



# EVOLUCIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS POR TRATAMIENTOS EMERGENTES RELACIONADOS CON ELECTRICIDAD

Dra. María Reyna Robles López y Dr. Raúl René Robles de la Torre  
Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada - Instituto Politécnico Nacional  
[mreynarobles@yahoo.com](mailto:mreynarobles@yahoo.com), [rrenedlt@yahoo.com](mailto:rrenedlt@yahoo.com)

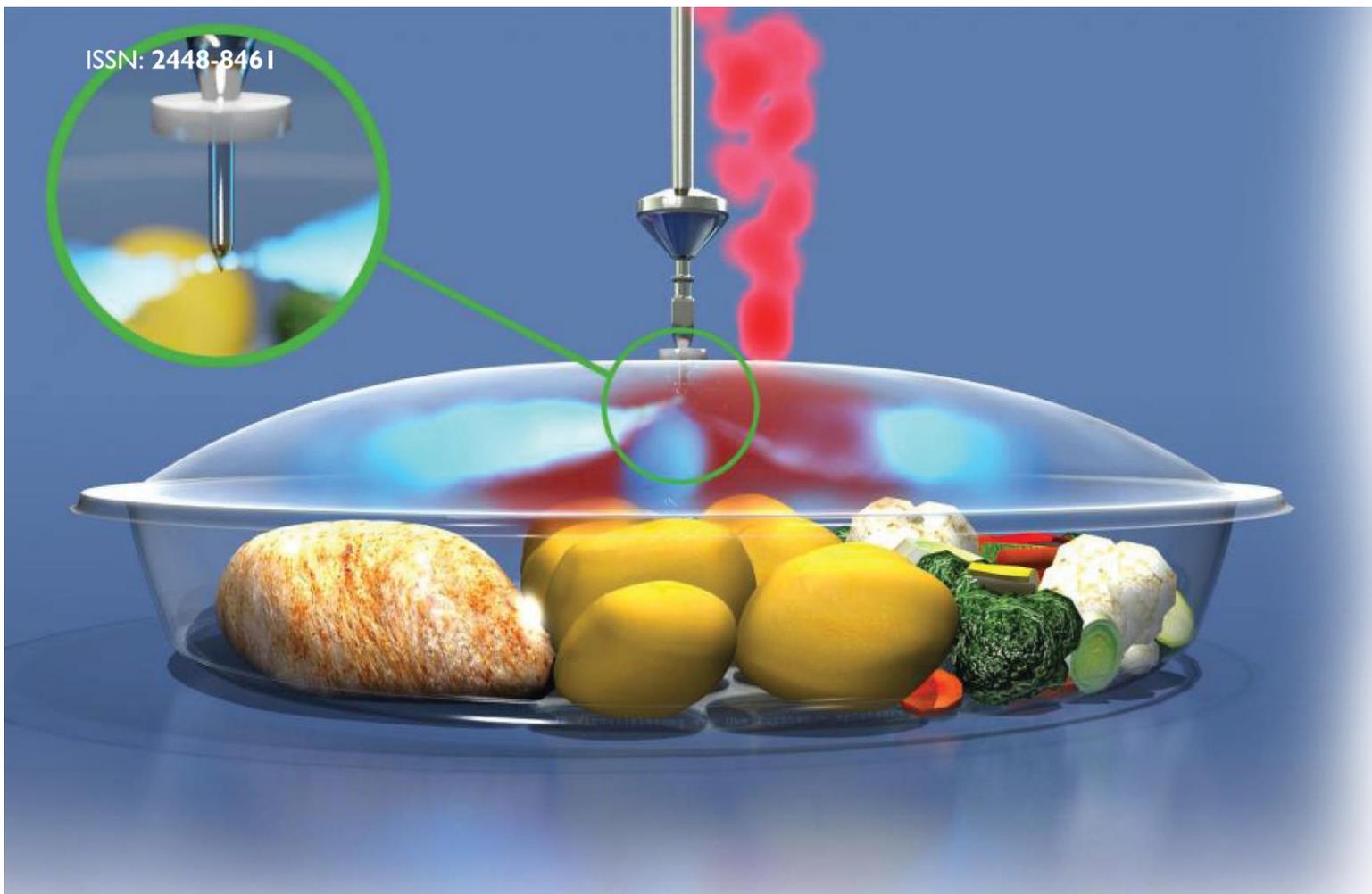


Foto tomada de:

<https://www.packworld.com/sites/default/files/styles/lightbox/public/field/image/News-Micropast.jpg>

## RESUMEN

La necesidad de conservar alimentos ha sido tema prioritario desde la antigüedad, surgiendo tecnologías como el secado y salado; siglos después aparecen las tecnologías térmicas, y muy recientemente, las tecnologías basadas en otras fuentes de energía denominadas: Tecnologías NO térmicas, o tecnologías emergentes. En el presente trabajo se describe la evolución de las tecnologías basadas en la interacción entre la materia y la energía eléctrica, especialmente el campo eléctrico, cuya aplicación ha mostrado cambios importantes para la conservación de alimentos, permitiendo prolongar su vida útil o mejorar algunas de sus características, pero cuidando al mismo tiempo los efectos detrimentales causados por la energía térmica. Se concluye que el uso del campo eléctrico presenta amplias expectativas en la industria alimentaria, razón por la que en el CIBA-IPN se ha implementado como un tema de investigación en área de Biotecnología alimentaria.

## ABSTRACT

The need to preserve food has been priority since antiquity, since then, technologies such as drying and salting were developed; centuries later appear thermal technologies, and most recently, technologies based on other sources of energy, called: Non-thermal technologies, or emerging technologies. This paper describes the evolution of technologies based on the interaction between food and electricity, especially the electric field, whose application has shown significant changes in food preservation, allowing us to extend their self-life or improving certain characteristics, but taking care at the same time of the detrimental effects caused by thermal energy. It is concluded that the use of the electric field has expectations in the food industry, reasons why at CIBA-IPN this subject has been implemented as a subject of research in the area of food biotechnology.

Key words: Emerging technologies, Food preservation, Electric Field.

# I. INTRODUCCIÓN

Una de las principales preocupaciones de la humanidad es la seguridad alimentaria, desde la prehistoria se tienen evidencias de la búsqueda de alimentos y los primeros indicios de técnicas para conservarlos. La historia nos enseña que el hombre con el paso del tiempo ha desarrollado desde operaciones sencillas como el secado al sol hasta operaciones complejas como la esterilización de alimentos en recipientes herméticamente cerrados; a través de los años estos métodos se han convertido de procesos empíricos a tecnologías que se han ido adaptando a diferentes productos con la finalidad de prolongar la vida útil de los alimentos, optimizar costos, y calidad de los productos finales.



Foto tomada de: [http://www.drmarcial.com/wp-content/uploads/2015/01/secado\\_comida.jpg](http://www.drmarcial.com/wp-content/uploads/2015/01/secado_comida.jpg)

No obstante, conforme avanzan los conocimientos científicos, va surgiendo información sobre los cambios tanto funcionales, de calidad, de conservación o de seguridad alimentaria que provocan algunos tratamientos, ejemplo de ello son algunos aditivos que se han empleado desde principios del siglo XX y ahora han quedado prohibidos, porque su presencia provocó enfermedades en el consumidor, algunos colorantes artificiales que se usaron para enmascarar defectos, se ha demostrado que pueden ser carcinogénicos, como es el caso de los amarillos 1, 2G, la Tartrazina; los verdes 1 y 2; los rojos 1, 2G y 3; el azul 5 entre otros (Hanssen, 1987).

Los hallazgos encontrados en el camino de la seguridad alimentaria, han hecho que se realicen investigaciones en muchos aspectos. Uno de ellos es el relacionado con encontrar alternativas energéticas que permitan la conservación de alimentos, sin que dañen las características nutritivas y sensoriales, y además que sean consideradas tecnologías limpias o hagan un uso más eficiente de la energía. Las tecnologías más estudiadas en la actualidad se basan en el empleo de sistemas de destrucción o inactivación bacteriana sin necesidad de emplear un tratamiento térmico, como la Alta Presión Hidrostática y el Campo Eléctrico

Pulsado, el Ultrasonido, la Radiofrecuencia, la Ionización, la Luz Blanca de Alta Intensidad, entre otras, algunas de ellas provocan ligeros incrementos en la temperatura que hace necesario el uso de intercambiadores de calor para permitir una temperatura constante durante los procesos (Butz y Tauscher 2002).

## 2. DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN CON INTERACCIÓN ALIMENTO Y ENERGÍA ELÉCTRICA

La búsqueda de métodos de destrucción de microorganismos sin usar calor, no es en realidad algo nuevo, ya que existe información que data desde 1897, donde se describe una patente de un equipo para dar tratamiento eléctrico a fluidos, este tratamiento es conocido como Tratamiento Óhmico, esta tecnología fue aplicada hasta 1930 para producir el primer producto comercial de leche pasteurizada, esta tecnología se basó en el efecto provocado por el calentamiento producido al hacer pasar una corriente eléctrica a través de la leche, el calentamiento es generado de manera interna en el alimento por la resistencia que éste oponga al paso de la corriente eléctrica, la pasteurización ocurre porque se generan reacciones electroquímicas e incremento de temperatura que desnaturaliza a los microorganismos termolábiles sin lograr una esterilización; este equipo entró en desuso en los años 50's cuando surgieron los equipos de pasteurización que hacían más económico, rápido y seguro el tratamiento. (Filiz-líer et al, 2008)

A partir de 1980 el instituto Electrical Council Research en Caenhurts (UK), registró una patente de un equipo con capacidad industrial para tratamiento Óhmico continuo; en 1993 la FDA, (de sus siglas en inglés Food and Drug Administration), aprobó su uso como un proceso para estabilizar alimentos de baja acidez, desde entonces se usa comercialmente en Japón, EE. UU. y Europa, y se continúa realizando investigaciones para mejorar su capacidad y encontrar nuevas aplicaciones, ya que es una de las tecnologías donde la pérdida de energía es mínima, por lo que se considera una de las tecnologías más eficientes en cuanto al uso de la energía eléctrica. En la Figura 1, se muestra un equipo diseñado y distribuido en México. (Goullieux and Jean-Pierre, 2005)





**Figura 1.** Equipo de tratamiento Óhmico vendido en México. Derechos Reservado Alimentos Profusa 2013.

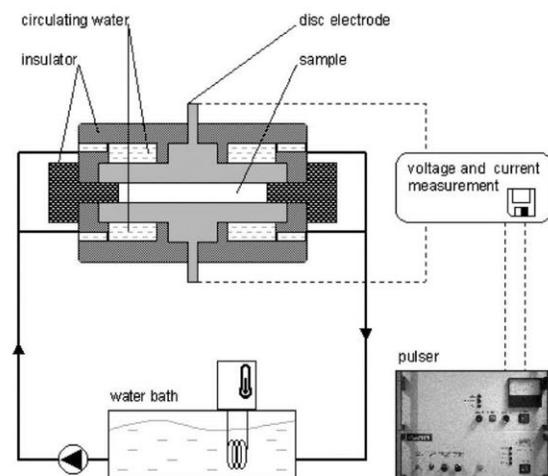
El incremento en la demanda de productos mínimamente procesados por los consumidores que cada vez están más informados sobre los alimentos procesados, ha hecho que se busquen nuevas metodologías, donde el daño provocado por la generación de calor sea mínima y así lograr satisfacer el mercado; con base a esta premisa el Dr. Doevenspeck en 1960 utilizó un equipo de Campo Eléctrico Pulsado (CEP), donde la corriente fluye solo en pequeñas descargas eléctricas en cortos periodos de tiempo, que podían causar la destrucción de microorganismos.

Los doctores Sale y Hamilton en 1967, realizaron los primeros experimentos sistemáticos con **Campo Eléctrico Pulsado (CEP)**, y encontraron que los factores de mayor importancia en estos tratamientos era el número de pulsos y el tiempo de aplicación. Propusieron que el daño provocado por las descargas eléctricas causaba daño en la membrana de las células bacterianas provocando la salida citoplasmática, y este era la causa de su muerte. (Hamilton and Sale, 1967). Basados en estos avances el grupo de investigación dirigido por el Dr. Zitzmann y Münch en 1988, en Krupp Maschinentechnik GmbH de Alemania, desarrollaron dos equipos "Elcrack" para desintegrar productos de desecho de carne o pescado y "Elsteril" para descontaminar fluidos. (Töpfl, 2006)

A partir de la década de los 70's se iniciaron una serie de trabajos de investigación dando lugar a una de las tecnologías emergentes más estudiadas a nivel mundial con diferentes aplicaciones, una de las primeras aplicaciones con este novedoso método fue la introducción de material genético de diferentes fuentes a través de los poros formados por la aplicación del CEP, llamándole técnica de electroporación, actualmente de uso generalizado para el intercambio de material genético a nivel celular.

En el campo de la conservación de alimentos partir de 1995, se formaron alrededor de 20 grupos de investigación en el mundo, con equipos similares en cuanto al principio

físico aplicado, pero con un número tan grande de variables entre ellos que al a fecha es difícil realizar comparaciones basándose en los resultados obtenidos por un grupo para replicarlos en otro equipo. Las investigaciones versaron desde tipos de alimentos a tratar, el diseño general de los equipos, algunos enfocados a la disminución de carga microbiana, otros a la inactivación enzimática, otros sobre la evaluación de cambios organolépticos, inducción de estrés para la producción de metabolitos secundarios en células, etc. Esta tecnología se aplica a la fecha sin que aun este totalmente claro el mecanismo de acción a nivel celular ya que la formación de los poros en la pared celular puede ocurrir en fracciones de segundo y puede ser reversible, en la Figura 2 se muestra el esquema de un equipo de Campo Eléctrico Pulsado.



**Figura 2.** Diagrama de una celda de tratamiento de CEP combinado con intercambiador de calor usado en la inactivación de *E. coli*. Tomada de Bazhal et al. (2006)

Se han patentado y comercializados equipos a nivel piloto y/o nivel industrial diseñados por diferentes grupos de investigación, los más importantes han sido el de la Universidad de Ohio; otro, el que un grupo de ingenieros de Krupp Maschinentechnik en Hamburgo Alemania, patentaron, denominado ELCRACK para tratamientos de conservación de vegetales y células animales y el equipo ELSTERIL, para la pasteurización de jugos y leche; uno más, el de PurePulse Technologies, patentado por los laboratorios Maxwell de San Diego California EE.UU., propuesto para alimentos fluidos en sistema de lotes y continuos, con el inconveniente de que en los productos se incrementaba la temperatura considerablemente. En la Universidad del Estado de Washington (WSU), diseñaron un sistema de CEP con diferentes arreglos de los electrodos (en paralelo y coaxiales) y con control de temperatura de los productos tratados obteniendo mejores resultados. Algunos de estos equipos se descontinuaron por los altos costos de venta e instalación. (Góngora-Nieto, et al., 2002)

En 1992 los japoneses Aibara y col. publicaron una comunicación acerca de la aplicación del campo eléctrico de alto voltaje sobre masa de trigo para modificar las propiedades de panificación. En la Figura 3 se muestra el primer equipo de campo eléctrico.

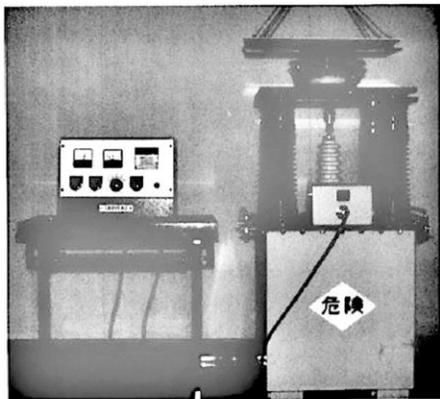


Fig. 2. High-voltage electric field (HVEF) treatment of wheat flour dough by an HVEF-generator.

Vol. 69, No. 4, 1992 465

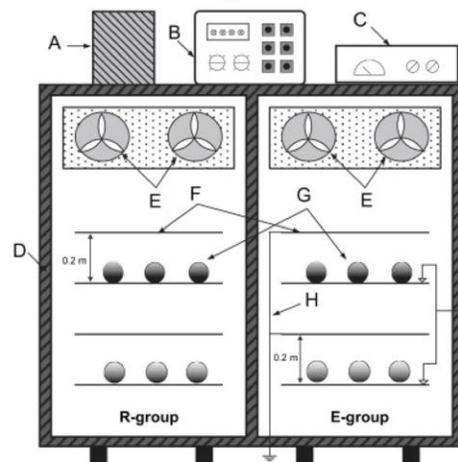
**Figura 3.** Equipo de CE de alto voltaje usado por Aibara y colaboradores.

Sin embargo es a partir del año 2000 que se inicia la investigación sistemática sobre el uso y aplicaciones del campo eléctrico (CE), haciendo énfasis en que es un campo eléctrico no pulsado, es decir sin el flujo de corriente por el alimento. Con este nuevo sistema también se ha demostrado que es posible desestabilizar proteínas causando disminución o aumento de la actividad enzimática, o inactivación de microorganismos, por lo que puede ser una alternativa como método de conservación no térmica de alimentos, además se destaca que este tipo de tratamientos, no provoca incremento de temperatura. (Aibara et al., 1992, Butz 2002, Castorena et al.; 2013)

Con esta tecnología se hace un uso más eficiente de la energía empleada para alargar la vida útil de los alimentos, ya que se genera un campo de fuerza entre los electrodos en uno de los cuales se coloca el alimento a tratar, al no ser necesario el contacto físico con los electrodos, éstos se pueden separar la distancia necesaria para tener diferentes intensidades del campo, tratando de evitar siempre la aparición del arco eléctrico.

En los sistemas de formación de campo eléctrico, uno de los electrodos se carga con un alto voltaje, de tal manera que si el voltaje se incrementa y los electrodos se acercan puede ocurrir un fenómeno denominado arco eléctrico o un salto de corriente eléctrica de un electrodo a otro. El campo eléctrico se forma entre

los dos electrodos, en medio de los cuales se coloca la muestra o producto a tratar, ejemplo de este sistema se puede observar en la Figura 4.



**Figura 4.** Diagrama de un equipo de CE con sistema de enfriamiento usado por Chang-Wei para tratar jugo de zanahoria en 2008.

En los últimos años, el CE se ha utilizado para muchas aplicaciones, como el secado de alimentos, bajo el nombre de Secado Electrodinámico (Dalvand et al., 2012, Cao et al., 2004), conservación de la frescura de productos vegetales, (Bajgai et al., 2006), para mantener la calidad pos cosecha de algunas frutas rojas, (Yu Wang et al 2008, Palanimuthu et al., 2009; Xiangli He et al., 2014).

También se ha usado para evitar los efectos nocivos del calor sobre sabor, color y valor nutritivo de los alimentos con un mínimo de pérdida de agua, se ha demostrado el ahorro de energía; por lo tanto, algunos otros resultados obtenidos por otras instituciones es que han demostrado que se disminuye hasta 6 fases log con 40,00 kV/m, se ha utilizado con éxito en la extracción de bio-componentes. (Palanimuthu et al, 2009, Mohammad et al, 2014, Dalvi 2016)

Desde hace más de 10 años el grupo de investigación sobre aplicaciones del campo eléctrico, diseñó y construyó un equipo generador de campo eléctrico (Equipo CE-CIBA-IPN, derivado de un proyecto FOMIX), con el cual se ha trabajado desde entonces y se ha demostrado que esta tecnología tiene capacidad de disminuir cargas microbianas en caldo de cultivo, que bajo algunas condiciones de trabajo es posible desestabilizar algunas estructuras de proteínas, y que este efecto puede hacer que algunas de las propiedades funcionales de las proteínas se vean alteradas, también en el caso de enzimas se observó que el efecto puede lograr que la actividad enzimática aumente o disminuya

dependiendo de las condiciones de tratamiento. Con tratamientos de hasta 30 minutos no observó destrucción del  $\beta$ -caroteno y  $\alpha$  Tocoferol, ni la formación de ácidos grasos trans durante el tratamiento para disminuir la actividad de polifenoloxidasas en aguacate; en otro estudio se observó que la actividad residual de papaína fue menor al 50% con tratamientos de 30 min. (Castorena 2009, Ariza 2010, Méndez 2010, Meza 2016). En otros trabajos no publicados, se ha logrado prolongar la vida de anaquel del jitomate hasta por 30 días sin el uso de refrigeración, y se ha logrado mejorar la extracción de biomoléculas, lo que se conoce como una extracción asistida, en la que se mejora el rendimiento. Lo más importante de todo ello es que ocurre sin aplicación de calor.

Al ser una tecnología nueva, se hace necesario realizar más investigaciones para estar en posibilidad de diseñar un equipo continuo y proponer un escalamiento a niveles productivos más importantes para la industria biotecnológica, farmacéutica, alimentaria, en general en todos los bio-procesos. Actualmente el campo eléctrico es visto como una tecnología emergente con grandes expectativas para ser usada en un futuro no lejano en toda la industria biotecnológica. En el siguiente link: [https://youtu.be/\\_g9y4YUozjU](https://youtu.be/_g9y4YUozjU) se podrá ver el equipo del campo eléctrico del CIBA-IPN funcionando, se podrá observar el efecto del campo de fuerzas sobre pedazos de papel, también se podrá observar la formación del arco eléctrico, como si fueran descargas o pulsos de corriente que se forman al incrementar la intensidad del campo.

### 3. CONCLUSIONES

La aplicación del campo eléctrico con fines de conservación de alimentos tiene amplias perspectivas por la ausencia de incremento de temperatura durante el tratamiento y por el ahorro de energía, además se tiene la posibilidad de llevarlo a un proceso continuo.

Es necesario realizar aún mucho trabajo de investigación que permita esclarecer los puntos donde actúa este campo de fuerzas a nivel molecular para comprender mejor el fenómeno y poder ampliar su uso de manera apropiada.

### 4. AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo de FOMIX-Michoacán así como los apoyos del IPN para la realización del diseño y construcción del equipo de CE y de las diversas investigaciones que se han desarrollado con este equipo.

### 5. REFERENCIAS

Aibara S., Hisaki K. and Watanabe K., (1992). Effects of High-Voltage High Electric Field Treatment on Wheat Dough and Bread-Making Properties. *Communication to the Editor, Cereal Chemistry*. 69 (4): 465-467.

- Ariza, J. A., (2010). Estudio del efecto del campo eléctrico sobre la isomería de los ácidos grasos del aguacate. Tesis doctoral. CIBA-IPN.
- Bajgai, T.R., Hashinaga, F., Osobe, S., Raghavan, G.S.V., and Ngadi M.O. 2006. "Application of high electric field. (HEF) on the shelf-life extension of embllic fruit (Phyllanthi emebelica L.)". *Journal of Food Engineering*, 74: 308-313.
- Butz, P., Tauscher B. 2002. "Emerging technologies: chemical aspects". *Food Research International*. 35: 279-284.
- Castorena G. H., Martínez M. F.J., Robles L. M.R., Welty-Chanes J. S., Hernández S. H., and Robles dl T. R.R. 2013. "Efecto de los Campos Eléctricos sobre la Actividad de las Polifenol Oxidasas. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. (12)3: 391-400.
- Castorena García H. 2009. Estudio del efecto del campo eléctrico sobre la actividad de la polifenol oxidasas del aguacate con fines de conservación. Tesis doctoral. CIBA-IPN.
- Chang-Wei Hsieh, Wen-Ching Ko. 2008. "Effect of high-voltage electrostatic field on quality of carrot juice during refrigeration". *Food Science Technology*. 41: 1752-1757.
- Dalvand, M.J., Mohtasebi S.S. and Rafiee S. 2012. "Effect of Needle Number on Drying Rate of Kiwi Fruit in EHD Drying Process". *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, 3(5): 66-69.
- Dalvi -Isfahana Mohsen, Hamdami Nasser. 2016. "The principles of high voltage electric field and its application in food processing: A review" *Food Research International*.(89) : 48-62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.11.044>.
- Filiz-İler, Hasan Yıldız, Taner Baysal. 2008. "Polyphenoloxidase deactivation kinetics during ohmic heating of grape juice". *Journal of Food Engineering* 85, 410-417.
- Góngora-Nieto M. M., Sepúlveda D. R., Pedrow P., Barbosa-Cánovas G. V., Swanson B. G. 2002. "Food Processing by Pulsed Electric Fields: Treatment Delivery, Inactivation Level, and Regulatory Aspects". *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*, 35 (5): 375-388.
- Goullieux Adeline and Jean-Pierre Pain. 2005. "Ohmic Heating. Emerging Technologies for Food Processing". Edited by Da-Wen Sun. Academic Press. ISBN 0126767572. 469-505.
- Hamilton W.A. and Sale J.H. 1967. "Effects of high electric fields on microorganism. II. Mechanism of action of the lethal effect". *Biochimica et Biophysica Acta*. 789-800.
- Hanssen Maurice and Marsden Jill. 1987. "E for additives". Ed Harper Collins Publishers. Great Britain. 7-49.
- Méndez Ramos M.G. 2010. "Estudio del Efecto del Campo Eléctrico sobre las Vitaminas C, E y A del Aguacate". Tesis Maestría. CIBA-IPN.
- Meza-Jiménez María de Lourdes. 2016. "Efecto Del Campo Electrico sobre sa Actividad y Estructura de la Papaína". Tesis Doctorado ENCB-IPN.
- Mohammad Jafar Dalvand, Seyed Saeid Mohtasebi & Shahin Rafiee. 20014. "Modeling of electrohydrodynamic drying process using response surface methodology". *Food Science & Nutrition*. (3): 200- 209
- Palanimuthu V., P. Rajkumar, V. Orsat, Y. Gariépy, G.S.V. Raghavan. 2009. "Improving cranberry shelf-life using high voltage electric field treatment". *Journal of Food Engineering* 90, 365-371.
- Töpfl, Stefan. 2006. "Pulsed Electric Fields (PEF) for Permeabilization of Cell Membranes in Food- and Bioprocessing – Applications". *Process and Equipment Design and Cost Analysis*. Doctoral Thesis, Technische Universität Berlin, Fakultät III - Prozesswissenschaften
- Xiangli He, Rui Liu, Eizo Tatsumi, Satoru Nirasawa, Haijie Liu. 2014. "Factors affecting the thawing characteristics and energy consumption of frozen pork tenderloin meat using high-voltage electrostatic field". *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. (22) 110-115.
- Yu Wang, Baogang Wang and Lite Li. 2008. "Keeping quality of tomato fruit by high electrostatic field pretreatment during storage". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88:464-470.