

(S4-P177)

SUBPRODUCTOS DE CEBOLLA COMO INGREDIENTES ALIMENTARIOS CON PROPIEDADES ANTIOXIDANTES E INHIBIDORAS DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO

**EDUVIGIS ROLDÁN, CONCEPCIÓN SÁNCHEZ-MORENO, BEGOÑA DE ANCOS
y M. PILAR CANO**

Departamento de Ciencia y Tecnología de Productos Vegetales, Instituto del Frío-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), C/ José Antonio Novais 10, Ciudad Universitaria, E-28040 Madrid, España, csanchezm@if.csic.es, Teléfono: +34 915492300, Fax: +34 915493627

Palabras clave: cebolla – fenoles totales – quercetina – actividad antioxidante – antipardeamiento enzimático

RESUMEN

España es uno de los países de mayor producción de cebolla (*Allium cepa* L. var. *Cepa*) observándose desde el año 1998 un aumento constante en área cultivada y producción. En Europa se producen más de 450.000 toneladas de residuos de cebolla al año. El procesamiento y estabilización de excedentes y residuos de cebolla presenta ambas ventajas: la solución a la problemática mediambiental que supone el almacenamiento de estos residuos y la obtención de subproductos de cebolla con alto valor añadido como ingredientes alimentarios con propiedades antioxidantes.

El objetivo de nuestro trabajo fue caracterizar diferentes subproductos –zumo, pasta y bagazo- de dos cultivares de cebolla españoles, ‘Figueres’ y ‘Recas’, estabilizados mediante técnicas térmicas –congelación, pasteurización y esterilización- para evaluar su potencial uso en la industria alimentaria como ingredientes alimentarios naturales, fuentes de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y antipardeamiento enzimático.

Las cebollas ‘Figueres’ y ‘Recas’ (excedentes y residuos) fueron suministradas por la Asociación Catalana de Productores de Cebolla (CEBACAT) en Lleida (Cataluña). El procesado y la estabilización fueron llevados a cabo en el Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria (CNTA) en San Adrián (Navarra).

La determinación del contenido de fenoles totales se realizó espectrofotométricamente (Vinson et al, 1998). La quercetina total se determinó por Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC) según Hertog et al, 1992 con modificaciones. La actividad antioxidante por el método del secuestro del radical comercial estable DPPH[•] (Sánchez-Moreno et al, 1998) y el ensayo de inhibición de la Polifenol Oxidasa (PPO) fue medido espectrofotométricamente según el método de Kim et al, 2005 con modificaciones.

Nuestros resultados mostraron que el procesamiento de residuos y excedentes de cebollas del cultivar ‘Recas’ para obtener pasta como subproducto y la estabilización con un tratamiento suave como la pasteurización mostraron las mejores características para el potencial desarrollo de ingredientes alimentarios antioxidantes.

La pasta ‘Recas’ pasteurizada mostró un contenido moderadamente alto en compuestos bioactivos (fenoles totales, 329.77 ± 83.49 mg Equivalentes Ácido Clorogénico (EAC)/100 g peso seco (ps); y quercetina total, 195.17 ± 7.27 mg/100 g ps). Esta pasta mostró ser un 15.21% y un 72.17% más eficaz como secuestradora de radicales libres que el bagazo y que el zumo ‘Recas’ pasteurizado, respectivamente. Además, su capacidad inhibitoria sobre la PPO de aguacate fue mayor (53.49%) que la alcanzada por la pasta ‘Figueres’ pasteurizada (32.82%).

ONION BY - PRODUCTS AS ANTIOXIDANT FOOD INGREDIENTS

Keywords: onion – total phenols – quercetin – antiradical activity – enzymatic antibrowning

ABSTRACT

Spain is one of the major mundial onion producing countries. Onion (*Allium cepa* L. var. *cepa*) production and cultivated area has increased constantly since 1998. More than 450.000 tonnes of onion wastes is produced each year in Europe. Processing and stabilising onion wastes (residues and surplus of onion) could represent both advantages: a solution of the environmental problem derived from the great onion wastes disposal and the stabilised onion by-products obtaining as natural antioxidant food ingredients.

Our objective was to characterize by-products -juice, paste and bagasse- from two Spanish onion cultivars -‘Figueres’ and ‘Recas’- that have been stabilised by temperature -freezing, pasteurization and sterilization- in order to evaluate their potential use in the food industry as natural food ingredients, sources of antioxidants and antibrowning bioactive compounds.

‘Figueres’ and ‘Recas’ onion wastes were supplied by a producing onion industry CEBACAT in Lleida (Catalonia). Their processing and stabilization was held in The National Center for Food Technology and Safety (CNTA) in San Adrián (Navarra).

Total phenols were determined spectrophotometrically (Vinson et al, 1998) and total quercetin was determined by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Hertog et al, 1992 with minor modifications. Antioxidant activity was determined by the measurement of the DPPH• radical scavenging (Sánchez-Moreno et al, 1998). Poliphenol Oxidase (PPO) inhibition assay was measured spectrophotometrically following the method of Kim et al, 2005 with minor modifications.

Our results showed that process ‘Recas’ onion wastes to obtain paste as a by-product and stabilize onion by-products with mild treatments as pasteurization offered better characteristics in order to develop potential antioxidant food ingredients. Pasteurized ‘Recas’ paste showed a moderate high bioactive composition (total phenols, 329.77 ± 83.49 mg Chlorogenic Acid Equivalent (EAC)/100 g dry weight (dw); and total quercetin, 195.17 ± 7.27 mg/100 g dw). This paste was a 15.2 % and a 72.17% more radical scavenging effective than pasteurized ‘Recas’ bagasse or juice. Moreover, its inhibitory effect towards avocado PPO was higher (53.49%) than that found in pasteurized ‘Figueres’ paste (32.82 %).

INTRODUCCIÓN

La producción y área cultivada de cebolla (*Allium cepa* L. var. *cepa*) ha experimentado un aumento constante a nivel mundial desde el año 1998. En el año 2004 se alcanzó una producción de de 53.591,283 toneladas y una superficie de 3.069,493 hectáreas fueron cultivadas. La elevada producción de cebolla genera un alto porcentaje de excedentes y residuos alcanzando en Europa una producción de más de 450.000 toneladas de residuos de cebolla al año.

Las cebollas excedentes constituyen el margen de merma comercial, no ligada a enfermedades o podredumbres. En general, se trata de cebollas descartadas por tener calibre pequeños, no comerciales o presencia de defectos leves en la túnica exterior como la ausencia de la misma, podredumbre, quemaduras en las capas exteriores o aparición de brotación (Schieber et al, 2001). Los residuos industriales suelen estar formados por la túnica y las dos primeras capas de las cebollas. Así, tanto excedentes como residuos de cebolla pueden ser

procesados para obtener subproductos que, previa estabilización, pueden desempeñar múltiples y potenciales usos en la industria alimentaria

España es uno de los países de mayor producción de cebolla con 936.827 toneladas obtenidas en 21.324 hectáreas cultivadas en el año 2003. Distintas variedades y cultivares están distribuidas en las 17 Comunidades Autónomas, siendo Castilla-La Mancha, Levante y Andalucía las principales zonas productoras.

En Cataluña la producción de cebolla en el año 2004 fue 55.368 toneladas. La industria productora de cebolla genera una cantidad de residuos que aproximadamente supone un 15% de la producción, variable en función del año. La variabilidad de producción por cosechas supone que en los años de elevada producción los productores de cebolla se encuentren además con altos volúmenes de sobreproducción. En la provincia de Lérida, donde se produce el 90 por ciento de la cebolla de Cataluña, se estimó una producción de en torno a 13.600 toneladas de la cebolla 'Figueres', 18.250 toneladas de cebolla 'Recas' y 3.000 del resto de variedades y cultivares en el año 2004.

La composición nutricional de la cebolla es muy compleja, siendo una de las principales fuentes de flavonoides dietéticos en muchos países. En concreto, la cebolla se caracteriza por tener una elevada concentración de quercetina y derivados. Además de los flavonoides, existen numerosos compuestos bioactivos presentes en la cebolla. Entre ellos, cabe destacar fructooligosacáridos y los compuestos sulfurados que han demostrado tener una importante relevancia para la salud humana junto con los anteriores.

Numerosos estudios epidemiológicos han encontrado una asociación positiva entre el consumo de cebolla y un efecto protector sobre el sistema cardiovascular (Chen et al, 2000; Moon et al, 2000) y sobre ciertos tipos de cáncer como cáncer de esófago, estómago, cerebro o pecho entre otros (Dorant et al, 1996; Siess et al, 1997; Challier et al, 1998; Hu et al, 1999). De la misma manera, han sido documentados efectos protectores sobre el metabolismo lipídico (Glasser et al, 2002) y sobre el sistema respiratorio (Dorsch, 1996).

Además de sus propiedades farmacológicas beneficiosas para la salud, la cebolla presenta otras propiedades que le hacen apta para su uso como ingrediente alimentario. Así, la cebolla ha sido caracterizada por sus propiedades antimicrobianas (Kim, 1997), antioxidantes (Paganga et al, 1999; Nuutila et al, 2002, 2003; Ly et al, 2005) y antipardeamiento enzimático (Negishi y Ozawa, 2000; Negishi et al, 2002; Ding et al, 2002; Kim et al, 2005).

La obtención, aprovechamiento y valorización de subproductos de cebolla constituyen en la actualidad un reto para la industria alimentaria que supondría, por otro lado, una solución a la problemática medioambiental de las empresas productoras y comercializadoras de cebolla. Los ingredientes alimentarios obtenidos a partir de la cebolla podrían ofrecer una alternativa eficaz a los aditivos sintéticos actualmente utilizados en la industria. Así, se podrían obtener diferentes ingredientes alimentarios naturales a partir del procesado y estabilización de los excedentes y residuos de cebolla. Estos ingredientes contarían tanto con potenciales efectos beneficiosos para la salud como buenas características como ingredientes conservantes de alimentos.

A partir de excedentes o residuos generados en la industria de la cebolla se pueden obtener subproductos con un alto valor añadido. Los extractos provenientes de los subproductos de cebolla pueden ser utilizados como ingredientes antioxidantes en alimentos susceptibles de desarrollar pardeamiento enzimático o degradaciones oxidativas.

El objetivo del presente trabajo es el estudio de diferentes subproductos de dos cultivares españoles de cebolla 'Figueres' y 'Recas'-zumo, pasta y bagazo- sometidos a distintos tratamientos de estabilización -congelación, pasteurización y esterilización- para evaluar su composición en compuestos bioactivos (fenoles totales y quercetina) y sus propiedades antioxidantes y antipardeamiento enzimático. En dicho estudio se mostrarán las características tanto del subproducto como del tratamiento de estabilización más favorables

para la elección de un extracto con potencial uso como ingrediente antioxidante e inhibidor del pardeamiento enzimático en alimentos procesados de origen vegetal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material de partida para la obtención de subproductos son cebollas no comerciales (destrío) compuestas por bulbos deteriorados con pesos y calibres inadecuados y por residuos de la manipulación postcosecha de cebollas ‘Figueres’ y ‘Recas’ (*Allium cepa* L. var. *cepa* ‘Figueres’ y ‘Recas’).

Este material fue suministrado por la Asociación Catalana de Productores de Cebolla (CEBACAT) en Lleida (Cataluña) y enviado al Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria (CNTA) en San Adrián (Navarra) donde se realizaron los tratamientos de procesado y estabilización para la obtención de los subproductos. Los posteriores análisis a continuación descritos se realizaron en el Departamento de Ciencia y Tecnología de Productos Vegetales del Instituto del Frío del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Los métodos de procesado fueron los siguientes:

- Molienda y prensado: Se obtuvieron tres productos intermedios o subproductos: zumo (fracción líquida); pasta (mezcla de fracción sólida y líquida) y bagazo (fracción sólida).
- Tamizado: Se obtuvieron dos productos intermedios o subproductos: puré (fracción cremosa) y residuo (fracción sólida).

Los subproductos obtenidos se estabilizaron mediante: Esterilización (115 °C, 17-31 min), pasteurización (100 °C, 11-17 min) y congelación (-18 °C). A continuación fueron liofilizados en un liofilizador Lyofla Telstar S. A del Instituto del Frío para posteriores análisis.

Se procedió a analizar los subproductos de cebolla ‘Figueres’ y ‘Recas’ estabilizados:

- La determinación del contenido de fenoles totales se realizó por un ensayo colorimétrico empleando el reactivo Folin-Ciocalteu según el método descrito por Vinson et al (1998).
- La determinación de quercetina total se realizó mediante el análisis por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) según Hertog et al (1992). Se realizó una hidrólisis ácida (90 °C durante 4 horas) de la quercetina mono- y diglucósilada para obtener la correspondiente aglicona (quercetina).
- La actividad antioxidante se determinó por el método del secuestro del radical comercial estable 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH[•]). Este método se basa en la obtención de una solución metanólica de DPPH[•] cuya absorbancia a 515 nm disminuirá por reducción con un agente antioxidante (subproducto de cebolla). Se calcularon los parámetros CE₅₀ (concentración de antioxidante necesaria para disminuir al 50% la cantidad inicial de DPPH[•]), T_{CE50} (tiempo necesario para alcanzar la concentración CE₅₀) y Eficiencia Antirradicálica (EA) como parámetro que combina ambos factores (EA = 1 / CE₅₀ T_{CE50}) (Sánchez-Moreno et al, 1998).
- El ensayo de inhibición de la Polifenol Oxidasa PPO (EC: 1.14.18.1) se realizó mediante la determinación de la actividad de la PPO a 420 nm en una solución modelo constituida por un extracto enzimático de PPO extraído de puré de aguacate en presencia de extractos de los diferentes subproductos de cebolla estabilizados según Kim et al (2005). Los resultados se expresaron en Actividad Enzimática Relativa (AER) (en %). El grado de inhibición de los subproductos de cebolla queda determinado por esta reducción en la actividad inicial de la PPO de aguacate.

Las medidas de todos los parámetros estudiados se realizaron por triplicado y los datos obtenidos se procesaron usando un análisis de varianza univariante (ANOVA) en el que se consideraron diferencias estadísticamente significativas con $P < 0.05$, es decir, con un nivel

de confianza del 95%. Para el tratamiento estadístico se utilizaron los programas Statgraphics Plus 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Inc., Rockville, Maryland, EEUU).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados expuestos a continuación comparan el contenido de Compuestos Bioactivos (Fenoles Totales y Quercetina Total), parámetros de Actividad Antioxidante y Antipardeamiento Enzimático en los subproductos de los cultivares 'Recas' y 'Figueros' congelados (1), pasteurizados (2) y esterilizados (3).

Compuestos bioactivos

El contenido de compuestos bioactivos (fenoles totales y quercetina total) de los tres subproductos de cebolla 'Recas' estabilizados fue significativamente mayor ($P < 0.05$) que los mismos subproductos estabilizados 'Figueros'.

(1) La pasta 'Recas' congelada mostró un contenido de fenoles totales más elevado entre los subproductos 'Recas' congelados analizados. Los subproductos de cebolla 'Figueros' congelados analizados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($P < 0.05$). (Tabla 1). La pasta 'Recas' congelada fue el subproducto que mostró un mayor contenido de quercetina total (4431.21 ± 415.23 mg/100 g ps) entre todos los subproductos estabilizados analizados. Los subproductos 'Figueros' congelados no mostraron elevadas concentraciones de quercetina total (Figura 1).

(2) El bagazo 'Recas' pasteurizado mostró un contenido de fenoles totales superior al que mostraron la pasta o el zumo 'Recas' pasteurizados. Los subproductos de cebolla 'Figueros' pasteurizados no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) en el contenido en fenoles totales entre sí. (Tabla 2). El bagazo 'Recas' pasteurizado también mostró un contenido de quercetina total (721.37 ± 4.94 mg/100 g ps) superior al que mostraron la pasta y el zumo 'Recas' pasteurizados. Los subproductos 'Figueros' pasteurizados mostraron diferencias significativas de contenido de quercetina total ($P < 0.05$) siendo el bagazo el que presentó un mayor contenido (212.19 ± 29.19 mg/100 g ps) seguido de la pasta y el zumo (Figura 2).

(3) La pasta 'Recas' esterilizada fue la que mostró un contenido de fenoles totales superior al que mostraron el bagazo o el zumo 'Recas' esterilizados. De la misma manera, la pasta 'Figueros' esterilizada mostró un contenido en fenoles totales mayor al bagazo y al zumo 'Figueros' esterilizados (Tabla 3). El bagazo 'Recas' esterilizado mostró un contenido de quercetina total (724.72 ± 5.78 mg/100 g ps) significativamente superior ($P < 0.05$) al que mostraron la pasta y el zumo 'Recas' esterilizados. Al igual que en los subproductos 'Figueros' pasteurizados, en los subproductos esterilizados fue el bagazo 'Figueros' esterilizado el que mostró un mayor contenido de quercetina (310.92 ± 36.38 mg/100 g ps) seguida de pasta y zumo (Figura 3).

Siendo la quercetina uno de los compuestos bioactivos mayoritarios de la cebolla y atendiendo a su contenido en los subproductos analizados, este estudio mostró que el contenido en quercetina total fue mayor cuando estos subproductos se estabilizaron por congelación que cuando se hizo por pasteurización o esterilización.

El menor contenido en quercetina del zumo podría ser atribuido a que durante el procesamiento de la cebolla la mayor parte de los compuestos bioactivos unidos a las paredes celulares permanecen en el residuo que queda tras el prensado necesario para hacer el zumo. Las paredes celulares de tejidos de diferentes variedades de cebolla han sido caracterizadas como fuentes ricas en fibra (FOS) y compuestos bioactivos y constituyen la base para el desarrollo de métodos de procesado para el aprovechamiento de excedentes de cebolla (de Jaime et al, 2000; Schieber et al, 2001; Waldron, 2001).

Este estudio mostró que subproductos del cultivar de cebolla ‘Recas’ como pasta y bagazo con mayor porcentaje en peso seco presentaron mayor contenido en compuestos bioactivos que los subproductos procedentes del cultivar de cebolla ‘Figueres’.

La pasteurización y la esterilización lograron disminuir la carga microbiológica de los subproductos, si bien el tratamiento de esterilización, térmicamente más agresivo, dio lugar a procesos de caramelización y cambios de la calidad sensorial y nutricional que no se produjo tras la pasteurización. La estabilización por congelación por si sola no logró la reducción de carga microbiológica requerida.

Actividad antioxidante

(1) La pasta ‘Recas’ congelada mostró una eficiencia antirradicalaria (EA) significativamente mayor ($P < 0.05$) que el bagazo o el zumo ‘Recas’ congelados. De la misma manera, la pasta ‘Figueres’ congelada mostró un valor de EA un 88.37% y 63.17% mayor que el zumo y bagazo ‘Figueres’ congelados, respectivamente (**Tabla 1**).

(2) La pasta ‘Recas’ pasteurizada mostró un valor de EA muy similar a la congelada. Esta pasta fue un 15.21% y un 37.50% más eficaz como secuestradora de radicales libres que el bagazo ‘Recas’ y el zumo ‘Recas’ pasteurizados. La pasta ‘Figueres’ pasteurizada mostró un valor del parámetro EA mayor que el bagazo o el zumo ‘Figueres’ pasteurizado. Así, la pasta ‘Figueres’ presentó el valor EA más alto de todos los subproductos pasteurizados analizados (‘Recas’ y ‘Figueres’) (**Tabla 2**).

(3) La pasta y bagazo ‘Recas’ esterilizados no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los valores de EA. El zumo ‘Recas’ esterilizado mostró un valor de EA significativamente ($P < 0.05$) menor, un 83.28% y 84.40% que la pasta y el bagazo ‘Recas’ esterilizados, respectivamente. El valor del parámetro EA de la pasta ‘Figueres’ esterilizada fue un 92.08% y un 39.56% mayor que en el zumo y el bagazo ‘Figueres’ esterilizados (**Tabla 3**).

La actividad antioxidante en la cebolla varía en función de la variedad y cultivar analizado (Nuutila et al, 2003; Yang et al, 2004) así como de la capa estudiada, aumentando esta actividad desde el interior hasta las capas más externas de este vegetal (Suh et al, 1999; Ly, 2005; Kim y Kim, 2006). En concordancia con lo expuesto, nuestros resultados mostraron diferencias de los parámetros antioxidantes analizados en los cultivares de cebolla (‘Recas’ y ‘Figueres’). Así, el cultivar ‘Recas’ y los subproductos pasta y bagazo, con una elevada proporción de capas externas, mostraron mayor capacidad antioxidante.

Existe una pérdida de la capacidad antioxidante de la cebolla cuando ésta es calentada a diferentes temperaturas con respecto al mismo vegetal fresco (Fu, 2004; Kawamoto et al, 2004). Por tanto, tratamientos que utilizan elevada temperatura para estabilizar subproductos deben ser cuidadosamente controlados de manera que disminuyan en menor medida esta actividad. La pasteurización como tratamiento térmico suave mantendrá las propiedades antioxidantes de la cebolla en mayor medida que otros tratamientos que utilizan una temperatura superior como la esterilización.

Actividad antipardeamiento enzimático

(1) La pasta ‘Recas’ congelada disminuyó en un 57.08% la actividad de la PPO del extracto de aguacate inicial, el zumo y bagazo ‘Recas’ congelados la disminuyeron en un 39.62% y 39.27%, respectivamente. El bagazo ‘Figueres’ congelado disminuyó un 55.82% esta actividad, significativamente diferente ($P < 0.05$) al zumo o la pasta ‘Figueres’ (**Figura 4**).

(2) La pasta y el zumo ‘Recas’ pasteurizados disminuyeron la actividad de la PPO en un 53.49% y 65.52% respectivamente mientras el bagazo ‘Recas’ pasteurizado lo hizo en un 13.92%. El zumo ‘Figueres’ pasteurizado redujo en mayor medida esta actividad, en un

48.19%, mientras que el bagazo y la pasta 'Figueres' pasteurizados no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí ($P > 0.05$). La capacidad inhibitoria de la pasta 'Recas' pasteurizada sobre la PPO fue mayor (53.49%) que la alcanzada por la pasta 'Figueres' pasteurizada (32.82%) (**Figura 5**).

(3) La pasta 'Recas' esterilizada redujo la actividad de la PPO en un 89.71%. El bagazo y el zumo 'Recas' esterilizados lo hicieron en un 72.68% y 59.64%, respectivamente. El bagazo y zumo 'Figueres' esterilizados redujeron la actividad de la PPO en un 38.78% y 36.49%, respectivamente, mientras que la pasta 'Figueres' esterilizada lo hizo en un 68.14%. La capacidad inhibitoria de pasta 'Recas' esterilizada sobre la PPO fue mayor (89.71%) que la alcanzada por la pasta 'Figueres' esterilizada (68.14%). (**Figura 6**).

Numerosos estudios han demostrado la capacidad inhibitoria sobre la PPO de grupos sulfhidrilos ó tioles (SH) (Negishi y Ozawa, 2000; Ding et al, 2002). En las especies del género *Allium*, entre las que se encuentran las cebollas, han sido caracterizados compuestos volátiles sulfurados incluyendo grupos tioles (Griffiths et al, 2002; Negishi et al, 2002). Por tanto, se ha postulado que estos compuestos organosulfurados de bajo peso molecular presentes en la cebolla podrían ser los responsables de la inhibición de la actividad de la PPO (Kim et al, 2005). Existen además numerosos estudios sobre la efectividad de un incremento de la temperatura en extractos de cebolla sobre la inhibición de la actividad de PPO en pera y patata entre otros (Ding et al, 2002; Kim et al, 2005). Así mismo, se ha postulado que existe un efecto sinérgico entre los compuestos de Maillard formados durante el calentamiento y los compuestos sulfurados de la cebolla responsable de la inhibición de la PPO (Billaud et al, 2004; Gruber et al, 2004; Kim et al, 2005).

Los resultados del presente trabajo mostraron concordancia con lo previamente expuesto, así la esterilización (115 °C) fue el tratamiento de estabilización que causó un mayor descenso en la actividad de la PPO seguido de la pasteurización (100 °C) y la congelación (-18 °C). De todos los subproductos estudiados las pastas esterilizadas de ambos cultivares fueron las que presentaron una mayor capacidad inhibitoria de la PPO. Se observó un mayor porcentaje de inhibición sobre la PPO cuando las pastas fueron esterilizadas (89.71% y 68.14%, pasta 'Recas' y 'Figueres', respectivamente) que cuando fueron pasteurizadas (53.49% y 32.82%, pasta 'Recas' y 'Figueres', respectivamente) o congeladas (57.08% y 34.51%, pasta 'Recas' y 'Figueres', respectivamente).

CONCLUSIONES

El contenido de fenoles totales fue significativamente más elevado en los subproductos de cebolla 'Recas'. Entre los subproductos, la pasta esterilizada y la congelada de este cultivar mostraron los valores más elevados 591.25 ± 21.01 mg EAC/100 g ps y 441 ± 50.93 mg EAC/100 g ps de fenoles totales, respectivamente.

El contenido de quercetina total también fue más elevado en los subproductos de la cebolla 'Recas'. La pasta 'Recas' congelada mostró el mayor contenido (4431 ± 415.23 mg/100 g ps) entre todas las pastas estabilizadas, seguida del bagazo 'Recas' pasteurizado y esterilizado entre los que no se observaron diferencias significativas (721.37 ± 4.94 mg/100 g ps y 724.72 ± 5.78 mg/100 g ps, respectivamente).

Las pastas de los dos cultivares de cebolla objeto de este estudio, mostraron los mayores valores de actividad antioxidante (EA). Las pastas 'Recas' pasteurizada y congelada alcanzaron valores de $8.7 \pm 0.003 \times 10^{-3}$ y $8.0 \pm 0.3 \times 10^{-3}$, respectivamente. Estos valores resultaron ser significativamente más elevados que el de la pasta 'Recas' esterilizada ($7.0 \pm 0.6 \times 10^{-3}$).

Los procesos tecnológicos a los que se sometieron los subproductos de cebolla influyeron de manera significativa sobre su potencial uso como ingrediente alimentario

inhibidor del pardeamiento enzimático. De esta manera, se observó que el efecto antipardeamiento fue mayor en los subproductos esterilizados, seguidos de los pasteurizados y los congelados. Los mayores efectos inhibitorios de la polifenol oxidasa (PPO) de aguacate fueron mostrados por las pastas esterilizadas 'Recas' y 'Figueres' (89.71% y 68.14 %, respectivamente).

La pasteurización (100 °C, 11-17 min) como tratamiento de estabilización mantuvo las características nutricionales y tecnológicas de los subproductos de cebolla, no observándose ninguno de los efectos adversos de caramelización provocados por tratamientos como la esterilización térmica.

La pasta obtenida de la cebolla 'Recas' pasteurizada fue seleccionada como la más adecuada para su empleo como ingrediente alimentario antioxidante. Esta pasta 'Recas' pasteurizada presentó mayores ventajas: una notable actividad antioxidante (EA), un contenido moderadamente elevado de compuestos bioactivos (fenoles totales, quercetina) y una excelente actividad antipardeamiento enzimático, desde el punto de vista tecnológico.

Los excedentes en los procesos de la manipulación y acondicionamiento de cebolla para su comercialización en fresco suponen una gran pérdida económica en la industria alimentaria del sector. De este estudio se podría concluir que existe la posibilidad real de la utilización de estos excedentes para la obtención de ingredientes alimentarios naturales con características funcionales desde el punto de vista tecnológico (antipardeamiento). Además, estos excedentes podrían ser utilizados como ingredientes naturales en el diseño de alimentos funcionales ricos en compuestos fenólicos y fructooligosacáridos, compuestos bioactivos muy interesantes por su probada relación con la salud.

AGRADECIMIENTOS

Estos estudios han sido llevados a cabo a través de la financiación de los proyectos de investigación AGL2003-09138-C04-01 y AGL2005-03849. Así mismo se quiere expresar el agradecimiento al Proyecto CYTED XI.22. Eduvigis Roldán agradece al Ministerio de Educación y Ciencia (España) la concesión de la Beca de Formación de Profesorado Universitario (FPU).

BIBLIOGRAFÍA

- Billaud, C.; Brun-Mérimée, S.; Louarme, L.; Nicolas, J. 2004. Effect of glutathione and Maillard reaction products prepared from glucose or fructose with glutathione on polyphenol oxidase from apple - I: Enzymatic browning and enzyme activity inhibition. *Food Chemistry*. 84: 223-233.
- Challier, B.; Perarnau, J.M.; Viel, J.F. 1998. Garlic, onion and cereal fibre as protective factors for breast cancer: A french case-control case study. *European Journal of Epidemiology*. 14: 737-747.
- Chen, J.H.; Chen, H.I.; Wang, J.S.; Tsai, S.J.; Jen, C.J. 2000. Effects of Welsh onion extracts on human platelet function *in vitro*. *Life Sciences*. 66: 1571-1579.
- De Jaime, L.; Martínez, F.; Martín-Cabrejas, M.A.; Mollá, E.; López-Andréu, F.J.; Waldron, K.; Esteban, R.M. 2000. Study of total fructan and fructooligosaccharide content in different onion tissues. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81: 177-182.
- Ding, C.; Chachin, K.; Ueda, Y.; Wang, C.Y. 2002. Inhibition of loquat enzymatic browning by sulfhydryl compounds. *Food Chemistry*. 76: 213-218.
- Dorant, E.; van de Brandt, P.A.; Goldbohm, R.A.; Sturmans, F. 1996. Consumption of onions and a reduced risk of stomach carcinoma. *Gastroenterology*. 110: 12-20.

- Dorsch, W. 1996. *Allium cepa* L. (onion) Part 2. Chemistry, analysis and pharmacology. *Phytomedicine*. 3: 391-397.
- Fu, H.Y. 2004. Free radical scavenging and leukemia cell growth inhibitory properties of onion powders treated by different heating processes. *Journal of Food Science*. 69: S50-S54.
- Glasser, G.; Graefe, E.U.; Struck, F.; Veit, M.; Gebhart, R. 2002. Comparison of antioxidative capacities and inhibitory effects on cholesterol biosynthesis of quercetin and potencial metabolites. *Phytomedicine*. 9: 33-40.
- Griffiths, G.; Trueman, L.; Crowther, T.; Thomas, B.; Smith, B. 2002. Onions-A global benefit to health. *Phytotherapy Research*. 16: 603-615.
- Gruber, P.; Vieths, S.; Wangorsch, A.; Nerkamp, J.; Hofmann, T. 2004. Maillard reaction and enzymatic browning affect the allergenicity of Pru av 1, the major allergen from cherry (*Prunus avium*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 4002-4007.
- Hertog, M.G.L.; Hollman, P.C.H.; Venema, D.P. 1992. Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 40: 1591-1598.
- Hu, J.F.; La Vecchia, C.; Negri, E. 1999. Diet and brain cancer in adults. A case-control case study in northeast China. *International Journal of Cancer*. 81: 20-23.
- Kawamoto, E.; Sakai, Y.; Okamura, Y.; Yamamoto, Y. 2004. Effects of boiling on the antihypertensive and antioxidant activities of onion. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 50: 171-176.
- Kim, J.H. 1997. Anti-bacterial action of onion (*Allium cepa* L.) extracts against oral pathogenic bacteria. *Journal of Nihon University School of Dentistry*. 39: 136-141.
- Kim, M.; Kim, C.Y.; Park, I. 2005. Prevention of enzymatic browning of pear by onion extract. *Food Chemistry*. 89: 181-184.
- Kim, S.J.; Kim, G.H. 2006. Quantification of quercetin in different parts of onion and its DPPH radical scavenging and antibacterial activity. *Food Science and Biotechnology*. 15: 39-43.
- Ly, T.N.; Hazama, C.; Shimoyamada, M.; Ando, H.; Kato, K.; Yamauchi, R. 2005. Antioxidative compounds from the outer scales of onion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 8183-8189.
- Moon, J.H.; Nakata, R.; Oshima, S.; Inakuma, T.; Terao, J. 2000. Accumulation of quercetin conjugates in blood plasma after the short-term ingestion of onion by women. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*. 279: R461-R467.
- Negishi, O.; Ozawa, T. 2000. Inhibition of enzymatic browning and protection of sulfhydryl enzymes by thiol compounds. *Phytochemistry*. 54: 481-487.
- Negishi, O.; Negishi, Y.; Ozawa, T. 2002. Effects of food materials on removal of *Allium*-specific volatile sulfur compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 3856-3861.
- Nuutila, A.M.; Kammiovirta, K.; Oskman-Caldentey, K.M. 2002. Comparison of methods for the hydrolysis of flavonoids and phenolic acids from onion and spinach for HPLC analysis. *Food Chemistry*. 76: 519-525.
- Nuutila, A.M.; Puupponen-Pimiä, R.; Aarni, M.; Oksman-Caldentey, K.M. 2003. Comparison of antioxidant activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. *Food Chemistry*. 81: 485-493.
- Paganga, G.; Miller, N.; Rice-Evans, C.A. 1999. The polyphenolic content of fruit and vegetables and their antioxidant activities. What does a service constitute *Free Radical Research*. 30: 153-162.
- Sánchez-Moreno, C.; Larrauri, J.A., Saura-Calixto, F. 1998. A procedure to measure the

- antirradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 76: 270-276.
- Schieber, A.; Stintzing, F.C.; Carle, R. 2001. By-products of plant food processing as a source of functional compounds - recent developments. *Trends in Food Science and Technology*. 12: 401-413.
- Siess, M.H.; Le Bon, A.M.; Canivenc-Lavier, M.C.; Suschetet, M. 1997. Modification of hepatic drug-metabolizing enzymes in rats treated with alkyl sulfides. *Cancer Letters*. 120: 195- 201.
- Suh, H.J.; Lee, J.M.; Cho, J.S.; Chung, S.H. 1999. Radical scavenging compounds in onion skin. *Food Research International*. 32: 659-664.
- Vinson, J.A.; Hao, Y.; Su, X.H.; Zubik, L. 1998. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46: 3630-3634.
- Waldron, K. 2001. Useful ingredients from onion waste. *Food Science and Technology*. 15: 38-39, 41.
- Yang, J.; Meyers, K.J.; Van der Heide, J.; Liu, R.H. 2004. Varietal differences in phenolic content and antioxidant and antiproliferative activities of onions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 6787-6793.

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de subproductos de cebolla ‘Figueres’ y ‘Recas’ congelados^a

| Subproducto | Cultivar | Fenoles Totales (mg EAC/100 g ps) | EA (x 10 ⁻³) |
|-------------|----------|--------------------------------------|-----------------------------|
| ZUMO | FIGUERES | 118,56±4,01 Aa | 3,0±0,14 Ab |
| | RECAS | 183,96±23,74 Ab | 1,7±0,12 Aa |
| PASTA | FIGUERES | 238,95±43,62 Ba | 25,8±4,85 Bb |
| | RECAS | 441,31±50,93 Cb | 8,7±0,003 Ca |
| BAGAZO | FIGUERES | 407,64±32,02 Cb | 9,5±6,36 Aa |
| | RECAS | 330,40±10,81 Ba | 3,4±0,58 Ba |

Tabla 2. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de subproductos de cebolla ‘Figueres’ y ‘Recas’ pasteurizados^a

| Subproducto | Cultivar | Fenoles Totales (mg EAC/100 g ps) | EA (x 10 ⁻³) |
|-------------|----------|--------------------------------------|-----------------------------|
| ZUMO | FIGUERES | 128,23±33,7 Aa | 5,0±0,3 Aa |
| | RECAS | 151,03±10,71 Aa | 4,8±0,1 Aa |
| PASTA | FIGUERES | 143,01±7,55 Aa | 15,0±4,2 Ba |
| | RECAS | 329,77±83,49 Bb | 8,0±0,3 Ba |
| BAGAZO | FIGUERES | 143,55±11,13 Aa | 5,6±0,2 Aa |
| | RECAS | 453,29±29,36 Cb | 6,1±0,06 Cb |

Tabla 3. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de subproductos de cebolla ‘Figueres’ y ‘Recas’ esterilizados^a

| Subproducto | Cultivar | Fenoles Totales (mg EAC/100 g ps) | EA (x 10 ⁻³) |
|-------------|----------|--------------------------------------|-----------------------------|
| ZUMO | FIGUERES | 153,15±39,28 Aa | 0,72±0,04 Aa |
| | RECAS | 213,79±31,08 Aa | 1,17±0,03 Ab |
| PASTA | FIGUERES | 416,21±38,53 Ba | 9,1±0,6 Cb |
| | RECAS | 591,25±21,01 Cb | 7,0±0,6 Ba |
| BAGAZO | FIGUERES | 220,51±37,30 Aa | 5,5±0,5 Ba |
| | RECAS | 398,79±26,61 Bb | 7,5±0,007 Bb |

^a Los valores son medias de medidas independientes ± desviación estándar (n=6). Diferentes letras Mayúsculas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en subproductos del mismo cultivar. Diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en cultivares del mismo subproducto. EAC: Equivalentes Ácido Clorogénico. EA expresada como $1/CE_{50} T_{CE50}$. ps: peso seco.

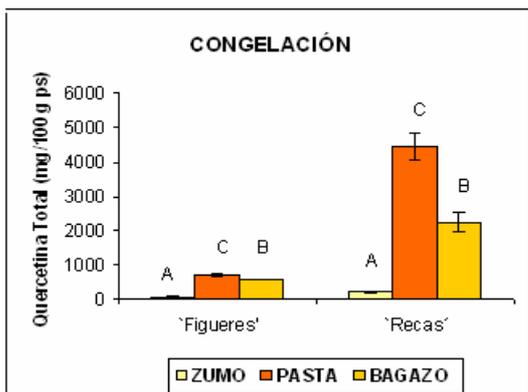


Fig 1. Quercetina total de subproductos de cebolla 'Recas' y 'Figueres' congelados.

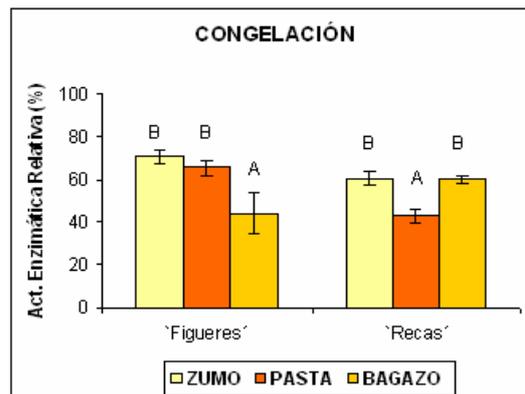


Fig 4. AER de subproductos de cebolla 'Recas' y 'Figueres' congelados.

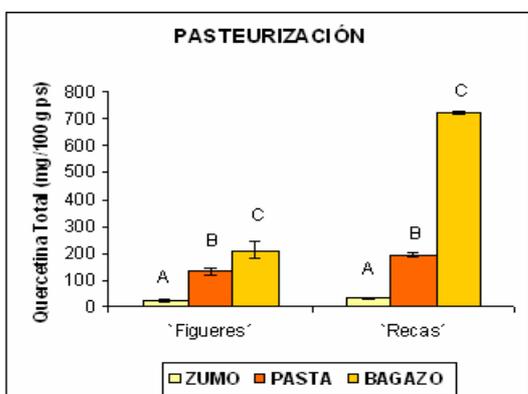


Fig 2. Quercetina total de subproductos de cebolla 'Recas' y 'Figueres' pasteurizados.

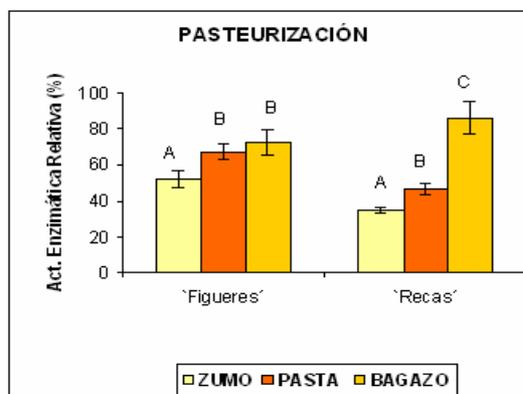


Fig 5. AER de subproductos de cebolla 'Recas' y 'Figueres' pasteurizados.

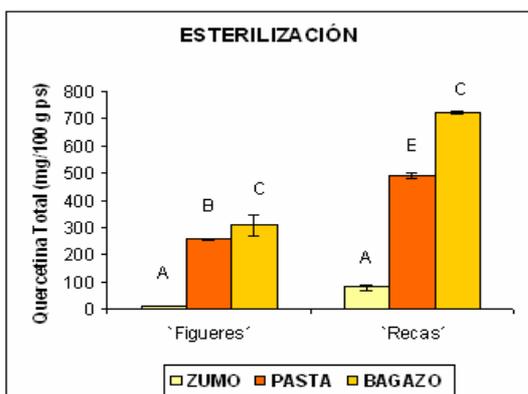


Fig 3. Quercetina total de subproductos de cebolla 'Recas' y 'Figueres' esterilizados.

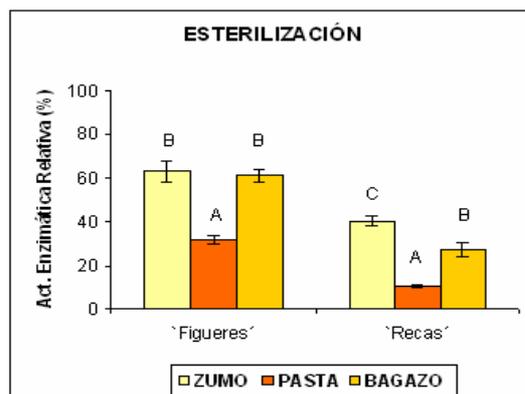


Fig 6. AER de subproductos de cebolla 'Recas' y 'Figueres' esterilizados.