

## 14. Producción de pigmentos naturales con aplicación alimentaria a partir del hongo filamentoso *Monascus purpureus* Went



OSWALDO GUZMÁN-LÓPEZ\*  
ALEJANDRO SALINAS-CASTRO\*\*  
CÉSAR ESPINOZA-RAMÍREZ\*\*\*  
DANIELA LUIS-YONG\*\*\*\*  
JUAN JOSÉ ZAMORA-PALMA\*\*\*\*\*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.293.14>

### Resumen

El uso de pigmentos naturales se ha incrementado en los últimos años al ser notorio que los pigmentos de origen artificial tienen efectos negativos sobre el consumidor, de esta manera es importante que se orienten los esfuerzos para que se puedan obtener de fuentes naturales y sin el uso excesivo de compuestos químicos que después contaminan el ambiente. La seguridad alimentaria que brindan estos pigmentos naturales los hace más atractivos y es importante que haya una mayor educación por parte del consumidor para evitar que se siga afectando la salud de más seres humanos. Los cereales como el arroz, avena o trigo resultan ser buenos sustratos para el crecimiento de hongos filamentosos, incluso algunos dañan estos cultivos afectando su comercialización, sin embargo, también se puede aprovechar

---

\* Doctor en Biotecnología. Investigador de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana (UV), campus Coatzacoalcos, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7803-4513>

\*\* Doctor en Ciencias Agropecuarias. Investigador del Centro de Investigación en Micología Aplicada (CIMA) de la Universidad Veracruzana (UV), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7169-7675>

\*\*\* Doctor en Biotecnología. Investigador del Centro de Investigación en Micología Aplicada (CIMA), de la Universidad Veracruzana (UV), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9989-0503>

\*\*\*\* Doctora en Micología Aplicada. Investigadora del Centro de Investigación en Micología Aplicada (CIMA), de la Universidad Veracruzana (UV), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6206-1832>

\*\*\*\*\* Ingeniero en Biotecnología por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana (UV), campus Coatzacoalcos, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5781-3015>

esta condición para obtener un beneficio. En particular, el hongo filamentos *Monascus purpureus* ha sido aislado e identificado y se encontró que produce pigmentos que pueden ser de interés alimentario con la finalidad de colorear y brindar sabor sobre todo en carnes, pescados y aves. En este estudio se tuvo como objetivo cultivar por fermentación líquida una cepa de *M. purpureus* para la obtención de pigmentos naturales utilizando medios de cultivo a base de infusión de arroz o infusión de avena. Se realizó el cultivo en caja de Petri para medir la velocidad radial de la cepa en estudio en ambos sustratos y posteriormente se formularon los medios líquidos para comparar la producción de pigmentos amarillos, naranjas o rojos modificando la fuente de nitrógeno y zinc. La extracción de pigmentos se realizó del caldo de cultivo y en la biomasa producida. Los pigmentos se cuantificaron a por espectroscopia visible a 400, 450 y 500 nm. De esta manera, el medio de cultivo de avena modificado mostró ser un medio óptimo para extraer la mayor cantidad y diversidad de pigmentos. Lo anterior abre la posibilidad de utilizar esta formulación en futuros estudios de producción a mayor escala.

**Palabras clave:** *seguridad alimentaria, pigmentos naturales, cultivo de hongos.*

## Introducción

La transparencia en el uso de colorantes por parte de la industria alimentaria muchas veces no es clara, se suele recurrir a prácticas engañosas para mejorar los productos, hacerlos más atractivos visualmente, aunque esto traiga efectos negativos en el consumidor, la falta de detalles, sobre todo en los alimentos empacados o procesados, es preocupante, la normatividad muchas veces se ve rebasada. El uso de pigmentos naturales por la humanidad a partir de plantas, animales o minerales se ha descrito en muchos capítulos de la historia, sin embargo, por vía microbiana no lleva mucho tiempo, después del descubrimiento de los antibióticos los procesos fermentativos tuvieron un mayor realce, las prácticas de cultivo de microorganismos ha evolucionado y ahora esto puede ser aprovechado para obtener

compuestos muy específicos. El uso de hongos filamentosos productores de pigmentos ya ha sido reportado, producen pigmentos de diversos colores que resultan realmente atractivos. Entre los géneros de hongos que habitan en el suelo encontramos a *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Paecilomyces* y *Trichoderma*, y los pigmentos producidos por los hongos son melaninas, betalainas, quinonas, xantinas, flavonoides, carotenoides y curcuminoides (Dufossé et al., 2014).

Asimismo, el género de hongos *Monascus* pertenece al filo Ascomycota descrito desde 1884 por el científico francés Van Tieghem; pertenece a la familia Monascaceae, y usualmente es conocido como moho rojo (Vidyalakshmi et al., 2009), la fermentación de este género en estado sólido tiene una larga historia de tradición en el Oriente en países asiáticos que se remonta al menos al siglo I d. C., según la literatura se han encontrado alrededor de 20 especies, pero la mayoría de las cepas de este género provienen de una modificación de solo tres especies principales: *M. pilosus*, *M. purpureus* y *M. ruber* (Kang et al., 2013; Pan y Hsu, 2014) son las de mayor importancia biotecnológica, por su uso tradicional en la comida oriental (Sabater-Vilar et al., 1999), donde se han empleado como colorante y/o conservante de vino, pescado, carnes, queso, arroz, entre otros productos (Blanc et al., 1994; Carvalho et al., 2005; Pattanagul et al., 2007). Por otro lado, sus compuestos biológicamente activos se traducen en diversas aplicaciones como aditivos, principalmente en las industrias cosmética, alimentos y medicamentos (Pattanagul et al., 2007; Pisareva y Kujumdzieva, 2010).

## Desarrollo

*Infusión de los cereales y composición de los medios.* Se hirvieron 200 g/l de los cereales avena y arroz en agua destilada por un periodo de 5 a 10 minutos, se dejó enfriar y se filtró a través de una gasa con ayuda de un embudo de vidrio (Urcia y Guevara, 2002). Los medios utilizados fueron infusión de arroz (Az), infusión de avena (Av) e infusión de avena modificada (MAv) (vid. tabla 14.1). Todos los medios se ajustaron a un pH de 5.5 (Patrovsky et al., 2019), utilizando soluciones diluidas de HCl 1 M y NaOH 1 M, para

ajustar a dicho valor. Posteriormente, se vertió por triplicado en matraces Erlenmeyer de 500 ml colocando 100 ml de cada uno de los medios de cultivo, se esterilizó en autoclave Felisa FE-396 a 121 °C y una presión de 1.5 durante 20 minutos. En los medios sólidos la composición fue la misma solo se añadió 15 g/l de agar nutritivo.

Tabla 14.1. Composición de medios de cultivo (g/l)

| Medio de cultivo             | Glucosa | Peptona de carne | Sulfato manganoso | Sulfato de zinc | Arroz | Avena | Papa | Agar |
|------------------------------|---------|------------------|-------------------|-----------------|-------|-------|------|------|
| Infusión de arroz            | 10      | 3                | 2                 | 0               | 200   | 0     | 0    | 0    |
| Infusión de avena            | 10      | 3                | 2                 | 0               | 0     | 200   | 0    | 0    |
| Infusión de avena modificado | 10      | 10               | 2                 | 1               | 0     | 200   | 0    | 0    |
| Agar papa dextrosa           | 20      | 0                | 0                 | 0               | 0     | 0     | 200  | 20   |

Fuente: elaboración propia con base en Bau y Wong (1979), Velázquez et al. (2016) y Patrovsky et al. (2019).

*Velocidad de crecimiento radial.* Para este ensayo se utilizaron cuatro medios de cultivo por triplicado: agar papa dextrosa (PDA, tabla 14.1), agar infusión de arroz (Az), agar infusión de avena (Av), agar infusión de avena modificada (MAv), la composición de los últimos tres medios de cultivo es la descrita en la tabla 14.1, solo se adicionaron 20 g/l de agar en cada caso, posteriormente se inocularon en el centro de cada placa de agar con un disco de agar con micelio de 1 de una cepa de *M. purpureus* de 10 días de crecimiento. Posteriormente se incubaron a  $25 \pm 2$  °C durante 14 días. El crecimiento radial fue evaluado cada 24 h cuantificando su desarrollo del centro hacia los cuatro ejes marcados en la parte inferior externa de las cajas Petri. Para calcular la velocidad de crecimiento radial ( $V_{CR}$ ) se obtuvieron los valores de las pendientes a partir del gráfico de crecimiento de *M. purpureus* en función del tiempo, tomando únicamente los valores lineales de la curva de crecimiento. De esta manera, se obtuvieron los valores de la velocidad específica de crecimiento radial o velocidad de invasión, la cual se expresó en unidades de longitud por unidad de tiempo (mm/h).

*Inoculación en medio líquido y extracción de biomasa.* La inoculación de *M. purpureus* en los medios de cultivo propuestos se llevó a cabo de una cepa de 10 días de crecimiento, de esta manera, se tomaron 3 discos de agar con micelio de 1 cm<sup>2</sup> agar con el hongo y se adicionaron a matraces Erlen-

meyer de 500 ml con 100 ml de medio de cultivo, posteriormente, se incubaron durante 14 días a una temperatura de  $25 \pm 2$  °C a 120 rpm. Al concluir el tiempo de incubación para cada tratamiento, se separó la biomasa producida del caldo de cultivo, mediante filtración al vacío, utilizando un embudo de Büchner, papel filtro poro mediano, matraz Kitasato y una bomba de vacío, posteriormente, tanto la biomasa como el caldo de cultivo se congelaron a  $-20$  °C para después eliminar el contenido de humedad mediante liofilización.

*Extracción de pigmentos.* Una vez deshidratada la biomasa producida de cada tratamiento, se realizaron extracciones sucesivas utilizando 100 ml de cloroformo y posteriormente 100 ml de metanol (Broder y Koehler, 1980), mientras que para el caldo de cultivo liofilizado se usó una mezcla de 100 ml de cloroformo:metanol 1:1. Ambas extracciones se dejaron macerar durante 24 h y posteriormente se introdujeron en un baño de ultrasonido durante 30 min, completando dos ciclos, posteriormente, se evaporó el exceso de disolvente con ayuda de un rotaevaporador con presión reducida.

*Cuantificación de pigmentos.* Se utilizó la técnica espectrofotométrica de UV-Vis para cuantificar los pigmentos, para los colores amarillos se utilizó una longitud de onda de 400 nm, naranjas a 450 nm y rojos a 500 nm. Además, en todos los extractos se utilizaron diluciones 1:10 y como blancos los disolventes empleados en cada extracción, los resultados se expresaron como UA/ml (Embaby et al., 2018).

## Resultados y discusiones

La cepa de *M. purpureus* presentó crecimiento en todos los medios de cultivo que se evaluaron, como se muestra en la tabla 14.2. El medio con mayor fue el agar de arroz (Az,  $0.15 \pm 0.02$  mm/h), seguido por el agar de avena modificado (MAv,  $0.13 \pm 0.03$ ), el único medio de cultivo que mostró diferencia significativa con respecto al arroz fue el PDA (tabla 14.2).

Velázquez et al. (2016) reportaron la para el arroz y PDA ( $0.04 \pm 0.002$  y  $0.08 \pm 0.04$  mm/h, respectivamente). De acuerdo con sus resultados se observó una diferencia con lo reportado a este trabajo, lo cual puede deberse a la composición del medio, debido a que Velázquez et al. (2016) utilizaron

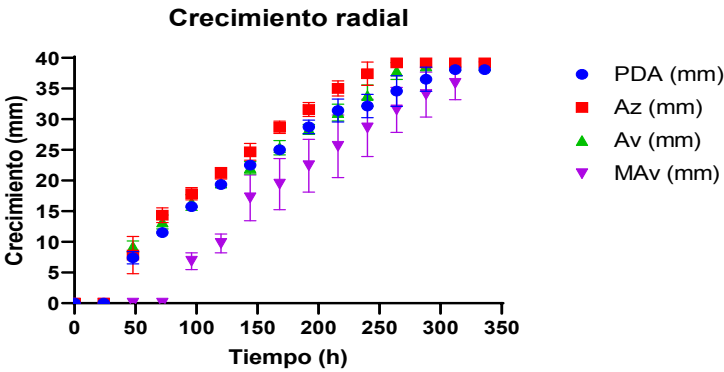
Tabla 14.2. *Velocidad de crecimiento radial de M. purpureus en medios de cultivo de Az (Arroz), Av (Avena), MAV (Avena modificada) y PDA (Agar papa dextrosa).*

| Medio de cultivo | Velocidad de crecimiento radial (mm/h) |
|------------------|----------------------------------------|
| PDA              | 0.11 ± 0.02                            |
| Az               | 0.15 ± 0.02                            |
| v                | 0.13 ± 0.01                            |
| MAv              | 0.13 ± 0.03                            |

Fuente: elaboración propia.

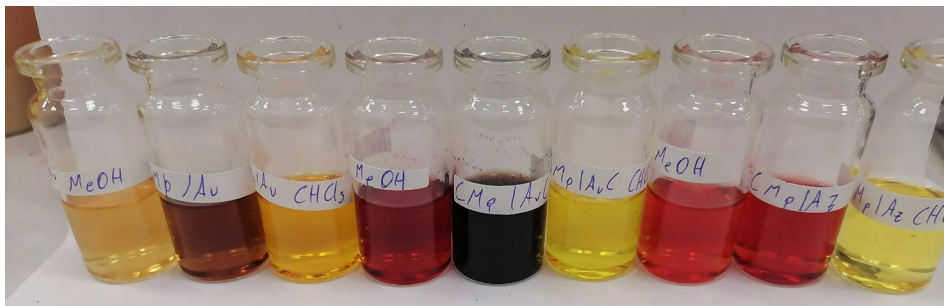
40 g/l del cereal, malta como FN y 30 g/l de glucosa, resultando en que su velocidad de crecimiento radial sea menor. En la gráfica 14.1, se puede observar las diferencias en el crecimiento radial, el medio de cultivo Az, PDA y Av iniciaron su crecimiento después de 48 h, mientras que en MAV su fase de latencia terminó a las 96 h, a su vez Av y Az terminaron de crecer a las 240 h.

Gráfica 14.1. *Crecimiento radial de M. purpureus en medios de cultivo de Az (arroz), Av (avena), MAV (avena modificada) y PDA (agar papa dextrosa)*



Fuente: elaboración propia.

Asimismo, en la figura 14.1, se observa la diversidad de pigmentos de cada medio de cultivo utilizado, tanto de la extracción de la biomasa producida como del caldo de cultivo, destacando entre ellos los de color amarillo.

Figura 14.1. Pigmentos de *M. purpureus* obtenidos con los disolventes de extracción

Fuente: elaboración propia.

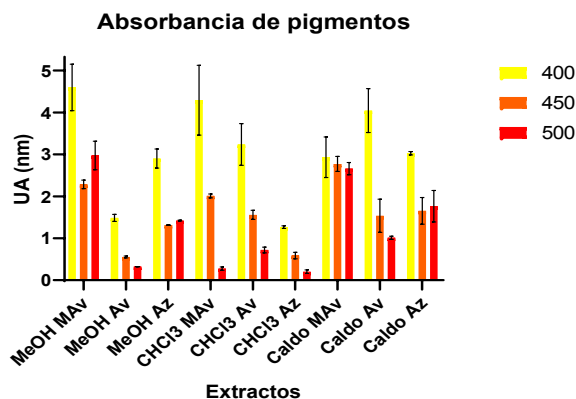
Los pigmentos amarillos predominaron en todas las muestras, a continuación se presenta en la tabla 14.3, un resumen de los valores de absorbancia de las muestras analizadas. Los pigmentos amarillos de biomasa con mayor concentración fueron los que se presentaron en los extractos MAV extraídas con metanol y con cloroformo ( $4.598 \pm 0.554$  y  $4.291 \pm 0.832$ , respectivamente), también, en el extracto de caldo de cultivo se obtuvo del medio de cultivo (Av) ( $4.045 \pm 0.522$ ). Con respecto a las mayores concentraciones de pigmentos rojos, se presentó en el medio de cultivo (MAv), tanto en el extracto de biomasa ( $2.975 \pm 0.341$ ), como en el extracto del caldo de cultivo ( $2.661 \pm 0.148$ ).

Tabla 14.3. Absorbancia obtenida de los pigmentos extraídos con diversos disolventes de *M. purpureus* en medios de cultivo, Az (arroz), Av (avena) y MAV (avena modificada)

| Longitud de onda ( $\lambda$ , nm) | Biomasa (UA/ml)   |                   |                   |                                |                   |                   | Caldo de cultivo (UA/ml)            |                   |                   |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                    | Extractos (MeOH)  |                   |                   | Extractos (CHCl <sub>3</sub> ) |                   |                   | Extractos (MeOH/CHCl <sub>3</sub> ) |                   |                   |
|                                    | MAv               | Av                | Az                | MAv                            | Av                | Az                | MAv                                 | Av                | Az                |
| 400                                | $4.598 \pm 0.554$ | $1.487 \pm 0.085$ | $2.902 \pm 0.227$ | $4.291 \pm 0.832$              | $3.236 \pm 0.496$ | $1.265 \pm 0.030$ | $2.932 \pm 0.484$                   | $4.045 \pm 0.522$ | $3.027 \pm 0.040$ |
| 450                                | $2.286 \pm 0.102$ | $0.555 \pm 0.023$ | $1.314 \pm 0.006$ | $2.010 \pm 0.047$              | $1.558 \pm 0.109$ | $0.589 \pm 0.077$ | $2.773 \pm 0.178$                   | $1.536 \pm 0.395$ | $1.653 \pm 0.319$ |
| 500                                | $2.975 \pm 0.341$ | $0.323 \pm 0.002$ | $1.421 \pm 0.011$ | $0.277 \pm 0.039$              | $0.720 \pm 0.069$ | $0.202 \pm 0.042$ | $2.661 \pm 0.148$                   | $1.013 \pm 0.037$ | $1.764 \pm 0.375$ |

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 14.2. Absorbancia de los pigmentos extraídos con diversos disolventes de *M. purpureus* en medios de cultivo, Az (arroz), Av (avena) y MAV (avena)



Fuente: elaboración propia.

Todas las muestras del medio de cultivo (MAV) demostraron tener mayor cantidad de pigmentos, en comparación con las del medio de cultivo (Az). Asimismo, los extractos del medio de cultivo (Av) expresaron los valores más bajos en los pigmentos extraídos de la biomasa con metanol, al igual que el medio de cultivo (Az) extraído con cloroformo. Con respecto a los pigmentos naranjas, los extractos del medio de cultivo (MAV), son los que presentaron una mayor cantidad en todas las muestras (gráfica 14.2).

Velázquez et al. (2016) reportaron las máximas absorbancias para medios de cultivo sólidos de arroz y agar extracto de malta (MEA) para los pigmentos amarillos (390 nm) y rojos (495 nm) ( $3.425 \pm 0.32$  y  $3.205 \pm 0.71$ ,  $3.430 \pm 0.34$  y  $2.755 \pm 0.75$ , respectivamente), para medios de cultivo líquidos la máxima concentración de pigmentos rojos la encontró con residuos de sábila ( $0.757 \pm 0.055$ ) y los amarillos con residuos de naranja, papaya y sábila ( $0.812 \pm 0.015$ ,  $0.741 \pm 0.05$  y  $0.741 \pm 0.011$ ). De acuerdo con los resultados podemos observar una gran diferencia con los reportados en este trabajo, se encuentran con una mayor concentración todos los pigmentos en los medios de cultivo líquidos, incluso se puede observar una concentración ligeramente mayor que en los medios de cultivos sólidos reportados por Velázquez et al., (2016). El género *Monascus* produce principalmente colorantes naturales que son útiles en varios procesos in-



dustriales (Pineda-Insuasti et al., 2016), de igual manera, produce otros metabolitos de importancia farmacológica como la monacolina K (una estatina precursora de la lovastatina), un extenso grupo de enzimas, antimicrobianos y antioxidantes (Wong y Koehler, 1981; Martinkova, 1999; Fernandes et al., 2009). Cabe destacar, que la mayoría de las cepas de este género provienen de una modificación de solo tres especies principales: *M. pilosus*, *M. purpureus* y *M. ruber* (Kang et al., 2013; Pan y Hsu 2014), siendo *M. purpureus* la especie más común, porque a partir de éste se produce el arroz rojo o angkak en Asia oriental (Wong y Bau, 1978; Pattanagul et al., 2007). El efecto por el pH y la fuente de nitrógeno también ha sido estudiado por Chen (1993), variables que también son importantes a considerar en futuros estudios. Del mismo modo, la adición de zinc y aminoácidos al medio de cultivo permite tener un mejor crecimiento de *M. purpureus* (McHan y Johnson, 1970).

## Conclusiones

La cepa de *M. purpureus* fue capaz de crecer en todos los medios de cultivo, el medio de cultivo de (Az) mostró una velocidad radial superior al resto de medios con  $0.15 \pm 0.02$  mm/h, lo cual demuestra ser el medio óptimo para su crecimiento. En cuanto a la producción de pigmentos el que obtuvo las concentraciones más altas en la mayoría de los extractos y de los tres pigmentos fue el medio de cultivo con avena modificado (MAv), la única excepción fueron pigmentos amarillos extraídos del caldo de cultivo en el cual el medio de cultivo de avena (Av) superó al medio antes mencionado. De esta manera, el medio de cultivo (MAv) mostró ser un medio óptimo para extraer la mayor cantidad y diversidad de pigmentos, en comparación con los demás tratamientos. Estos hallazgos permiten dar un uso a cereales como arroz y avena para que puedan obtenerse colorantes naturales, los cuales pueden ser de mucho interés para la industria de alimentos. Por otra parte, los pigmentos que se obtienen de una fuente microbiana y natural permiten que se abra una oportunidad para poder ser utilizada en futuros estudios de producción a mayor escala.

## Referencias

- Bau, Y. y Wong, H. (1979). Zinc effects on growth, pigmentation and antibacterial activity of *Monascus purpureus*. *Physiologia Plantarum*, 46(1), 63-67.
- Blanc, P., Loret, M., Santerre, A., Pareilleux, A., Prome, D. y Prome, J. (1994). Pigments of *Monascus*. *Journal of Food Science*, 59(4), 862-865.
- Broder, C. U. y Koehler, P. E. (1980). Pigments produced by *Monascus purpureus* with regard to quality and quantity. *Journal of Food Science*, 45(3), 567-569.
- Carvalho, J., Pandey, A., Oishi, B., Brand, D., Rodriguez-Léon, J. and Soccol, C. (2006). Relation between growth, respirometric analysis and biopigments production from *Monascus* by solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, 29(3), 262-269.
- Chen, M. y Johns, M. (1993). Effect of pH and nitrogen source on pigment production by *Monascus purpureus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 40(1), 132-138.
- Dufossé, L., Fouillaud, M., Caro, Y., Mapari, S. y Sutthiwong, N. (2014). Filamentous fungi are large-scale producers of pigments and colorants for the food industry. *Current Opinion in Biotechnology*, 26, 56-61.
- Embaby, A., Hussein, M. y Hussein, A. (2018). *Monascus* orange and red pigments production by *Monascus purpureus* ATCC16436 through co-solid state fermentation of corn cob and glycerol: An eco-friendly environmental low cost approach. *Plos One*, 13(12), e0207755.
- Ferdes, M., Ungureanu, C., Radu, N. y Chirvase, A. (2009). Antimicrobial effect of *Monascus purpureus* red rice against some bacterial and fungal strains. *Chemical Engineering Transaction*, 17, 1149-1154.
- Kang, B., Zhang, X., Wu, Z., Wang, Z. y Park, S. (2014). Production of citrinin-free *Monascus* pigments by submerged culture at low pH. *Enzyme and Microbial Technology*, 55, 50-57.
- Martinkova, L. (1999). Biological activities of oligoketide pigments of *Monascus purpureus*. *Food Additives and Contaminants*, 16(1), 15-24.
- McHan, F. y Johnson, G. (1970). Zinc and amino acids: Important components of a medium promoting growth of *Monascus purpureus*. *Mycologia*, 62(5), 1018-1031.
- Pan, T. y Hsu, W. (2014). *Monascus*-Fermented Products. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 815-825.
- Patrovsky, M., Sinovska, K., Branska, B. y Patakova, P. (2019). Effect of initial pH, different nitrogen sources, and cultivation time on the production of yellow or orange *Monascus purpureus* pigments and the mycotoxin citrinin. *Food, Science & Nutrition*, 7(11), 3494-3500.
- Pattanagul, P., Pinthong, R., Phianmongkhol, A. y Leksawasdi, N. (2007). Review of angkak production (*Monascus purpureus*). *Chiang Mai Journal of Science*, 34(3), 319-328.
- Pineda-Insuasti, J., Duarte-Trujillo, A., Ayala-Pastaz, K., Soto-Aroyave, C. y Pineda-Soto, C. A. (2016). Producción de metabolitos por *Monascus spp.*: Una revisión. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(2), 43-52.
- Pisareva, E. I. y Kujumdzieva, A. V. (2010). Influence of carbon and nitrogen sources on

- growth and pigment production by *Monascus pilosus* C1 strain. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 24(1), 501-506.
- Sabater-Vilar, M., Maas, R. y Fink-Gremmels, J. (1999). Mutagenicity of commercial *Monascus* fermentation products and the role of citrinin contamination. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 444(1), 7-16.
- Urcia A, F. y Guevara R, M. (2002). Eficacia de medios de cultivo con infusiones de variedades de papa en la identificación del *Trichophyton rubrum*. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 19(4), 206-208.
- Velázquez, M., Benavente Valdés, J., Morlett Chávez, J. y Aguilar González, C. (2016). Producción de pigmentos por *Monascus* spp. en medio sólido empleando residuos agroindustriales. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (69), 89-95.
- Vidyalakshmi, R., Paranthaman, R., Muruges, S. y Singaravadivel, K. (2009). Stimulation of *Monascus* pigments by intervention of different nitrogen sources. *Global Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 4(1), 25-28.
- Wong, H. y Bau, Y. (1978). A comparison of conidial and ascospore germination of *Monascus purpureus*. *Transactions of the British Mycological Society*, 70(2), 277-282.
- Wong, H. y Koehler, P. (1981). Production and isolation of an antibiotic from *Monascus purpureus* and its relationship to pigment production. *Journal of Food Science*, 46(2), 589-592.