

**EFFECT OF LED LIGHT ON PHOTOSYNTHESIS OF
ASPARAGUS OFFICINALIS L. "ASPARAGUS"
IN THE POST-HARVEST****EFFECTO DE LA LUZ LED EN LA FOTOSÍNTESIS DE
ASPARAGUS OFFICINALIS L. "ESPÁRRAGO" EN LA
POSTCOSECHA****Solmaira Chicana-Palacin^{1*}; Camila de la Cruz-Leytón¹; César Lozano-Lévano¹
& Rubén Bruna-Mercado¹**¹ Laboratorio de Biología Aplicada. Empresa NINDECYT, Lima, Perú.* Corresponding author: nindecyt@gmail.com / solmairachicanap@gmail.comSolmaira Chicana-Palacin:  <https://orcid.org/0000-0001-8455-4825>Camila de la Cruz-Leytón:  <https://orcid.org/0000-0003-4955-0639>César Lozano-Lévano:  <https://orcid.org/0000-0002-5275-538X>Rubén Bruna-Mercado:  <https://orcid.org/0000-0002-2125-9615>**ABSTRACT**

Peru is the second largest producer of asparagus, with a production of more than 366 thousand tons per year, its crops are developed mainly in La Libertad, Ica and Lima, its export is mainly to the United States, and in some European countries, also distributed to the domestic market, but during transport and storage problems have been identified that accelerates the expiration of asparagus to increase its high respiratory rate. Therefore, new methods are sought to preserve and delay the senescence of green asparagus, and the following objective of the light emitting diode (LED) that has effect on the photosynthesis of green asparagus *Asparagus officinalis* L. in the postharvest and if it would serve as a method of conservation. For the realization of this work, four experiments were carried out: A control group kept in total darkness and three other experimental groups that were exposed to different power 7 W,

Este artículo es publicado por la revista Paideia XXI de la Escuela de posgrado (EPG), Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.



15 W and 20 W, respectively, exposed to 14 h of light and 10 h of darkness, using the photosynthetic quantification method through the extraction of chlorophyll to find the amount of chlorophyll a, b and total chlorophyll, The result was that the experimental group exposed to a power of 20 watts has a difference of 40% of chlorophyll compared to the control group, this shows that the high power white LED light prevents a greater degradation of the total chlorophyll of green asparagus, giving a commercial shelf life of three days at room temperature.

Keywords: *Asparagus officinalis* – chlorophyll – LED light – photosynthesis

RESUMEN

El Perú es el segundo mayor productor de espárragos, cuenta con una producción de más de 366 mil t al año, sus cultivos se desarrollan principalmente en La Libertad, Ica y Lima, su exportación es principalmente hacia Estado Unidos, y en algunos países de Europa, también se distribuyen para el mercado interno, pero durante su transporte y almacenamiento se han identificado problemas que aceleran, la caducidad del espárrago al aumentar su alta frecuencia respiratoria. Por lo que se busca de nuevos métodos para conservar y retrasar la senescencia del espárrago verde, y se plantea el siguiente objetivo del diodo de emisión de luz (LED) que tiene efecto en la fotosíntesis de espárrago verde *Asparagus officinalis* L. en la postcosecha y si serviría como un método de conservación. Para la realización de este trabajo se realizaron cuatro experiencias: un grupo control mantenido a total oscuridad y otros tres grupos experimentales que estuvieron expuestos a diferentes potencia 7 W, 15 W y 20 W, respectivamente, expuestas a 14 h de luz y 10 de oscuridad, usando el método de cuantificación fotosintética a través de la extracción de clorofila para hallar la cantidad de las clorofila a, b y total, y se obtuvo como resultado, que el grupo experimental expuesto a una potencia de 20 watts tiene una diferencia del 40% de clorofila comparado con el grupo control, esto evidencia que la luz LED blanca de alta potencia evita una mayor degradación de la clorofila total del espárrago verde, dando un tiempo de vida útil comercial de tres días a temperatura ambiente

Palabras clave: *Asparagus officinalis* – clorofila – fotosíntesis – luz LED

INTRODUCCIÓN

La mayor producción mundial de espárragos proviene del continente asiático, principalmente de China que para el 2023 produjo más de 7 millones de tnas de espárragos (*Asparagus officinalis* L.), pero su producción solo se restringe para su consumo local, los otros países que se dedican a la producción de esta hortaliza son Perú con aproximadamente 400 mil tnas, México con 330 mil tnas, Alemania con 130 mil tnas y Estados Unidos con 115 mil tnas, que si tienen principal propósito producirlas para su exportación (FAOSTAT, 2024).

En el Perú, la exportación de espárragos verdes variedad UC-157 F1, va dirigida principalmente hacia Estado Unidos, y en algunos países de Europa, tiene una buena producción durante todo el año, la distribución se realiza principalmente en La Libertad, Ica y Lima, donde se abarca 31 700 has, produciendo más de 366 mil tnas beneficiando a 3 263 productores, pero los números han decrecido mínimamente comparado con años anteriores (MIDAGRI, 2019), esto se debe a la falta de cuidados en la postcosecha ya que se ha observado que tiene una alta tasa de respiración y es un factor crítico a los espárragos (Vega, 2013; Papoutsis, 2023), que si no son tratados afecta a la vida útil comercial de esta hortaliza lo que ha hecho que algunos productores destinen sus cultivos para otro tipo de cosecha.

Los factores que se evalúan durante postcosecha de las hortalizas como el espárrago son el tamaño, va-

riedad y el estado de maduración, así como la temperatura, procesamiento, humedad y volumen envasado (Chiesa, 2010; Darré, 2019). Cuidar estos factores es fundamental para evitar la pérdida de los espárragos que son afectados por la falta de cuidado en la manipulación, por el insuficiente conocimiento de las etapas de vida comercial y su periodo de senescencia (Siomos, 2018; Adewoyin, 2023). Estos son susceptibles al amarillamiento y decaimiento del turión (vara del espárrago), característica que se relaciona principalmente con su alta velocidad de respiración y la contaminación microbiana, adicionalmente los turiones experimentan una serie de cambios fisiológicos considerables durante el almacenamiento, incluida la pérdida de agua, la degradación de la clorofila y ácido ascórbico, así como cambios en los compuestos fenólicos. El grado de lignificación también es un factor importante para determinar la calidad de este producto (Wang & Fan, 2019), de todos los factores la causa principal de la caducidad del espárrago es la alta frecuencia respiratoria (Zhang *et al.*, 2022).

Los factores que agravan la vida útil comercial expuestos anteriormente se pueden reducir por métodos de enfriamiento rápido después de la cosecha, como el almacenamiento a bajas temperaturas, tratamientos químicos y el uso de atmósferas modificadas o controladas o el uso de ozono. Estas últimas estrategias se han utilizado para reducir el deterioro del espárrago durante el almacenamiento en frío, aunque han

añadido pocos beneficios o son más costosos (Mercado-Ruiz *et al.*, 2013; Pretell *et al.*, 2020). Sin embargo, se conocen de métodos como la luz LED (“Light emitting diode”) que han sido probados en otras hortalizas con resultados más favorables y menos costoso.

Es así, que los estudios de estas tecnologías de luz LED se ha ampliado a hortalizas, verduras y frutas y han demostrado aumento de la eficiencia fotosintética en hortalizas (Paponov *et al.*, 2020), efecto antibacteriano en frutas (Kim *et al.*, 2017) y elevación de niveles de fitohormonas en verduras (Meiramkulova *et al.*, 2023), con el propósito de conservar por más tiempo. En el caso de la presente investigación con espárragos el fenómeno hipotético es la acción de la luz LED en el incremento fotosintético.

Con respecto a los focos LED, estos en general son lámparas de estado sólido que es un semiconductor en unión a dos terminales ánodo y cátodo con recubrimiento por una resina epóxica transparente; cuando la corriente eléctrica ingresa por el LED se produce un fenómeno llamado electroluminiscencia, es decir, se emite una luz monocromática en forma de frecuencias desde el infrarrojo hasta el ultravioleta pasando por el espectro de luz visible (Teneda *et al.*, 2022).

Por lo expuesto es necesaria la búsqueda de las mejores condiciones para almacenamiento y transporte del espárrago para poder conservar y retrasar la senescencia, es por eso que el objetivo es determinar el efecto

de la luz LED en la fotosíntesis de *A. officinalis* en la postcosecha.

MATERIALES Y MÉTODO

Material biológico

Se utilizaron 20 espárragos verdes producido por la empresa Complejo Agroindustrial beta S.A. “La Castellana” adquiridos en el supermercado Tottus de “Mall plaza Comas”, ubicado en el distrito de Comas, Lima, Perú, luego se transportó al laboratorio de Biología Aplicada de la Empresa NINDECYT, en el distrito de Los Olivos, provincia Lima Metropolitana, Perú.

Material y equipo físico

Constó de cuatro lámparas con focos LED de 15 watts de potencia comercial de un radio base uniforme dentro de cajas forradas de color negro con dimensiones 40 x 40 x 60 cm, debidamente acondicionado para el estudio, además se utilizó un termohigrómetro de marca OEM con modelo HTC2, con sensores para el control de la temperatura (-50°C ~ + 70° C) y humedad (±5% de humedad relativa).

Material y equipo químico

Se utilizó una centrifuga (marca Borosil), un espectrofotómetro de luz visible (marca Eurotech Vis Spectrophotometer 721), mortero, y solución de alcohol etílico al 70%.

Diseño experimental Análisis de datos

Se dispusieron de cuatro ambientes, uno para el control que se mantuvo

a total oscuridad, el segundo grupo experimental tenía un foco de luz LED blanca con potencia de siete watts, el tercer grupo experimental estaba expuesta con una de luz LED blanca a 15 watts de potencia, y el último grupo experimental estaba a una exposición con luz LED blanca de 20 watts de potencia. El experimento se realizó durante cuatro días consecutivos. Para todos los grupos experimentales y el control se comenzaron con cinco espárragos y se fue retirando uno por día de manera aleatoria para proceder a la extracción de la clorofila.

La determinación de la cuantificación fotosintética se realizó mediante la adaptación del método según Ruiz-Santiago *et al.* (2019) que consiste en cortar muestra en tiras de 0,5 cm² y se pesó 0,5 g, que se maceró en un mortero añadiendo 5 mL de solución de alcohol etílico al 70%, hasta extraer todo el pigmento de la muestra; luego, la muestra se depositó en un tubo y se centrifugó a 2.000 rpm durante 10 min. Se tomaron 0,5 mL del sobrenadante de cada uno de los extractos y se diluyó hasta 5 mL con alcohol etílico al 70 %. Las absorbancias se midieron en un espectrofotómetro, a longitudes de onda desde 400 hasta los 700 nm, utilizando una muestra de alcohol al 70 % como blanco. Para calcular las clorofilas se tomará la longitud de onda de 663 nm y a 645 nm para la determinación de la clorofila. Los datos recolectados y evaluados diariamente en una hoja de cálculo Excel 2019 (bajo licencia de Microsoft) para la realización de las gráficas de absorbancia versus longitud de onda y para el cálculo de

las clorofilas a, b y totales, se utilizó las ecuaciones de coeficiente de absorción dadas por Arnon (1949) y Mackinney (1941):

$$\text{Clorofila}(a) = (12,7 * \text{Abs}663) - (2,69 * \text{Abs}645)$$

$$\text{Clorofila}(b) = (22,9 * \text{Abs}645) - (4,68 * \text{Abs}663)$$

$$\text{Clorofila total} = (20,2 * \text{Abs}645) - (8,02 * \text{Abs}663)$$

La relación matemática para determinar el porcentaje y ver las diferencias entre las cantidades de clorofilas, donde V es el valor:

$$\frac{V \text{ expresado} - V \text{ referencia}}{V \text{ referencia}} \times 100$$

Aspectos éticos: El presente estudio no necesitaba de rubros éticos, dado que se manipuló muestras comerciales.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se obtuvo las absorbancias respecto a la longitud de onda, tanto para el control como a los grupos experimentales a diferentes potencias (baja, media y alta) durante cuatro días. En la Figura 1 se observa que para el primer día todos los grupos experimentales y el control mantienen las mismas condiciones en las curvas de absorbancia respecto a la longitud de onda. Para el segundo día del experimento se observó ligeramente un incremento de la absorbancia para el grupo experimental expuesta a luz LED de 15 watts de potencia, además se observó que las muestras en todos los grupos tomaron una forma de curvatura en el ápice del turión al estar en contacto con una bandeja con curvas.

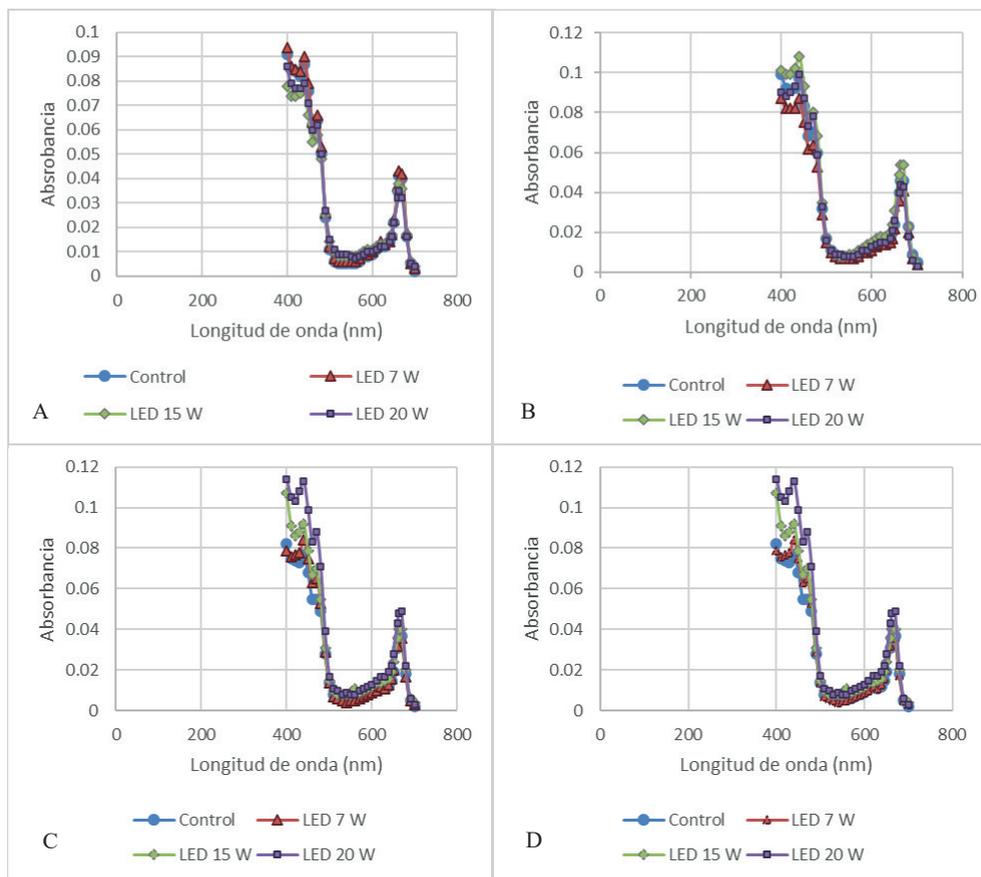


Figura 1. Curva de absorbancia versus longitud de onda desde los 400-700 nm.

La figura 1 muestra al grupo control, el grupo experimental 1 (7W), el grupo experimental 2 (15W) y el grupo experimental 3 (20W) representado por los colores azul, naranja, gris y amarillo respectivamente. A: día 1, B: día 2, C: día 3, D: día 4.

En el tercer día se observa una mayor diferencia para el grupo experimental expuesta a la luz LED blanca de mayor potencia, le sigue el grupo experimental expuesto a media potencia, y se sigue manteniendo la curvatura de los turiones en todos

los casos además que presentan una aparente deshidratación de los tejidos. Para el último día de evaluación también se observa que la absorbancia más alta lo tiene el grupo experimental con mayor potencia, pero no es mayor ni se mantiene como en el día anterior. En la figura 2 se observa la diferencia entre la cantidad de clorofila a y b, además se identifica una diferencia entre las clorofilas totales sobre todo en el penúltimo día de la experiencia.

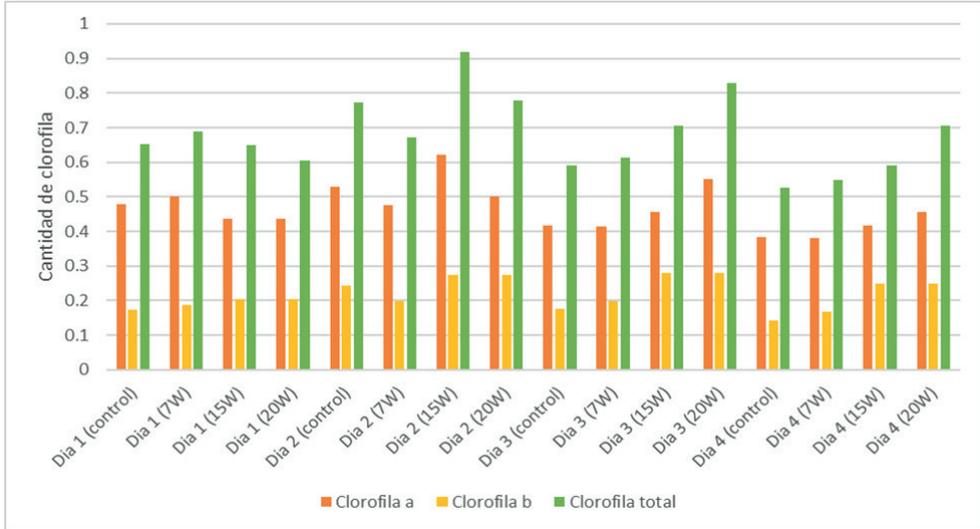


Figura 2. Cuantificación de clorofila a, b y total a diferentes potencias (luz LED)

En la figura 2 se muestra la cantidad de clorofila a, b y total expuestas a la luz LED blanca en 3 potencias (7W, 15W y 20W) a cuatro días consecutivos, obtenido con la relación matemática anterior, y derivada del espectrofotómetro.

Analizando los dos tipos de clorofila cuantificadas, en todas las experiencias se tiene que, la clorofila b es menor que la clorofila a, esto se debe a que la clorofila b pasa por un proceso de reducción enzimática donde ocurre la transformación de la clorofila b en clorofila a hasta llegar a su degradación total (Hortensteiner, 2006), se puede encontrar la misma relación en otros trabajos como en la espinaca expuestos a pulsos de luz (*Spinacia oleracea* L.), en hojas de kale empleando luz roja y blanca (*Brassica oleracea* var. *sabellica* L.) (Gergoff *et al.*, 2013; Giambelluca, 2020), se ha encontrado trabajos realizados

en la albahaca donde ocurre una disminución mayor de clorofila a cuando se las expone a una luz blanca por lo que se recomendó guardarlas en oscuridad (Costa *et al.*, 2013), en el caso del brócoli los investigadores Favre *et al.* (2018) encontraron que los tratamientos no retrasaron la degradación de la clorofila b.

La representación de algunos porcentajes hallados con la fórmula mencionado anteriormente, fueron reemplazados con los datos de la tabla 2, en el penúltimo día de la experiencia se obtiene una diferencia de un 32% de la clorofila a, un 59% de clorofila b y un 40% de las clorofilas totales respecto al grupo control.

Tabla 1. Clorofila a, b y total a diferentes potencias (luz LED).

	DÍA 1			DÍA 2			DÍA 3			DÍA 4					
	CONTROL	LED 7W	LED 15W	LED 20W											
CLOROFILA A	0,478	0,437	0,437	0,53	0,475	0,621	0,502	0,417	0,414	0,457	0,55	0,384	0,381	0,417	0,457
CLOROFILA B	0,175	0,188	0,203	0,243	0,197	0,275	0,275	1,75	0,198	0,279	0,279	0,143	0,166	0,248	0,248
CLOROFILA TOTAL	0,652	0,688	0,648	0,773	0,672	0,918	0,777	0,592	0,612	0,705	0,829	0,527	0,547	0,592	0,705

En la tabla 1, se aprecia los grupos control y los grupos experimentales (potencias de focos LED de 7W, 15W y 20W) durante cuatro días. En el grupo experimental de potencia baja y el grupo control presentan similares contenidos de sus clorofilas a, b y totales, como describió Cano *et al.* (2005) que hay plantas que presentan mayor respuesta solo a altas potencias de luz como en el arraclán, donde se encuentra que crecen en un determinado lugar y con el tiempo se adaptan a las condiciones de luz que destacan de acuerdo con el ambiente y aumentan su actividad fotosintética al desarrollarse en lugares con mayor luminosidad. Este resultado es similar para el roble como lo indica Valladares *et al.* (2002) donde se trabajó a diferentes tipos de luminosidad.

La diferencia es más notoria en los grupos experimentales de media y alta potencia de luz LED blanca (15 watts y 20 watts) en comparación con los almacenado en total oscuridad fue mantenida durante 3 días destacando la diferencia entre el control y el grupo experimental expuesto a la luz LED con mayor potencia de 20 watts, la diferencia es en un 40% en las clorofilas totales, estos datos difieren con el trabajo de Mastropasqua *et al.* (2016) donde también se trabajó con los espárragos que fueron trabajados con focos luminiscentes con una potencia de 36 watts luz blanca, roja y azul donde no se conservó los contenidos de clorofilas cayendo a niveles bajos al igual que el grupo control además del calor que producía

el tipo de foco usado además de causar la deshidratación de la hortaliza, este último fenómeno explicado por Vergara & Farías (2024).

Author contributions: CRediT (Contributor Roles Taxonomy)

SCP = Solmaira Chicana-Palacin

CDL = Camila de la Cruz-Leytón

CLL = César Lozano-Lévano

RBM = Rubén Bruna-Mercado

Conceptualization: SCP, CCL, CLL

Data curation: CCL, CLL, RBM

Formal Analysis: SCP, CLL

Funding acquisition: SCP, CDL, CLL

Investigation: SCP, CLL

Methodology: SCP, CCL, CLL

Project administration: CCL, CLL

Resources: SCP, CLL

Software: SCP, CCL

Supervision: CCL, CLL, RBM

Validation: CCL, CLL

Visualization: SCP, CCL, CLL, RBM

Writing – original draft: SCP

Writing – review & editing: CCL, CLL

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adewoyin, O.B. (2023). Pre-Harvest and Postharvest Factors Affecting Quality and Shelf Life of Harvested Produce. Kahramanoğlu, I. (ed.). *New Advances in Postharvest Technology*. <https://www.intechopen.com/chapters/87184>
- Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in beta vulgaris. *Plant physiology*, 24, 1-15.
- Cano, C., Silva, F., & Sanpedro, L. (2005). *Efecto sobre la fluorescencia de la clorofila de hojas de arraqlán (Frangula alnus) creciendo en sotobosque de robledales atlánticos sometidos a distintos pesos de clara*. Actas 4º Congreso Forestal Español, Volumen único.
- Chiesa, A. (2010). Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga. *Horticultura Argentina*, 29, 28-32.
- Costa, L., Montano, Y. M., Carrión, C., Rolny, N., & Guiamet, J.J. (2013). Application of low intensity light pulses to delay postharvest senescence of *Ocimum basilicum* leaves. *Postharvest biology and technology*, 86, 181-191.
- Darré, M. (2019). *Factores de pre y poscosecha que afectan el contenido de compuestos antioxidantes en hortalizas*. [Tesis de doctorado]. Repositorio institucional de la UNLP.
- FAOSTAT. (2024). Estadísticas mundiales de producción de espárrago. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.

- Favre, N., Bárcena, A., Bahima, J. V., Martínez, G., & Costa, L. (2018). Pulses of low intensity light as promising technology to delay postharvest senescence of broccoli. *Postharvest Biology and Technology*, 142, 107-114.
- Gergoff, G. E., Chaves, A. R., & Bartoli, C.G. (2013). Low irradiance pulses improve postharvest quality of spinach leaves (*Spinacia oleracea* L. cv Bison). *Postharvest Biology and Technology*, 77, 35-42.
- Giambelluca, A. (2020). *Aplicación de la tecnología de leds (diodos emisores de luz) en postcosecha., tratamientos con pulsos de luz de baja intensidad para preservar la calidad comercial de kale.* [Tesis de pregrado]. Repositorio institucional de la UNLP.
- Hortensteiner, S. (2006). Chlorophyll degradation during senescence. *Annual Review of Plant Biology*, 57, 55-77.
- Kim, M. J., Tang, C. H., Bang, W. S., & Yuk, H. G. (2017). Antibacterial effect of 405±5 nm light emitting diode illumination against *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* on the surface of fresh-cut mango and its influence on fruit quality. *International journal of food microbiology*, 244, 82-89.
- Mackinney, G. (1941). Absorption of light by chlorophyll solutions. *Journal of Biological Chemistry*, 140, 315-322.
- Mastropasqua, L., Tanzarella, P., & Paciolla, C. (2016). Efectos de los espectros de luz poscosecha sobre la calidad y los parámetros relacionados con la salud en *Asparagus officinalis* L. verde. *Biología y tecnología poscosecha*, 112, 143-151.
- Meiramkulova K, Devrishov D, Adylbek Z, Kydyrbekova A, Zhangazin S, Ualiyeva R, Temirbekova A, Adilbektegi G, Mkilima T. (2023). The Impact of Various LED Light Spectra on Tomato Preservation. *Sustainability*, 15, 1111.
- Mercado-Ruiz, J., Jara-Díaz, K., García-Robles, J., & Baez-Sañudo, R. (2013). Calidad de espárrago verde en fresco (*Asparagus officinalis* L.): cubiertas comestibles y ácido acetilsalicílico. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14, 195-203.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2019). *Informe sobre la producción de espárragos en Perú.* Lima.
- Paponov, M., Kechasov, D., Lacek, J., Verheul, M. J., & Paponov, I. A. (2020). Supplemental light-emitting diode inter-lighting increases tomato fruit growth through enhanced photosynthetic light use efficiency and modulated root activity. *Frontiers in Plant Science*, 10, 470977.
- Papoutsis, K. (2023). Sustainable postharvest treatments for prolonging *Asparagus* (*Asparagus officinalis* L.) shelf life by minimizing the

- development of physiological disorders. *ACS Food Science & Technology*, 3, 1617-1631.
- Pretell, C., Márquez, L., Siche, R., & Hayayumi, M. (2020). Efecto del ozono y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas de espárrago verde (*Asparagus officinalis* L.) mínimamente procesado. *Tecnología Agropecuaria*, 21, 2-16.
- Ruiz-Santiago, F. L., Ruiz-Velázquez, J. A., Hernández-Becerra, J. A., García-Jiménez, R., & Valadez-Villarreal, A. (2019). Extracción y cuantificación de clorofila en hojas comestibles del estado de Tabasco. *Revista Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, 944-949.
- Siomos, A.S. (2018). The quality of asparagus as affected by preharvest factors. *Scientia horticulture*, 233, 510-519.
- Teneda, F. H. V., Barba, D. B. V., & Noguera, Y. A. U. (2022). Caracterización de la Calidad de Energía en focos incandescentes, Fluorescentes, Inducción y Led. *Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas*, 6, 117-133.
- Valladares, F., Skillman, J.B., & Pearcy, R.W. (2002). Convergence in light capture efficiencies among tropical forest understory plants with contrasting crown architectures: a case of morphological compensation. *American journal of Botany*, 89, 1275-1284.
- Vega, R. (2013). *Manejo integrado y uso de semillas certificada F1 en el cultivo de espárrago*. Guía técnica, Agrobanco.
- Vergara H.C., & Farias, G.M.J. (2024). *Deshidratación de hortalizas: una herramienta para agregación de valor a nuevos alimentos*. Instituto de Investigaciones Agropecuaria. Chile.
- Wang, J., & Fan, L. (2019). Effect of ultrasound treatment on microbial inhibition and quality maintenance of green asparagus during cold storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 58, 1-8.
- Zhang, X., Yan, X., Hu, W., Dhanasekaran, S., Ngea, G.L.N., Godana, E.A., Gu, X., Zhao, L., & Zhang, H. (2022). *Fusarium proliferatum* infection on the quality and respiratory metabolism of postharvest asparagus. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 50, 143-161.

Received May 8, 2024.

Accepted August 7, 2024.