenecer el organismo, estimulan y refuerzan el sistema inmunológico y favorecen las vías de eliminación (Kent, 2014). Los jugos verdes contienen principalmente verduras como lechuga, espinaca, kale, zanahorias y betabel y frutas como, manzanas, piña, limón y especias como jengibre o jalapeño, el jugo no debe contener más de un 20% de frutas ya que la ausencia de la fibra no permite metabolizar el azúcar y ésta iría directo a la sangre (Burchard, 2016).

México es uno de los grandes productores de piña, la cual contiene vitaminas y micro minerales que la convierten en una fruta antioxidante además de que elimina sustancias como nitratos y nitritos y por su alto contenido de bromelina ayuda a fluidificar la sangre, lo cual está relacionado directamente con problemas circulatorios y de presión sanguínea (Lili, 2009). Por otro lado, la espinaca en los últimos años se ha descubierto que posee una sustancia química semejante a la insulina en los capullos por lo cual es recomendada en la dieta de los diabéticos, además que es rica en vitamina D; la cual ayuda al fortalecimiento de dientes y huesos y evita el raquitismo, entre otros beneficios (Ávila, 2013). Sin embargo, al ser sometidos a un tratamiento térmico como es la pasteurización se degradan una gran cantidad de componentes como las vitaminas.

En los últimos años se han estudiado métodos alternativos a la pasteurización que permiten la conservación de alimentos incrementando su vida útil mediante la inhibición de microorganismos evitando los efectos adversos que conlleva la aplicación de procesos a altas temperaturas, estos métodos se denominan tecnologías emergentes, algunas de las conocidas son la irradiación UV-C autorizada por la FDA en jugos de frutas y verduras siempre y cuando logre reducir la carga microbiana inicial en cinco escalas logarítmicas (Gutiérrez *et al.*, 2015), ozonificación aplicada en jugo de durazno para su conservación (Sánchez, 2014), ultrasonido de baja frecuencia como método de inhibición microbiana (Vega *et al.*, 2012), altas presiones hidrostáticas y campos magnéticos que al igual que la pasteurización elimina microorganismos patógenos e inhiben reacciones enzimáticas y conservan durante un mayor tiempo las propiedades organolépticas y de calidad del producto como al natural sin necesidad de añadir conservadores (Martínez, 2015). Por ello se pretende evaluar el efecto de la aplicación de la irradiación UV-C, ozono y ultrasonido de baja frecuencia en un jugo de piña con espinaca sobre sus propiedades nutricionales, microbiológicas y de calidad para proponerlos como métodos alternativos a la pasteurización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico: Las piñas utilizadas fueron variedad “miel” de color amarillo uniforme y firme y sin ningún golpe aparente. Las espinacas fueron adquiridas por racimos de aproximadamente 300g cada uno, sin la raíz y de un color verde intenso, tratando que el 95% de la hoja estuviera en buen estado.

Elaboración de la formulación del jugo de piña con espinaca: Para la elaboración del jugo se llevaron a cabo las siguientes operaciones unitarias para la piña y la espinaca: recepción, lavado desinfectado (agua clorada 200 ppm), pelado, troceado, molienda, mezclado, filtrado, envasado, pasteurizado (90°C/5min) y almacenado.

Irradiación UV-C: El jugo se colocó en vasos de plástico (Polietileno de baja densidad) tipo cristal de 9 oz con 135 mL de jugo y se llevó a una cámara de paredes metálicas aislada conformada por 4 lámparas de mercurio con una potencia promedio de $258.59 \text{ UW/cm}^2 \pm 8.34 \text{ UW/cm}^2$, durante 20 minutos y 25 minutos. Para el tratamiento de ultrasonido de baja frecuencia (sonicación) se utilizó un baño sónico (Cole – Parmer, 8891) con una potencia de 42 kHz +/- 6% en donde se colocaron 3 vasos de plástico tipo cristal de 9 oz con 135 mL de jugo, a una temperatura fija de 35°C y tiempos de 20 minutos y 25 minutos. En el caso de Ozono se aplicó con ayuda de un potabilizador de agua comercial marca Biozon modelo 2000 con una producción de ozono por burbujeo de 180 mg/h logrando purificar 3L de agua en 3 minutos. En función a esta relación se aplicaron 6 y 12 mg/L de ozono al jugo.

Técnicas analíticas

Color: Se obtuvo por medio de un colorímetro (Konica Minolta, CR-410C) por el sistema Hunter Lab que representa la cromaticidad en coordenadas rectangulares.

Vitaminas, clorofila, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante: La vitamina C se utilizó un método volumétrico (AOAC, 1999) y la Vitamina A se realizó una técnica espectrofotométrica (Meléndez-Martínez *et al.*, 2007) y se leyó en un espectrofotómetro. La clorofila se determinó por una técnica espectrofotométrica y se leyó a una absorbancia de 665 nm y 663 nm (Jeffrey y Humphrey, 1975). Los compuestos fenólicos se evaluaron mediante la técnica de Folin-Ciocalteu (Folin y Ciocalteu, 1927). Los resultados se expresaron en mg ácido gálico/mL de extracto. La capacidad antioxidante se llevó a cabo por el método de ABTS en un espectrofotómetro con una absorbancia de 734 nm (Fogliano *et al.*, 1999).

Coliformes totales: De acuerdo a las normas para coliforme totales (NOM-113-SSA1-1994); mesófilos aerobio (NOM-092-SSA1-1994) y Mohos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994).

Análisis estadístico: Se realizó un análisis ANOVA de un solo factor y multifactorial dependiendo el caso con pruebas de rango múltiple (Tuckey) con un nivel de significancia del 0.05, en el programa estadístico Statistical Packager for the Social Science (SPSS) Versión 22.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El color de un zumo de frutos cítricos es de gran importancia y constituye un factor decisivo de la compra por parte de los consumidores es especial cuando van en envases transparentes, ya sean de cristal o plástico. En la figura 1A se observa un incremento del 41% en la luminosidad del jugo con tratamiento de ozono comparado con el jugo control, mientras que el jugo con tratamiento de UV-C/ 25 min presentó un incremento del 57% con respecto jugo control. El jugo pasteurizado presentó un incremento del 52% en su luminosidad; lo cual muestra que si hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el incremento de la luminosidad al aplicar los distintos tratamientos alternativos a la pasteurización en el jugo.

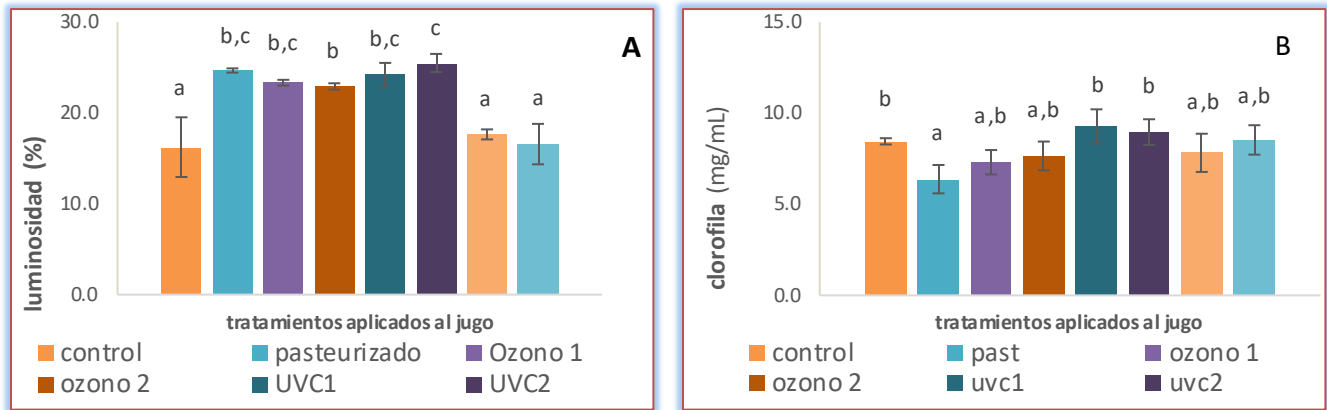


Figura 1. (A) Luminosidad y (B) contenido de clorofila del jugo de piña con espinaca control, pasteurizado, irradiado, sonificado y ozonificado.

En la figura 1B se observa que el contenido de clorofila en el jugo sin aplicar ningún tratamiento de conservación (control) fue de 8.5 mg/mL, aplicándole un tratamiento de pasteurización al jugo este valor disminuyó en un 25%, siendo este tratamiento el que más degrada la clorofila presente en el jugo, con lo que respecta en la aplicación de ozono, irradiación UV-C y sonicación no hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el contenido de clorofila con el jugo control. El ligero incremento de la clorofila que se dio en el jugo cuando se aplicaron los tratamientos de irradiación UV-C se debe principalmente a que la clorofila es un pigmento primario que tiene como finalidad la captación de energía lumínica para su participación en el proceso de fotosíntesis de plantas y algunas bacterias (Manrique, 2003).

Por otra parte el contenido de vitamina A en el jugo de piña con espinaca fue de 396.41 μg de β -caroteno por cada 100 mL de jugo, sin embargo al aplicar un tratamiento térmico como es el caso de la pasteurización esta cantidad se perdió en un 15.7 % (figura 2A); en un estudio realizado por King y De Pablo (1987) mencionan que la vitamina A es uno de los nutrientes más lábiles y que se llega a ver afectado entre un 15 y 20% mínimamente al ser sometidos a tratamientos térmicos no tan agresivos, como un escaldado o un proceso de pasteurización rápida. El comportamiento de la vitamina A al someter al jugo a distintos tratamientos, en el caso de la aplicación de ultrasonido en un tiempo de 25 minutos hubo un aumento del 75% en el contenido de β carotenos en comparación con el jugo control, lo mismo pasa con la aplicación de ozono e irradiación UV-C, entre mayor es el tiempo de exposición hay un incremento en la vitamina A, por lo cual se puede notar que si hubo diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en el jugo natural, con respecto al jugo pasteurizado y a los que fueron sometidos a otro tratamiento.

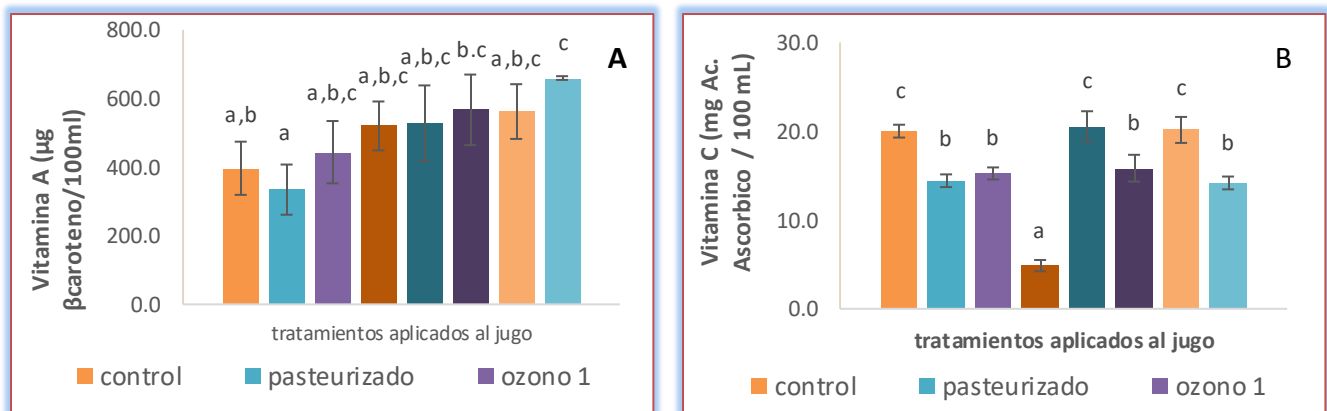


Figura 2. (A) Concentración de vitamina A y (B) vitamina C en el jugo de piña con espinaca control, pasteurizado, irradiado, sonificado y ozonificado.

El jugo de piña con espinaca es una importante fuente de vitamina C (figura 2B), se observa que el jugo control resultó tener 20 mg de ácido ascórbico/ mL de jugo. Sin embargo, al aplicar un proceso de pasteurización esta cantidad disminuyó un 38%, lo mismo paso con la aplicación de ozono 1 y disminuyó en un 75 % al aplicar ozono durante un mayor tiempo. Sin embargo, se puede apreciar de igual manera que la aplicación de UV-C y ultrasonido en el tiempo 1 no presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el contenido de vitamina C en función al jugo control.

Los fenoles son compuestos químicos que se encuentran ampliamente distribuidos en las frutas y en los vegetales, constituyen un amplio grupo de sustancias con diferentes estructuras químicas y actividades metabólicas. Estos compuestos intervienen como antioxidantes naturales en los alimentos, por lo que la obtención y preparación de productos con un alto contenido de estos compuestos supone una reducción en la utilización de aditivos antioxidantes, pudiendo incluso englobarlos dentro de los llamados alimentos funcionales (Porras-Loaiza y López-Malo, 2009). En la figura 3A se observa que si hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la cantidad de compuestos fenólicos presentes en el jugo al aplicar diferentes tratamientos alternativos a la pasteurización. Al pasteurizar el jugo se perdieron el 79% de los compuestos fenólicos presentes en el jugo, caso similar pasa con la aplicación de ultrasonido en los dos diferentes tiempos provocó que se perdieran el 75% de estos compuestos, sin embargo Zapata *et al.* (2015) evaluaron el efecto térmico del secado por aspersión sobre metabolitos secundarios de la pulpa de curuba micro encapsulada sobre compuestos fenólicos y obtuvieron que estos se mantuvieron y en algunos casos aumentaron a pesar del tratamiento térmico aplicado. En este caso la disminución de estos compuestos puede ser contribuida a las condiciones de pasteurización y el pH del medio ya que la mayoría de estos compuestos se encuentran en las frutas de forma glicosidada y los azúcares pudieron haberse caramelizado con este tratamiento. Algo similar pasa con la aplicación de ultrasonido ya que se ha demostrado que la aplicación de ultrasonido a 20 kHz a temperatura ambiente favorece la cantidad de fenoles en miel de abeja (Santos *et al.*, 2011). También se observó un incremento en estos compuestos al aplicar un ciclo de ozono al jugo. Debido a que la acción del ozono esta en función del pH del medio la aplicación de este en pH alcalinos degrada hasta en un 50% los compuestos fenólicos sin embargo en pH ácidos no tiene este efecto y en este caso resultó benéfico.

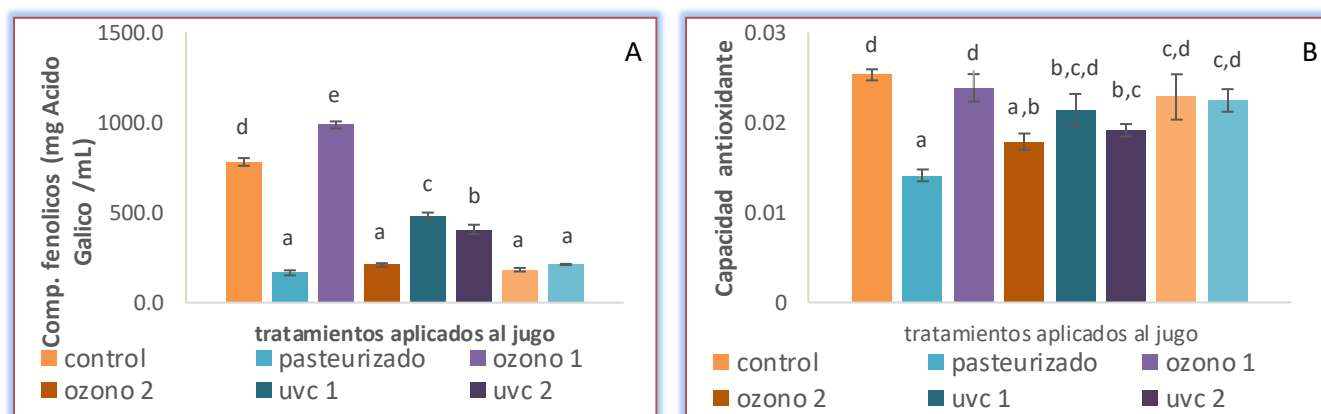


Figura 3. (A) Concentración de compuestos fenólicos y (B) capacidad antioxidante en el jugo de piña con espinaca control, pasteurizado, irradiado, sonificado y ozonificado.

La mayor parte de la capacidad antioxidante principalmente en frutas y vegetales se la proporciona su contenido de vitamina E, C y carotenos, así como diferentes polifenoles. La capacidad antioxidante del jugo se afectó principalmente por el proceso de pasteurización, ozono 2 y UV-C2, teniendo una pérdida del 44, 29 y 24 %; respectivamente (figura 2B). Por otra parte, con los demás tratamientos no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la capacidad antioxidante del jugo. Al verse afectado el contenido de vitamina A y C al igual que de los fenoles en el jugo de piña con espinaca por un tratamiento térmico, impacto directamente a su capacidad antioxidante, el mismo caso con el tratamiento con ozono 2 y UV-C 2. Se puede decir que la degradación de estos nutrientes en el jugo es directamente proporcional a la baja capacidad antioxidante.

Los distintos métodos de conservación de alimentos procuran incrementar la vida útil de los productos durante su almacenamiento, idealmente, aplicando técnicas que impidan alteraciones microbiológicas y mantengan la calidad del producto. Los coliformes presentes en el jugo control (sin ningún tratamiento), se lograron eliminar por completo al aplicar cualquiera de los tratamientos propuestos para la conservación del jugo, en este parámetro no hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la carga microbiana al utilizar cualquier método de conservación.

CONCLUSIONES

La exposición de ultrasonido durante 25 minutos fue la mejor alternativa de conservación del jugo de piña con espinaca en comparación con el pasteurizado, ya que eliminó por completo los microorganismos presentes en el jugo al igual que la pasteurización, conservó algunas propiedades nutricionales (Vitamina A, clorofila, capacidad antioxidante) aún mejor que el de un jugo pasteurizado, y no modificó las cualidades sensoriales.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó con el financiamiento del Proyecto: Desarrollo Tecnológico para el Aprovechamiento Integral de Frutas y Hortalizas (PAPIIT IT201216) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.

BIBLIOGRAFÍA

- Ávila M. D. (2013). Malanga y espinaca de agua podrían mejorar dieta nutricional, Agro entorno, 11-12.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. (1999). Official methods of analysis of AOAC International. 16Ed. 5rd rev. Washington, D.C.
- Burchard A. (2016). Desintoxica tu vida. 17/06/2016. Sitio web: <http://www.desintoxicatuvida.com/jugo-verde-versus-batido-verde/>
- Fogliano, V., V. Verde, G. Randazzo, and A. Ritieni. (1999). Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. *J. Agric. Food Chem.* 47: 1035-1040.
- Folin O. y Ciocalteu V. (1927). On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *The journal of biological chemistry.* LXXXIII (2): 627-650.
- Gutiérrez, A., A. López, M., & Ramírez, C., (2015). Métodos para la determinación de la dosis de irradiación ultravioleta de onda corta (UVC) en alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería en alimentos*, 30-40.
- Jeffrey, S.W. y Humphrey, G.F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophyll a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem Physiol. Pflanz*, 167:191-194.
- Kent L. T., (2014). ¿Cuáles son los beneficios de beber jugo verde? *Better Nutrition magazine.*, 20-23.
- King, J., De Pablo, S. (1987). Estabilidad de las vitaminas extractado y adaptado de: pérdidas de vitaminas durante el procesamiento de los alimentos. *Rev. Chil. Nutr.* 15(3): 143- 152.
- Lili A. (2009). PIÑA. Sabrosa, nutritiva y saludable. *American Health and Fitness*, 61-63.
- Manrique, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz. *Ecosistemas* Sitio web: <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/informe4.htm>
- Martínez, J. (2015). Alimentación saludable, la gran tendencia de consumo actual. 7 claves orientativas. 15/06/2016, de Ainia Disponible en: <http://tecnoalimentalia.ainia.es/web/tecnoalimentalia/consumidor-y-nuevos-productos/-/articulos/rT64/content/alimentacion-saludable-la-gran-tendencia-de-consumo-actual-7-claves-orientativas>
- Meléndez-Martínez, A. J.; Vicario, I. M.; Heredia, F. J. (2007). Review: analysis of carotenoids in orange juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 638-649.
- NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. 2/08/2016. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html>
- NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. 2/08/2016. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html>

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

- NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de coliformes totales en placa. 2/08/2016. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/113ssa14.html>
- NOM-173-SCFI-2009, Jugos de frutas preenvasados-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2016). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. 7/06/16. Disponible en: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/es/index1.html>
- Porras-Loaiza P., Lopez-Malo A, (2009). Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. Temas selectos de Ingeniería en Alimentos. 3(1): 121-134.
- Sánchez, G. (2014). Preservación de jugo de durazno mediante la aplicación de ozono. Efecto sobre la calidad y la actividad enzimática (Maestría). Buenos Aires Argentina.
- Santos A., Aguirre-Álvarez G., Hernández-Fuentes D., Figueira C., Campos-Montiel R. (2011). Efecto del ultrasonido en los compuestos fenolicos y actividad antioxidante por abts aplicado en diferentes mieles. Revistas y Boletines Cientificos de la Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo. 1(1): 60-66.
- Vega, A. F., E., P. y., & López, M. (2012). Combinación de ultrasonido de baja frecuencia con factores convencionales y/o emergentes como método de inactivación de microorganismos en alimentos. Temas selectos de Ingeniería en Alimentos, 78-83.
- Zapata K, Rojano B. y Cortes F. (2015). Efecto Térmico del Secado por Aspersión sobre los Metabolitos Antioxidantes de la Curuba Larga (*Passiflora mollissima* baley). Información tecnología, 26(1): 77-84.