

Antocianinas recuperadas a partir de residuos vegetales

Esteban Murua¹ y Patricia Della Rocca²

1 Universidad de Belgrano, Facultad de Ciencias Exactas, Zabala 1837 (C1426DQG). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

2 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Centro de Tecnologías Químicas, CTQ, Av. Medrano 951 (C1179AAQ). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

patriciadellarocca@hotmail.com

Recibido el 21 de julio de 2023, aprobado el 1^o de agosto de 2023

Resumen

Este trabajo se enfocó en el estudio de las antocianinas obtenidas a partir de residuos de frutihortícolas. Se utilizó un conjunto de muestras de vegetales: berenjenas, repollo colorado, arándanos y frutillas, y se empleó un método de extracción con metanol agua (50:50), acidificado con ácido clorhídrico al 0,1 %. Se realizaron análisis de cuantificación por método de pH diferencial e identificación por TLC e IR y por HPLC. Luego, se procedió a comparar las diferencias en el contenido de antocianinas presentes en cada muestra al comienzo del estudio (en estado fresco) y luego de un período de tiempo de 7 días (residuo), cuando ya no eran aptas para el consumo.

PALABRAS CLAVE: ANTOCIANINAS DE RESIDUOS VEGETALES - RECUPERACIÓN DE ANTOCIANINAS - ANTOCIANINAS DE REPOLLO COLORADO - ANTOCIANINAS DE ARÁNDANOS

Abstract

This work focused on the study of anthocyanins (polyphenols) obtained from fruit and vegetable waste residues. A set of vegetable samples was used: eggplants, red cabbage, blueberries and strawberries. An extraction method with methanol water (50:50), acidified with 0.1% hydrochloric acid, was used. Quantification analyzes were performed by the differential pH method and identification by TLC and IR and by HPLC. Then, the differences in the anthocyanin content present in each sample at the fresh condition (when it is ready for consumption) and after a period of 7 days (residue) were contrasted, when they were no longer suitable for consumption.

KEYWORDS: ANTHOCYANINS FROM VEGETABLE RESIDUES - RECOVERY OF ANTHOCYANINS - ANTHOCYANINS FROM RED CABBAGE - ANTHOCYANINS FROM BLUEBERRIES

Introducción

Los residuos agroindustriales tienen un gran potencial en la recuperación de compuestos bioactivos que pueden emplearse para generar aditivos alimentarios que pueden ser interesantes para garantizar la sostenibilidad alimentaria mundial (Galanakis, 2012 y 2013, Görgüç *et al.*, 2020). Un compuesto bioactivo es una sustancia que tiene un efecto o puede desencadenar una respuesta fisiológica positiva en un organismo vivo. Las principales bioactividades de las antocianinas son las propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias, antialérgicas, antiteratogénicas y antiproliferativas (Guaadaoui *et al.*, 2014).

La industria alimenticia procesa un importante volumen de productos vegetales diariamente y también, produce gran cantidad de residuos, de los cuales se pueden recuperar compuestos bioactivos. Al mejorar la eficiencia en el uso de los recursos alimenticios se pueden resolver algunos problemas ambientales y de seguridad alimentaria. Las pérdidas y los desperdicios de alimentos se producen en varios subsectores económicos: en el campo, en las industrias de transformación, distribución, comedores escolares, restaurantes y hogares (Myer *et al.*, 1999; Ramírez *et al.*, 2017). Las causas de los desperdicios varían según el eslabón de la cadena productiva en el que se genera: producción, envasado, almacenamiento, transporte, comercialización y distribución de alimentos (Cabanias, 2014). La economía circular busca aprovechar los residuos para reducir, reciclar y reutilizar todo aquello que se desecha y darle una segunda vida. Actualmente, un gran número de empresas están desarrollando sus negocios en torno a un modelo productivo que tiene en cuenta los principios de esta economía. Para ello, es necesario que haya un cambio importante en el comportamiento tanto de los productores, como de los consumidores, siendo de vital importancia el reciclaje y la valorización material de los residuos. Además, es trascendental que una vez generados los residuos se puedan tratar inmediatamente para que el aprovechamiento sea máximo y los componentes bioactivos como pueden ser el caso de antocianinas no se deterioren en el tiempo.

Los vegetales en estado excesivo de maduración que son considerados residuos podrían ser una buena materia prima para la recuperación de componentes como pectinas, lípidos, polifenoles y fibras dietéticas, entre otros (Banerjee *et al.*, 2017).

Las antocianinas presentan importantes aplicaciones como pigmentos naturales y también como suplemento dietario. Se les atribuyen gran cantidad de beneficios para la salud. Además de su posible empleo para reemplazar colorantes artificiales que pueden ser perjudiciales a los consumidores o al medio ambiente. Además, pueden utilizarse como antioxidantes en productos alimenticios, farmacéuticos, y cosméticos. Actualmente, las antocianinas se emplean en las celdas solares con pigmentos fotosensibles como las celdas de Graetzel que resultan más ecológicas que las convencionales. Otras de las aplicaciones a los que se destinan las antocianinas son la elaboración de envases bioactivos o inteligentes, los cuales brindan información en tiempo real del estado del alimento que contienen por medio de cambios visuales fáciles de identificar. Generalmente, se trata de películas biodegradables sensibles a la acción de las enzimas excretadas por los microorganismos, convirtiéndose en moléculas más pequeñas que pueden ser metabolizadas por ellos, generando biomasa, agua, alcoholes, ácidos orgánicos y anhídrido carbónico (Gravier Rodríguez y Jurado Basante, 2022). Empleando antocianinas susceptibles a los metabolitos de las bacterias, se puede generar una reacción visual que permita detectar el estado de dicho alimento. Se probaron en empaques de pescado, que cuando comienza a deteriorarse produce un aumento de pH debido a la descomposición de aminoácidos como el de la creatina (desaminación oxidativa) y de la urea, lo que libera aminas volátiles, que son detectables por la antocianina. Esta tiene un color rojo intenso y, en contacto con las moléculas volátiles, se convierte en gris oscuro. (Zetty Arenas, 2012). Asimismo, las antocianinas resultan ser indicadores de color naturales (Gravier Rodríguez y Jurado Basante, S., 2022), ya que su estructura predominante se modifica con el pH y cambia de color (Figura 1).

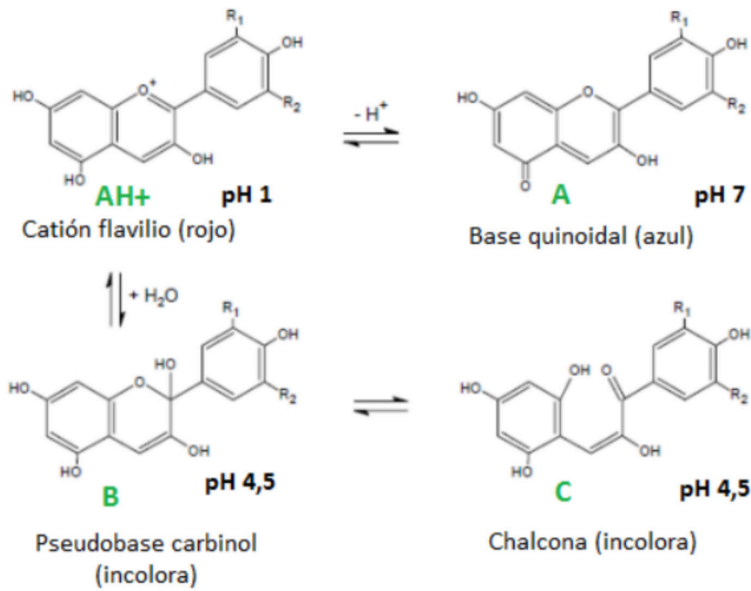


Fig. 1. Transformación de las antocianinas con el pH (Fennema, 2019)

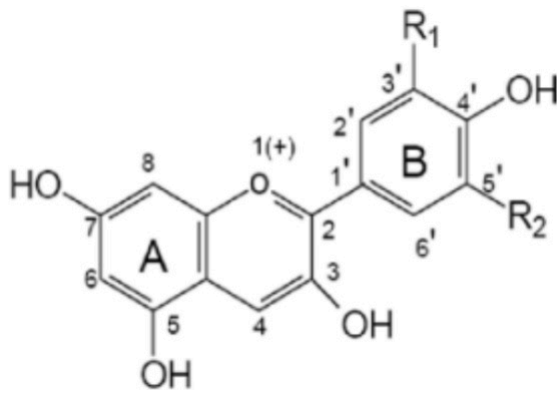


Fig. 2. Estructura básica de la aglicona o antocianidina

El contenido de antocianinas en los vegetales puede modificarse por factores agronómicos, según la variedad o por condiciones ambientales.

Las antocianinas muestran inestabilidad hacia una variedad de parámetros químicos y físicos, incluyendo el oxígeno, las altas temperaturas, la luz, diferentes valores de pH, enzimas y reacciones con otros compuestos en los alimentos o sistemas corporales (García Pastor, 2016; Andersen y Jordheim, 2013).

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas conformadas por dos anillos aromáticos, A y B, unidos por una cadena de tres átomos de carbono. Variaciones estructurales del anillo B producen las seis antocianidinas más conocidas (Figura 2) (Garzón, 2008).

Tabla 1. Antocianidinas más comunes con sus principales sustituyentes y sus absorbancias máximas

Aglicona	Sustituyentes		λ _{máx} (nm)
	R1	R2	Espectro visible
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-rojo)
Peonidina	OCH ₃	H	506 (naranja-rojo)
Petunidina	OCH ₃	OH	508 (azul-rojo)
Malvinidina	OCH ₃	OCH ₃	510 (azul-rojo)

En la Tabla 1 se presentan las antocianidinas más comunes con sus correspondientes sustituyentes y sus longitudes de ondas de máxima absorbancia en el espectro UV-Visible.

Una molécula de antocianidina se une a un carbohidrato a través de un enlace β-glicosídico. Generalmente, cinco azúcares forman parte de la molécula, en orden de abundancia son glucosa, ramnosa, galactosa, xilosa y arabinosa, y ocasionalmente, gentiobiosa, rutinosa y soforosa. Normalmente, los monosacáridos se unen a los grupos hidroxilo de la posición 3, mientras que los disacáridos lo hacen con hidroxilos 3 y 5, o bien en las posiciones 3 y 7 (Badui-Dergal, 2006; Timberlake, 1980). Las antocianinas se caracterizan por presentar complejos patrones de hidroxilación, metoxilación, glicosilación y acilación. Cuando en una misma molécula se encuentran dos glúcidos, generalmente se encuentran acilados con ácidos cinámicos (p-cumárico, caféico y ferrúlico) y con ácidos alifáticos (acético, malónico y succínico) e hidroxibenzoicos. La acilación no tiene efecto sobre el color, pero hace más estable a la antocianina (Timberlake, 1980, Pichardo Pérez, 2019).

Las antocianinas se caracterizan por tener una deficiencia de electrones debido a su particular estructura química, que las hace muy reactivas frente a los radicales libres presentes en el cuerpo. Por consiguiente, pueden ser potentes antioxidantes naturales (Bridgers *et al.*, 2010). Las propiedades atribuidas a las antocianinas para mejorar la salud están asociadas a esta capacidad de actuar como antioxidantes y secuestrar radicales libres en sistemas biológicos (Trappey *et al.*, 2005; Garzón, 2008). Pueden donar hidrógenos (Miller y Rice-Evans, 1997; Wang, 1997) o electrones a los radicales libres o bien atraparlos y desplazarlos en su estructura aromática (Ramirez-Tortosa, 2001, Zapata *et al.*, 2014).

Las antocianinas presentan diferente color según el pH del medio en que se encuentran. Este fenómeno es importante si se emplearán como colorantes. Debido a la deficiencia electrónica (carga positiva) del núcleo flavilio, estos pigmentos funcionan como verdaderos indicadores de pH; es decir, su color también depende de las condiciones de acidez o alcalinidad del sistema en que se encuentran. A pH ácidos adquieren una estructura estable de catión flavilio rojo; cuando se incrementa el pH, la distribución electrónica se modifica hasta llegar a la forma quinoidal azul; la hidratación del flavilio produce la base carbinol incolora.

Objetivo principal

El objetivo fue comparar la cantidad de antocianinas presentes en los vegetales en estado fresco y en el residuo y de esta forma evaluar si es posible aprovechar las antocianinas en este último para destinarlo luego a usos como antioxidantes, colorantes e indicadores de pH naturales, u otros fines. Además, de analizar por TLC y espectroscopía infrarroja e identificar las principales antocianinas por HPLC en las diferentes muestras vegetales.

Parte experimental

Materiales

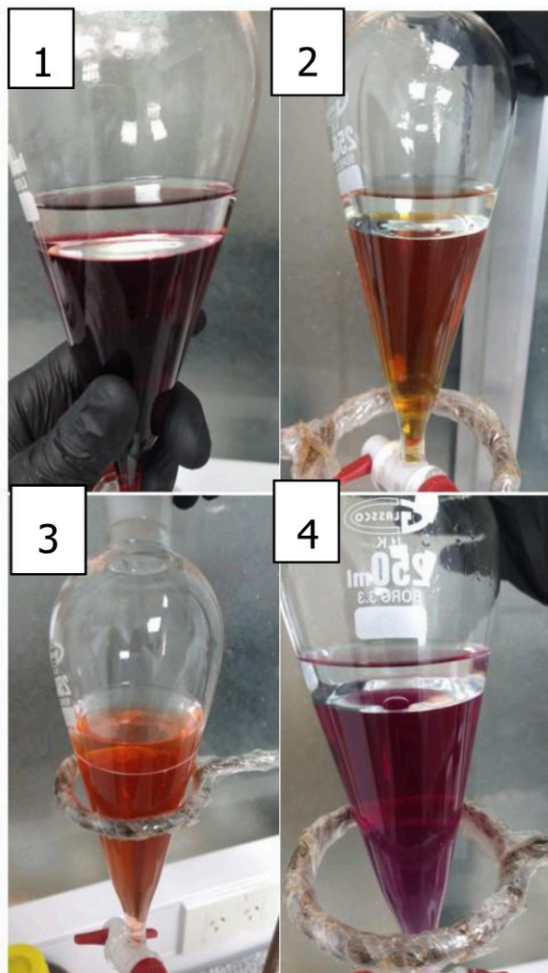
- 1- *Solanum melongena* (berenjena).
- 2- *Brassica oleracea var. capitata f. rubra* (repollo colorado).
- 3- *Vaccinium sect. Cyanococcus* (arándanos).
- 4- *Fragaria ananassa duchesne* (frutillas).

Métodos

Preparación de las muestras

Muestras en estado fresco: los vegetales en estado fresco se lavaron con agua corriente, seguido de una inmersión en agua con unas gotas de lavandina. Finalmente, se lavaron con agua destilada.

Muestras de residuo: las muestras en estado fresco se almacenaron durante 7 días, en ausencia de refrigeración, sin exposición a la luz solar y a temperatura ambiente para producir el residuo de las diferentes muestras vegetales: berenjenas, repollo colorado, arándanos y frutillas.



Extracción y maceración

Las muestras en estado fresco y las de residuo se colocaron en morteros y se trituró para exponer mayor superficie de contacto con la solución de extracción. En las muestras frutales (arándanos, y frutillas), se logró una pulpa uniforme con presencia de las cáscaras. Para la berenjena y el repollo se los cortó en porciones más pequeñas y luego se los mortereó.

En tubos de ensayo se pesaron 5,0 gramos de cada muestra por triplicado. A continuación, se agregó 10,0 mL de la solución de extracción metanol agua (50:50), acidificado con ácido clorhídrico al 0,1 %. (Casazza *et al.*, 2010; Guntero *et al.*, 2015).

Se prosiguió realizando ciclos de sonicado (Casazza *et al.*, 2010) y agitado manual para promover la extracción, contabilizando un total de 6 ciclos. El sonicado se realiza en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos. A esta temperatura y proporción de solvente se consigue una buena extracción de los analitos deseados (Guntero, *et al.*, 2015).

Luego se dejó reposar las muestras tapadas y al abrigo de la luz durante 24 horas para completar la maceración. Transcurrido el tiempo, se prosiguió a centrifugar las muestras a 3500 rpm por 10 minutos. Se conservó la fase líquida para realizar los análisis. Luego de la extracción se prosiguió a filtrar. Posteriormente se purificaron los extractos con n-hexano (Figura 3).

Determinación de antocianinas totales

La cuantificación de antocianinas se realizó por el método de pH diferencial. Este es un método espectrofotométrico que se basa en la transformación estructural de las antocianinas con el cambio de pH (pH 1 coloreadas (catión flavilo) y pH 4,5 incoloras (pseudobase carbinol y chalcona)). A partir del extracto líquido se realiza una dilución de 1,0 mL en un matraz de 10 mL con cada muestra por duplicado. Se las lleva a volumen con las soluciones amortiguadoras o *buffers* de cloruro de potasio (pH= 1,0) y acetato de sodio (pH= 4,5). Se midió la absorbancia de cada muestra a la longitud de onda de máxima absorbancia (λ_{\max} = 520 nm) y a 700 nm con un espectrofotómetro UV-VIS, equipo Shimadzu modelo 1900i.

Las lecturas se llevan a cabo a dos longitudes de onda, una principal a 520 nm y otra de corrección a 700 nm. Como blanco se utiliza agua destilada. Para descartar interferencias por imperfecciones en el material utilizado (cubas) se realizó un barrido y puesta a cero del equipo. Al finalizar las mediciones cuantitativas, se realizó un espectro a cada una de las muestras partiendo de los 750 nm hasta los 190 nm para identificar los máximos de absorción en ambos pH's. Se busca constatar que los máximos de absorbancia estuvieran en la proximidad de los 520 nm para las muestras con pH 1,0.

Para el cálculo final se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Antocianinas totales (eq. Cianidin-3-glucósido mg/L)} = (A \times Mr \times F.dil \times 10^3) / (\epsilon \times l)$$

Donde:

A= Diferencia entre las absorbancias corregidas en el medio pH 1,0 y 4,5.

Mr= 449,2 g*mol⁻¹, correspondiente al peso molecular de la cianidin-3-glu.

F.dil= 0,01; representa el factor de dilución en las muestras.

10³= corresponde al pasaje de gramos a mg.

ϵ = 26900 L*cm⁻¹*mol⁻¹; siendo este el coeficiente de extinción molar de la cianidin-3-glu. a 520 nm.

l= corresponde al paso óptico de la cuba en centímetros.

Se informó en función de esta antocianina en particular dado que es la antocianina más abundante en la naturaleza y es la más utilizada para informar en este método (Lee *et al.*, 2005 y 2008; Cosavalente Burgos *et al.*, 2016). Otra alternativa es utilizar la malvin-3-gluco-

sido, corrigiendo el peso molecular junto al coeficiente de extinción molar a $463,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ y $28000 \text{ L} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ respectivamente.

Las muestras vegetales se conservan al abrigo de la luz, dentro de contenedores plásticos con aberturas, a temperatura ambiente durante siete días de corrido. Luego se repiten las etapas de extracción y maceración, seguidas de las correspondientes determinaciones de antocianinas.

Identificación de antocianinas por cromatografía líquida de alto desempeño (siglas en inglés, HPLC)

Se siguió la metodología usada en el trabajo de Cesa *et al.* (2017). El ensayo fue realizado utilizando un equipo Agilent 1260 Infinity II, con los siguientes módulos: autosampler G7129A 1260VilSampler, bomba cuaternaria G7111B Quat Pump, detector de arreglo de diodos G7115A DAD WR, horno de columna G7116A MCT. En cuanto a la columna usada fue una RP-C18 LiChrospher®100 de 250 mm por 4,6 mm y 5 μm . El software usado fue el Agilent OpenLab ChemStation.

Identificación de antocianinas por cromatografía en capa fina, seguido por espectroscopía de infrarrojo (siglas en inglés, TLC-IR)

Para la TLC se emplearon las condiciones de corrida propuestas en el estudio de Giracca (2016). Se realizaron tres corridas independientes, la primera a modo de prueba, la segunda y tercera fueron utilizadas para las lecturas en el equipo IR para lo cual se rasparon con las áreas de la sílica que contenían las manchas. En mortero se las homogeneizó con bromuro de potasio para IR, y se prosiguió a la lectura.

Como solvente de elución de la TLC se utilizó una mezcla de acetato de etilo, ácido fórmico, ácido acético glacial y agua (50: 5,5: 5,5: 7,5). Se realizó la corrida con saturación de cámara de 20 minutos, una siembra inicial de 5 μL y revelado en luz UV. La placa utilizada fue de sílica gel 254 con base de aluminio y se dejó correr hasta aproximadamente 3/4 de la placa.

La prueba del sistema se realizó primero mediante siembra en banda y luego en punto.

Condiciones cromatográficas:

- Fase Móvil= acetato de etilo: ác. fórmico: ác. acético gl.: H_2O (50: 5,5: 5,5: 7,5)
- Placa sílica gel 254 -base de aluminio-
- Con saturación de cámara -20´-
- Sembrado en punta (20 μL)

Resultados y discusión

Antocianinas totales

En la Tabla 2 se presentan los valores de antocianinas promedios y desviación estándar correspondientes a las muestras de berenjenas, repollo colorado, arándanos y frutillas en estado fresco y en el residuo.

Los cambios más relevantes fueron los de la muestra de berenjena, cuyos niveles de antocianinas disminuyeron hasta anularse, luego de 7 días de almacenamiento. Esto podría atribuirse a una menor estabilidad de sus antocianinas. En el caso del repollo colorado, las antocianinas se mantuvieron prácticamente constantes, puesto que el repollo contiene cantidades significativas de antocianinas aciladas, que son muy estables.

En las frutillas, se observó una disminución en las cantidades de antocianinas del 64 %. En las muestras de arándanos las antocianinas se incrementaron en un 10 %. Este fenómeno podría explicar que en su estado original (fresco) no estaban todavía en su estado óptimo de maduración. Entonces, siguieron madurando durante los 7 días transcurridos y las antocianinas se incrementaron producto de la mayor maduración.

El repollo colorado es el que posee mayor cantidad de antocianinas, luego los arándanos, seguidos de las berenjenas y las frutillas, en último lugar. En cuanto a la estabilidad de las antocianinas, las muestras que mostraron mayor estabilidad fueron el repollo colorado y los arándanos.

Análisis e identificación de antocianinas por HPLC

En las Figuras 4, 5, 6 y 7 se aprecian los cromatogramas HPLC de los extractos de berenjenas, repollo colorado, arándanos y frutillas, respectivamente.

Tabla 2. Contenido de antocianinas en las muestras vegetales en estado fresco y en el residuo (valores promedios de los triplicados) expresados en Eq. de Cianidin-3-glucósido (mg/ 1000 mL)

MUESTRAS	ESTADO FRESCO	RESIDUO*
Berenjenas	134,82±10,90	No se detectó
Repollo Colorado	323,15±13,83	330,03±21,32
Arándanos	168,48±25,80	187,65±14,24
Frutillas	72,58±6,19	25,93±4,01

- Obtenido después de 7 días de almacenamiento

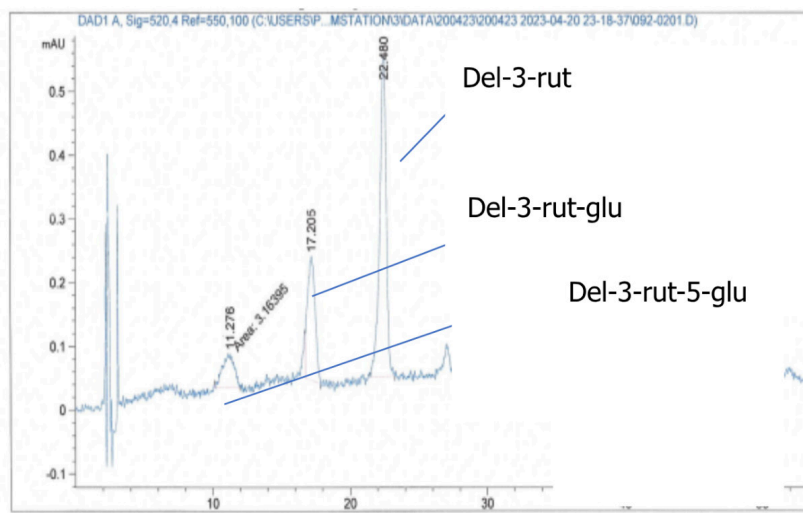


Fig. 4. Cromatograma HPLC de extracto de berenjenas

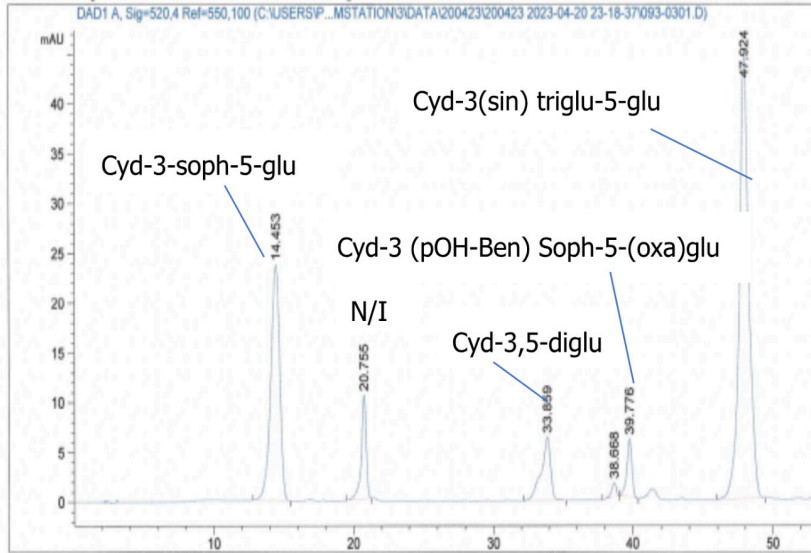


Fig. 5. Cromatograma HPLC de extracto de repollo colorado

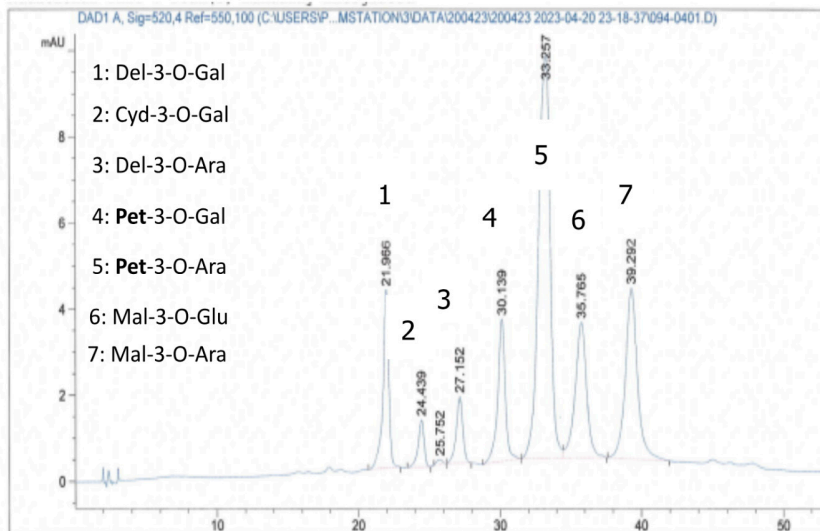


Fig. 6. Cromatograma HPLC de extracto de arándanos

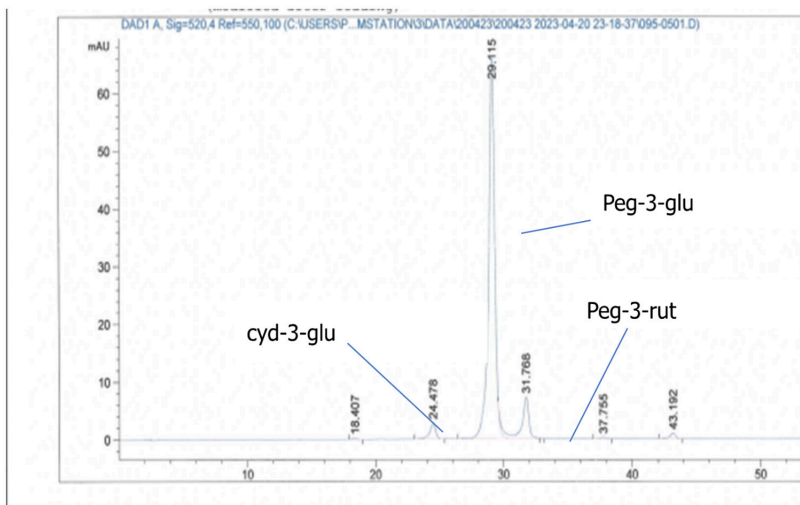


Fig. 7. Cromatograma HPLC de extracto de frutillas

Análisis de cromatografía en capa fina y de espectroscopía infrarroja

En la Figura 8 se aprecia la corrida de las muestras de berenjenas, repollo colorado, arándanos y frutillas en la placa (TLC).

En las Figuras 9, 10, 11 y 12 se muestran los espectros infrarrojos de las muestras vegetales de berenjenas, repollo colorado, arándanos y frutillas, respectivamente.

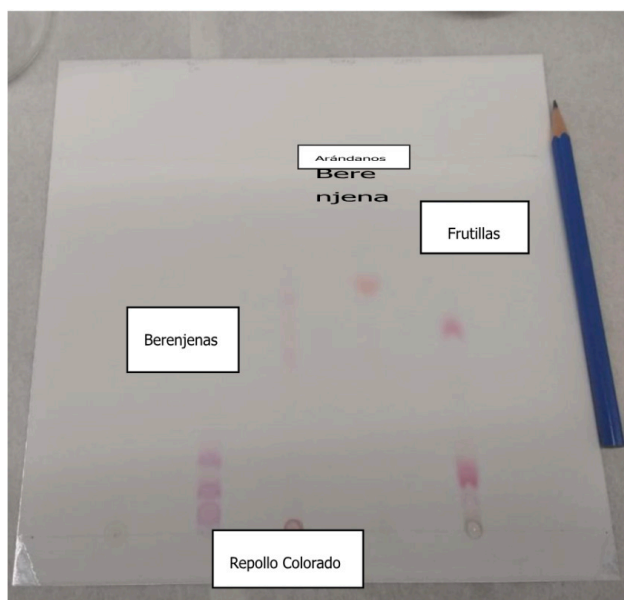


Fig. 8. Cromatograma de capa fina de las muestras vegetales: berenjenas, repollo colorado, arándanos y frutillas

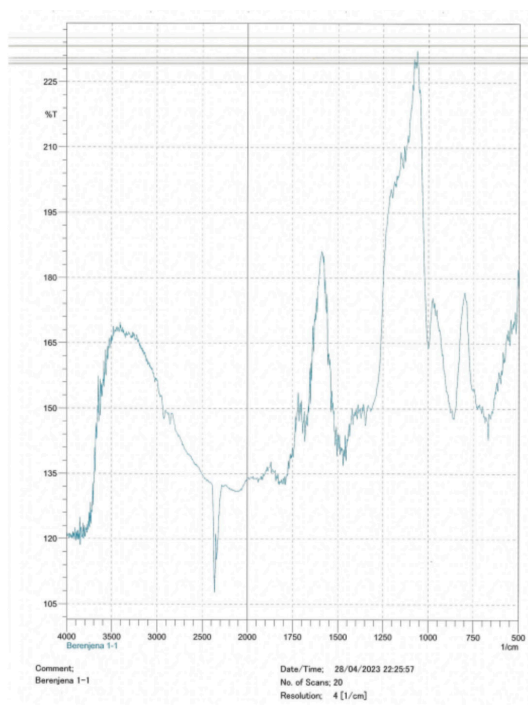


Fig. 9. Espectro Infrarrojo de berenjenas

En este gráfico se pueden apreciar picos en: 3500-3000, 1600, 1250-1000, 950 y 800 cm^{-1} aproximadamente.

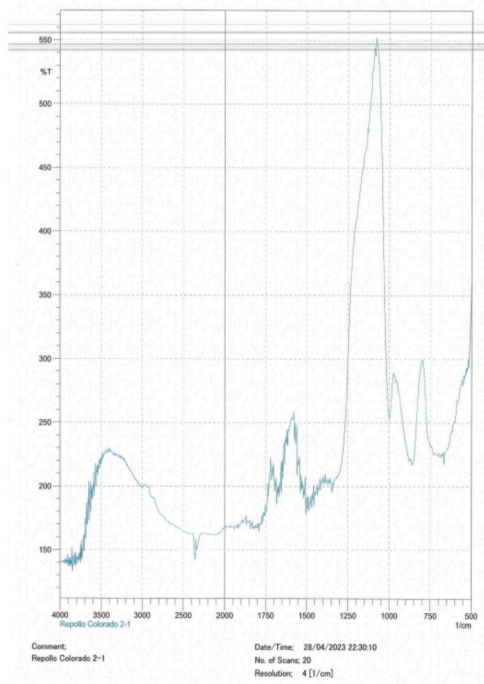


Fig. 10. Espectro Infrarrojo de repollo colorado

En el gráfico precedente se aprecian picos en: 3500-3000, 1600, 1250-1000, 950 y 800 cm^{-1} aproximadamente.

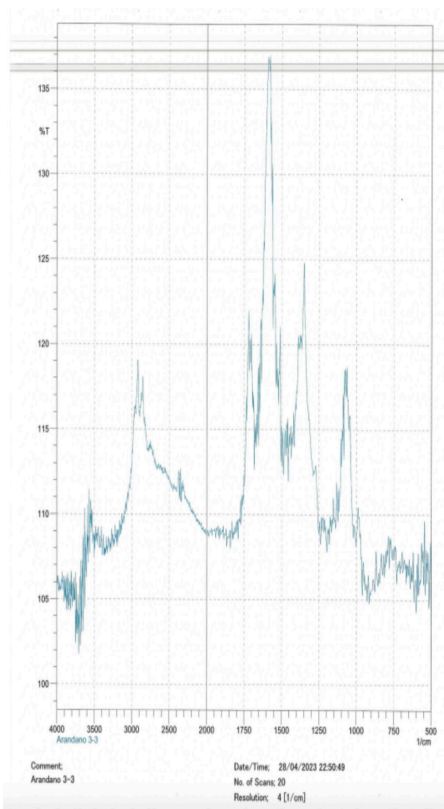


Fig. 11. Espectro infrarrojo de arándanos

En este gráfico se observan picos alrededor de: 3350, 1700-1550, 1250-1000, 950 y 800 cm^{-1} .

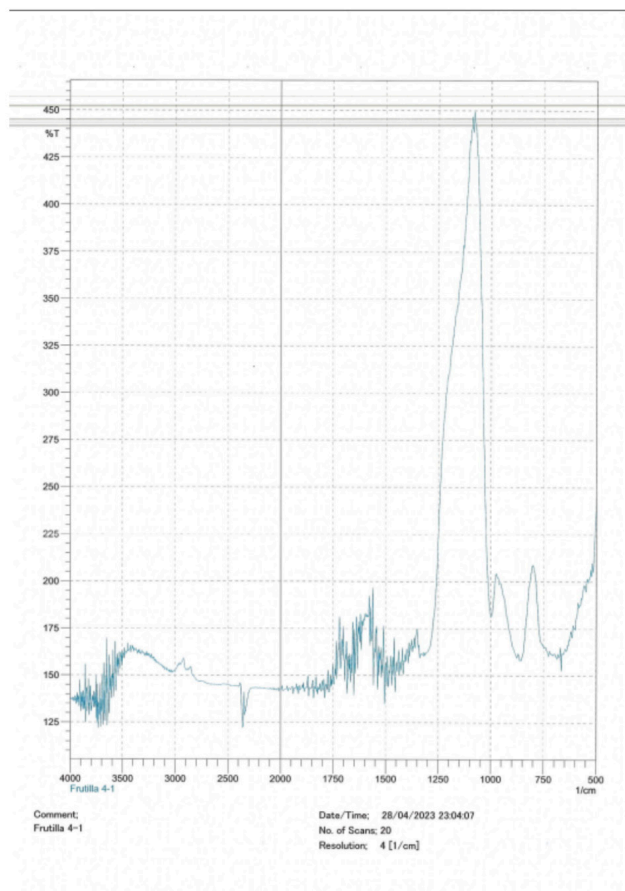


Fig. 12. Espectro infrarrojo de frutillas

En el gráfico se aprecian picos en aproximadamente 1250-1000, 950 y 800 cm^{-1} .

Conclusiones

Dadas las numerosas aplicaciones de las antocianinas, en este trabajo se pretendió analizar su posible aprovechamiento a partir de residuos alimenticios de frutihortícolas, y se pudo establecer que, en el caso del repollo colorado, las berenjenas, los arándanos y las frutillas es factible. Sin embargo, es necesario proteger las antocianinas de su degradación por factores ambientales como la luz, la temperatura, el oxígeno, entre otros y, de esta manera, disminuir sus pérdidas en el tiempo. Las antocianinas provenientes de las berenjenas se degradaron a los 7 días por ello será necesario estabilizarlas con uniones a otros compuestos como pueden ser ácidos o iones metálicos o la microencapsulación con polímeros protectores. Las antocianinas aciladas y con alto grado de glucosilación son una potencial fuente de colorantes y componentes bioactivos que pueden mantener su estabilidad.

Por el método de pH diferencial se pudo establecer la cantidad de antocianinas totales monoméricas en las muestras frescas y en las muestras que se almacenaron a temperatura ambiente durante 7 días, que simularon los residuos vegetales. El repollo colorado y los arándanos fueron las muestras frescas con mayor contenido de antocianinas: 323, 15 y 168,48 $\text{mg}/100\text{g}$, respectivamente.

En las muestras que simularon los residuos se pudo apreciar que no se presentaron cambios en el contenido de antocianinas en el repollo colorado y un aumento del 11 % en los arándanos, respecto del estado fresco. En el repollo colorado, la mayoría de las antocianinas presentan acilación, que les otorga una mejora en su estabilidad. El incremento en los arándanos

podría atribuirse a una superior maduración de los arándanos que produce un aumento en el contenido de antocianinas.

De los análisis por HPLC se pudieron identificar en las diferentes muestras analizadas, las principales antocianinas que se hallan en su composición:

En la muestra de berenjena, las antocianinas encontradas fueron: Del-3-Rut-5-Glu, Del-3-Glu, Del-3-Rut.

En la muestra de repollo colorado, Cyd-3-Soph-5-Glu, Cyd-3,5-diGlu, Cyd-3(p-OH-Ben) Soph-5-(Oxa) Glu. y Cyd-3(Sin) Triglu-5-Glu.

En la muestra de arándanos, se hallaron una amplia variedad de antocianinas. Ellas fueron: Del-3-O-Gal., Cyd-3-O-Gal., Del-3-O-Ara., Pet-3-O-Gal., Pet-3-O-Ara., Cyd-3-O-Ara., Mal-3-O-Glu. y Mal-3-O-Ara.

En la muestra de frutilla, se encontraron principalmente; Cyd-3 -Glu., Peg-3 -Glu. y Peg-3-Rut.

En todos los espectros del infrarrojo cercano, IR, se pudieron observar bandas de absorción características de C=O entre 1680 y 1620, aromáticos entre 1600 y 1500 y la de -OH a 3500-3200, que indican la presencia de estos grupos funcionales propios de una estructura correspondiente a las antocianinas.

Como se mencionó precedentemente, el aprovechamiento de las antocianinas a partir de residuos alimenticios de frutihortícolas es posible. Sin embargo, se requiere un análisis de la viabilidad económica del proyecto de recuperación de antocianinas de residuos vegetales, dado el consumo de recursos tanto de reactivos, como de energía sumados a la inversión inicial que un proyecto de estas características requiere. Las políticas y tendencias a nivel mundial parecen favorecer este tipo de iniciativas, dado que los colorantes artificiales están cayendo en desuso por sus efectos adversos en la salud y en el medio ambiente. Además, la intención de agregarle valor económico a lo que de otro modo sería un residuo es compatible con la idea de una economía circular que comienza a ser tendencia mundial.

En cuanto a los diferentes métodos de extracción que se ensayan para mejorar la recuperación de las antocianinas de los residuos, su propósito es usar la menor cantidad de solventes posibles o eliminarlos totalmente, de manera tal de aplicar una tecnología acorde al desarrollo sustentable. Si bien en este trabajo se utilizó metanol se podría haber usado también etanol, menos tóxico. Además, se pueden emplear técnicas que usen menos solventes o directamente los prescindan como: las microondas, los campos eléctricos pulsados, los fluidos supercríticos y el ultrasonido.

Referencias

- ANDERSEN, O.M. y JORDHEIM, M., (2016). Basic Anthocyanin Chemistry and Dietary Source. In: Anthocyanins in Health and Disease. CRC Press Editors: Taylor C. Wallace, M. Monica Giusti.
- ARAPITSAS, P.; SJÖBERG, P. y TURNER, C., (2008). Characterisation of anthocyanins in red cabbage using high resolution liquid chromatography coupled with photodiode array detection and electrospray ionization-linear ion trap mass spectrometry. *Food Chemistry*, 109(1), 219-226. ISSN 0308-8146. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.030>.
- BADUI-DERGAL, S., (2006). Química de los alimentos. 4a ed. México: Pearson Educación.
- BRIDGERS, E. N.; CHINN, M. S. y TRUONG, V. D., (2010). Extraction of anthocyanins from industrial purple-fleshed sweetpotatoes and enzymatic hydrolysis of residues for fermentable sugars. *Industrial*, en: Crops and Products, 32 (3), 613-620.
- CABANAS, C. G., (2014). Guía práctica para el consumidor: cómo reducir el desperdicio alimentario "Buen Aprovecho". Gobierno de España. Recuperado en 10 de diciembre de 2022, de: https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/buen_aprovecho_guia_practica_para_el_consumidor_como_reducir_el_desperdicio_alimentario-compressed-compressed2.pdf.
- CESA, S.; CRRADORI, S.; BELLAGAMBA, G.; LOCATELLI, M.; CASADEI, A.; MASCI, A. y PAOLOCELLI, P., (2017). Evaluation of processing effects on anthocyanin content and colour modifications of blueberry (*Vaccinium* spp.) extracts: Comparison between HPLC-DAD and CIELAB analyses. *Food Chemistry*, 232, 114-123. ISSN 03088146, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.153>.
- FENNEMA, O., (2019). Química de los alimentos. 4ª Edición. Acribia. Editores: Srinivasan Damodaran. ISBN:978-84-200-1142-4.
- GALANAKIS, C. M., (2012). Recovery of high added-value components from food wastes: conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends Food Sci. Tech.* 26, 68-87.
- GALANAKIS, C. M., (2013). Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural byproducts: a viewpoint of opportunities and challenges. *Food Bioprod. Process.* 91, 575-579.
- GARCÍA PASTOR, M.E., (2016). Contenido en antocianos y compuestos fenólicos en diferentes frutos secos y deshidratados. Tesis de Maestría de la Universidad Miguel Hernández de Elche, España.
- GARZÓN, G.A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión, en: *Acta biol. Colomb.* 13(3), 27-36.
- GÖRGÜÇ A.; GENÇDAĞ E. y YILMAZ F. M., (2020). Bioactive peptides derived from plant origin by-products: biological activities and techno-functional utilizations in food developments—a review. *Food Research International*. 136. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109504>.
- GRAVIER RODRIGUEZ, G. y JURADO BASANTE, S., (2022). Evaluación de la inclusión de las antocianinas en biopelículas inteligentes elaboradas a partir de ácido poliláctico (PLA) y materiales compuestos con fibras naturales. Tesis de grado de la Universidad de los Andes. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/58781>.
- GUAADAOU, A.; BENAICHA, S.; ELMAJDOUB, N.; BELLAOUI, M. y HAMAL, A., (2014). What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 3(3), 174-179. 10.11648/j.ijnfs.20140303.16.
- LEE, J. RENNAKER, C. y WROLSTAD, R. E., (2008). *Food Chemistry*, 110(3), 782-786. 10.1016/j.foodchem.2008.03.010.
- MILLER, N.J. y RICE-EVANS, C.A., (1997). The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple juices and blackcurrant drink, en: *Food Chemistry*, 60(3), 331-337. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00339-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00339-1).

- MYER, R. O.; BRENDEMUHL, J. H. y JOHNSON, D. D., (1999). Evaluation of dehydrated restaurant food waste products as feedstuffs for finishing pigs. *J Anim Sci.* 77(3), 685 - 92. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.08.020>.
- NUCIFORA, V., (2022). Recubrimientos comestibles para prolongar la vida útil de arándanos. Tesis de grado de la Universidad de Belgrano. Argentina.
- PICHARDO PÉREZ, F. F., (2019). Obtención de pigmentos bioactivos a partir de col morada y evaluación de su aplicación en un producto alimenticio. Tesis de grado de la Universidad Autónoma de México. México.
- RAMIREZ-TORTOSA, C.; ANDERSEN, O. M.; GARDNER, P. T.; MORRICE, P. C.; WOOD, S. G.; DUTHIE, S. J.; COLLINS, A. R. y DUTHIE, G.G., (2001). Anthocyanin-rich extract decreases indices of lipid peroxidation and DNA damage in vitamin E depleted rats, en: *Free Radical Biology & Medicine*, 31(9), 1033-1037.
- SADILOVA, E.; STINTZING, F. C. y CARLE R. Anthocyanins, colour and antioxidant properties of eggplant (*Solanum melongena* L.) and violet pepper (*Capsicum annum* L.) peel extracts. *Z Naturforsch C J Biosci.* 2006 Jul-Aug;61(7-8):527-35. doi: 10.1515/znc-2006-7-810. PMID: 16989312.
- TIMBERLAKE, C.F.; HENRY, B.S., (1986). Plant pigments as natural food colours. *Endeavour NS*,10: 31-36.
- TRAPPEY, A.; BAWADI, H. A.; BANSODE, R. R. y LOSSO, J. N., (2005). Anthocyanin profile of mayhaw (*Crategeus opaca*), *Food Chemistry*, 91(4). 665-671
- WANG, H.; NAIR, M. G y STRASBURG, G. M., (1999). Antioxidant and antiinflammatory activities of anthocyanins and their aglycon, cyanidin, from tart cherries. *J Nat Prod.* 62(2), 294-296.
- ZAPATA, L. M.; HEREDIA, A. M.; QUINTEROS, C. F.; MALLERET, A. D.; CLEMENTE, G. y CÁRCEL, J. A., (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándano, *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 25(49), 166-192. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14532635008>
- ZAPATA, L. M., (2014). Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria. *Universitat Politècnica de València*. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/39105>.
- ZETTY ARENAS, A. M., (2012). Filme biodegradável à base de fécula de mandioca como potencial indicador de mudança de pH. *Disertación de Maestría, Escola Politècnica, Universidad de São Paulo, São Paulo*. doi:10.11606/D.3.2012.tde-12032013-150645. Recuperado 2023-07-17, de www.teses.usp.br.