

## CARACTERIZACIÓN DE METABOLITOS PRESENTES EN TRES VARIEDADES DEL GÉNERO *Allium sp.* CULTIVADAS EN ANDALUCÍA

### CHARACTERIZATION OF METABOLITES PRESENT IN THREE VARIETIES OF THE GENUS *Allium sp.* CULTIVATED IN ANDALUSIA

Paulina Karen Contreras Gutiérrez<sup>1 \* \$</sup>; Alegría Carrasco Pancorbo<sup>2 \* \$</sup>; Alberto Fernández Gutiérrez<sup>3 \* \$</sup>

Recibido: Agosto 15, 2023; Aceptado: Septiembre 26, 2023

#### RESUMEN

El presente artículo científico describe el proceso que conlleva la identificación de los compuestos bioactivos presentes en tres variedades del género *Allium sp.* (cebolla roja, cebolla, blanca y cebolleta) producidas en Andalucía-España. Para su estudio se utilizó la técnica analítica de cromatografía líquida de alta resolución acoplada a espectrometría de masas/masas con analizador de cuádruplo-tiempo de vuelo (HPLC-ESI-TOF). El analizador de masas TOF ofrece una elevada exactitud de los valores de masas y la distribución isotópica tanto de los espectros de masas como de los de MS/MS permitiendo así la identificación de un gran número de compuestos. Los perfiles cromatográficos obtenidos para la cebolla roja, cebolla blanca y cebolleta respectivamente, fueron muy similares desde un punto de vista cualitativo, pero hubo compuestos que solo fueron hallados en una sola variedad, como por ejemplo tanshinone y curculigósidos en cebolla roja, alliospiroside D en cebolla blanca, de otro modo no se observó la presencia de ácido síringico, taxifolin glucósido, dietilflavona-5,7-dioxiacetato y diglucósidos de isorhamnetin, en el perfil de cebolla blanca. Este tipo de estudios resulta muy importante, pues permite conocer la composición de metabolitos secundarios de los alimentos para su aprovechamiento en la industria alimentaria, pues muchos de ellos refieren bioactividad en beneficio de la salud.

**Palabras claves:** Identificación, *Allium sp.* técnica acoplada.

#### ABSTRACT

This scientific article describes the process that entails the identification of bioactive compounds present in three varieties of the genus *Allium sp.* (red onion, onion, white, and spring onion.) produced in Andalusia-Spain. For its study, the analytical technique of high-resolution liquid chromatography coupled to mass/mass spectrometry with a quadruple-time-of-flight analyzer (HPLC-ESI-TOF) was used. The TOF mass analyzer offers high accuracy of mass values and isotopic distribution of both mass spectra and MS/MS, thus allowing the identification of a large number of compounds. The chromatographic profiles obtained for red onion, white onion, and chives, respectively, were very similar from a qualitative point of view, but there were compounds that were only found in a single variety, such as tanshinone and curculigosides in red onion, alliospiroside D in white onion, otherwise the presence of syringic acid, taxifolin glucoside, diethyl flavone-5,7-diacetate, and isorhamnetin diglucosides was not observed in the profile of white onion. This type of study is very important, as it allows us to know the composition of secondary metabolites in foods for their use in the food industry, since many of them refer to bioactivity for the benefit of health.

**Keywords:** Identification, *Allium sp.* coupled technique.

**Citación:** Contreras Gutiérrez Paulina K., Carrasco Pancorbo Alegría, Fernández Gutiérrez Alberto, **CARACTERIZACIÓN DE METABOLITOS PRESENTES EN TRES VARIEDADES DEL GÉNERO *Allium sp.* CULTIVADAS EN ANDALUCÍA** Revista Científica EMINENTE 2023, 7-2: 37-46.

<sup>1</sup> Department of Analytical Chemistry, University of Granada, E-18071 Granada, Spain.

\* Corresponde al Autor (correo electrónico: pcontreras@ugr.es).

§ Dirección de contacto Investigador primer autor: Telf.: (+591) 71106506 Oruro – Bolivia.

## INTRODUCCIÓN

El género *Allium* pertenece a la familia de las Amaryllidaceae [1]; que comprende aproximadamente unas 800 especies [2], de las que destacan las especies ornamentales y comestibles. Este género está formado por la cebolla, ajo, puerros, chalotes, cebolletas y cebollines.

De todos estos cultivos, en este capítulo se han caracterizado tres variedades de *Allium sp.* como son la cebolla roja (*Allium cepa*) y blanca (*Allium cepa L.*) y la cebolleta (*Allium fistulosum L.*). Las mismas se han elegido por su amplia demanda y ser producidas en algunas zonas de Andalucía. A continuación, se procederán a realizar unas consideraciones acerca de la producción de estas variedades, las actividades funcionales que se les han asignado y las herramientas que han sido empleadas en la caracterización de sus componentes bioactivos.

### Generalidades de la cebolla.

La cebolla es un vegetal íntimamente relacionado con el ajo; morfológicamente es una planta bulbosa, herbácea, con tallos huecos y hojas cilíndricas algo carnosas. Se comercializa en forma de bulbo, que es la parte de la planta de mayor consumo, la cual puede ser redonda, ovoide o aplanada, según la variedad de cebolla. El bulbo está formado por varias capas concéntricas (llamadas cascós), los cuales se hallan separados por finas membranas muy ricas en agua. Durante su desarrollo la última capa se seca para cumplir la función de protección al resto del bulbo.

Existen muchas variedades de cebolla: roja, amarilla, blanca y verde; cada una de ellas con sabor propio, que va desde muy fuerte a ligeramente dulce. De todas ellas son las variedades de cebolla roja y blanca las de mayor cultivo.

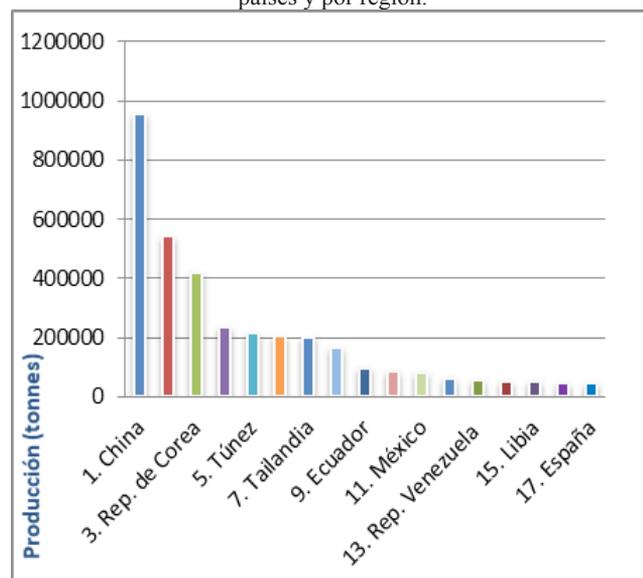
La cebolla se consume desde hace más de 5.000 años [3]; sus orígenes parecen indicar que procede de Asia [4]. La producción y consumo de esta verdura ha reflejado un crecimiento del 25% en los últimos diez años pues constituye una importante fuente de compuestos beneficiosos para la salud [5], (donde destacan la actividad de fructanos, flavonoides y compuestos organoazufrados) [18], considerándose un alimento

funcional, que se consume de forma cruda, cocida, frita, seca o tostada.

Con referencia a su cultivo, la cebolla es la especie más cultivada del género *Allium* cepa [6], la gran mayoría de los cultivos pertenecen al “grupo de la cebolla común”. A nivel mundial es el cuarto cultivo hortícola más importante con un total de 4'197.549 de toneladas según datos estadísticos (FAOSTAT, 2020) de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) [7].

En España, es el segundo cultivo más importante después de los tomates. Respecto a su producción, los datos estadísticos de la FAO muestran que China es el principal productor de cebolla a nivel mundial (figura 2) y en los que España ocupa el décimo séptimo lugar.

Figura 2. Producción de cebolla a nivel mundial por países y por región.



Fuente: Elaboración propia

En España las principales comunidades productoras de cebolla son Castilla la Mancha, Andalucía y Valencia.

### Generalidades de la cebolleta.

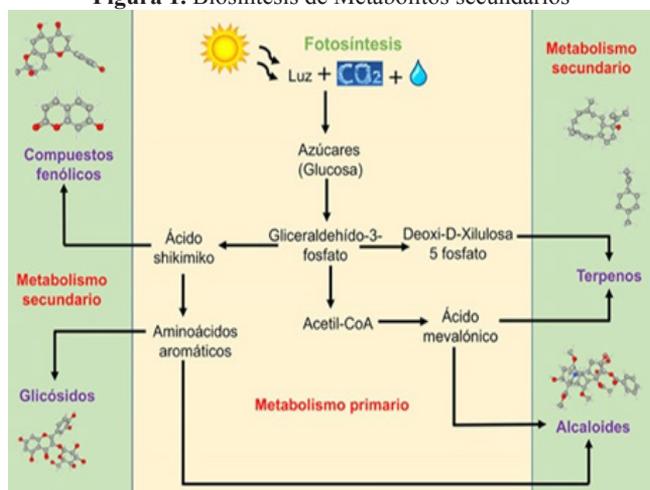
La cebolleta es una especie del género de las cebollas. Es una planta perenne que no forma bulbos, su forma característica es alargada y de poco grosor, sus hojas y tallos son prácticamente huecos, su sabor es más bien dulce y más delicado, aunque en gusto y en olor es muy semejante a la cebolla.

El consumo de la cebolleta viene también de antiguo, se opina que apareció en Siberia y que fue introducida en Europa a finales de la edad media.

### Caracterización de compuestos bioactivos.

Una caracterización, comprende el estudio de todos los compuestos que la matriz de estudio posee, pues tomando en cuenta el origen biosintético, los compuestos bioactivos son metabolitos secundarios, que se dividen en cuatro grandes grupos: compuestos fenólicos, terpenoides y esteroides, alcaloides o compuestos nitrogenados y compuestos que contienen azufre o selenio.

Figura 1. Biosíntesis de Metabolitos secundarios



Fuente: Portal web <https://www.inecol.mx/>

Fotografía 1. Fotografía de técnica analítica acoplada HPLC-ESI-microQTOF-MS.



Fuente: Elaboración propia

Como bien refiere Urrialde et al, 2022, los compuestos bioactivos (sustancias con efecto fisiológico sobre la

salud [8].) están teniendo en los últimos años una gran consideración en las dietas de las poblaciones, sobre todo en aquellas que consumen un alto contenido de alimentos vegetales que las aportan [9].

Las técnicas acopladas permiten separar y analizar compuestos químicos con gran sensibilidad y especificidad [19], pues combina la cromatografía líquida (LC) como técnica separativa con la espectrometría de masas (MS), como sistema de detección.

### OBJETIVO GENERAL

Realizar y describir la caracterización de metabolitos secundarios presentes en tres variedades del género *Allium* sp. cultivadas en Andalucía España a través de una técnica analítica acoplada.

### METODOLOGÍA

Para la realización del estudio, se utilizó la técnica acoplada HPLC-ESI-TOF considerada como ideal para la caracterización de compuestos en matrices vegetales, debido a que genera información que facilita la identificación de los posibles compuestos que podrían estar presentes en la muestra. Sus datos pueden ser completados con análisis MS/MS.

### Reactivos

Como disolvente de extracción se utilizó metanol grado HPLC (High Purity Liquid Chromatography) de Lab-Scan (Dublín, Irlanda) y agua Milli-Q (Millipore, Bedford, MA, EEUU).

Como fases móviles se utilizaron acetonitrilo grado HPLC de Lab-Scan (Gliwice, Sowinskiego, Poland) y agua Milli-Q (Millipore, Bedford, MA, EEUU). Para la acidificación de la fase móvil (agua Milli Q) se utilizó ácido acético grado análisis de Fluka (Suiza).

Ambos disolventes se filtraron en un equipo de filtración (Supelco, Bellefonte, PA, EEUU) y se sonicaron en un baño ultrasonidos (Selecta Mod.513. Barcelona-España).

### Muestra

Para el análisis del perfil metabólico de las tres variedades *Allium* de este estudio se trabajó con tres

muestras: cebolla roja, cebolla blanca y cebolleta. Estas muestras fueron facilitadas por el Departamento de Química Analítica de la Universidad de Almería, dentro del marco del proyecto “Mejora del contenido de información de las tablas de composición de alimentos”, (contrato de investigación con la Junta de Andalucía), cuyo objetivo principal es la caracterización de los polifenoles y otros compuestos bioactivos presentes en las frutas y verduras de alto consumo en Andalucía.

### Preparación de los extractos

Para la preparación de los extractos se siguieron los pasos descritos en la siguiente figura 2.



Fuente: Elaboración propia

### Condiciones HPLC

La separación de los compuestos se realizó utilizando un equipo de HPLC (High Resolution Liquid Chromatography) 1200 Series de Agilent Technologies (Santa Clara, CA, EEUU) dotado de una bomba binaria G1312B y un detector array de diodos (DAD) G1315C. Se utilizó una columna Zorbax Eclipse Plus (Agilent Technologies) RP-C18 de 4,6x150 mm y 1,8 µm de

poro. El volumen de inyección fue de 15 µL y el flujo de 0,8 mL/min.

### Condiciones sistema de ionización

Para la ionización y transferencia de los compuestos, desde el HPLC (instrumento de separación) hasta el espectrómetro de masas, se utilizó una fuente de ionización por electrospray (ESI).

### Condiciones del TOF

La detección de las masas exactas de las moléculas se logró utilizando un analizador en tiempo de vuelo TOF de Bruker Daltonics con aceleración ortogonal (Bremen, Alemania). Las condiciones fueron: voltaje de +1960 V en el detector y una ionización en modo negativo en un rango de 50 a 1100 m/z. Para conseguir la exactitud de masas necesaria para la identificación de los compuestos se utilizó calibración externa.

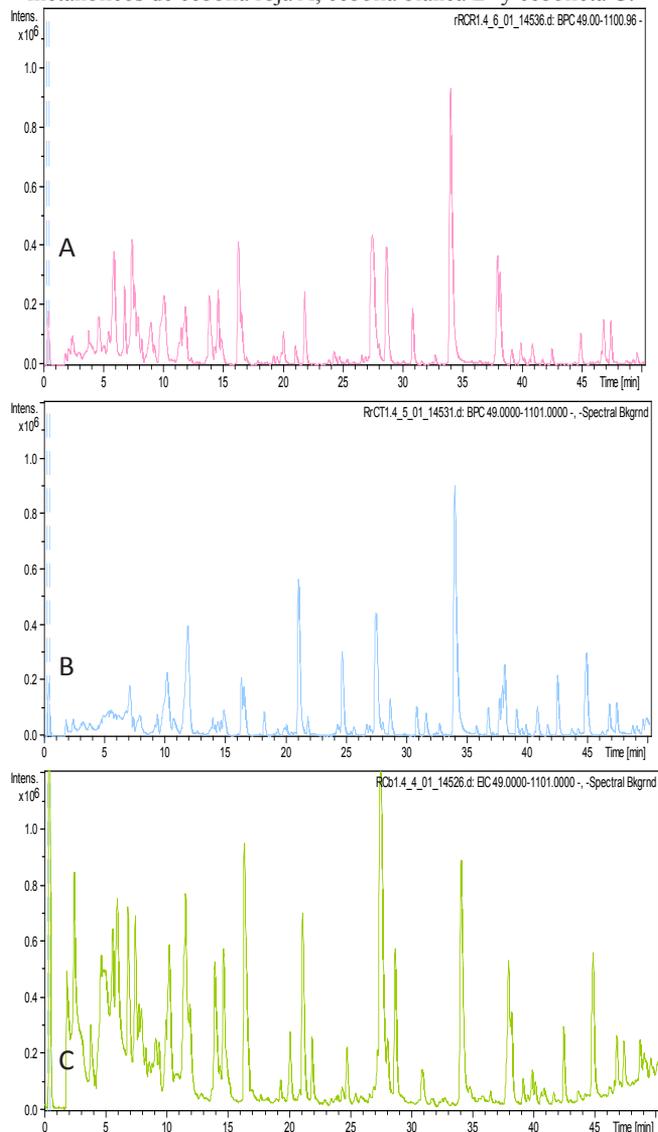
### Análisis de datos

Los datos de las masas exactas y los fragmentos obtenidos por TOF se procesaron con el software Data Analysis 3.5 y su editor Generate Molecular Formula™ (Bruker Daltonics Bremen, Alemania), que proporciona una lista de posibles fórmulas elementales mediante el uso de un editor inteligente de fórmula, el cual utiliza un algoritmo CHNO, que proporciona funciones estándar, como mínimo/máximo elemental, configuración electrónica y el anillo de más dobles enlaces equivalentes, así como una comparación sofisticada del teórico con el patrón de isótopos obteniendo así un “error” para una mayor confianza en la fórmula molecular sugerida. La precisión ampliamente aceptada para un umbral de la confirmación de la composición elemental se ha establecido en 5 ppm de error y 50 de  $m\sigma$  con excepción de algunos compuestos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cromatogramas de los extractos de las diferentes variedades a analizar se pueden observar en la figura 3. Como bien reporta la bibliografía, este género es una fuente rica en metabolitos como se puede observar en cada uno de ellos cromatogramas base.

**Figura 3.** Base Peak Cromatograma (BPC) de los extractos metanólicos de cebolla roja A, cebolla blanca B y cebolleta C.



Fuente: Elaboración propia

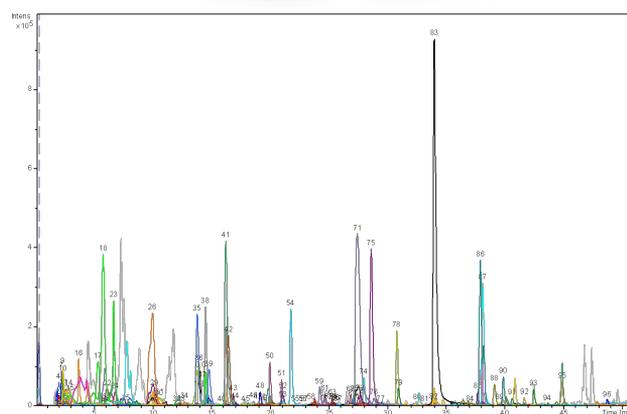
Para proceder al estudio de los perfiles obtenidos en micro QTOF se siguieron dos estrategias que pueden resultar complementarias:

- Buscar en los perfiles aquellos compuestos que ha sido previamente descrito en las matrices bajo estudio.
- Obtener la fórmula molecular de cada uno de los compuestos presentes en el perfil y buscar candidatos en las bases de datos.

A continuación, se procederá a describir los compuestos por familias que se observaron según el análisis propuesto:

En el caso de la cebolla roja se destacan 96 picos representativos, como se observa en la figura 4.

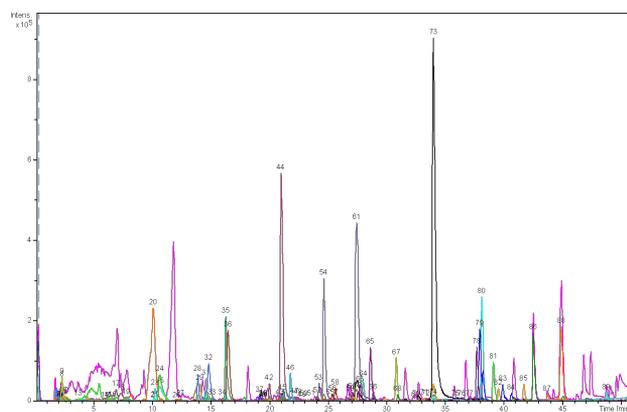
**Figura 4.** Cromatograma de los compuestos encontrados utilizando HPLC-ESI-TOF-MS en cebolla roja (*Allium cepa*).



Fuente: Elaboración propia

En el caso de la cebolla blanca se encontró 89 picos representativos en el cromatograma,

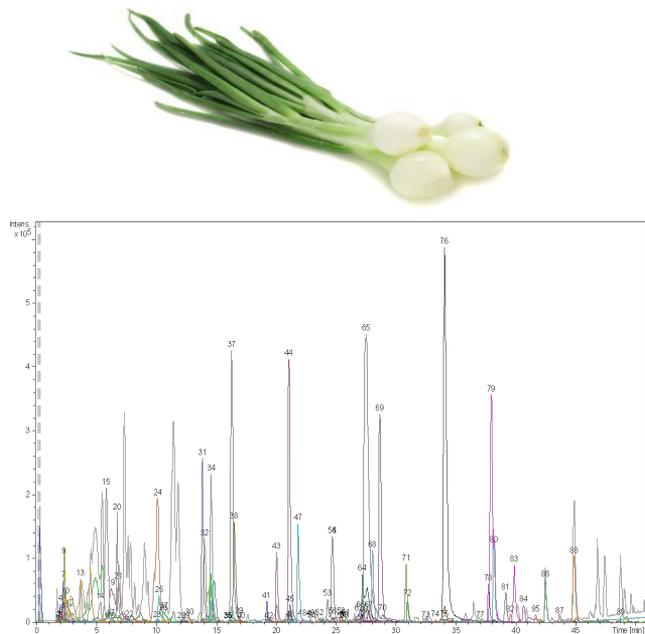
**Figura 5.** Cromatograma de los compuestos encontrados utilizando HPLC-ESI-TOF-MS en cebolla blanca (*Allium cepa* L.).



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el cromatograma de la cebolleta se encontró también 89 picos significativos.

**Figura 6.** Cromatograma de los compuestos encontrados utilizando HPLC-ESI-TOF-MS en cebolleta (*Allium fistulosum* L.).



Fuente: Elaboración propia

Para la detección de los compuestos se eligió la ventana analítica comprendida entre los minutos 1-54.

En esta ventana se detectaron la mayor cantidad de compuestos, de los cuales se describirán los más importantes a continuación:

#### • Compuestos nitrogenados

##### Aminoácidos y derivados

Entre el minuto 1 y 14 se identificó, de manera tentativa, la presencia de los iones correspondientes a los aminoácidos esenciales como isoleucina m/z 130, tirosina m/z 180, metionina m/z 148, fenilalanina m/z 164, triptófano m/z 203 y valina m/z 116 [10,11]. También se encontraron los aminoácidos asparagina m/z 131, glutamina m/z 145, arginina m/z 173 en las tres variedades; así como también se detectó la presencia de derivados de aminoácidos.

Entre el minuto 2 y 16 se detectaron  $\gamma$ -glutamil péptidos, entre los que se encontraron la  $\gamma$ -glutamil-leucina

dímero m/z 293, glicil-l-prolina m/z 171, l- $\alpha$ -glutamil-l-triptófano m/z 332, y  $\gamma$ -glutamil-fenilalanina m/z 293. La presencia de los mismos fue confirmada en las tres variedades.

#### • Compuestos organosulfurados

Las plantas del género *Allium*, en especial el ajo y la cebolla, son fuentes muy ricas de compuestos organosulfurados. Estos compuestos son los que le otorgan al sabor a la especie, además de ser los principales responsables de su bioactividad. En este caso se detectó la presencia de methiin m/z 150, deoxiallin m/z 162, alliin m/z 176, allicin m/z 161, y derivados como gamma-glutamyl-s-allil-l-cisteína y el dímero l-gamma-glutamyl-s-allil-l-cisteína en las tres variedades, los cuales se han encontrado en estudios realizados por HPLC en el ajo, donde se observa que existe una estrecha relación entre los péptidos y los compuestos organosulfurados

#### • Compuestos fenólicos polifenólicos y taninos

##### Ácidos hidroxibenzoicos

Entre los ácidos hidroxibenzoicos se pudo detectar la presencia del ácido vanílico m/z 167, protocatecuico m/z 153 y gálico m/z 169312 en las tres variedades, y la presencia del ácido siríngico m/z 197 en la cebolla roja y cebolleta.

##### Ácidos hidroxicinámicos

Entre los ácidos hidroxicinámicos se encontraron los ácidos cinámico m/z 147, sinápico m/z 223 y ferúlico m/z 193 en las tres variedades, y ácido p-cumárico m/z 163 solo en la cebolleta [12].

##### Flavonas

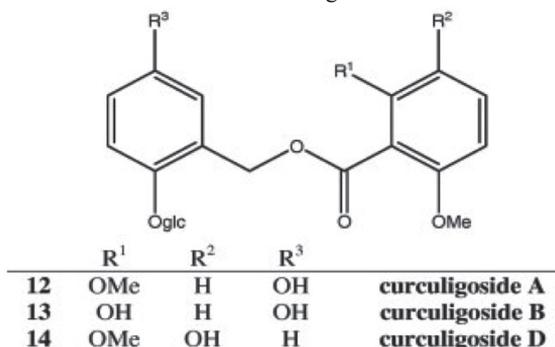
Dos posibles nuevos compuestos pertenecientes a esta familia fueron detectados con m/z 425 que corresponderían a la dietil flavona-5,7-dioxiacetato con tiempos de retención de 10.34 min el cual está presente en las tres variedades; y 12.71 min presente en solo en la cebolla roja y cebolleta.

##### Dihidroflavonoles

Se detectó también la presencia de taxifolin glucósido m/z 465 descrita por otros autores en cebolla roja [13] y cebolleta, en el minuto 18.99; así cuando se observa el espectro de masas, se puede ver con facilidad la presencia de la aglicona de taxifolin (m/z 303) y un fragmento de glucosa [M-162].

Otros compuestos que también generan la misma señal en MS, es decir m/z 465, son los curculigósidos [14], que se extraen de *Curculigo orchioides*.

Figura 7. Estructura molecular genérica de los compuestos fenólicos curculigósidos



Fuente: Jiang W. Fu et al (2011)

Esta señal fue encontrada solo en la cebolla roja generando la fórmula  $C_{22}H_{26}O_{11}$  que correspondería a la de los curculigósidos A o D cuyas fórmulas se recogen en la figura 4. Estos compuestos poseen efectos anti-amiloidogénicos contra péptidos útiles contra el Alzheimer [15].

## Flavonoles

Las especies del género *Allium* se caracterizan por ser una importante fuente de flavonoides particularmente de flavonoles y dentro de ellos destaca la presencia de quercetina y sus derivados glicosídico. Así, la quercetina se observa en el minuto 33.77 con un ion mayoritario correspondiente a m/z 301, también se observa en el espectro el dímero m/z 603 y el trímero de este compuesto m/z 905. Estos compuestos están presentes en las tres variedades y concuerda con lo que refiere la literatura al respecto.

La quercetina no solo se encuentra en forma de aglicona sino también en forma de mono-, di- e incluso triglicósidos en los tiempos de retención de 24.40, 24.61, 27.40 y 27.40 min que tienen un m/z de 463.

También se detectó la presencia de kaempferol m/z 285 en el minuto 37.63 en las tres variedades y su derivado glucosado se detectó en el minuto 27; el espectro correspondiente a este compuesto muestra la aglicona (285) y el fragmento [MH-162] el cual se observa en las tres variedades. El siguiente flavonol observado fue la luteolina m/z 285 en el minuto 33.59 la cual se presenta en las tres variedades.

## • Compuestos Terpenoides

### Glicósidos esteroideos

Dentro de esta familia se detectó la presencia de diferentes compuestos terpénicos como tanshinone m/z 293 ( $C_{19}H_{18}O_3$ ) cuyo pico se observa en el minuto 22.88, el cual se detectó solo en la cebolla roja en este estudio. Este compuesto ha sido descrito como un importante compuesto bioactivo, que es una naftoquinona diterpenoide aislada a partir de la raíz de *Salvia miltiorrhiza*. [16].

La detección de estos compuestos en este análisis se debe a la potencialidad de la técnica analítica utilizada en especial de HPLC. También se detectó fue alliofuranoside A m/z 887 descrito por Kravets et al., [17]. en *Allium cepa*. Este compuesto y un isómero del mismo se observan en las tres variedades, apareciendo en los minutos 27.67 y 27.72 respectivamente.

Así también en el perfil obtenido se puede observar la presencia de varios alliospirósidos, así se observa un pico con un m/z 753 que corresponde al alliospirosido D  $C_{39}H_{62}O_{14}$  que fue encontrado en *Allium cepa* por Amhad et al.

En este caso este compuesto solo se detecta en cebolla blanca apareciendo en el perfil como dos picos que corresponden a dos isómeros que tienen tiempos de retención de 32.42 y 33.24 min.

Otro isómero también descrito en cebolla fue el alliospirosido B m/z 899, del que se observan dos picos con tiempos de retención 40.83 y 42.37 (minutos) y aparece en cebolla roja y blanca. También se observó el alliospirosido C m/z 723 ( $C_{38}H_{59}O_{13}$ ) encontrado en *Allium cepa*, se observa como dos isómeros que aparecen con tiempos de retención de 35.85 y 36.40 (minutos) de los cuales el primero se observa en las tres variedades y el segundo solo en cebolla blanca y cebolleta.

Un último alliospirósido que se detectó fue el alliospiroside A m/z 707 con fórmula  $C_{38}H_{59}O_{12}$  descrito por Ahmad et al. el cual presenta dos picos con tiempos de retención de 44.52 y 44.59 (minutos) que se observan en las tres variedades estudiadas.

### CONCLUSIONES

De manera general se puede afirmar que los perfiles cromatográficos obtenidos para la cebolla roja, cebolla blanca y cebolleta respectivamente parecen muy similares desde un punto de vista cualitativo; es decir, un importante número de compuestos están presente en las tres muestras.

Dada la potencialidad de la técnica acoplada se detectó la presencia de compuestos que solo fueron hallados en una sola variedad, como por ejemplo tanshinone y curculigósidos en cebolla roja, alliospiroside D en cebolla blanca. En otros casos, algunos compuestos estuvieron presentes en dos variedades y ausentes en la tercera variedad. Tal es el caso de la cebolla blanca en la que no se observa la presencia de ácido síringico, taxifolin glucósido, dietilflavona-5,7-dioxiacetato y diglucósidos de isorhamnetin.

### RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una evaluación de los componentes que sean compuestos bioactivos para su posterior cuantificación.

Se recomienda realizar un estudio similar en Bolivia pues las cebollas son uno de los alimentos principales de consumo en Bolivia y como se ha observado presenta distintos compuestos bioactivos en su composición que pueden ser aprovechados en la Industria alimentaria en beneficio de la salud.

### CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés con la presente investigación.

### AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Departamento de Química Analítica de la Universidad de Almería, dentro del marco del proyecto “Mejora del contenido de información de las tablas de composición de alimentos”, y a la Junta de Andalucía.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Rabinowitch, H. D. & Currah L. (2002). Allium Crop Science: Recent advances. Wallingford UK. Ed: CABI publishing.
- [2] Block, E. (2010). Garlic and Others Alliums. The Lore and the Science. Cambridge UK. Ed: Royal Society of Chemistry.
- [3] Jones, R.N. (1983). Cytogenetic evolution in the genus Allium. In : Swaminathan MS, Gupta PK, Sinha U (eds) Cytogenetics of crop plants. Nueva Delhi-India. Ed: MacMillan.
- [4] Halnet, P. (1990). Taxonomy, evolution and history: In Onion and Allium Crops. Boca Raton Florida: Ed: CRC.
- [5] Zill e, H., Abert Vian, M., Maingonnat, J. F. & Chemat, F. (2009). Clean recovery of antioxidant flavonoids from onions: Optimising solvent free microwave extraction method. J of Chromat A. 1216(45), 7700-7707.
- [6] Brewster, J. L. (1994). Onions and other vegetable Alliums 1st ed. Wallingford, UK. Ed: CAB International. ISBN 0-85198-753-2.
- [7] Food and Agricultural Organization FAO.(2020). Data drawn from FAOSTAT. Recuperado de <http://faostat.fao.org/>
- [8] Martínez-Navarrete, N., Camacho Vidal, M. del M., & Martínez Lahuerta, J. J. (2008). Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. Revista Española de Nutrición Humana y Dietética, 12(2), 64-68.
- [9] Urrialde, Rafael, Gómez-Cifuentes, Ana, Pintos, Beatriz, Gómez-Garay, María Aránzazu, & Cifuentes, Blanca. (2022). Compuestos bioactivos de origen vegetal: desarrollo de nuevos alimentos. Nutrición Hospitalaria, 39(spe3), 8-11. Epub 21 de noviembre de 2022. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.04302>.
- [10] Kuon, J. & Bernhard, R. A. (1963). An Examination of the Free Amino Acids of the

- Common Onion (*Allium cepa*). *J Food Sci.* 28(3), 298-304.
- [11] Hansen S. L. (2001). Content of Free Amino Acids in Onion (*Allium cepa* L.) as Influenced by the Stage of Development at Harvest and Long-term Storage. *Acta Agric Scandinav, Sec B-Soil & Plant Sci*, 51(2), 77-83.
- [12] Seo, G-W., Cho, J-Y., Moon, J-H. & Park K-H. (2011). Isolation and identification of cinnamic acid amides as antioxidants from *Allium fistulosum* L. and their free radical scavenging activity. *Food Sci Biotechnol.*,20(2), 555-560.
- [13] Corea, G., Fattorusso, E., Lanzotti, V., Capasso, R. & Izzo A. A. (2005). Antispasmodic Saponins from Bulbs of Red Onion, *Allium cepa* L. *Var. Tropea. J Agric Food Chem.*, 53(4), 935-940.
- [14] Jiang, W., Fu, F., Tian, J., Zhu, H. & Hou, J. (2011). Curculigoside A attenuates experimental cerebral ischemia injury in vitro and vivo. *Neuroscience* 192(0), 572-579.
- [15] Jiang Rivière, C., Richard, T., Vitrac, X., Mérillon, J. M., Valls, J. & Monti, J. P. (2008). New polyphenols active on  $\beta$ -amyloid aggregation. *Bioorg Med Chem Lett.* 18(2), 828-831.
- [16] Park, E. J., Ji, H. Y., Kim, N. J., Song, W. Y., Kim, Y. H., Kim, Y. C., Sohn, D. H. & Lee, H. S. (2008). Simultaneous determination of tanshinone I, dihydrotanshinone I, tanshinone IIA and cryptotanshinone in rat plasma by liquid chromatography–tandem mass spectrometry: application to a pharmacokinetic study of a standardized fraction of *Salvia miltiorrhiza*, PF2401-SF. *Biomed Chromatogr.* 22(5), 548-555.
- [17] Kravets, S. D., Vollerner, Y. S., Gorovits, M. B. & Abubakirov, N. K. (1986). Steroids of the spirostan and furostan series from plants of the genus *Allium*. XXI. Structure of alliospiroside and alliofuroside a from *Allium cepa*. *Chem Nat Comp.* 22(2), 174-181
- [18] Colina-Coca C, de Ancos B, Sánchez-Moreno C. Nutritional composition of processed onion: s-alk(en)yl-l-cysteine sulfoxides, organic acids, sugars, minerals, and vitamin c. *Food Bioprocess Tech.* 2014;7:289-298. DOI: 10.1007/s11947-013-1150-4.
- [19] Kurek, M.; Benaida-Debbache, N.; Elez Garofulić, I.; Galić, K.; Avallone, S.; Voilley, A.; Waché, Y. Antioxidantes y compuestos bioactivos en los alimentos: revisión crítica de problemas y perspectivas. *Antioxidantes* 2022, 11 , 742. <https://doi.org/10.3390/antiox11040742>



**Prof. Alberto Fernández Gutiérrez.** Nació en Granada España es Catedrático Emérito en el Departamento de Química Analítica, del Instituto de Nutrición de la UGR y del grupo FQM297 “Control analítico ambiental, bioquímico y alimentario”. Ha sido Director del Centro de Investigación y Desarrollo de Alimento Funcional (CIDAF) desde el 2008 al 2017. También fue Miembro Consejo Andaluz Universidades.



**Alegría Carrasco Pancorbo.** Nació en Jaén España es Catedrática de Universidad del Departamento de Química Analítica.



**Paulina Karem Contreras Gutiérrez.** Nació en Oruro-Bolivia, es Ph D. en Química gracias a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo AECID, Investigadora adjunta de la Universidad de Granada España.