

Revista Electrónica Nova Scientia

Actividad antioxidante e inhibidora de α -glucosidasa y α -amilasa de tres variedades de cebolla (*Allium cepa* L.)

Antioxidant and inhibitory activity against α -glucosidase and α -amylase from three varieties of onion (*Allium cepa* L.)

Leticia X. López-Martínez¹, Luisa M. Aguilar Cisneros¹ y Octavio Dublán-García¹

¹ Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México
Toluca.

México

L. Xochitl López-Martínez. E-mail: lomarleticia@gmail.com

Resumen

La cebolla (*Allium cepa* L.) ha sido cultivada durante miles de años y es utilizada como un componente importante en la dieta del ser humano. Estudios recientes sugieren que su consumo puede reducir o prevenir problemas de salud como asma, enfermedades cardiovasculares y diabetes, debido a sus efectos antioxidantes.

En este estudio se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales, la capacidad antiradical y la inhibición de las enzimas α -glucosidasa y α -amilasa de extractos acuosos y etanólicos de tres variedades de cebolla (blanca, amarilla y morada). El contenido de compuestos fenólicos totales varió de 6.59 a 9.25 mg/100 g y la actividad antiradical expresada como % DPPH[•] se encontró entre 20.4% a 39.6% y de 46.8 a 89.2% para los extractos acuosos y etanólicos respectivamente. Todos los extractos etanólicos fueron capaces de inhibir la actividad α -glucosidasa y α -amilasa de 58% a 34% y 33 y 22% respectivamente, mientras que los extractos acuosos fueron menos efectivos. Entre los extractos estudiados, el extracto etanólico de cebolla morada presenta la mayor concentración de compuestos fenólicos totales y la mayor actividad antiradical e inhibidora de α -glucosidasa. Las diferencias encontradas entre la concentración de compuestos fenólicos y las distintas actividades estudiadas parecen depender del perfil único de compuestos fenólicos que posee cada variedad de cebolla.

Palabras clave: α -glucosidasa y α -amilasa, *Allium cepa*, capacidad antiradical, compuestos fenólicos

Recepción: 18-12-2013

Aceptación: 05-05-2014

Abstract

The onion (*Allium cepa* L.) has been cultivated for thousands of years and is an important component of human diet. Recent studies suggest that onion can be used to reduce or prevent health problems such as asthma, cardiovascular diseases and diabetes due to its high antioxidant effect. Extract aqueous and ethanolic from three (purple, yellow and white) varieties of onion were studied for their total phenolic content, capacity and inhibitory activity against α -glucosidase and α -amylase. The total phenolic content varied between 6.59 to 9.25 mg/100 g and 24.3 a 42.7 mg/100 g the antioxidant capacity expressed as the percentage of inhibition of DPPH[•] radical ranged from 46.8 to 89.2% and 20.4% to 39.6% for ethanolic and aqueous extracts respectively. All ethanolic extracts showed capacity of inhibition for α -glucosidase y α -amylase from 58% to 34% and 33% to 22% respective while the aqueous extracts showed less effectiveness. Among the extracts, ethanolic extract of purple onion have the maximum concentration of total phenolic compounds, the highest antiradical capacity and α -glucosidase inhibition. Differences in free-radical scavenging and inhibition appeared to be dependent on the unique profile of phenolic compounds in each variety.

Keywords: α -amylase, α -glycosidase, *Allium cepa*, antiradical capacity, phenolic compounds

Introducción

La hiperglicemia es un rápido incremento de los niveles de glucosa en sangre debido a la hidrólisis de almidón por la enzima α -amilasa y por la liberación de glucosa en el intestino delgado por la acción de la enzima α -glucosidasa. La inhibición de estas enzimas puede significar el decremento de hiperglicemia posprandial y podría ser una estrategia clave para el control de la diabetes mellitus. Un aspecto negativo de los inhibidores terapéuticos de α -glucosidasa (acarbose, miglitol y voglibose) es que poseen fuertes actividades inhibitorias de α -amilasa lo que ocasiona desórdenes en el tracto digestivo como distensión abdominal, flatulencias, meteorismo y diarrea (Bischoff, 1994), por lo tanto, inhibidores naturales de origen vegetal son útiles, ya que se ha comprobado que poseen baja actividad de inhibición de α -amilasa y una fuerte inhibición de α -glucosidasa y podrían representar una terapia efectiva para la hiperglicemia posprandial con efectos secundarios mínimos (Kwon 2005). La cebolla es uno de los vegetales más ampliamente cultivado y consumido en el mundo, contiene altos niveles de compuestos con actividad antioxidante (compuestos fenólicos especialmente flavonoides) con efectos protectores contra diferentes patologías degenerativas (Pérez-Giorgio, 2011). Se ha reportado que las distintas variedades de cebollas son ricas en antocianinas y flavanoles y son reconocidas como la mayor fuente dietaria de quercetina, además son una fuente importante de polisacáridos, vitaminas y minerales (Galdon y col., 2008). Las cebollas son vegetales versátiles que son utilizados típicamente como ingredientes en muchos platillos además de una variedad de usos en forma frescas tales como ensaladas y sándwiches.

Métodos

Obtención de las variedades

Las cebollas blanca (cv Armstrong), amarilla (cv Ada) y morada (cv Red creole) empleadas este estudio fueron obtenidas en diferentes mercados del Estado de México en el año 2013, y se conservaron en refrigeración a 4°C por no más de 2 días.

Preparación de los extractos

Las cebollas fueron lavadas, se les retiraron las capas externas manualmente y la parte comestible (pulpa) fue cortada finamente con un cuchillo. Para realizar la extracción acuosa se pesaron 10 g de pulpa en un tubo de 40 mL y se adicionaron 25 mL de agua destilada, los tubos se colocaron

en un baño maría a 50 °C durante 3 h con agitación constante (Lab-Line Orbiton Environ, Modelo 3527, Melrose Plaza, IL), después de ese tiempo las muestras fueron filtradas con papel filtro Whatman No. 2, se colectaron los filtrados y se centrifugaron a 8000 rpm (Sorvall RC5C, Sorvall Instruments, Dupont, Wilmington, DE) durante 10 min, se retiraron los sobrenadantes y fueron almacenados a -20°C hasta el momento de ser analizados. Para la preparación de los extractos etanólicos se colocaron 10 g de pulpa en un tubo de 40 mL y se adicionaron 25 mL de una mezcla etanol: agua (95:5 v/v) y se mantuvieron en agitación constante a 25 °C durante 12 h, después de ese tiempo las muestras fueron filtradas, se colectaron los filtrados y se centrifugaron a 8000 rpm durante 15 min, se retiraron los sobrenadantes y se eliminó el solvente en un rotaevapor (Büchi, Flawil, Switzerland) a 45°C. Los extractos obtenidos fueron almacenados a -20°C hasta el momento de ser analizados.

Determinación de compuestos fenólicos totales

La concentración de compuestos fenólicos totales se determinó por el método de Gao y col. (2002). En un tubo de ensaye se colocaron 100 µL de los extractos y se les adicionaron 700 µL de una solución 0.2N del reactivo de Folín-Ciocalteu, se mezclaron y reposaron durante 3 min a 25 °C, posteriormente se adicionaron 900 µL de carbonato de sodio y la mezcla se mantuvo por 90 min en la oscuridad, después de ese tiempo se determinó la absorbancia a 765 nm. Los compuestos fenólicos totales fueron expresados como mg ácido gálico/g en base a una curva estándar. Las mediciones espectrofotométricas se realizaron en un espectrofotómetro con arreglo de diodos Hewlett Packard HP8452A.

Actividad antiradical

La actividad antiradical fue determinada por el método de Ranilla y col. (2010) con algunas modificaciones. 100 µL de los extractos (a una concentración 0.7 mg/mL de compuestos fenólicos totales) fueron transferidos a tubos polipropileno donde se adicionaron 2.8 mL del radical DPPH[•] (98.9 µM en metanol) y se agitaron en un vórtex durante 15s, los tubos se mantuvieron en reposo y en ausencia de luz durante 30 min, después de ese tiempo se determinó la absorbancia a 515 nm. Se utilizó metanol como blanco y una solución de Trolox 0.02 mM como control antioxidante.

La actividad antioxidante se expresó como % de inhibición.

$$\% \text{ inhibición} = [(A_{0515} - A_{t515}) / A_{0515}] \times 100$$

Donde A_{0515} = Absorbancia sin el extracto

A_{t515} = Absorbancia con el extracto.

Actividad inhibitoria de la enzima α -glucosidasa

El ensayo para medir la inhibición de la actividad α -glucosidasa de los extractos fue adaptado de Yuan y col. (2012). Una mezcla de 50 μ L de los extractos (0.7 mg/mL de compuestos fenólicos totales), 100 μ L de amortiguador de fosfatos 0.1 M a pH 6.9 y 100 μ L de una solución de α -glucosidasa de levadura *S. cerevisiae* (67 mU/ensayo) se incubaron en un plato de 96 pozos a 25°C durante 10 min, después de ese tiempo, se adicionaron 100 μ L de una solución de p-nitrofenil α -D glucopiranosido (p-NPG) 0.1 M en amortiguador de fosfatos pH 6.9 a cada pozo. Esta mezcla fue nuevamente incubada a 25°C durante 10 min. La absorbancia fue determinada a 405 nm en un lector de microplatos (SpectraMax M2, Molecular Devices Corp., SoftmaxPro v.4.6 software, Sunnyvale, CA, USA). Los cambios en la absorbancia fueron determinados antes de la incubación y después de 30 min de la adición del p-NPG; y fueron comparados con una muestra control que consistió en 50 μ L de amortiguador de fosfatos pH 6.9, en lugar de los extractos. Se utilizó una solución de acarbosa (0.44 mg/mL) como inhibidor positivo.

El porcentaje de inhibición de la actividad enzimática fue calculada por:

$$\% \text{ inhibición} = [(\Delta A_{\text{bs control}} - \Delta A_{\text{bs muestra}}) / \Delta A_{\text{bs control}}] \times 100$$

Donde: $\Delta A_{\text{bs control}}$: Cambios en la absorbancia del control

$\Delta A_{\text{bs muestra}}$: Cambios en la absorbancia de la muestra.

Actividad inhibitoria de la enzima α -amilasa

El ensayo para medir la inhibición de la actividad de la α -amilasa por los extractos fue adaptado de Adisakwattana y col. (2009). La enzima α -amilasa (páncreas de porcino, 3 U/mL) fue disuelta en amortiguador de fosfatos salino 0.1 M pH 6.9. Se adicionaron 200 μ L de los extractos en una solución de almidón (1 g/L) y la reacción se inició al adicionar 500 μ L de la solución de la

enzima, la mezcla fue incubada a 25°C durante 10min, después de ese tiempo se adicionaron 500 µL de amortiguador de fosfatos 0.02 M (pH 6.9 con cloruro de sodio 6 mM). La mezcla de reacción se incubó nuevamente a 25°C durante 10 min y se detuvo por la adición de 1 mL de una solución que contenía ácido dinitrosalicílico al 1%, fenol al 0.2%, Na₂SO₃ al 0.05% e NaOH al 1% en solución acuosa. Después de ese tiempo, la mezcla se incubó a 90°C durante 5 min, y se enfrió a 25°C. Posteriormente, la mezcla se diluyó con 10 mL de agua destilada y se determinó la absorbancia a 540 nm. La muestra control consistió en 200 µL de amortiguador de fosfatos pH 6.9, en lugar de los extractos. Se utilizó una solución de 0.44 mg/mL de acarbosa como inhibidor positivo.

El porcentaje de inhibición de la actividad enzimática fue calculada por:

$$\% \text{ inhibición} = [(\Delta A_{\text{bs control}} - \Delta A_{\text{bs muestra}}) / \Delta A_{\text{bs control}}] \times 100$$

Donde:

$\Delta A_{\text{bs control}}$: Cambios en la absorbancia del control.

$\Delta A_{\text{bs muestra}}$: Cambios en la absorbancia de la muestra.

Todos los análisis fueron realizados por triplicado.

Análisis estadístico

Todos los experimentos fueron diseñados utilizando un diseño de bloques completamente al azar y el nivel de significancia ($p < 0.05$) entre medias de los tratamientos se estableció utilizando ANOVA de una sola vía con el software MINITAB v.15.

Resultados y discusión

Los fitoquímicos, en especial los compuestos fenólicos están recibiendo creciente atención debido a sus actividades biológicas. Cho y col. (2003), han reportado que este tipo de compuestos juegan un papel importante en la modulación de la actividad α -glucosidasa y α -amilasa, por lo tanto, pueden contribuir al manejo de la diabetes tipo 2, en este estudio los compuestos fenólicos constituyen el principal grupo de compuestos que actúan como antioxidantes.

El contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antiradical de las variedades de cebolla utilizadas en este estudio se muestran en la Tabla 1. El contenido de compuestos fenólicos totales varió de 6.59 a 9.28 mg/100 g y de 24.3 a 42.7 mg/100 g y la capacidad

antiradical se encontró de entre 20.4% a 39.6% y de 46.8 a 89.2% para los extractos acuosos y etanólicos respectivamente. Los extractos etanólicos de la variedad morada mostraron la más alta concentración de compuestos fenólicos (42.7 mg/100 g), seguido de la variedad amarilla (29.5 mg/100g) y blanca (24.3 mg/100g). El contenido de compuestos fenólicos totales varía dependiendo de la variedad de cebolla analizada. Las diferencias entre los compuestos fenólicos extraíbles en medio etanólico y medio acuoso refleja la composición en cada uno de los extractos, la polaridad de los mismos y el grado en el cual los compuestos fenólicos presentes en ellos puedan estar esterificados y/o glicosilados.

La mayor capacidad antiradical se presentó en el extracto etanólico de la variedad morada (89.2%), seguido por actividades moderadas (51.3% y 46.8%) para las variedades amarilla y blanca y actividades menores para los extractos acuosos (39.6% a 20.4%) lo cual es consistente con el contenido de compuestos fenólicos (Tabla 1).

Las diferencias entre el contenido de compuestos fenólicos totales de cada una de las variedades se refleja en las actividad antiradical de los extractos como se ha sido reportado anteriormente (Sellappan y Akoh, 2002).

Tabla 1. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antiradical de los extractos etanólicos y acuosos de las distintas variedades de cebolla.

Variedad	^p Contenido de compuestos fenólicos totales		^q DPPH	
	Acuoso	Etanólico	Acuoso	Etanólico
Blanca	6.59 \pm 0.7 ^a	24.3 \pm 2.2 ^a	20.4 \pm 2.1 ^a	46.8 \pm 4.5 ^a
Amarilla	8.83 \pm 0.5 ^b	29.5 \pm 2.3 ^b	31.2 \pm 2.5 ^b	51.3 \pm 4.3 ^b
Morada	9.28 \pm 0.9 ^c	42.7 \pm 2.7 ^c	39.6 \pm 2.3 ^c	89.2 \pm 7.5 ^c

T^{a-c} Las medias con letras iguales en una misma columna no difieren significativamente (p>0.05).

^pConcentración expresada en mg de ácido gálico/100 g de muestra.

^qCapacidad antiradical expresada en %.

La mayoría de las variedades de cebollas son ricas en vitaminas, fibra, compuestos de azufre y compuestos fenólicos, su efecto antiradical se ha asociado con estos últimos (Desjardins, 2008). Las diferencias observadas entre las capacidades antiradical de las variedades en este estudio pueden ser debido a la naturaleza de los compuestos fenólico presentes en cada uno de los extractos. La correlación presentada entre la capacidad antiradical y el contenido de compuestos

fenólicos fue significativa ($r^2=0.95$, $r^2=0.98$, $p < 0.05$) para los extractos acuosos y etanólicos respectivamente, soportando esto que el contenido de compuestos fenólicos contribuye significativamente a la capacidad antiradical (Tabla 1). La variedad morada es rica en quercetina y kaemferol además de antocianinas que han mostrado ser potentes antioxidantes lo que explicaría la mayor actividad antiradical que muestran los extractos de esta variedad, mientras que las variedades amarilla y blanca poseen altas concentraciones de quercetina y kaemferol (Desjardins, 2008).

La capacidad antiradical determinada en este estudio se encuentra dentro de las actividades reportadas para cebollas de otros países (Bahorun y col., 2004), sin embargo la actividad antioxidante de extractos de cebolla blanca de España (Santas y col., 2008), es ligeramente menor a los reportados en este estudio.

Actividad inhibidora de α -glucosidasa y α -amilasa

Estudios preliminares muestran una respuesta dependiente de la concentración de los compuestos fenólicos totales para la inhibición de α -glucosidasa y α -amilasa (Figura 1). Aunque las concentraciones examinadas no producen una inhibición más allá del 55%, el comportamiento es consistente con el tipo de inhibición reversible. La concentración del extracto que presentó mayor actividad inhibitoria fue utilizada para comparar las actividades inhibitorias de todos los extractos de cebolla.

Entre los extractos etanólicos de cebolla probados a la concentración máxima inhibitoria (0.7 mg/mL) solamente la variedad blanca inhibe la actividad α -glucosidasa más allá del 50%.

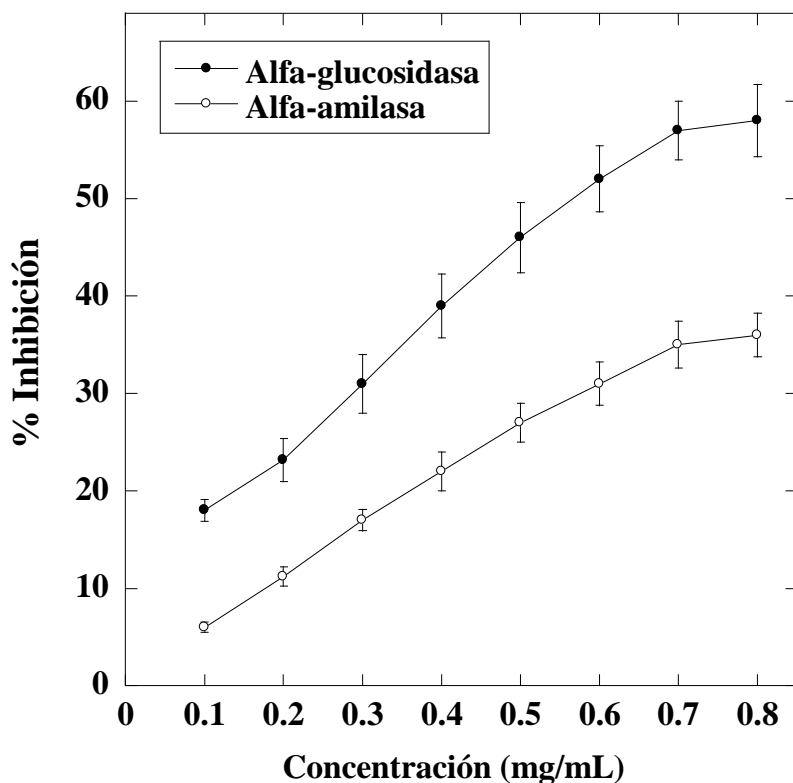


Figura 1. Respuesta dependiente a la concentración de compuestos fenólicos totales a la inhibición de α -glucosidasa y α -amilasa en extractos etanólicos de cebolla blanca.

Los extractos de cebolla morada y amarilla exhibieron actividades de 51% y 34% respectivamente. El mismo comportamiento se presentó para los extractos acuosos mostrando inhibiciones del 39% al 20% (Figura 2 y 3). Se ha demostrado que la quercitina y el kaemferol (que son los principales flavonoides presentes en cebolla) son efectivos inhibidores de esta enzima (Minh y col., 2013). Las antocianinas pueden actuar como inhibidores de α -glucosidasa debido a la similitud estructural entre sus sustratos y los azúcares que se unen a la antocianinas a través del enlace β -glucosídico, esto podría explicar el hecho de que la cebolla morada con mayor concentración de compuestos fenólicos totales (entre ellos antocianinas) presente actividad inhibidora cercana a los extractos de cebolla blanca en ambos tipos de extracción. Pérez-Giorgio y col. en 2011 reportaron que la concentración de antocianinas en cebolla morada y roja es menor al 1% comparada con la concentración de flavonoles y la principal antocianina reportada es cianidina 3-glucósido. Todos los extractos fueron menos efectivos comparados con la droga terapéutica acarbossa que presento una inhibición de 97%.

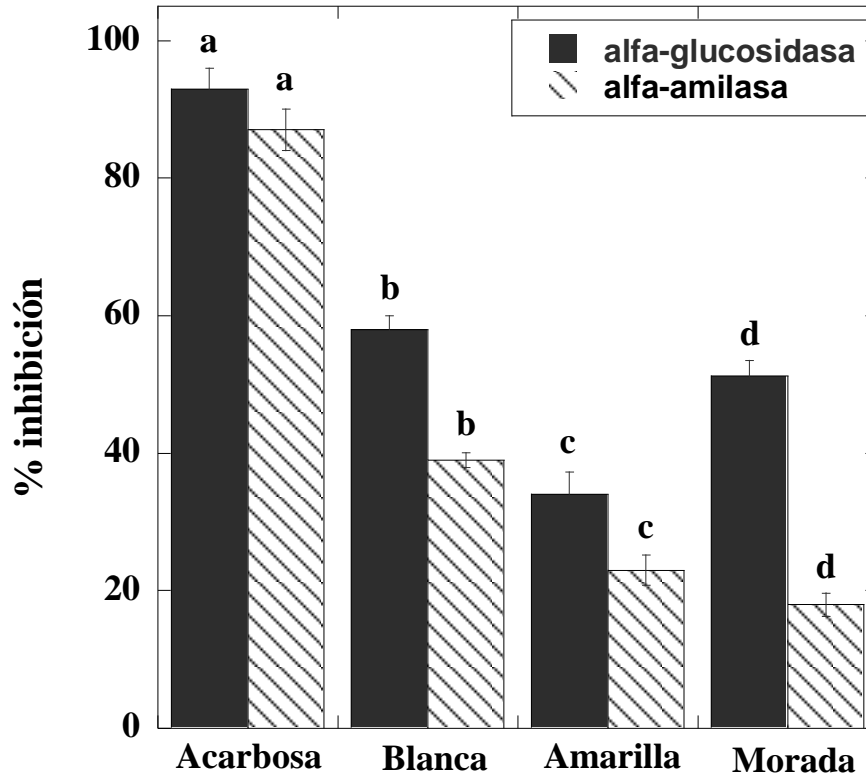


Figura 2. Efecto inhibitorio de los extractos etanólicos sobre la actividad α -glucosidasa y α -amilasa. Barras que compartan la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Extractos etanólicos y acuosos de cebolla blanca probados a concentraciones de 2 mg/mL mostraron inhibiciones de 45% y 22% respectivamente (Kim y col., 2011), en extractos acuosos:metánolicos de cebolla de Gales se encontraron inhibiciones de 86% a concentraciones de 1 mg/mL (Watanabe y col., 1997).

Todos los extractos exhibieron capacidad de inhibir la actividad de la enzima α -amilasa. El porcentaje más elevado se observó en los extractos de cebolla blanca (39% y 17%), mientras que los extractos de cebolla morada mostraron la menor actividad (8 y 18%) para etanol y agua respectivamente (Figura 2 y 3), también estos extractos fueron menos efectivos comparados con la droga terapéutica acarbosa (87% de inhibición), este comportamiento es similar al mostrado en los estudios realizados por Akkarachiyasit y col. (2010), quienes demostraron que las antocianinas de cebolla roja del tipo cianidina y sus glucósidos no presentan capacidad inhibitoria sobre α -amilasa. Nickavar y col. (2009), reportaron una actividad inhibidora de esta enzima de 80.94% de extractos etanólicos de cebolla blanca a una concentración de 36 mg/mL de muestra.

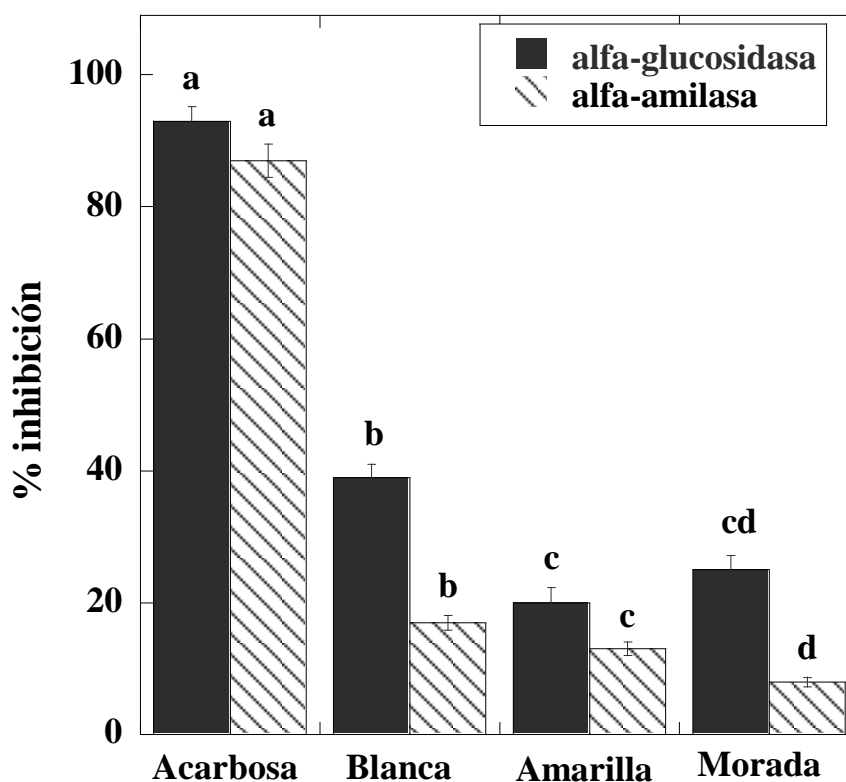


Figura 3. Efecto inhibitorio de los extractos acuosos sobre la actividad α -glucosidasa y α -amilasa. Barras que compartan la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En general la actividad inhibitoria de los extractos etanólicos es mayor que la de los extractos acuosos probablemente debido al tipo de compuestos fenólicos que se encuentran presentes en cada uno de ellos. Las diferencias encontradas en este estudio con respecto a estudios previos pudieran ser debidas a la diferencia entre las variedades estudiadas, a su origen, incluyendo los factores climáticos, además del tipo de extracción y concentración de compuestos fenólicos a los que cada uno fue evaluado.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio indican que las variedades de cebolla estudiadas poseen efectos benéficos potenciales. Entre las variedades probadas la variedad morada mostró la mayor capacidad antiradical y la variedad blanca mostro la mayor habilidad de inhibición de α -glucosidasa y α -amilasa. En comparación de los dos métodos de extracción utilizados, la extracción con etanol permite extraer la mayor cantidad de compuestos fenólicos totales.

El perfil de compuestos fenólicos totales se encuentra relacionado a las capacidades antirradicales e inhibidoras de α -glucosidasa, no así de α -amilasa. La fuerte inhibición de α -glucosidasa y la menor inhibición de α -amilasa indican que las variedades consideradas en este estudio podrían representar una opción para la reducción de glucosa postprandial en sangre con efectos secundarios mínimos. Estas variedades son objeto de estudios más profundos sobre su efecto potencial como promotores de la salud, así como de la identificación de cuáles de los compuestos fenólicos son responsables de las actividades aquí estudiadas.

Referencias

- Adisakwattana, S., Chantarasinlapin, P., Thammarat, H., Yibchok-Anun, S. (2009). A series of cinnamic acid derivatives and their inhibitory activity on intestinal alpha-glucosidase. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 24 (5): 1194–1200.
- Akkarachiyasit, S., Charoenlertkul, P., Yibchok-anun, S., Adisakwattana, S. (2010). Inhibitory activities of cyanidin and its glycosides and synergistic effect with acarbose against intestinal α -glucosidase and pancreatic α -amylase. *International journal of molecular sciences*, 11 (9): 3387-3396.
- Bischoff, H. (1994). Pharmacology of glucosidase inhibitor. *European Journal of Clinical Investigation*, 24: S3–10.
- Bahorun, T., Luximon-Ramma, A., Crozier, A., Aruoma, O.I. (2004). Total phenol, flavonoids, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritan vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(12): 1553-1561.
- Cho, E. J., Yokozawa, T., Rhyu, D. Y., Kim, S. C., Shibahara, N., and Park, J. C. (2003). Study on the inhibitory effects of Korean medicinal plants and their main compounds on the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Phytomedicine*, 10(6-7): 544-51.
- Desjardins, Y. (2008). Onion as a nutraceutical and functional food. *Cronica Horticulturae*, 48, 8–14.
- Galdon, B. R., Rodriguez, E. M. and Romero, C. D. (2008). Flavonoids in onion cultivars (*Allium cepa* L.). *Journal of Food Science*, 73, C599–C605.

- Gao, L., Oomah, B. D. y Mazza, G. (2002). *Wheat quality: antioxidant activity wheat millstreams*. In P. Ng, & C. W. Wrigley (Eds.), *Wheat quality elucidation*. St. Paul, MN: AACC International, AACC Press. 233 Pp.
- Kim, S-H., Jo, S-H., Kwon, Y. and Hwang, J-K. (2011). Effects of Onion (*Allium cepa* L.) Extract administration on intestinal α -glucosidases activities and spikes in postprandial blood glucose levels in SD rats model. *International Journal Molecular Science*, 12(6): 3757–3769.
- Kwon, Y-I., Vatter, D.A. and Shetty, K. (2005). Evaluation of clonal herbs of Lamiaceae species for management of diabetes and hypertension. *Asia pacific journal of clinical nutrition*, 15: 107-118.
- Nickavar, B. and Yousefian, N. (2009). Effects of six *Allium* species on α -amylase enzyme activity. *Irianian Journal of Pharmaceutical Research*, 8(1): 53-57.
- Minh, A. T. P., Wang, J., Tang, J., Lee, Y. Z. and Ng, K. (2013). Evaluation of α -glucosidase inhibition potential of some flavonoids from *Epimedium brevicornun*. *LWT. Food Science and Technology*, 53: 492-498.
- Pérez-Gregorio, M.R., García-Falcon, M. S. and Simal-Gándara, J. (2011). Flavonoids changes in fresh-cut onions during storage in different packaging systems. *Food Chemistry*, 124, 652–658.
- Ranilla, L. G., Kwon, Y. I., Apostolidis, E. and Shetty, K. (2010). Phenolic compounds antioxidant activity and in vitro inhibitory potential against key enzymes relevant for hyperglycemia and hypertension of commonly used medicinal plants, herbs and spices in Latin America. *Bioresource Technology*, 101: (12) 4676–4689.
- Santas, J., Carbó, R., Gordon, M. H., Almajano, M.P. (2008). Comparison of the antioxidant activity of two Spanish onion varieties. *Food Chemistry*, 107:1210-1216.
- Sellappan, S. and Akoh, C. C. (2002). Flavonoids and antioxidant capacity of Georgia-grown *Vidalia* onions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(19): 5338-5342.
- Watanabe, J., Kawabata, J., Kurihara, H. and Niki, R. (1997). Isolation and identification of α -glucosidase inhibitors from tochu-cha (*Eucommia ulmoides*). *Bioscience Biotechnology Biochemistry*, 61:177–8.
- Yuan, T., Wan, C., Liu, K. and Seeram, N.P. (2012). New maplexins FI and phenolic glycosides from red maple (*Acer rubrum*) bark. *Tetrahedron*. 68 (4): 959–964.