

Prototipo de unidad de ionización electrónica para conservación de la «carica papaya»*

Prototype of Electronic Unit for Conservation of Ionization «carica papaya»

Recibido: 7 de octubre de 2014 • Aceptado: 27 de noviembre de 2014

Para citar este artículo: J. Vargas, J. Arango y L. Isaza, «Prototipo de unidad de ionización electrónica para conservación de la "carica papaya"», *Ingenium*, vol. 16, n.º 31, pp. 55-70, mayo, 2015.



Javier Andrés Vargas Guativa**,
Jeison Arango Carrillo*** y
Lauren Genith Isaza Domínguez****

Resumen

Debido a que la papaya es una de las frutas de mayor comercialización y consumo en la región (la Orinoquía) y el país, presenta una problemática como la de pertenecer a una de las frutas más perecederas debido a su alto contenido de agua en su composición química y un alto grado de susceptibilidad para contraer enfermedades causadas por microorganismos y hongos como la antracnosis producida por los hongos *Glomerella cingulata* y *colletotrichum gloesporioides* que causan erosiones en las frutas y a su vez deja de ser atractiva a la vista del comerciante y consumidor.

En la actualidad, este tipo de tecnología es escasa, lo cual hace necesario generar técnicas y equipos adecuados para su conservación durante el proceso de distribución ya que su tiempo de vida útil es muy corto debido a la humedad relativa del ambiente, es por ello que la ionización electrónica como agente conservador puede ser una alternativa para la solución de esta problemática la cual se comprobó con la UNIDAD IONIZADORA ION - V1, presentando una óptima solución a los anteriores inconvenientes.

* Artículo de investigación, producto derivado del proyecto de investigación: prototipo de unidad de ionización electrónica para conservación de la «carica papaya», realizado en el grupo de investigación Macryp, en el 2012.

** Magíster en Administración y Planificación Educativa. Profesor de la Universidad de los Llanos, Colombia. E-mail: javier.andres.vargas@unillanos.edu.co

*** Especialista en Administración de la Informática Educativa, Colombia. E-mail: Jeison.arango@campusucc.edu.co

**** Especialista en Administración de la Informática Educativa, Colombia. E-mail: Lauren.isazad@campusucc.edu.co

El objetivo del prototipo se centra en generar la ionización suficiente mediante el funcionamiento de sistemas de generación y control electrónico de altos voltajes negativos capaces de producir la dosificación suficiente y eficiente de radiación ionizante saludable para el fruto y que no afecte la salud humana con el fin primordial de prolongar la vida útil de la papaya mediante su exposición preservándola para consumo.

ION - V1 está diseñada para producir ionización negativa, lo suficiente para retardar la maduración del fruto y evitar que los agentes contaminantes como bacterias y hongos degraden la fruta hasta el punto de no poder ser consumida debido al alto grado de contaminación y putrefacción de la misma; el tratamiento mediante dosis suministradas de iones negativos fue oportuno retardando la descomposición molecular y por consiguiente evitar una posible contaminación.

Palabras clave

Ionización, iones, automatización, control electrónico, alimentos irradiados, papaya.

Abstract

Because the papaya fruit is a senior marketing and consumption in the region (Orinoco) and the country presents a problem as belonging to one of the most perishable fruits because of its high water content in composition chemistry and a high degree of susceptibility to diseases caused by microorganisms and fungi such as anthracnose caused by the fungus *Glomerella cingulata* and *Colletotrichum gloeosporioides* causing erosions in fruits and in turn stops being attractive in view of the merchant and consumer.

Currently, this technology is low which is necessary to generate appropriate techniques and equipment for conservation during the distribution process since its lifespan is very short due to the relative humidity is why the electron ionization as a preservative may be an alternative for the solution of this problem which is found with ionized ion unit - v1, presenting an optimal solution to the above drawbacks.

The purpose of the prototype is focused on generating sufficient ionization by operation of generation systems and electronic control high negative voltages able to produce enough healthy and efficient dosage of ionizing radiation to the fruit and does not affect human health in order primary prolong the life of papaya preserving it by exposure to consumption.

ION - V1 is designed to produce negative ionization, enough to delay fruit ripening and prevent contaminants such as bacteria and fungi degrade the fruit to the point of not being able to be consumed due to high pollution and putrefaction of the same; treatment by negative ion dose was supplied timely delaying molecular breakdown and thus avoid contamination.

Keywords

Ionization, ion, automation, electronic, control, food, papaya.

1. Introducción

Los estudios de la electricidad han abarcado el tema de la ozonificación y de la ionización del aire; la ozonificación (ionización positiva), permite la eliminación de microorganismos a alta escala presentando inconvenientes que consisten en la producción de gran cantidad de iones positivos en el aire y estos son altamente nocivos para la vitalidad del ser humano, el proceso inverso de la ozonificación es llamado ionización (ionización negativa), consiste en la producción de iones negativos que presenta una acción bactericida indirecta debido a la precipitación del smog, polvo y microorganismos existentes en estos. Debido a esto es posible implementarse como una alternativa para la conservación de los vegetales y las frutas.

La comercialización de la papaya se ha visto afectada por las innumerables pérdidas causadas durante su distribución afectando a las empresas que comercializan el producto, ocasionándoles grandes pérdidas económicas.

Esto se debe a la falta de tecnología apropiada para su manipulación, conservación y distribución durante el proceso; el escaso conocimiento nacional y regional sobre el tema hace que la problemática en cuanto a la pérdida de alimentos como la papaya provoque mayor dificultad en su distribución ocasionando incrementos en costos y el interés de los distribuidores sea menor, evitando así el desarrollo completo de su producción.

La degradación de la vida útil de la papaya depende de varios factores ambientales como la temperatura, humedad y otros implícitos en la ionización natural. Esta ionización natural del aire es modificada por la actividad humana mediante procesos industriales; afectando las condiciones ambientales e incrementando la presencia de microorganismos, virus y plagas que atacan directamente al fruto [1].

En la actualidad no existen equipos de uso comercial para la conservación de la papaya con tecnología de ionización del aire por lo cual se formula la siguiente problemática: ¿Qué equipo de ionización implementar que permita conservar la papaya en el proceso de distribución comercial?

Obteniendo como respuesta una solución a esta problemática en la implementación de una cámara de ionización electrónica como agente conservador de la papaya denominada Unidad Ionizadora ION V1 desarrollado en la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad de los Llanos.

El fruto de la papaya es una baya ovoide, cuya forma varía de casi esférica a oblonga o periforme. Posee una cavidad cuyo tamaño puede ser pequeña o mayor que la mitad del diámetro del fruto. Esta cavidad contiene las semillas que pueden ser muy numerosas o prácticamente no existir. La pulpa es de color amarillo anaranjado o rojizo, succulenta y aromática, de sabor agradable y dulce [1].

Figura 1. Carica papaya



Fuente. Tomado de www.corpoica.com

El látex de la fruta inmadura posee una enzima, la papaína, de naturaleza proteolítica, utilizada para ablandar carnes, para aclarar bebidas y para fines medicinales e industriales [1] [8].

La fruta madura contiene alrededor de 85 % de agua, 10 a 13 % de azúcares, 0.6 % de proteínas, es rica en vitamina A y contiene cantidades adecuadas de vitaminas B1, B2 y C. La papaya es una fruta climatérica, lo que quiere decir que la maduración continúa después de cosechada produciendo cantidades significativas de etileno, conjuntamente con la presencia de un alto ritmo respiratorio. La fruta no madura cuando se cosecha muy inmadura. Después de la cosecha, la fruta es muy susceptible a los daños físicos y al deterioro en general por lo que su manejo tiene que ser muy cuidadoso [1] [7].

El proceso químico o físico mediante el cual se produce iones, estos son átomos o moléculas cargadas eléctricamente debido al exceso o falta de electrones respecto a un átomo o molécula neutra. [2].

Hay varias maneras por las que se pueden formar iones de átomos o moléculas. En términos clásicos los átomos se pueden describir en forma de un núcleo compuesto de neutrones (sin carga eléctrica) y protones (con carga positiva), rodeado de electrones (carga negativa), con el resultado global de una carga eléctrica nula. Cuando incide sobre el átomo una determinada radiación energética, capaz de afectar a sus electrones, pero insuficiente para alterar al núcleo, hablamos de una radiación ionizante, ya que al activarse el contenido energético de algunos electrones, éstos se «despegan» del núcleo y se forma un ion cargado eléctricamente. Desde el punto de vista de aplicación industrial se han usado dos tipos de radiaciones ionizantes en el tratamiento de alimentos: rayos gamma y electrones acelerados (rayos beta). Los rayos gamma, más penetrantes, son emitidos por radioelementos artificiales, como el conocido y temido cobalto-60. Poseen ciertas ventajas operativas, pero cualquier instalación de ese tipo, según la legislación española, poseería el mismo nivel de exigencia que una central nuclear. Por ello, la opción

a escoger sería la de generar electrones acelerados, hasta alcanzar la energía precisa (de 5-10 MeV). Ello se consigue mediante aceleradores de electrones, de los que existen varios tipos. Actualmente existen en el mundo unos 650 aceleradores de electrones y unos 30 de ellos están instalados específicamente en plantas para la esterilización o tratamiento de productos agroalimentarios [2].

La esterilización es la práctica que tiene por fin destruir o eliminar todos los microorganismos. El efecto bactericida de las radiaciones es conocido desde tiempos antiguos, así por ejemplo se sabe que la radiación solar, o más precisamente las radiaciones ultravioletas, son agentes naturales de esterilización; sin embargo de las radiaciones electromagnéticas, las de ultravioletas son las menos eficaces debido a su gran longitud de onda. La esterilización mediante rayos gamma es una tecnología que ha sido identificada como una alternativa segura para reducir la carga microbiana en alimentos y en insumos que entran en contacto directo con ellos, reduciendo el riesgo de contagio de enfermedades transmitidas por alimentos, en la producción, procesamiento, manipulación y preparación de éstos, por ende aumenta la calidad y competitividad de los productos otorgándoles un mayor valor agregado [2].

La energía ionizante se puede originar a partir de tres fuentes distintas: rayos gamma, una máquina generadora de electrones y rayos X. La fuente más común de los rayos gamma es el cobalto 60.

Los rayos gamma se componen de ondas electromagnéticas de frecuencia larga que penetran en los envases y productos expuestos a dicha fuente, ocasionando pequeños cambios estructurales en la cadena de ADN de las bacterias o microorganismos, causándoles la muerte o dejándolas inviables o estériles, sin capacidad de replicarse. La tecnología permite el tratamiento de los productos en su envase final.

Centenar de plantas industriales que tratan todo tipo de productos, principalmente especias, vegetales deshidratados, carnes, congelados, etcétera.

En los países desarrollados, como el nuestro, se estima que las pérdidas de alimentos representan cifras como las siguientes: el 10 % de los cereales, granos y legumbres almacenado; el 25-35 % de los productos frescos, como el pescado o el 50 % de las frutas y verduras. Por otra parte, las contaminaciones por microorganismos como salmonella, Escherichia coli o listerias provocan constantemente importantes problemas sanitarios. En España, hasta ahora, no existe un proyecto industrial de instalación de ionización de alimentos. Como los términos ionización o radiactividad suelen sensibilizar y alarmar a la población, parece oportuno describir en qué consiste y en qué no consiste en la actualidad una instalación de este tipo que, en todo caso, ha de estar siempre sometida a las abundantes normas existentes, internacionales, europeas y nacionales [3] [4].

El uso de radiaciones ionizantes en los procesos de conservación de productos agroalimentarios es conocido desde hace bastante tiempo, y existen en todo el mundo, en funcionamiento o en fase avanzada de puesta en marcha, casi un centenar de plantas

industriales que tratan todo tipo de productos, principalmente especias, vegetales deshidratados, carnes, congelados, etcétera.

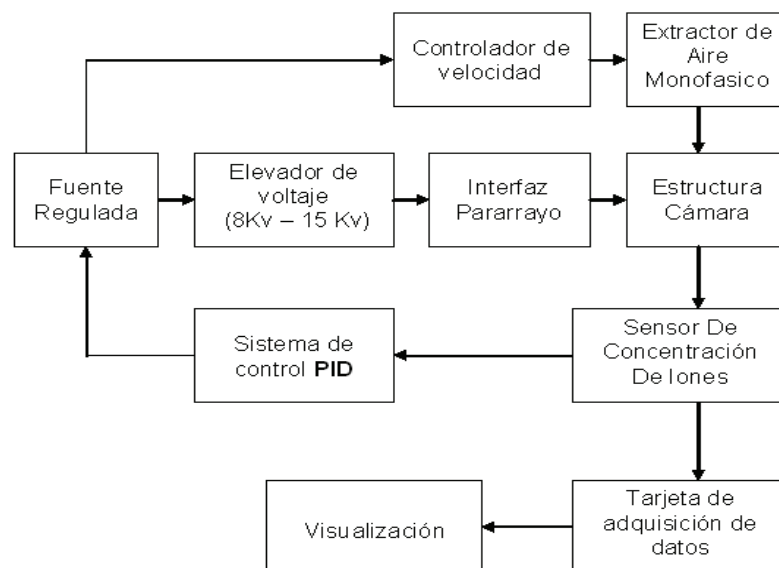
En los países desarrollados, como el nuestro, se estima que las pérdidas de alimentos representan cifras como las siguientes: el 10 % de los cereales, granos y legumbres almacenado; el 25-35 % de los productos frescos, como el pescado o el 50 % de las frutas y verduras. Por otra parte, las contaminaciones por microorganismos como *Salmonella*, *Escherichia coli* o listerias provocan constantemente importantes problemas sanitarios. En España, hasta ahora, no existe un proyecto industrial de instalación de ionización de alimentos. Como los términos ionización o radiactividad suelen sensibilizar y alarmar a la población, parece oportuno describir en qué consiste y en qué no consiste en la actualidad una instalación de este tipo que, en todo caso, ha de estar siempre sometida a las abundantes normas existentes, internacionales, europeas y nacionales [3] [4].

2. Desarrollo de la Investigación

La cámara de ionización, implemento bajo un diseño modular, en la figura 2. Se observa el diagrama de bloques que describe la composición de la cámara de Ionización ION - V1.

Para la generación de ionización fue necesaria la utilización de un sistema electrónico elevador de tensión, lo cual se implementó con circuitos multiplicadores de tensión con un nivel de 10KV el cual requirió ser medido y controlado, para el control se realizó el diseño de un controlador PID discreto y la instrumentación se realizó de forma virtual, para el sistema de instrumentación de la radiación se utilizó la propiedad de las lámparas de NEON la cual mediante una interfaz de adquisición de datos y se visualizó mediante un desarrollo de software utilizando plataforma Labview [6].

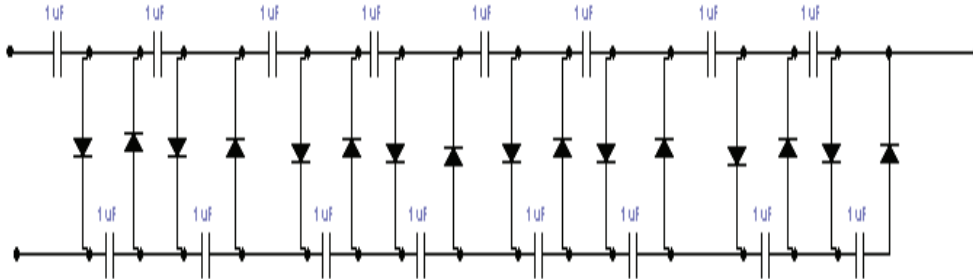
Figura 2. Diagrama de bloques fases del proyecto



Fuente: Los autores

El elevador de voltaje de 10Kv se presenta en la siguiente figura, es un multiplicador de voltaje utilizando diodos semiconductores comunes y condensadores de $1\mu\text{f}$ a 300V.

Figura 3. Esquema del multiplicador de voltaje



Fuente: Los autores

Fue necesario aislar toda la tarjeta con un recubrimiento siliconado para aislar de la electricidad estática que se presentaba en el medio.

Figura 4. Tarjeta multiplicadora de voltaje



Fuente. Los autores

La caracterización de los sensores utilizados se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1. Caracterización sensor diferencial con lámparas de neón

Micro volts	Iones por cc
20	125
40	250
60	375
80	500
100	625

Micro volts	Iones por cc
120	750
140	875
160	1000
180	1125
200	1250
220	1375
240	1500
260	1625
280	1750
300	1875

Fuente: Los autores

En el procedimiento realizado se determinó una precisión del 92 % y una exactitud del 95 % con errores de truncamiento inferiores al 7 % lo cual fue aceptable dentro de los parámetros establecidos para la medición.

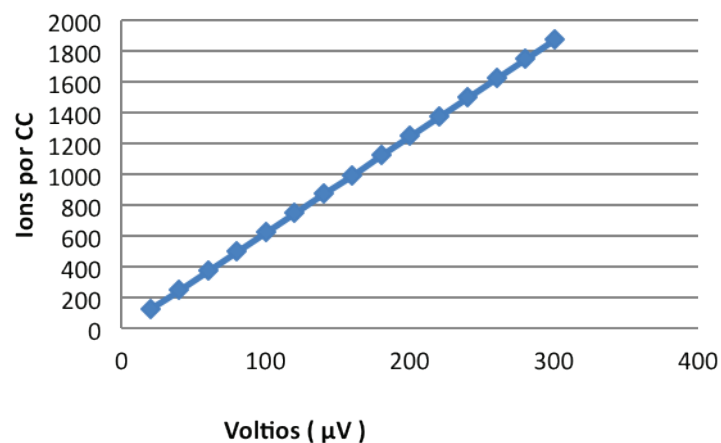
Estos errores se determinaron basados en cinco mediciones con los mismos patrones e instrumentos utilizando la siguiente expresión.

$$E = (V_r - V_m) / V_r * 100 \%$$

En la siguiente figura se observa la curva característica de los sensores utilizados, la cual se define como lineal, esta señal será la que recibe el módulo de adquisición de señales.

Figura 5. Curva característica sensor

Parametrización del Sensor

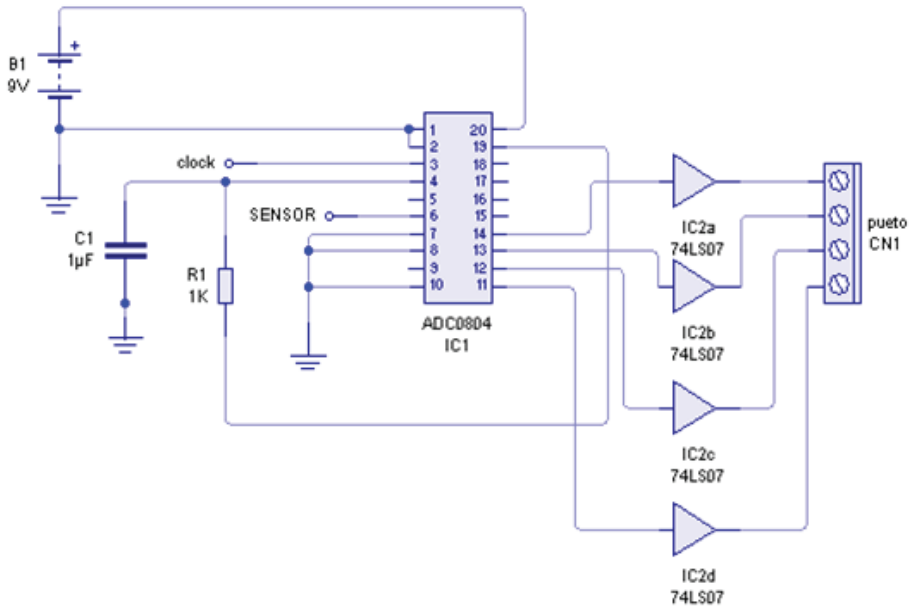


Fuente: Los autores

En la interfaz de adquisición se realizaron los análisis correspondientes a resolución, sensibilidad, precisión, linealidad y exactitud necesarios para el monitoreo de la cámara de ionización electrónica.

En esta fase se desarrolló la conversión análogo digital de la señal enviada por los sensores en la cual se utilizó el ADC 0804 realizando a una frecuencia de barrido de 10Khz, la tarjeta de adquisición se presenta a continuación.

Figura 6. Esquemático tarjeta de adquisición de datos.



Fuente: Los autores

Figura 7. Tarjeta de sensores y adquisición de señal



Fuente. Los autores

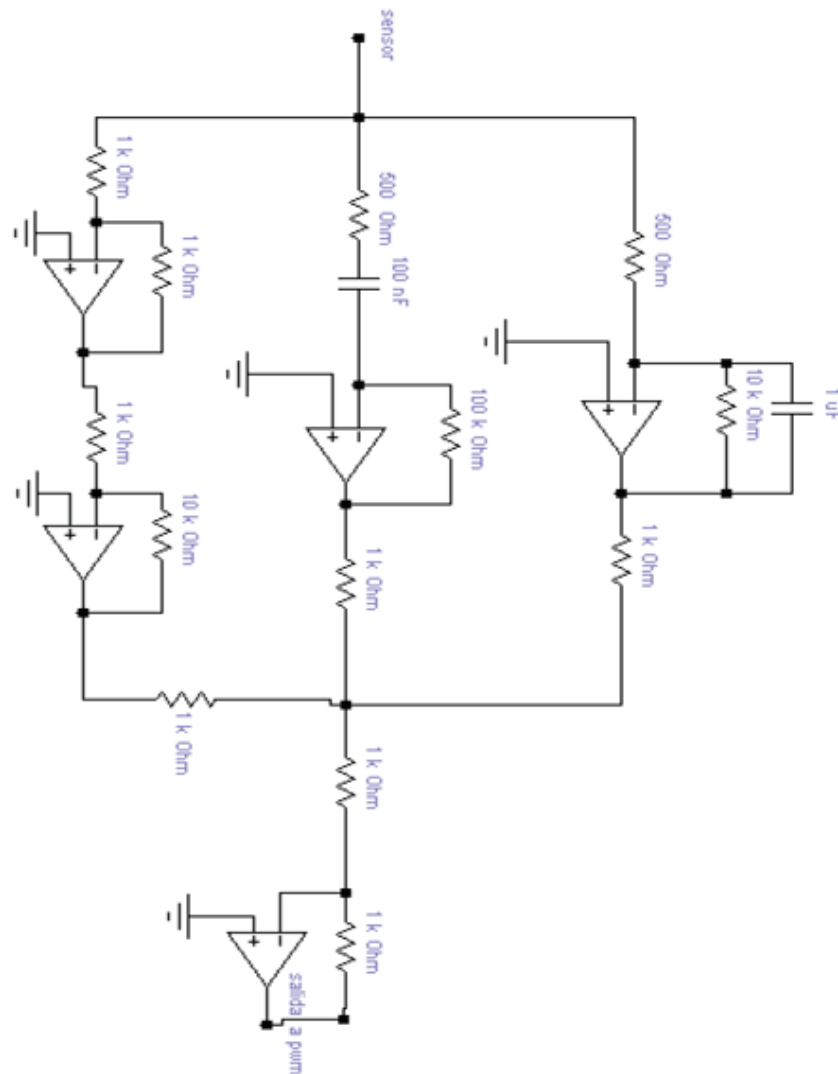
El diseño e implementación del sistema de control donde se realizó el análisis matemático para un sistema de control PID utilizando herramientas matemáticas para determinar la

estabilidad del sistema y cálculos para la selección de dispositivos electrónicos. A continuación se presenta la ecuación característica de un controlador PID [5].

$$K_{PID}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_r s} + \frac{T_d s}{\tau_d s + 1} \right)$$

La ecuación presenta las variables K_p como ganancia proporcional y T los tiempos de establecimiento de amortiguamiento y de levantamiento de la señal.

Figura 8. Esquema controlador PID



Fuente: Los autores

En la figura 8 se aprecia el diseño esquemático del controlador con los valores de los componentes pertinentes para el controlador, la figura 13 presenta la tarjeta electrónica que se fabricó bajo los parámetros establecidos para el controlador.

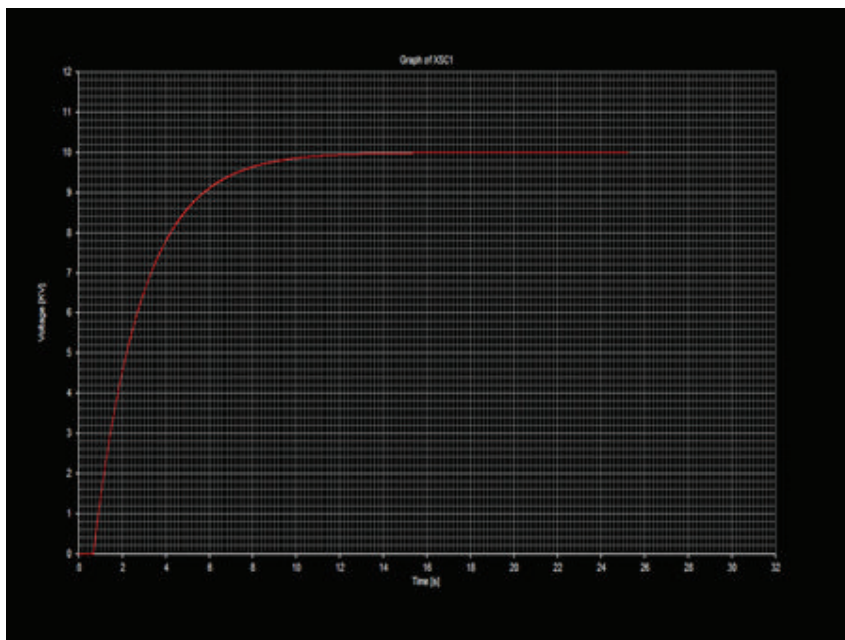
Figura 9. Tarjeta de sistema de control PID



Fuente: Los autores

El comportamiento del sistema de control es críticamente amortiguado como se puede apreciar en la siguiente gráfica, el tiempo de estabilización de los 10Kv es de 15sg.

Figura 10. Estabilidad del sistema de control



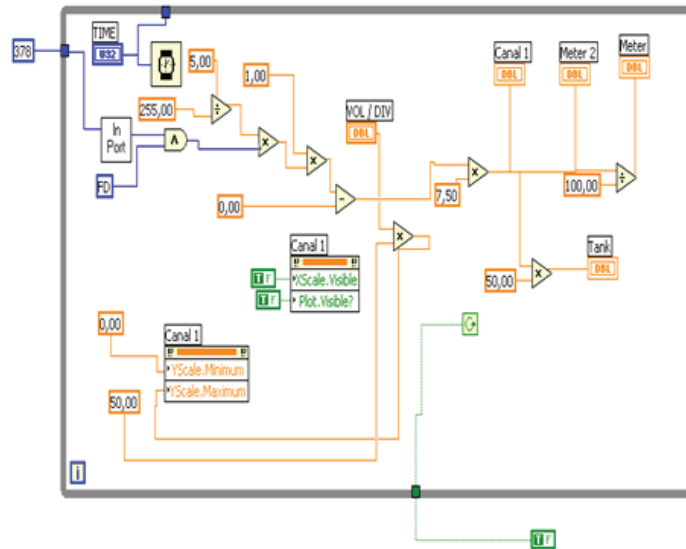
Fuente: Los autores

En la etapa de visualización, se desarrolló un software bajo plataforma de programación LabView para la visualización mediante computador; el desarrollo programado captura la señal entregada por la tarjeta de adquisición de señal, se realiza el tratamiento digital y finalmente se presenta en una interfaz gráfica de monitoreo con la usabilidad necesaria para este fin [7].

Este procesamiento y transmisión de datos está compuesto por una tarjeta de adquisición de datos, un instrumento virtual (IV) desarrollado en el lenguaje de programación gráfica LabView 7.1. Los programas que conforman el instrumento virtual fueron desarrollados usando el paquete de programación grafica LabView 7.1 de la National Instruments [8].

En la figura 15 se muestra un diagrama del panel frontal del software desarrollado, que permite visualizar en tiempo real los valores instantáneos de radiación ionizante presente en indicadores en escala Gray y Rad [5].

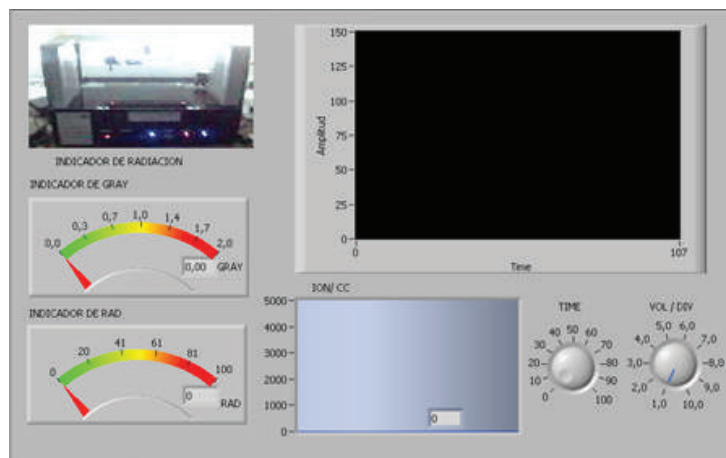
Figura 11. Software gráfico en LabView



Fuente: Los autores

La interfaz gráfica presenta una pantalla que monitorea el funcionamiento del sistema de control, medidor de aguja y monitoreo de videocámara, se observa la medición de radiación en Gray y el llenado de iones por centímetro cúbico en la cámara de ionización.

Figura 12. Interfaz gráfica de visualización



Fuente. Los autores

La adecuación final de la cámara de ionización en cuanto a infraestructura se establecieron las dimensiones de área y volumen empleados para el ajuste de las anteriores etapas y la adecuación del sistema de flujo de aires para el transporte del aire ionizado, culminando con el correcto funcionamiento de una cámara de ionización electrónica y el cumplimiento de los objetivos trazados.

Figura 13. Cámara Ionizadora ION-V1



Fuente. Los autores

Las pruebas realizadas con la unidad ionizadora mostraron gran eficiencia en el tratamiento de la papaya conservándola mayor tiempo con respecto a la papaya sin tratamiento, como se presenta en las siguientes figuras.

Figura 14. Papaya sometida a ionización en cámara ION- V1



La metodología utilizada en el ensayo se realizó durante 90 días, en los cuales se contaba con la fruta para ser ionizada y otra sometida a condiciones ambientales; este procedimiento se realizó en siete réplicas las cuales presentaron el mismo comportamiento en cada muestra.

El procedimiento se basó en la siguiente secuencia.

- Se inserta el fruto en la cámara de ionización.
- Se inicia la cámara sintonizando la ionización deseada.
- Se registran los parámetros establecidos por la instrumentación.
- Se realizan observaciones cualitativas diarias.
- Se establecen comparaciones con la fruta no ionizada sometida a condiciones ambientales.

El registro fotográfico presenta evidencias de la descomposición de la fruta no ionizada. La papaya ionizada se observa a la derecha de la fotografía; obtuvo una conservación de siete días más que la papaya no ionizada.

Se puede observar el proceso de descomposición de la fruta a la izquierda la cual fue sometida a condiciones normales.

Figura 15. Comparación del tratamiento



Fuente. Los autores

3. Análisis y discusión de resultados

El desarrollo del trabajo se basó en el análisis y el comportamiento de la papaya sometida bajo condiciones de ionización negativa producida por alto voltaje aplicando el principio del efecto punta, por lo cual es recomendable realizar estudios con otras formas de ionización analizando diversas frutas, vegetales y carnes.

Los sensores en el prototipo son de tipo experimental basados en la tecnología del neón sometido a campos ionizados, se pueden desarrollar otros sensores que presenten respuesta a cambios de niveles de radiación.

El sistema de radiación que se desarrolló fue el de ionización negativa por aceleración de voltaje donde se verificó que este tipo de ionización no afecta al ser humano y es de gran ayuda a la preservación de la papaya; se recomienda un estudio sobre el efecto que causan los otros tipos de radiación ionizante y no ionizante en el ser humano.

El hongo de los géneros *colletotrichoum* y *gleosporiumen* son los que producen la enfermedad llamada antracnosis, es un hongo de propagación masiva y de alto grado de contaminación; se comprobó que la ionización negativa disminuye sus niveles de contaminación, tornándolo de color blanco y no permite la alteración de CHO, disminuyendo considerablemente su propagación, permitiendo mayor vida útil de la fruta.

4. Conclusiones

La cámara de ionización electrónica proporciona un gran beneficio en cuanto a la conservación de la fruta, debido a que mediante la generación de iones negativos produce un ambiente adecuado para hacerla más saludable y de mayor vida útil, al destruir microorganismos presentes en ella.

Los sensores que se pueden implementar para la medición de ionización son diodos de germanio o silicio, oscilador en anillo de familia CMOS y tubos de gas como el neón o tubo de geiser Müller; en el desarrollo del estudio se implementaron el oscilador en anillo, el diodo de germanio y la lámpara de neón; quien presento una mayor confiabilidad fueron las lámparas de neón.

La cámara de ionización negativa como método de conservación, inhibe la propagación de hongos y retarda la maduración acelerada de la fruta, logrando retrasar hasta por un periodo de siete días la descomposición de la fruta permitiendo una mayor vida útil de la misma.

Los voltajes adecuados para que la cámara de ionización sea eficiente no deben superar los 30kV y no debe encontrarse en contacto con la fruta a ionizar, por lo cual se deben aislar los electrodos de salida y el espacio para la fruta.

La fruta que se somete a ionización negativa se le prolonga la vida útil y su consumo es aprobado por la FAO.

5. Referentes Bibliograficos

- [1] Los iones y la salud. Ed IE ediciones I.S.B.N. 950-764-088-6.2002 Argentina:
- [2] Influencia de la electricidad atmosférica sobre los organismos. Instituto de Estudios Superiores, Cátedra de Climatología Biológica, 1711 - 78 páginas

- [3] Klaus G. Kerris, «Practical Dosimetry for radiation Hardness Testing», IEEE Nuclear and Space radiation Effects Conference Short Course, July 18 1992
- [4] R. E. Sharp and S. L. Pater, «The use of pMOS dosimeters at mega-gray total doses», Third European Conference on Radiation and its Effects on Components and Systems, pp. 494 – 497, 18-22 Sept. 1995.
- [5] Abraham I. Pressman (1997). Switching Power Supply Design. McGraw-Hill. ISBN 0-070-52236-7.
- [6] Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins (2002). Power Electronics : Converters, Applications, and Design. Wiley. ISBN 0-471-22693-9.
- [7] Prevención de pérdidas de alimentos post-cosechas: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. FAO. ISBN 92-5-302766-5
- [8] León. R. Orduz. Avances de investigación en frutales tropicales promisorios para el departamento del Meta. Programa regional de Transferencia de Tecnología. Corpoica Regional 8. Cód. 02.03.25.08.32.01
- [9] Arnold Studer, Hans Ulrich Daepf, Edith Suter. Conservación casera de frutas y hortalizas. (1996). Ed. ilustrada. ISBN 8420008109.
- [10] Aramburu, X. O., & Bisbal, J. J. (Eds.). (1996). Radiaciones ionizantes: utilización y riesgos (Vol. 25). Univ. Politèc. de Catalunya.