

Efecto de la Radiación UV-C en la Flora Nativa y Capacidad Antioxidante de la Mezcla para Té Compuesto por Toronjil, Ortiga, Perejil y Paico Provenientes de Cotacachi - Ecuador

Beltrán Sinchiguano, Elena¹; Matute Déleg, Edison¹; Andrade Cuvi, María José¹; Rubio Montero, Daniela¹

¹Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Quito, Ecuador

Resumen: Se estudió el efecto de la radiación UV-C sobre la flora nativa y la capacidad antioxidante de la mezcla para té compuesto por toronjil (*Melissa officinalis*), ortiga (*Urtica dioica*), perejil (*Petroselinum sativum*) y paico (*Chenopodium ambrosioides*) de la zona andina de Cotacachi. La mezcla fue analizada en dos lotes: uno en un momento inicial y otro luego de 5 meses de almacenamiento a temperatura ambiente, estos fueron tratados con dosis de radiación UV-C de 2,3; 4,1 y 6,5 kJ/m². Se realizaron análisis microbiológicos de aerobios mesófilos totales, coliformes totales, mohos y levaduras. Se analizó la capacidad antioxidante con el método ABTS, y el contenido de polifenoles totales con el método de Folin-Ciocalteu. Las muestras tratadas mostraron un descenso de aerobios totales, mohos y levaduras, sin embargo, en coliformes totales hubo un incremento. La radiación UV-C presentó un efecto benéfico en el contenido de polifenoles tanto para la mezcla de hierbas secas como para la bebida de té elaborado. En cuanto a la capacidad antioxidante hubo un efecto negativo en la mezcla de hierbas secas, y en el té no se presentaron diferencias estadísticas. El tiempo de almacenamiento produjo una reducción de la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles de la mezcla de hierbas secas y del té elaborado.

Palabras clave: radiación ultravioleta, antioxidantes, antimicrobiana, plantas medicinales.

Effect of UV - C Radiation on the Native Flora and Antioxidant Capacity of the Tea Mixture Made up of Lemon Balm, Nettle, Parsley and Paico from Cotacachi -Ecuador

Abstract: It was studied the effect of UV-C radiation on the native flora and antioxidant capacity of the mixture for tea made up lemon balm (*Melissa officinalis*), nettle (*Urtica dioica*), parsley (*Petroselinum sativum*) and paico (*Chenopodium ambrosioides*) of the Andean zone of Cotacachi. The mixture was analyzed in two batches: one at an initial stage and another after 5 months storage at room temperature, these were treated with doses of UV-C of 2,3; 4,1 and 6,5 kJ / m². Microbiological analysis of total aerobic mesophilic bacteria, total coliforms, molds and yeasts were performed. Antioxidant capacity with the ABTS method was analyzed, and the total polyphenol content with the Folin-Ciocalteu. The treated samples exhibited a decrease in total aerobes, molds and yeasts; however, there was an increase of total coliforms. The UV-C radiation showed a beneficial effect on the polyphenol content for both the mixture of dried herbs and the brewed tea. As the antioxidant capacity, there was a negative effect on the mixture of dried herbs, and drink tea showed no statistical difference. The storage time provoked a reduction in the antioxidant capacity and the polyphenol content of the mixture of dried herbs and brewed tea.

Keywords: ultraviolet radiation, antioxidants, antimicrobial, medicinal plants.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el uso de plantas medicinales para aliviar dolencias comunes es parte de su herencia ancestral, es una tradición muy arraigada en la cultura de toda la población, pero debido a la globalización se está dejando a un lado este valioso conocimiento recolectado desde la época precolombina (De la Torre et al., 2008). Las plantas medicinales son las que se han estudiado con mayor

intensidad en la región andina con la intención de que los ecuatorianos las incorporen en su cotidianidad y usen las plantas como sustitutas a las medicinas convencionales (De la Torre & Macía, 2008).

El toronjil (*Melissa officinalis*) o también conocido como Melisa, es una hierba aromática nativa de la región mediterránea, sureste de Europa, Asia menor, y África del sur (Lemes et al., 2001). Tiene un agradable aroma que recuerda al limón, debido a su contenido en terpenos, citronella, citronelol, citral y geraniol (López, 2008). El toronjil es rico en derivados polifenólicos, como son los ácidos hidroxycinámicos: ácido rosmarínico, p-cumárico, clorogénico, cafeico, lo que le confiere características

elena.beltran@ute.edu.ec
Recibido: 30/08/2016
Aceptado: 16/01/2017
Publicado: 15/04/2017

antioxidantes (Boon & Smith, 2004). Es muy usado como calmante natural por su efecto sedante, equilibra el sistema nervioso, combate el insomnio, depresiones, jaquecas nerviosas, histerias y trastornos provocados por la tensión nerviosa (Cárdenas, 2009).

La ortiga (*Urtica dioica*) es una planta originaria de Europa y Asia (Arango, 2006). Esta hierba se encuentra en la sierra ecuatoriana y crece a una altura entre 1800 a 3356 m, en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura, Pichincha y Tungurahua (Sulca, 2010). Los tallos y las hojas tienen la característica de estar provistos de pelos urticantes o tricomas glandulares, que se clavan al contacto con la piel e inyectan un líquido irritante que contiene ácido fórmico, acetilcolina, histamina y serotonina, provocando ronchas y escozor (López, 2008; Dieter & Ortega, 2011). Contiene ácidos fenólicos como el cafeico, clorogénico, neoclorogénico, ferúlico y posee también características antioxidantes debido a su contenido de flavonoides (Huerta, 2007). Sus propiedades medicinales principales son digestiva, antidiarreica, diurética y hemostática (López, 2008; Huerta, 2007; Fonnegra & Jiménez, 2007; Pamplona, 2006).

El paico (*Chenopodium ambrosioides*), llamado también pazote o epazote, es una planta originaria de América tropical. Esta hierba puede crecer en una variedad de climas: cálido, semicálido, semiseco y templado desde el nivel del mar hasta 3 900 msnm. Es una planta medicinal y aromática usada desde tiempos prehispánicos por los indígenas americanos (Arqueta & Gallardo, 1994). En sus frutos se han encontrado flavonoides como kaempferol, isoramnetina, quercetina y flavonolglucósidos (Muñoz, 1999; Blair & Madrigal, 2005). El aceite esencial del paico es un líquido ligeramente amarillo, de consistencia no muy viscosa, con olor penetrante y pungente parecido al alcanfor, con un sabor ligeramente amargo que se extrae de toda planta, (Gómez, 2008). Esta planta destaca por su efecto antihelmíntico especialmente contra áscaris, tenia y otros parásitos intestinales (Dieter & Ortega, 2011).

El perejil (*Petroselinum sativum*) es una planta originaria de la cuenca mediterránea, y de Asia occidental, sin embargo su cultivo se ha extendido por todo el mundo, pues es muy utilizada como hortaliza por sus hojas. (Mendiola & Montalbán, 2009). Entre los compuestos característicos encontramos flavonoides como apíina, luteolina, apigenina y algunos glucósidos que le confieren propiedades antioxidantes (Arango, 2006; Reyes et al., 2012). Además posee propiedades medicinales como digestivo, carminativo, diurético, favorece el parto, la menstruación y alivia los cólicos (Fonnegra & Jiménez, 2007; Restrepo et al., 2005).

Las hierbas aromáticas pueden tener una alta carga microbiana pues están en contacto constante con la tierra, además el agua de riego puede estar contaminada con materia fecal, por esta razón en su procesamiento se emplean bactericidas químicos para eliminar microorganismos patógenos, pero generalmente estos bactericidas dejan residuos en el producto final, lo que genera un riesgo para la salud (Acosta, 2002).

Debido a esto, se buscan soluciones alternativas para reducir esta carga microbiana de un modo más seguro, una de estas alternativas es la radiación UV-C, pues no produce residuos químicos o subproductos, además de ser un proceso seco que requiere muy poco mantenimiento y tiene un bajo costo (Bachmann, 1975; Guerrero & Barbosa, 2011). La radiación UV-C es una radiación no ionizante con una longitud de onda de 200 a 280 nm, y tiene su máximo pico de emisión a 254 nm y se ha comprobado que es en esta longitud de onda donde presenta su mayor acción germicida, por lo que ha sido ampliamente estudiada (Artés & Allende, 2005).

Por las ventajas que presenta este tipo de radiación, se ha considerado como un tratamiento alternativo para preservar la calidad de frutas y hortalizas (Maharaj et al., 1999). La dosis de aplicación va desde 0,25 hasta 7,5 J/m², estas no incrementan significativamente la temperatura del tejido (1-3 °C), ni produce alteraciones o favorece procesos deteriorativos. Además no afecta las características sensoriales (sabor y aroma) del producto. La sensibilidad de los tejidos al tratamiento con UV-C difiere en función del genotipo, y en ocasiones las dosis altas pueden favorecer la oxidación de compuestos bioactivos del fruto, como vitamina C, carotenos y fenoles, así como el oscurecimiento superficial del tejido (González- Aguilar et al., 2001, 2006).

Esta investigación se llevó a cabo con el fin de fomentar el consumo de plantas nativas aromáticas y medicinales para prevenir y combatir enfermedades como el estrés y el cáncer.

2. MARCO TEÓRICO/METODOLOGÍA

Las muestras fueron proporcionadas por la microempresa Sumak Jambina, situada en Cotacachi, provincia de Imbabura. Las hierbas fueron secadas en un deshidratador industrial bajo criterios de humedad y temperatura determinados por la empresa, y almacenadas en recipientes con protección de la luz. Se tomaron muestras aleatorias de toronjil, ortiga, perejil y paico por separado en envases herméticos. Fueron analizados dos lotes: uno al momento de la cosecha y otro luego de almacenados 5 meses a temperatura ambiente. Las muestras secas de toronjil, paico, ortiga y perejil, incluyendo sus tallos, fueron trituradas por separado en un molinillo. Posteriormente fueron pesadas de acuerdo a la formulación: 70 % toronjil, 10 % ortiga, 10 % perejil y 10 % paico.

Cada lote fue dividido en cuatro partes: una control (no irradiada) y tres tratadas con dosis diferentes: 2,3; 4,1 y 6,5 kJ/m². Las muestras fueron sometidas a radiación en una cámara, dotada de cuatro lámparas UV-C (Germicidal, 30W, G30T8), a una distancia de 15 cm y se utilizó un radiómetro marca UVP modelo UVX, para medir la intensidad de la radiación. Para asegurar una exposición uniforme en toda la muestra de hierbas, se utilizó un agitador magnético. Se analizó el efecto de las diferentes dosis de radiación sobre la flora nativa de la mezcla de hierbas y se determinó la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles.

La dosis óptima de radiación UV-C se seleccionó en base a los resultados obtenidos en la determinación del contenido de polifenoles y de la capacidad antioxidante. Una vez

seleccionada la dosis se analizó la cuantificación de capacidad antioxidante y contenido de polifenoles en el té de hierbas.

Para preparar la bebida de té se pesó 1 g de la mezcla de hierbas, se agregó 240 ml de agua hirviendo, se dejó reposar durante 5 minutos y se filtró. Debido a su rápida oxidación, el té obtenido fue analizado inmediatamente de ser preparado. Con este extracto acuoso se realizó el análisis de capacidad antioxidante total y de polifenoles con la dosis seleccionada. Para los análisis microbiológicos se tomaron 10 g de mezcla para té y se homogenizaron en frascos de vidrio estériles con 90 ml de agua peptonada (0,1%) en un agitador de placas a una velocidad constante de 500 RPM durante 15 minutos, correspondiente a la dilución 10^{-1} , a partir de ésta se realizaron dos diluciones sucesivas (10^{-2} y 10^{-3}) para recuento de coliformes totales, y de mohos y levaduras; para recuento de aerobios mesófilos totales se realizó una dilución adicional (10^{-4}). De cada dilución se tomó una alícuota de 1 ml y se inoculó en placas 3MTM Petrifilm™ para recuento de levaduras y mohos, de aerobios mesófilos totales y de coliformes totales. Para el recuento de aerobios mesófilos totales y coliformes totales, las condiciones de incubación fueron 35 °C por 48 horas según el método oficial AOAC 990.12 (2005); mientras que para el recuento de mohos y levaduras las condiciones de incubación fueron 25 °C de 3 a 5 días, según la guía de interpretación Petrifilm. Los ensayos se realizaron por triplicado.

La capacidad antioxidante total se determinó por espectrofotometría, basándose en la decoloración del radical ABTS•+, según Re et al. (1999). Para realizar el extracto se pesó 1 g de la mezcla de hierbas, se agregó 10 ml de etanol, se homogenizó por 15 minutos y se centrifugó a 6 000 rpm por 10 minutos a 10 °C. Finalmente se filtró llevándolo a un volumen de 10 ml. Para realizar el extracto acuoso se realizó la infusión de 1 g de muestra por 5 minutos. El ensayo se realizó añadiendo 50 µl de extracto etanólico a 1 000 µl de reactivo ABTS•+. Se dejó cursar la reacción por 6 minutos y se midió la absorbancia a 734nm, resultando una medida válida al obtener entre el 20-80% de inhibición comparada con la absorbancia del blanco (etanol). Las medidas se realizaron por triplicado. Se preparó una curva de calibración con una solución de Trolox 0.5 mM.

Tabla 1. Resultados microbiológicos de la mezcla de hierbas para té compuesta por toronjil, ortiga, paico y perejil, tratadas con radiación UV-C a diferentes dosis

Análisis	Actividad Antimicrobiana (Log UFC/g)			
	Control (sin tratamiento)	2,3 kJ/m ²	4,1 kJ/m ²	6,5 kJ/m ²
Aerobios Totales	4,45 ^a	4,43 ^a	4,53 ^a	4,30 ^a
<i>E. coli</i>	2,83 ^a	2,91 ^a	3,00 ^a	3,11 ^a
Mohos	2,83 ^a	3,06 ^a	2,23 ^a	1,90 ^a
Levaduras	2,86 ^a	2,86 ^a	2,97 ^a	2,46 ^a

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre dosis de radiación y tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$)

Para la cuantificación de polifenoles totales se empleó espectrofotometría según el método desarrollado por Georgé, Brat, Alter & Amiot, (2005), que se basa en la reacción de reducción/oxidación entre los polifenoles (ácido gálico) presentes en la muestra y el reactivo Folin-Ciocalteu. Para realizar el extracto se pesó 1 g de mezcla para té, se añadió 10 ml de solución extractora acetona/agua 70% v/v, se agitó durante 20 minutos y se homogenizó la muestra en baño ultrasónico durante 10 minutos. Para realizar el extracto acuoso se realizó la infusión de 1 g de muestra por 5 minutos. Ambos extractos fueron tratados de dos formas, la primera fue realizando una dilución de 10 ml de volumen final y la segunda utilizando cartuchos OASIS HLB WATERS para la separación de los polifenoles y la vitamina CD de otras sustancias reductoras, en una dilución de 4 ml de volumen final, todo esto previo al protocolo de Folin-Ciocalteu que consistió en tomar 500 µl de la dilución del extracto, se añadió 2,5 ml del reactivo de Folin-Ciocalteu y se agitó, dejando en reposo por 2 minutos. Finalizado este tiempo, se basificó con 2 ml de carbonato de sodio, se agitó y se colocó en baño de agua a 50 °C por 15 minutos. Posteriormente, se enfrió rápidamente en un baño de hielo y se procedió a realizar las lecturas a 760 nm. Las medidas se realizaron por triplicado. Se preparó una curva de calibración con ácido gálico.

El análisis estadístico de los resultados obtenidos en los recuentos microbiológicos se consiguió con un diseño experimental unifactorial; la variable independiente fue la dosis de radiación y la variable dependiente fue la flora microbiana nativa. Para el análisis de capacidad antioxidante total y contenido de polifenoles totales en la mezcla de hierbas y en el té se empleó un diseño experimental AxB; las variables independientes fueron: la dosis de radiación y el tiempo de almacenamiento y como variables dependientes la capacidad antioxidante total y el contenido de polifenoles totales. Los resultados se procesaron mediante un análisis de varianza y las medias se compararon con la prueba de Tukey con una significancia de 0,05 usando el software InfoStat versión 2013.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados del recuento de aerobios totales, coliformes totales, mohos y levaduras a las diferentes dosis.

En cuanto al recuento de aerobios totales, la muestra tratada con 2,3 kJ/m² y de 6,5 kJ/m² presentaron en el recuento una disminución de 0,02 Log UFC/g y de 0,15 Log UFC/g respectivamente a diferencia de la muestra tratada con 4,1 kJ/m² que tuvo un incremento de 0,08 Log UFC/g con respecto a la muestra control. Las muestras tratadas con diferentes dosis de radiación UV-C no presentaron diferencia significativa con relación a la muestra control. Se encontraron resultados similares en lechuga (Suárez & Piñeros, 2013) irradiada durante 5 y 15 minutos y en mango, piña y mamey mínimamente procesados irradiados con dosis de 7 y 14 kJ/m² se observaron descensos en los recuentos de aerobios mesófilos totales de las muestras tratadas (Márquez & Pretell, 2013). También se han reportado resultados

similares en toronjil y perejil frescos (García, 2013) y en paico y ortiga frescos (Charpentier, 2013) tratadas con dosis de 3,2 kJ/m² y 6,0 kJ/m². Esto podría deberse a que la flora microbiana de hierbas secas es en su mayoría bacterias aerobias formadoras de esporas y hongos comunes, que son resistentes a la radiación ultravioleta pero pueden ser destruidas si son sometidas a una exposición prolongada. Las esporas necesitan tener las condiciones óptimas, y principalmente necesitan calor para su germinación y reactivación, esto se produce al momento de incubar las placas petrifilm, después de irradiar las muestras (Farkas, 2000).

En el recuento de coliformes totales las muestras tratadas con 2,3 kJ/m², 4,1 y 6,5 kJ/m² presentaron un incremento de 0,08, 0,17 y 0,28 Log UFC/g respectivamente, sin presentar diferencia significativa con la muestra control. A diferencia de los resultados obtenidos en este estudio, Charpentier (2013) reportó un descenso de 1,19 Log UFC/g en ortiga fresca irradiada con 6,0 kJ/m², mientras que en paico fresco tratado con 6,0 kJ/m² reportó una reducción total del recuento de coliformes. García (2013) reportó que las dosis de 3,2 kJ/m² y 6,0 kJ/m² presentaron una reducción de 3,1 y 1,3 Log UFC/g en perejil fresco y toronjil fresco respectivamente; en ambos casos inhiben eficazmente el crecimiento de coliformes. Estos resultados pueden deberse a que las dosis de radiación UV-C utilizadas en el análisis no fueron lo suficientemente altas para producir daños letales en el ADN de las bacterias. La radiación desencadena un sistema de respuesta SOS (de emergencia) para reparar el daño en el ADN, que según Radman, provoca un aumento generalizado en la frecuencia de mutaciones como una alternativa para ampliar la variabilidad genética e incrementar las probabilidades de supervivencia y propagación de la especie en condiciones de estrés (Serment et al., 2005). Adicionalmente varios estudios en *E. coli* han demostrado que el ADN microbiano es capaz de realizar una reparación o reactivación tras haber sido expuesto a UV de baja presión (Sommer et al., 2000; Hu et al., 2005), ésta reactivación se produce gracias a enzimas que reparan el ADN dañado y que permiten que el proceso de replicación vuelva a comenzar. La capacidad de reactivación depende mucho del tipo de daño provocado por la radiación UV (McClellan, 2006).

Tabla 2. Resultados de capacidad antioxidante total de la mezcla de hierbas para té compuesta por toronjil, ortiga, paico y perejil, control y tratadas con radiación UV-C a diferentes dosis

Tratamiento (radiación UV-C)	Capacidad antioxidante (µmoles eq. Trolox/g tej. seco)	
	Sin almacenamiento	Con almacenamiento
	Control (sin tratamiento)	5,51 ^a ± 0,18
2,3 kJ/m ²	5,14 ^{bc} ± 0,24	3,93 ^{de} ± 0,15
4,1 kJ/m ²	5,26 ^{ab} ± 0,22	4,06 ^e ± 0,19
6,5 kJ/m ²	4,96 ^c ± 0,22	3,80 ^e ± 0,13

Letras minúsculas diferentes (a,b,c,d,e) indican diferencias significativas entre dosis de radiación y tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$; tukey = 0,287).

En cuanto al recuento de mohos la muestra irradiada con 2,3 kJ/m² mostró un incremento de 0,23 Log UFC/g, mientras que las muestras irradiadas con 4,1 y 6,5 kJ/m² presentan una disminución de 0,6 y 0,93 Log UFC/g respectivamente, siendo la dosis más alta la que presentó la mayor reducción. Las muestras tratadas no presentaron diferencia significativa con relación a la muestra control. Márquez & Pretell (2013) obtuvieron resultados similares, quienes reportaron descensos en los recuentos de mohos en mango, piña y mamey mínimamente procesados irradiados con dosis de 7 y 14 kJ/m² en muestras tratadas, evidenciando la acción antifúngica de este tratamiento físico. En toronjil, perejil (García, 2013) y paico (Charpentier, 2013) frescos tratados con 3,2 kJ/m² y 6,0 kJ/m², hubo una ligera reducción en el recuento de mohos, mientras que en ortiga fresca (Charpentier, 2013) tratada con 6,0 kJ/m² se observaron resultados muy parecidos a los obtenidos en la mezcla de hierbas irradiada con 6,5 kJ/m². Se puede ver que a mayor dosis de radiación existe una mayor disminución en el recuento de mohos.

En el recuento de levaduras la muestra tratada con 2,3 kJ/m² no presentó cambios con relación a la muestra control; la dosis de 4,1 kJ/m² presentó un incremento de 0,11 Log UFC/g, por el contrario el recuento de la muestra tratada con 6,5 kJ/m² presentó un descenso de 0,40 Log UFC/g. Las muestras tratadas no presentaron diferencia significativa con respecto a la muestra control. Se vieron resultados similares en lechuga irradiada durante 5 y 15 minuto (Suárez & Piñeros, 2013), en perejil fresco y en toronjil fresco irradiado con 3,2 y 6,0 kJ/m² (García, 2013) y ortiga fresca y en paico fresco (Charpentier, 2013) tratada con 6,0 kJ/m², en donde se vieron descensos en los recuentos de levaduras.

En lo que respecta a la capacidad antioxidante de la mezcla de hierbas en la Tabla 2 se observan que existe una diferencia significativa entre los lotes analizados en la etapa inicial y luego de 5 meses de almacenado, presentando una capacidad antioxidante mayor el lote inicial. En ambos lotes, se observó una disminución de la capacidad antioxidante total en todas las muestras tratadas con relación a la muestra control. En el lote inicial, las dosis de 2,3; 4,1 y 6,5 kJ/m² presentaron una disminución de 0,36; 0,24 y 0,56 µmoles eq. trolox/g tejido respectivamente; las dosis de 2,3 y 6,5 kJ/m² presentaron diferencia significativa con respecto al control. En el lote analizado luego de 5 meses se encontraron resultados similares, las dosis de 2,3 y 6,5 kJ/m² muestran una disminución de 0,31 y 0,43 µmoles eq. trolox/g tejido y presentaron diferencia significativa, de igual manera la dosis de 4,1 kJ/m² presenta una diferencia significativa con respecto a la muestra control con una reducción de 0,18 µmoles eq. trolox/g de tejido. En ambos lotes la dosis 4,1 kJ/m² afectó en menor proporción la capacidad antioxidante total de la mezcla de hierbas.

Se vieron resultados similares en repollo cortado mínimamente procesado (Ruiz y col., 2010), en donde se vio que la capacidad antioxidante total disminuye en las muestras tratadas con 6,0 y 12,0 kJ/m² antes de su almacenamiento. Así mismo, en hojas de espinaca mínimamente procesadas tratadas con 4,54; 7,94 y 11,35 kJ/m² se vio una disminución

gradual de la capacidad antioxidante a lo largo de un almacenamiento de 13 días, siendo más evidente en las hojas tratadas con la dosis más alta (Artés-Hernández, 2009). A diferencia de los resultados obtenidos, en toronjil y perejil frescos (García, 2013) irradiados con 3,2; 4,4 y 6,0 kJ/m² y en paico y ortiga frescos (Charpentier, 2013) tratados con de 6,0 kJ/m² se observó un aumento de la capacidad antioxidante total. La disminución de la capacidad antioxidante de la mezcla de hierbas del lote con almacenamiento de 5 meses, pudo deberse a que sus principios activos se degradaron durante el almacenamiento (Sharapin, 2000).

La aplicación de radiación UV-C incrementó la cantidad de polifenoles totales en las muestras tratadas de la mezcla de hierbas preparada con toronjil, ortiga, paico y perejil, como se observa en la Tabla 3; no existe diferencia significativa entre los lotes analizados luego de la cosecha y con almacenamiento, a excepción de la muestra tratada con 6,5 kJ/m². Todas las muestras irradiadas presentan un incremento en la cantidad de polifenoles totales en ambos lotes. En el lote inicial las dosis de 2,3 y 6,5 kJ/m² muestran un incremento de 3,80 y 2,56 mg equivalente de ácido gálico/g tejido seco y no presentaron diferencia significativa con respecto a la muestra control. Por otro lado la dosis de 4,1 kJ/m² muestra un incremento de 7,27 mg equivalente de ácido gálico/g tejido seco y presenta diferencia significativa con relación a la muestra control. En el lote con almacenamiento se observan resultados similares, con respecto a la muestra control las dosis de 2,3 y 6,5 kJ/m² muestran un incremento de 3,78 y 1,96 mg equivalente de ácido gálico/g tejido seco y no presentan diferencia significativa. Por el contrario la muestra tratada con 4,1 kJ/m² muestra un incremento de 7,37 mg de equivalente de ácido gálico/g tejido, presentando una diferencia significativa con la muestra control.

En estudios realizados en arándano azul (Gallardo, 2013) tratado con UV-C como tratamiento poscosecha, se vieron resultados similares en donde dosis de 3 y 5 kJ/m² indujeron el incremento de polifenoles. En lechuga fresca irradiada por 15 minutos (Suárez & Piñeros, 2013) y en brócoli tratado con dosis de 4 a 14 kJ/m² (Costa et al. 2006) se reportó el aumento de la síntesis de fenoles totales. Charpentier (2013) encontró un efecto benéfico en el aumento de polifenoles en paico y ortiga irradiados con 3,2; 4,4 y 6,0 kJ/m², al igual que García (2013) en toronjil y perejil irradiados con las mismas dosis.

Este incremento de la cantidad de polifenoles puede deberse a un mecanismo de defensa ante una situación de estrés como es la irradiación con UV-C, en donde se da una activación de reacciones enzimáticas, estimulando la síntesis de enzimas como fenilalanina amonio-liasa (PAL) y chalcona sintasa que da como resultado una mayor biosíntesis de fenoles, ligninas y flavonoides (Springob et al., 2003; Jian, 2013). La disminución de polifenoles entre las muestras puede deberse a que aunque el período recomendado para almacenar las hojas y flores secas es de 12 a 18 meses en un lugar fresco y seco con una mínima exposición al aire y a la luz solar, algunas plantas pierden sus principios activos más rápidamente (Sharapin, 2000).

Tabla 3. Resultados de polifenoles totales de la mezcla de hierbas para té compuesta por toronjil, ortiga, paico y perejil, tratadas con radiación UV-C a diferentes dosis

Tratamiento (radiación UV-C)	Polifenoles Totales (mg eq. ácido gálico/g tej. seco)	
	Sin Almacenamiento	Con Almacenamiento
Control (sin tratamiento)	61,38 ^{bcd} ± 4,66	55,60 ^d ± 3,38
2,3 kJ/m²	65,18 ^{ab} ± 2,60	59,38 ^{bcd} ± 5,05
4,1 kJ/m²	68,65 ^a ± 3,66	62,97 ^{abc} ± 2,58
6,5 kJ/m²	63,94 ^{ab} ± 6,34	57,56 ^{cd} ± 4,80

Letras minúsculas diferentes (a,b,c,d) indican diferencias significativas entre dosis de radiación y tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$; tukey = 6,368)

Según los resultados anteriormente obtenidos en capacidad antioxidante total y contenido de polifenoles de la mezcla de hierbas secas, se seleccionó la dosis de 4,1 kJ/m² como la dosis óptima para realizar los análisis en el té de hierbas, debido a que ésta fue la dosis que presentó la menor disminución de capacidad antioxidante y también presentó el mayor incremento de polifenoles totales; además, en cuanto a la actividad antimicrobiana no se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos con radiación UV-C y la muestra control.

La capacidad antioxidante total del té no presentó diferencia significativa entre los lotes sin almacenamiento y aquel almacenado por 5 meses, sin embargo las muestras irradiadas con 4,1 kJ/m² de ambos lotes presentaron diferencias significativas con relación a las muestras control como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de capacidad antioxidante total y polifenoles totales del té de hierbas compuesto por toronjil, ortiga, paico y perejil tratadas con radiación UV-C

Tratamiento (radiación UV-C)	Capacidad Antioxidante Total (µmol trolox/ml)	
	Sin Almacenamiento	Con Almacenamiento
Control (sin tratamiento)	3,02 ^{bc} ± 0,15	2,85 ^a ± 0,07
4,1 kJ/m²	3,27 ^c ± 0,23	3,10 ^{ab} ± 0,23

Letras minúsculas diferentes (a,b,c) indican diferencias significativas entre dosis de radiación y tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$; tukey = 0,229)

Tratamiento (radiación UV-C)	Polifenoles Totales (mg eq. ácido gálico/ml)	
	Sin Almacenamiento	Con Almacenamiento
Control (sin tratamiento)	71,18 ^b ± 1,60	69,61 ^b ± 4,17
4,1 kJ/m²	78,46 ^a ± 1,36	79,23 ^a ± 4,42

Letras minúsculas diferentes (a,b) indican diferencias significativas entre dosis de radiación y tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$; tukey = 4,106)

La muestra inicial presentó un incremento de 0,25 μ moles eq. trolox/ml al igual que la muestra con almacenamiento. El toronjil, la ortiga, el paico y el perejil tienen diferentes compuestos antioxidantes propios de cada hierba, además cuentan con aceites esenciales que de acuerdo al resultado obtenido, aportarían de manera significativa a la capacidad antioxidante total del té. Según resultados obtenidos por Rusaczek et al. (2010), una infusión de toronjil presentó una capacidad antioxidante total de 2,54 μ moles eq. trolox/ml, siendo ésta menor en comparación con la capacidad antioxidante total del té hecho con la mezcla de hierbas irradiada e incluso menor en comparación con la muestra control.

En la Tabla 4, se distingue también un efecto benéfico en los polifenoles totales del té, en donde no se presenta diferencia significativa entre las muestras. La dosis de 4,1 kJ/m² produjo un incremento de 7,28 y 9,6 mg equivalente de ácido gálico / ml en el lote inicial y con almacenamiento respectivamente, presentando diferencia significativa con respecto a la muestra control. La cantidad de polifenoles obtenidos en el té es mayor que la que fue obtenida con el extracto cetónico debido a que el agua tiene una mayor polaridad y una mayor constante dieléctrica, por lo que solubiliza más compuestos fenólicos que la acetona (Beltrán et al., 2013).

En infusiones de menta y hierbabuena (Rodríguez et al., 2006), se han identificado flavonoides como luteolina y apigenina, estos compuestos tienen una gran capacidad para eliminar radicales libres, e incluso a bajas concentraciones puede provocar un efecto manifiesto. Estos flavonoides se encuentran también en el toronjil (que se encuentra en mayor proporción en la mezcla) y en el perejil. También se identificó ácido rosmarínico en infusiones de albahaca y menta, que es un polifenol soluble en agua y al que se le ha atribuido una actividad antioxidante mayor a la vitamina E (Rodríguez et al., 2006), es uno de los principales polifenoles que contiene el toronjil en su composición química.

4. CONCLUSIONES

La radiación UV-C tiene un efecto germicida sobre los microorganismos presentes en la mezcla seca de toronjil (*Melissa officinalis*), perejil (*Petroselinum sativum*), ortiga (*Urtica dioica*) y paico (*Chenopodium ambrosioides*), siendo la dosis de 6,5 kJ/m² la que presentó una mayor reducción de las unidades logarítmicas de UFC/g; en aerobios mesófilos de 3,37 %, en mohos de 32,86 % y en levaduras de 13,99 %; sin embargo en coliformes totales se incrementó en un 9,89 %.

La capacidad antioxidante y polifenoles totales en la mezcla de hierbas secas del lote sin almacenamiento fue mayor en todas las dosis de radiación UV-C que los lotes con 5 meses de almacenamiento; la dosis óptima de radiación fue de 4,1 kJ/m², con una disminución de la capacidad antioxidante de 4,32 % y un incremento de polifenoles totales de 12,54 % con relación a la muestra control.

La mezcla de hierbas secas para té, sin almacenamiento y con almacenamiento de 5 meses, tratadas con una dosis de radiación UV-C de 4,1 kJ/m² presentaron incremento en la capacidad antioxidante de 8,47 % y en el contenido de polifenoles totales de 12,03 %; no se observó diferencia significativa entre ambos lotes.

El almacenamiento de la mezcla de hierbas secas para té, influyó en la cantidad de polifenoles y en la capacidad antioxidante, en donde se vio una disminución en el lote almacenado a 5 meses, debido a que se degradan sus principios activos.

Los resultados encontrados permiten el planteamiento de nuevos temas de investigación como evaluar la capacidad antioxidante total y el contenido de polifenoles totales en hierbas irradiadas y posteriormente sometidas a un proceso de secado, ya que este proceso provoca estrés en la planta, generando compuestos fenólicos como respuesta.

REFERENCIAS

- Acosta, L. (2002). Desinfección de plantas medicinales - Principios Básicos. Obtenido de: <http://www.herbotecnica.com.ar/c-public-004.html>. (Agosto, 2012).
- Arango, M. C. (2006). *Plantas medicinales: botánica de interés médico*. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas.
- Artés, F. & Allende, A. (2005). Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf-life of minimally fresh processed leafy vegetables. *European Journal of Horticultural Science*, 70:231-245.
- Artés-Hernández, F., Escalona, V., Robles, P., Martínez-Hernández, G. and Artés, F. (2009). Effect of UV-C radiation on quality of minimally processed spinach leaves. *J. Sci. Food Agric.*, 89: 414-421.
- Bachmann, R. 1975. Sterilization by intense ultraviolet radiation. *The Brown Boveri Rev.* 62:206-209.
- Beltrán, Y., Morris, H., De la Cruz, E., Quevedo, Y., Bermúdez, Rosa. (2013). Contenido de fenoles totales en extractos de *Pleurotus* obtenidos con solventes de diferente polaridad. *Rev Cubana Invest Bioméd* 2013; 32(2):121-129.
- Blair, S., & Madrigal, B. (2005). *Plantas antimaláricas de Tumaco: Costa Pacífica colombiana*. Medellín., Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Boon, H., & Smith, M. (2004). *The Complete Natural Medicine Guide to the 50 Most Common Medicinal Herbs*. Toronto, Canadá: Robert Rose Inc.
- Cárdenas, G. (2009). *Optimización del proceso de secado de manzanilla y toronjil con la unión de comunidades indígenas de Juan Montalvo*. Quito, Ecuador.
- Charpentier, A. (2013). *Efecto de la radiación UV-C sobre el color, flora nativa y capacidad antioxidante del Paico (Chenopodium ambrosioides) y de la Ortiga (Urtica dioica) de la zona Andina de Cotacachi*. Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial
- Costa L., Vicente A.E., Cívello P.M., Chaves A.R., Martínez G.A. (2006). UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology* 39: 204-210.
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, M., Macía, M., & H. Balslev, (2008). *Usos medicinales de las plantas. Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador and Herbario, AAU Department of Biological Sciences, University of Aarhus*, Quito, Ecuador: Aarhus, Denmark.

- De la Torre, L., & Macía, M. (2008). *La etnobotánica del Ecuador. Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador and Herbario, AAU Department of Biological Sciences, University of Aarhus*. Quito, Ecuador: Aarhus, Denmark.
- Dieter, K. & Ortega, F. (2011). *La botica de Dios, Plantas medicinales y su uso*. Quito, Ecuador: Trama Ediciones.
- Farkas, J., Lund, B., Baird-Parker, T., & Gould, G. (2000). *Spices and Herbs. The Microbiological Quality and Safety of Foods. Editorial Aspen*. Maryland, Estados Unidos.
- Fonnegra, R., & Jiménez, S. (2007). *Plantas medicinales aprobadas en Colombia (2da ed.)*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Gallardo, A. (2013). *Uso de la luz UV-C en la calidad del Arándano Azul (Vaccinium ashei Reade)*. Montecillo, México: Tesis de maestría, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas,.
- García, D. (2013). Efecto de la radiación UV-C sobre el color, flora nativa y capacidad antioxidante del Toronjil (*Melissa Officinalis*) y del Perejil (*Petroselinum sativum*) de la zona Andina de Cotacachi. Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica equinoccial,.
- Georgé, S., Brat, P., Alter, P., & Amiot, M. J. (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1370-1373.
- Gómez-Serranillo, P., Carretero, E., & Ortega, T. (2006). *Plantas medicinales para enfermedades reumáticas*. Madrid, España: Editorial Complutense.
- González-Aguilar, G., Gardea, A. A., Cuamea-Navarro, F. (2005). Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados. *Logiprint Digital S. de R.L.* pp: 271-285.
- González-Aguilar, G., Wang, C. & Buta, J. (2001). Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe "Tommy Atkins" mangos. *Int. Journal of Food Science and Technology*. 36: 775-782.
- Guerrero, J., & Barbosa, G. (2011). *Nonthermal processing technologies for food*: Wiley, Estados Unidos: Blackwell Publishing.
- Hu, J., Chu, S., Ouek, P., Feng, Y. & Tan, X. (2005). Repair and regrowth of *Escherichia coli* after low- and medium-pressure ultraviolet disinfection. *Water Science and Technology: Water Supply*, Vol. 5, No. 5, 101-108, IWA Publishing.
- Huerta, J. (2007). Ortiga Mayor *Urtica dioica* L. *Medicina Natural 2007*; Vol. 1 – N° 2: 131-137.
- Jian, T., Muzammil, J. M., Jiang, Z., Lu, X., & Ying, T. (2010). Influence of UV-C treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and texture of postharvest shiitake (*Lentinus edodes*) mushrooms during storage. *Postharvest Biology and Technology* 56:209 – 215.
- Lemes, C. M., Rodríguez, C., & Acosta, L. (2001). Estudios Agrícolas en *Melissa officinalis* L. (Toronjil): Fecha de propagación y plantación. *Rev. Cubana Plant. Med.* 2001; (3):93-7
- López, C. (2009). Estudio de la extracción y determinación de la composición química del aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides* L.). *Revista Ciencia y Tecnología Volumen 12 N° 1. Callao, Perú*.
- López, E. (2008). Toronjil. Obtenido de: <http://www.visionchamanica.com/gente-vegetal/vision-chamanica/la-gente-vegetal/toronjil>. (Agosto, 2013).
- López, E. (2008). Ortiga. Obtenido de: <http://www.visionchamanica.com/gente-vegetal/vision-chamanica/la-gente-vegetal/ortiga>. (Septiembre, 2013).
- Maharaj, R., Arul, J., Nadeau, P. (1999). Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. 'Capello') by delaying senescence. *Postharv. Biol. Technol.* 15:13-23.
- Márquez, L. & Pretell, C. (2010). Irradiación UV-C en frutas tropicales mínimamente procesadas. *Scientia Agropecuaria* 4 (2013) 147 – 161.
- McClellan, J. (2006). Comparación de mecanismos de reparación microbiana con lámparas UV de baja y mediana presión. *Agua Latinoamérica*; 6(4):12-14.
- Mendiola, M. A., & Montalbán, J. M. (2009). *Plantas aromáticas gastronómicas*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Muñoz, O., Montes, M., & Wilkomirsky, T. (1999). *Plantas medicinales de uso en Chile: química y farmacología (2da ed.)*. Santiago de Chile, Chile: Editorial Universitaria.
- Pamplona, J. D. (2006). *Salud por las plantas medicinales. (1era ed.)* Madrid, España: Editorial Safeliz.
- Radman, M. (1974). Phenomenology of an inducible mutagenic DNA repair pathway in *Escherichiacoli*: SOS repair hypothesis. *Molecular and Environmental Aspects of Mutagenesis. Charles Thomas Publisher, Springfield, USA*.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Tang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology & medicine*, 26(9/10), 1231-1237.
- Restrepo, M., Quintero, P., & Fraume, N. (2005). *El milagro de las plantas: aplicaciones medicinales y orofaríngeas: manual*. Bogotá, Colombia: Editorial San Pablo.
- Reyes, A., Zavala D., & Alonso, A. (2012). Perejil (*Petroselinum crispum*): compuestos químicos y aplicaciones. *Revista Académica de Investigación Tlatemoani* N°11.
- Rodríguez, H., Landete, J. M., De las Rivas, B., Curiel, J. A., López, F. Gómez, C., Muñoz, R. (2006). Metabolismo de compuestos fenólicos por bacterias lácticas del vino. Instituto de Fermentaciones Industriales, CSIC, Madrid.
- Ruiz, G. A.; Qüesta, A.; Rodríguez, S. (2010). Efecto de luz UV-C sobre las propiedades antioxidantes y calidad sensorial de repollo mínimamente procesado. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 11, núm. 1, 2010, pp. 101-108.
- Rusaczonek, A., Świdorski, F., & Waszkiewicz-Robak, Bożena. (2010). Antioxidant properties of tea and herbal infusions – a short report. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 60(1), 33-35.
- Serment, J., Breña, M., & Espinosa, J. (2005). La respuesta SOS en *Escherichia coli*. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 8(2):99-105, 2005.
- Sharapin, N. (2000). *Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos*. Bogotá, Colombia: Convenio Andrés Bello.
- Sommer, R., Lhotsky, T., Haider, T. & Cabaj, A. (2000). UV inactivation, liquid-holding recovery, and photoreactivation of *Escherichia coli* O157 and other pathogenic *Escherichia coli* strains in water. *Journal of Food Protection*, 63, 1015-1020.
- Springob, K., Kakajima, J., Yamazaki, M. & Saito, K. (2003). Recent advances in the biosynthesis and accumulation of anthocyanins. *Natural Product Reports*, 20, 288 – 303.
- Suárez, L., & Piñeros, Y. (2013). Tratamiento con radiación UV: Alternativa en la poscosecha de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad batavia en la sabana de Bogotá. *Alimentos Hoy*, 22(28), 13-22.
- Sulca, T. (2010). *Determinación de la actividad antimicrobiana de los extractos de Acmeilla repens (Botoncillo), Urtica dioica (Ortiga negra) y Sonchus oleraceus (Kana yuyo), plantas registradas en la parroquia la Esperanza – Imbabura, sobre Staphylococcus aureus, Pseudomonas*

aeruginosa y *Candida albicans*, causantes de enfermedades bucofaríngeas. Sangolquí, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.



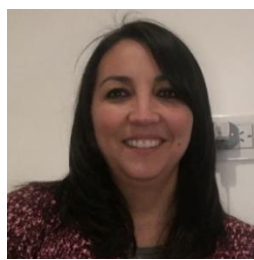
Elena Rosario Beltrán Sinchiguano Ingeniera Química de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Ecuador, Máster en Ciencias de los Alimentos (EPN) y admitida en el programa de Doctorado en Ciencia de los Alimentos de la Universidad Autónoma de Barcelona - España (UAB). Dirección de proyectos de investigación en Inocuidad alimentaria,

tecnología de membranas, procesamiento de alimentos, nuevas tecnologías y compuestos antioxidantes. Investigadora del Centro de Investigación de Alimentos (CIAL) de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Docente a tiempo completo de la Carrera de Ingeniería de Alimentos.



Edison Bolívar Matute Déleg Ingeniero de Alimentos por la Universidad Tecnológica Equinoccial, Magíster en Administración de Empresas con mención en Gerencia de Calidad y Productividad en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Presta sus servicios a la Universidad Tecnológica Equinoccial como docente en cátedras como Metrología, Sistemas de Producción, Proyectos de

Ingeniería y Administración General. Ha sido autor y coautor de diversos libros, artículos y publicaciones científicas en revistas indexadas.



María José Andrade Cuvi Doctorante en el Área Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Magíster en Tecnología e Higiene de Alimentos de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina); Bioquímica Farmacéutica Opción Bioquímica de Alimentos de la Universidad Central del Ecuador. Dirección de proyectos de

investigación en Tecnología Poscosecha de Frutos Ecuatorianos: efectos sobre la calidad, contenido de compuestos antioxidantes y bioacebilidad. Desarrollo de productos con propiedades funcionales. Docente de las cátedras de Bioquímica de Alimentos y Microbiología General. Responsable del Centro de Investigación de Alimentos (CIAL) de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias de la Universidad Tecnológica Equinoccial.



Daniela Rubio Montero Ingeniera de Alimentos graduada en la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE). Actualmente es docente encargada del laboratorio de análisis químico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias. Experiencia en análisis fisicoquímico de alimentos y bebidas; sistemas de gestión de calidad ISO 9001, ISO 17025 y BPM.