



Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riit.com.mx

Evaluación de propiedades fisicoquímicas, bioactivas y sensoriales en la obtención del ajo negro (*Allium sativum* L.)

Evaluation of physicochemical, bioactive, and sensory properties in the production of black garlic (*Allium sativum* L.)

**Martínez-Castillo, J.I.¹, Camarena-Beltrán, P.F.², Loza-Ornelas, N.², Baltazar-Vera J.C.³, Díaz-Cervantes E.⁴
Abraham-Juárez, M.R.^{2*}**

¹ Posgrado en Biociencias, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. CP: 36500, Irapuato, Guanajuato, México.

² Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. CP: 36500, Irapuato, Guanajuato, México.

³ Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato. CP: 36020, Guanajuato, Guanajuato, México.

⁴ Departamento de Alimentos, Centro Interdisciplinario del Noreste (CINUG), Universidad de Guanajuato. CP: 37973, Tierra Blanca, Guanajuato, México.

ji.martinezcastillo@ugto.mx; pf.camarenabeltran@ugto.mx; n.lozaornelas@ugto.mx; jc.baltazarvera@ugto.mx; e.diaz@ugto.mx; * mabraham@ugto.mx

Innovación tecnológica: El presente artículo de investigación tiene como finalidad estandarizar y evaluar el proceso de obtención del ajo negro, un producto el cual es de reciente novedad dentro de los alimentos nutraceuticos por los múltiples beneficios que puede proporcionar su consumo a la salud humana.

Área de aplicación: Tecnología de alimentos.

Recibido: 02 junio 2022

Aceptado: 12 noviembre 2022

Abstract

Currently the health benefits provided by the consumption of garlic are known, however, there is a part of the population that dislikes its consumption mainly due to digestive and taste discomfort. In this sense, postharvest processes have been designed in garlic to modify its undesirable sensory properties and provide benefit value; such is the case of the production of black garlic (AN). The objective was to standardize AN production in the Chonajos company, and to evaluate its physicochemical properties, phenolic compounds, and sensory acceptance. Three different temperature curves were evaluated to obtain AN. Through a sensory test, temperature curve No 2

was chosen, which showed the greatest acceptability in the panelists and was used as the AN standardization process. During standardization process, the content of Total Soluble Solids (TSS), pH, color, and Total Phenolic Compounds (CFT) were evaluated. The results of the standardization of the AN obtaining process provide 8.49 ± 0.27 mEAG/g BS of CFT, with 51.56° Brix of SST, and pH of 3.44; In addition, the AN acquired the characteristic color of the product, and therefore a decrease in the CIEL*a*b* parameters respect to AF. As for the sensory analysis, a sweet taste and creamy texture were described in AN compared to fresh garlic (AF). It is concluded that the AN standardization process allows obtaining a product with better nutraceutical qualities and greater sensory acceptability respect to AF.

Key words: sensory acceptability; fermented garlic; black garlic; phenolic compounds.

Resumen

Actualmente se conocen los beneficios a la salud que proporciona el consumo de ajo, sin embargo, existe una parte de la población a la que le disgusta su consumo por las molestias digestivas y gustativas principalmente. En este sentido, se han diseñado procesos postcosecha en el ajo con el fin de modificar sus propiedades sensoriales indeseables y proporcionar valor agregado; tal es el caso de la producción de ajo negro (AN). El objetivo fue estandarizar la obtención del AN en la empresa Chonajos, y evaluar sus propiedades fisicoquímicas, compuestos fenólicos y aceptación sensorial. Se evaluaron tres diferentes curvas de temperatura para la obtención del AN. Mediante una prueba sensorial se eligió la curva de temperatura No 2, que mostró la mayor aceptabilidad en los panelistas y que se utilizó como proceso de estandarización del AN. Durante el proceso de estandarización se evaluó el contenido de Sólidos Soluble Totales (SST), pH, color, y Compuestos Fenólicos Totales (CFT). Los resultados de la estandarización del proceso de obtención del AN le proporcionan 8.49 ± 0.27 mEAG/g BS de CFT, con a 51.56° Brix de SST, y pH de 3.44; además que el AN adquirió el color característico del producto, y por tanto una disminución en los parámetros CIEL*a*b* con respecto al AF. En cuanto al análisis sensorial se describió un sabor dulce y textura cremosa en el AN con respecto al ajo fresco (AF). Se concluye que el proceso de estandarización de AN permite obtener un producto con mejores cualidades nutraceuticas y mayor aceptabilidad sensorial con respecto al AF.

Palabras clave: aceptabilidad sensorial; ajo fermentado; ajo negro; compuestos fenólicos.

I. Introducción

El ajo (*Allium sativum* L.) es una raíz bulbosa usada principalmente en gastronomía por sus virtudes culinarias, aunque también posee cualidades farmacéuticas [1]. Dentro de estas últimas se han reportado sus propiedades como desintoxicante para el organismo, para combatir infecciones, y para estimular el

sistema inmune [2,3]; no obstante, pese a los beneficios que aporta el ajo a la salud, existe una parte de la población a la que le disgusta su consumo debido a que puede ocasionar molestias digestivas [4] y por sus características organolépticas indeseables [5]. En este sentido, se han diseñado procesos postcosecha en el ajo con el fin de modificar

y/o enmascarar sus propiedades sensoriales indeseables y proporcionar valor nutracéutico; tal es el caso del proceso de obtención de ajo negro (AN) [6].

El AN es un producto elaborado a partir del ajo fresco (AF) que conlleva al oscurecimiento del bulbo, y que es producido mediante un proceso tecnológico a temperatura y humedad controlada durante un período prolongado de tiempo [7]. A este proceso se le ha llamado erróneamente “fermentación del AF”, sin embargo, la reacción que realmente sucede es un pardeamiento no enzimático (o reacción de Maillard) en donde ocurren un conjunto de reacciones químicas entre los azúcares y las proteínas del ajo que transforman numerosos compuestos del AF en toda una nueva gama de compuestos diferentes [5], los cuales confieren propiedades nutracéuticas, y características sensoriales únicas.

Entre los compuestos desarrollados en el AN que confieren poseen valor nutracéutico se han reportado polifenoles y algunos compuestos intermediarios de la reacción de Maillard, entre los que destacan la S-alil-L-cisteína, el piruvato, y el tiosulfato [7,8]. Se ha reportado que dichos compuestos, principalmente confieren a este producto actividad antioxidante, antimicrobiana, anticancerígena, antiinflamatoria, así como efecto inmunomodulador [9,10]; en este sentido, se ha reportado que el consumo del AN puede ayudar a controlar a combatir el cáncer y reforzar el sistema inmune [11], solo por mencionar algunos beneficios. Además, los compuestos derivados de la caramelización de los azúcares del AF confieren el color oscuro al AN, y otorgan características sensoriales para desarrollar el perfil de sabor complejo (sabor suave y dulzón que oscila entre el regaliz y el chocolate) que caracteriza a este producto [5].

Pese a la mejora de propiedades organolépticas y adición de valor agregado que proporciona la producción de AN con respecto al AF, actualmente la difusión y conocimiento sobre el AN es escasa entre la población. Además, durante la producción del AN existen limitaciones que ocasionan que algunas características y beneficios del producto final puedan variar por influencia de inestabilidad en la temperatura, humedad y tiempo [7], cuando no existe un estricto control durante su proceso de producción.

Durante el proceso de producción de AN se ha reportado el uso de temperaturas (40 a 90 °C) y humedad relativa (60-90 %) variantes, mientras que el tiempo de producción estará en función de la temperatura, y puede ir desde 10 a 40 días dependiendo la intensidad con que ocurran las reacciones en el ajo [12,13]. Existen reportes en donde temperaturas altas (~90 °C) provocan que el periodo de obtención del AN sea más corto, pero una consecuencia adversa es el sabor amargo tan prominente en comparación con una temperatura de 60 °C (temperatura baja); sin embargo, la desventaja de esta última es que no adquiere el color oscuro deseado, por lo tanto, tampoco sería una temperatura óptima para el proceso de obtención de AN [5].

Por lo anterior, el presente trabajo de investigación se realizó en colaboración con la empresa Chonajos, con el objetivo de optimizar y estandarizar su proceso de producción de AN, monitoreando e inspeccionando cada parte del proceso fundamentado en la reacción de Maillard que ocurre. Para esto se evaluaron los distintos parámetros de temperatura, humedad, color, SST y pH, involucrados en el proceso.

II. Materiales y equipos

Reactivos: Se utilizó como materia prima de análisis ajo fresco (AF) (*Allium sativum* L. tipo chino), proporcionado por la empresa

Comercializadora y exportadora Chonajos S. De R.L. De C.V. ubicada en Juventino Rosas, Gto. Todos los reactivos fueron de grado analítico: alcohol metílico (Karal, México), agua destilada (Karal, México), carbonato de sodio anhidro (Karal, México), fenol de Folin & Ciocalteu's (Sigma-Aldrich, EUA).

Equipos: Para la obtención del AN se usó un horno de secado MMM Group (Venticell VC111). Para los análisis fisicoquímicos se usó un colorímetro HunterLab (tipo espectrofotómetro ColorFlex EZ), un refractómetro Hanna Instruments (HI96801), y un potenciómetro ThermoScientific (Orion Star A24). Para la medición de los compuestos bioactivos se utilizó un espectrofotómetro UV-Visible ThermoScientific (Genesys 10S).

III. Métodos experimentales

Para la obtención del ajo negro (AN) a partir del AF se evaluaron 3 diferentes rampas de temperaturas iniciales (ver Tabla 1) en 3

diferentes curvas de secado; este parámetro interfiere directamente en la obtención del AN, ya que se ha reportado que altas temperaturas provocan un proceso de obtención más corto, mientras que temperaturas bajas ocurre lo contrario [5]. Las temperaturas se manipularon manualmente con respecto a la humedad del ajo durante el periodo de secado y obtención del AN, el cual se estandarizó durante 30 días, teniendo para las 3 curvas una temperatura final de 20 °C. Se realizaron 3 réplicas del proceso para cada curva de secado, y se utilizó un análisis sensorial usando una prueba afectiva de aceptabilidad con escala hedónica de 9 puntos (realizada a 20 panelistas), con la cual se eligió la rampa de temperatura inicial que permitió obtener un AN con la aceptación deseada por los panelistas. Una vez seleccionado la rampa de temperatura inicial de secado para la obtención del AN, se utilizó dicho ajo para realizar análisis fisicoquímicos, de compuestos bioactivos, y características sensoriales con respecto al AF.

Tabla 1. Curvas de temperatura de secado para obtención de AN.

Curva	Temperatura inicial	Rampa de temperatura inicial	Temperatura final	% Aceptabilidad (prueba sensorial)
1	45 °C	70 °C	20 °C	6.90
2		75 °C		7.25
3		60 °C		8.00

El proceso de obtención de AN en cada curva de secado fue de 30 días.

La rampa inicial de temperatura de la curva de secado que fue seleccionada se consideró como base para el proceso de estandarización del AN. Los análisis fisicoquímicos que se evaluaron en el AN obtenido de dicho proceso fueron el contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) usando un refractómetro y expresando los resultados en °Brix, el pH mediante el uso de un potenciómetro, la humedad (diferencia de peso), y el color (modelo CIEL*a*b*). Entre los compuestos bioactivos evaluados están el Contenido de Fenoles Totales (CFT), los cuales se determinaron mediante

espectrofotometría usando la técnica de Folin-Ciocalteu [14] a partir de un extracto hidro alcohólico (metanol al 80%) en proporción 1:10 (p/v). Para la evaluación sensorial del AN se realizó una prueba afectiva de características sensoriales, evaluando el color, olor y sabor (dulzor).

Todos los análisis se realizaron por triplicado, y los resultados se expresaron con valores de media y desviación estándar (media $\pm$ DS). Las diferencias significativas se determinaron mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA) simple mediante la prueba de

comparaciones de Tukey a un nivel de significancia de $p < 0,05$ utilizando el software Statgraphics Centurion XVI.I.

IV. Resultados y Discusión

La prueba de aceptabilidad que evaluó el proceso de obtención del AN a 3 diferentes rampas de temperaturas iniciales de secado, permitió elegir la curva con una rampa de temperatura inicial de 45 a 60 °C (curva 3), la cual tuvo una aceptabilidad general entre los panelistas del 8.0% (ver Tabla 1), probablemente las curvas 1 (45 a 70 °C) y 2 (45 a 75 °C) tuvieron una menor aceptabilidad debido a sabores amargos que se originan en la obtención del AN a temperaturas elevadas, tal y como lo describe Toledano *et al.* (2017) [5]. Dicha curva se consideró para la estandarización de la obtención del AN durante un periodo de 30 días a una temperatura final de 20 °C. Además, al AN obtenido de la curva de secado elegida se realizó una prueba sensorial para evaluar las características de color, olor y sabor (dulzor); en donde en los resultados describen cualitativamente, en >50% de las evaluaciones, al AN como un producto con sabor dulce y una textura más cremosa con respecto al AF. Además, los panelistas describen que el olor característico que tiene el AF fue menos intenso en el AN, incluso algunas descripciones mencionan un olor mucho más agradable. Esto se debe a que durante el proceso de producción del AN el compuesto precursor del olor y sabor del AF (S-Alil-cisteina-sulfóxido o aliina) no produce alicina, ácido pirúvico y amoníaco (característicos del olor), como ocurre normalmente, sino que se transforma en otros compuestos menos volátiles que disminuyen

la presencia del olor y sabor pungente del AF [5].

Las características de color AN que se obtuvieron durante el proceso de estandarización muestran un pardeamiento no enzimático con respecto al AF, los cuales se ven reflejados en los parámetros de color del modelo cromático CIEL*a*b*. En la Figura 1 se observa el comportamiento de cada uno de los parámetros de dicho modelo, y se observa que el parámetro a* (tonalidad verde (-) y (+) tonalidad rojo) fue el único que presentó un comportamiento estable durante el proceso de obtención del AF (-0.69 ± 0.09) al AN (1.12 ± 0.14) con solo una diferencia de 0.43 entre ambos ajos; esto debido probablemente a que la gama de colores que indica el parámetro a manera bidimensional no se ve afectada al obtener el AN. Sin embargo, otros parámetros como la luminosidad y el parámetro b* si están relacionados con el cambio de color que ocurre en la obtención del AN; en este sentido, se observa una disminución estadísticamente significativa ($p < 0.05$) de la luminosidad superficial del AF ($L^* = 64.05 \pm 0.21$) hasta la obtención del AN ($L^* = 0.21 \pm 0.03$), la cual es producto de la reacción de Maillard, dicha reacción se ha reportado por Andreo-Martínez *et al.* (2021) [7] como la reacción responsable del típico color oscuro/negro del AN. Así mismo, el parámetro b* (tonalidad azul (-) y (+) tonalidad amarillo) tiende a disminuir de 34.13 ± 0.07 en el AF a 0.36 ± 0.06 en el AN, indicando que la tonalidad de color amarillo paja que caracteriza al AF se va perdiendo durante las reacciones de caramelización ocurridas; las cuales proporcionan el color café marrón oscuro/negro característico del AN, este color es similar a lo descrito por Cuzco & Ortiz (2019) [12].

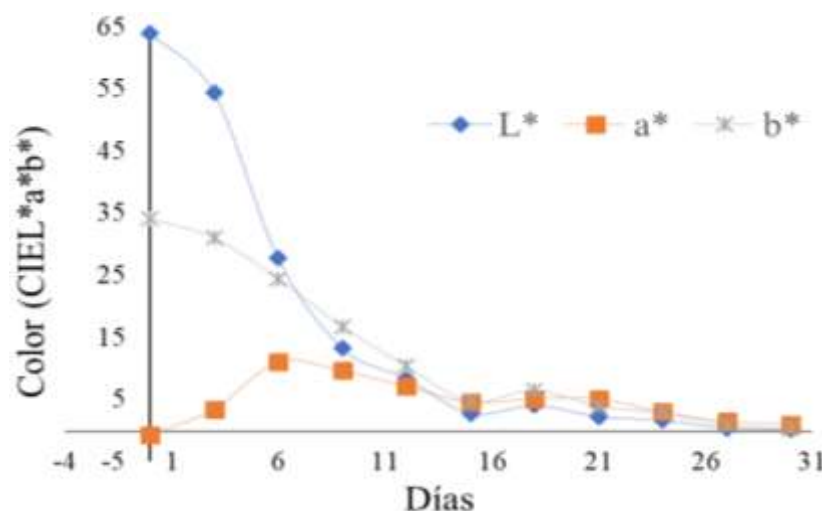


Figura 1. Comportamiento de color con los parámetros CIELab durante la estandarización del AN.
 L^* = luminosidad (0=negro, 100=blanco), a^* = tonalidad (-)verde-rojo(+), b^* = tonalidad (-)azul-amarillo(+).

Otras características fisicoquímicas del AN como los SST se observan en la Figura 2A, en donde los SST fueron en incremento significativamente ($p < 0.05$) a lo largo del tiempo, teniendo 33.1° Brix en el AF y 51.56° Brix en el AN, esto debido a la concentración de SST que ocurre por la pérdida de agua durante el proceso de secado [7], de hecho, la humedad que se reportó para el AN fue de $53.18 \pm 0.39\%$. Mientras que el pH (Figura 2B), varió con el tiempo tendiendo a la baja de manera significativa ($p < 0.05$) de 6.07 en el AF a 3.44 en el término del proceso de obtención del AN. Dicha disminución del pH en el AN concuerda con los resultados reportados por Toledano *et al.* (2017) [5]; en donde mencionan que la reacción de Maillard se favorece en el AF por su pH neutro-alcálico, pero al tener un AN el pH desciende y por lo tanto se detiene dicha reacción; además, el pH bajo en el AN es favorable para evitar el crecimiento microbiano.

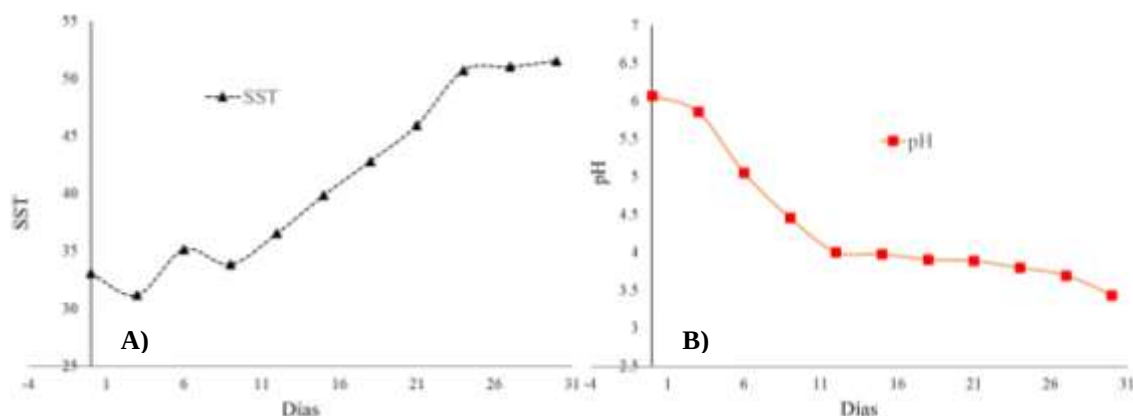


Figura 2. Comportamiento de parámetros fisicoquímicos durante la estandarización del AN.
 A) SST= Sólidos Solubles Totales, B) pH.

Los compuestos bioactivos evaluados a partir del Contenido de Fenoles Totales (CFT) se incrementaron en el AN, siendo de 8.49 ± 0.27 mEAG/g BS en este tipo de ajo; mientras que un AF tiene aproximadamente 0.84 ± 0.06 mEAG/g BS. Este incremento probablemente

se debe a que algunos biocompuestos, como los CFT, pueden estar más biodisponibles en el AN que presenta pH ácido, ya que este pH puede ser favorable para la liberación de compuestos bioactivos contenidos en matrices vegetales-alimentarias, por lo que

puede existir una relación entre el pH bajo y el mayor contenido de CFT en el AN; además, existe la producción de CFT durante las reacciones de caramelización y de Maillard que ocurren en la obtención del AN [7]. El incremento de CFT en el AN ya se ha reportado con anterioridad en otros trabajos [5], y se debe a que a partir de la oxidación química de los fenoles aparecen un grupo importante de ácidos fenólicos y flavonoides, los cuales proporcionan valor agregado a este producto, e incluso puede considerarse un superalimento o alimento nutraceutico.

V. Conclusiones

Durante el proceso de obtención del AN se concluye que las variaciones de temperatura inicial pueden interferir con las características sensoriales del AN, y por consiguiente con la aceptación general del producto, tal y como se observó con los resultados de la prueba afectiva de aceptabilidad. Por lo que es necesario considerar el control de la variable temperatura y sus variaciones para futuros procesos de obtención del AN.

En cuanto a las propiedades del AN, los ensayos permiten concluir que el AN difiere principalmente del AF en sus características fisicoquímicas, esto con un color más aceptable, pH más bajo y SST más altos. Al mismo tiempo, el AN se puede considerar un producto nutraceutico con respecto al AF, esto debido a la mayor concentración de CFT que se obtienen del proceso. Además, las características sensoriales de AF se mejoran considerablemente en la obtención del AN, por lo que el proceso de estandarización seleccionado del AN permite obtener un producto con características sensoriales y fisicoquímicas mejoradas y con valor agregado.

VI. Agradecimientos

A la empresa Chonajos por su apoyo para realizar el proyecto.

VII. Referencias

1. Alpizar Martínez, V.L., Mariezcurrena Berasain, M.A., Arzate Serrano, D., & Vega Castillo, L.F. (2020). “Estudio comparativo *in vitro* de la inhibición bacteriana del ajo elefante (*Allium ampeloprasum complex*) y ajo negro (*Allium sativum*) sobre *Escherichia coli* ATCC® 25922”. Tesis de Licenciatura para obtener el grado de Médico Veterinario Zootecnista. *Universidad Autónoma del Estado de México*, 1-46. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/109930>
2. White, D. (2021). “Healthy Uses for Garlic”. *Nursing Clinics of North America*, 56(1), 153-156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cnur.2020.12.001>
3. Tsai, C. W., Chen, H. W., Sheen, L. Y., & Lii, C. K. (2012). “Garlic: Health benefits and actions”. *BioMedicine*, 2(1), 17-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biomed.2011.12.002>
4. Maza, M. G., Ibañez, G. G., Hernández, J. C. M., & Dopico, A. C. (2017). “Revisión bibliográfica sobre el uso terapéutico del ajo”. *Revista cubana de medicina física y rehabilitación*, 6(1), 61-71.
5. Toledano Medina, M.A., Pérez Aparicio, J., & Moreno Rojas, R. (2017). “Optimización del proceso de elaboración y caracterización fisiológica, fisicoquímica del ajo negro”. Tesis doctoral. *Universidad de Córdoba UCOPress*. 1-141. <http://hdl.handle.net/10396/15111>
6. Estalles, M.M. (2020). Tesis: “Bases para la elaboración de protocolos para la obtención de ajo negro con cultivares INTA de ajo (*Allium sativum*), y

- caracterización organoléptica, físico-química y nutracéutica”. *Universidad Nacional de Cuyo*, Argentina.
7. Andreo-Martínez, P., García-Martínez, N., & Navarro-González, I. (2021). “Efectos de la ingesta de ajo negro en el cerebro: Una revisión sistemática”. *Revista de Discapacidad, Clínica y Neurociencias*. ISSN 2341-2526. Vol. 8, Núm. 1. pp. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.14198/DCN.19486>
 8. Aires da Silva, D., Moreira Ferreira, J., Moreira Lima, B., Figueiredo Viana, L.B., Melo Aires, G.C. (2021). “Evaluation of processing in phenolic compounds and antioxidante capacity in black garlic (*Allium sativum*)”. *Congreso Internacional de la Agroindustria “Inovação, Gestão e Sustentabilidade na Agroindustria”*. DOI: <https://doi.org/10.31692/IICIAGRO.0267>
 9. Hue, C. T., Tan, L. Q., Van Hung, H., Le, Q. T. N., Nguyen, T. H., Huong, N. T. L., Ha, N.M & Trinh, D. K. (2022). “Assessment of the physicochemical properties and biological activity of Vietnamese single-bulb black garlic”. *Food Bioscience*, 101866.
 10. Wu, J., Jin, Y., & Zhang, M. (2021). “Evaluation on the physicochemical and digestive properties of melanoidin from black garlic and their antioxidant activities in vitro”. *Food chemistry*, 340, 127934.
 11. Kimura, S., Tung, Y.C., Pan, M.H., Su, N.W., Lai, Y.J., & Cheng, K.C. (2017). “Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application”. *Journal of Food and Drug Analysis*. Volume 25, Issue 1, pp 62-70. ISSN 1021-9498. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.003>.
 12. Cuzco Cusco, M.M. & Ortiz Rodas, P.E. (2019). “Obtención del ajo negro por reacción de Maillard para el desarrollo de productos culinarios y su aplicación en cocina innovadora”. *Universidad De Cuenca*, Ecuador. 1-160. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33657>
 13. Ryu, J. H., & Kang, D. (2017). “Physicochemical properties, biological activity, health benefits, and general limitations of aged black garlic: A review”. *Molecules*, 22(6), 919. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules22060919>
 14. Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). “[14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent”. In *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press.