



Título: "OPTIMIZACIÓN DEL PROCESADO MÍNIMO Y BIODISPONIBILIDAD DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE BRÓCOLI BIMÍ Y CONVENCIONAL"

Nombre: NAVARRO RICO, JAVIER

Universidad: Universidad Politécnica de Cartagena

Departamento: INGENIERIA DE LOS ALIMENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO AGRICOLA

Fecha de lectura: 04/11/2015

Mención a doctor europeo: concedido

Programa de doctorado: TÉCNICAS AVANZADAS EN DESARROLLO AGRARIO Y ALIMENTARIO

Dirección:

> **Director:** FRANCISCO ARTÉS CALERO

> **Codirector:** FRANCISCO ARTES HERNANDEZ

Tribunal:

> **presidente:** JOSÉ MANUEL BARAT BAVIERA

> **secretario:** ENCARNACIÓN AGUAYO GIMÉNEZ

> **vocal:** MARÍA LUISA AMODIO

Descriptor:

> ANTIOXIDANTES EN LOS ALIMENTOS

> HIGIENE DE LOS ALIMENTOS

El fichero de tesis no ha sido incorporado al sistema.

Resumen: Resumen de la tesis:

En los últimos años ha aumentado el interés por el cultivo y el consumo de brócoli por ser un producto vegetal de gran valor, en términos económicos y por los beneficios que aporta a la salud. Se ha descrito al brócoli como un producto de alto valor nutricional ya que presenta altas concentraciones de zinc, fibra, vitamina C, ácido fólico, compuestos antioxidantes, glucosinolatos y elevada actividad antioxidante. Esto ha llevado a un aumento del consumo de brócoli en toda Europa, si bien en España, principal productor europeo de brócoli, la aceptación entre los consumidores no es aún muy elevada debido a su peculiar sabor algo amargo y astringente, y a su característico aroma proveniente de sus compuestos sulfurados cuando se cocina. Por esto se han desarrollado nuevas variedades más atractivas para el consumidor. Es el caso del Bimi Brassica oleracea Grupo Itálica x Grupo Alboglabra), resultado de la hibridación natural del brócoli chino o kailan (Brassica oleracea, Grupo Alboglabra) con cvs. convencionales (Brassica oleracea, Grupo Itálica), que presenta un sabor mucho más suave y atractivo que las variedades convencionales y una composición nutricional similar. Este brócoli posee una morfología muy característica, que lo hace ideal para su procesado mínimo en fresco, ya que, a diferencia de la mayoría de cvs convencionales, se puede consumir en su totalidad (tallo y florete) tanto crudo como cocinado.



Prácticamente todas las operaciones realizadas durante el procesado mínimo en fresco de los productos vegetales, excepto la desinfección, provocan pérdida de calidad nutricional y aumento de la carga microbiana. Además, al ser consumidos crudos, sin tratamiento térmico, pueden provocar enfermedades debido a la presencia de microorganismos patógenos, por lo que es vital mantener la seguridad alimentaria a través de una correcta desinfección. El Cl en forma de NaClO o de KClO, ha sido el desinfectante más empleado en estas industrias, pero presenta problemas, ya que al reaccionar con la materia orgánica del agua de lavado, genera compuestos potencialmente perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. Ello hace que estas industrias busquen alternativas emergentes y eco-innovadoras al Cl. Para ello, en la presente Tesis Doctoral se ha estudiado la eficacia de diversos métodos desinfectantes sobre dos variedades de brócoli, Bimi y Parthenon, aportando además información detallada acerca de la evolución de la composición nutricional durante su vida comercial. También se han caracterizado ambas variedades durante el transcurso de 16 meses de cosecha. Con el fin de desarrollar una comparación lo más completa posible de ellas, se realizó también un estudio de biodisponibilidad in vivo de sus distintos compuestos nutricionales y bioactivos después de ser cocinadas en microondas.

En esta línea, durante los meses de marzo de 2012 a junio de 2013, se ha realizado una caracterización de la composición nutricional, el contenido de compuestos bioactivos y las propiedades físico-químicas de Bimi y Parthenon y se ha efectuado una comparación entre ambos cvs. Bimi presentó en general mayor CCT y CTC que Parthenon. Como conclusión principal no hubo relación entre la época de cultivo y la composición nutricional de ambas variedades, las cuales mostraron gran concentración de compuestos nutricionales potencialmente beneficiosos para la salud a lo largo de esa época de recolección.

En la búsqueda de alternativas eco-innovadoras al NaClO se realizaron cuatro trabajos plasmados en cuatro Capítulos de la presente Tesis Doctoral. En el primero se estudió el efecto de una desinfección con agua electrolizada neutra (AEN) y ácida (AEA) sobre los compuestos bioactivos y la calidad microbiana de Bimi y Parthenon mínimamente procesados en fresco (MPF) durante 19 días a 5°C. Se probaron dos concentraciones (70 mg L⁻¹ y 100 mg L⁻¹ de Cl₂ libre) de cada tipo de AE. Como Control se empleó 100 mg L⁻¹ NaClO. El tratamiento con AEN100, consiguió las mayores reducciones microbianas al final del almacenamiento refrigerado, pudiendo ser una buena alternativa al NaClO para ambos cvs. Como conclusión principal, los dos tipos de AE mantuvieron una buena calidad microbiana y mostraron mejor retención de compuestos bioactivos en las dos variedades de brócoli MPF tras la vida comercial. En el segundo de los Capítulos, se estudió el efecto de 100 mg L⁻¹ de ácido peroxiacético (AP), 300 mg L⁻¹ de clorito sódico acidificado (CSA), agua ozonizada (0,5-0,6 mg L⁻¹ O₃) y de la combinación de los primeros con una ducha de agua ozonizada (AP + O₃ y CSA + O₃) sobre los compuestos bioactivos y la calidad microbiana de Bimi y Parthenon MPF durante 15 días a 5°C. Todos ellos se compararon con 100 mg L⁻¹ NaClO. Como conclusión principal, AP y AP + O₃ mostraron valores similares e incluso superiores a los obtenidos con NaClO en todos los parámetros estudiados, siendo buenas alternativas para desinfectar el brócoli Parthenon y Bimi MPF. En el tercer Capítulo se investigó la inactivación de *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* y *Listeria monocytogenes* inoculados sobre brócoli Bimi MPF después de tratarlo con distintas dosis de radiación UV-C (0, 2,5, 5, 7,5, 10 y 15 kJ UV-C m⁻²). La inactivación de estos microorganismos no siguió una cinética lineal. Por consiguiente, se realizó una modelización empleando el modelo de distribución de Weibull, obteniendo valores de R² ajustados superiores al 94%, indicando la precisión de este modelo para los datos obtenidos. La dosis de UV-C necesaria para reducir en un ciclo logarítmico los conteos de *E. coli*, *S. enteritidis* y *L. monocytogenes* fue de 1,07, 0,02 y 9,26 kJ UV-C m⁻², respectivamente. *S. enteritidis* fue el más sensible y *L. monocytogenes* el más resistente. Las dosis de UV-



C mayores de 2,5 kJ m⁻² no lograron grandes reducciones microbianas. No se observaron diferencias en el crecimiento y supervivencia de los microorganismos estudiados en las muestras almacenadas a 5, 10 y 15°C en comparación con el Control. Como conclusión principal, las dosis UV-C bajas son efectivas para reducir la carga de *E. coli*, *S. enteritidis* y *L. monocytogenes* en brócoli Bimi MPF, logrando mantenerse estables a lo largo de su vida útil almacenado a 5-10°C.

Siguiendo con los resultados obtenidos en el segundo de los Capítulos de la presente Tesis Doctoral, se estudió el efecto de una desinfección con 100 mg L⁻¹ AEN combinada con la aplicación de recubrimientos comestibles sobre la calidad microbiana y nutricional de Bimi y Parthenon MPF durante 15 días a 5°C. Se examinó el efecto de dos recubrimientos, Naturcover® (90:10, v:v) y alginato de sodio (2 mg 100 mL⁻¹). Los resultados se compararon a su vez con brócoli sometido a una desinfección con AEN sin recubrimiento. Como conclusión, una desinfección con AEN puede ser una buena alternativa industrial al NaClO al obtener valores aceptables en cuanto a calidad química, organoléptica y microbiológica. Además, la aplicación del recubrimiento Naturcover permitió mantener el contenido de compuestos bioactivos y nutricionales de ambos cvs en niveles similares al de la recolección, con una buena calidad sensorial después de 15 días a 5°C. Se comparó la biodisponibilidad in vivo de los isotiocianatos (ITC), principales derivados de los glucosinolatos, después de un cocinado suave en microondas. Se diseñó un estudio cruzado, donde 7 voluntarios ingirieron 200 g de brócoli cocinado Bimi o Parthenon y se recogieron muestras de orina y sangre durante las 36 y 12 h posteriores al consumo, respectivamente. Como conclusión, ambos cvs mostraron una gran absorción de los ITC, revelando al cocinado en microondas como un método que permite mantener un gran nivel de compuestos nutricionales y bioactivos beneficiosos para el ser humano. También se estudió la absorción en sangre de ocho componentes vitamínicos de ambas variedades de brócoli después de cocinadas en microondas. A partir del estudio cruzado antes descrito se recogieron muestras de plasma sanguíneo de 7 voluntarios se analizó el contenido de vitaminas A, C, E, D, complejo B12, folato, albúmina, carotenos y CAT en las 11 h posteriores a la ingesta.. Como principal conclusión, se observó una ligera tendencia al aumento del contenido en plasma de los principales compuestos vitamínicos del brócoli, aunque sin diferencias con los niveles basales en sangre de estos compuestos ni entre los dos cvs