

1 Paideia XXI, Vol. 14, N°2, Lima, july-december 2024, pp. XX-XX.
2 <https://doi.org/10.31381/paideiaxxi.v14i2.6773>

3
4 Este artículo es publicado por la revista Paideia XXI de la Escuela de posgrado (EPG), Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
5 Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional
6 (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier
7 medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.



8
9

10 ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

11 EFFECT OF LED LIGHT ON POSTHARVEST PHOTOSYNTHESIS OF *ASPARAGUS*
12 *OFFICINALIS* L. "ASPARAGUS"

13 EFECTO DE LA LUZ LED EN LA FOTOSÍNTESIS DE *ASPARAGUS OFFICINALIS* L.
14 "ESPÁRRAGO" EN LA POSTCOSECHA


15 Solmaira Chicana-Palacin^{1*}; Camila de la Cruz-Leytón¹; César Lozano-Lévano¹ & Rubén Bruna-
16 Mercado¹

17 ¹Laboratorio de Biología Aplicada. Empresa NINDECYT, Lima, Perú.


18 *Corresponding author: nindecyt@gmail.com / solmairachicanap@gmail.com


19 Chicama-Palacin *et al.*

20 Titulillo: Effect of LED light on postharvest photosynthesis of asparagus

21 Solmaira Chicama-Palacin:  <https://orcid.org/0000-0001-8455-4825>

22 Camila de la Cruz-Leytón:  <https://orcid.org/0000-0003-4955-0639>

23 César Lozano-Lévano:  <https://orcid.org/0000-0002-5275-538X>

24 Rubén Bruna-Mercado:  <https://orcid.org/0000-0002-2125-9615>

25

26 **ABSTRACT**

27 Peru is the second largest producer of asparagus, with a production of more than 366 thousand
28 tons per year, its crops are developed mainly in La Libertad, Ica and Lima, its export is mainly to
29 the United States, and in some European countries, also distributed to the domestic market, but
30 during transport and storage problems have been identified that accelerates the expiration of
31 asparagus to increase its high respiratory rate. Therefore, new methods are sought to preserve and
32 delay the senescence of green asparagus, and the following objective of the light emitting diode
33 (LED) that has effect on the photosynthesis of green asparagus *Asparagus officinalis* L. in the
34 postharvest and if it would serve as a method of conservation. For the realization of this work, four
35 experiments were carried out: A control group kept in total darkness and three other experimental
36 groups that were exposed to different power 7 W, 15 W and 20 W, respectively, exposed to 14 h
37 of light and 10 h of darkness, using the photosynthetic quantification method through the extraction
38 of chlorophyll to find the amount of chlorophyll a, b and total chlorophyll, The result was that the
39 experimental group exposed to a power of 20 watts has a difference of 40% of chlorophyll
40 compared to the control group, this shows that the high power white LED light prevents a greater
41 degradation of the total chlorophyll of green asparagus, giving a commercial shelf life of three
42 days at room temperature.

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

44 **RESUMEN**

45 El Perú es el segundo mayor productor de espárragos, cuenta con una producción de más de 366
46 mil t al año, sus cultivos se desarrollan principalmente en La Libertad, Ica y Lima, su exportación
47 es principalmente hacia Estado Unidos, y en algunos países de Europa, también se distribuyen para

48 el mercado interno, pero durante su transporte y almacenamiento se ha identificado problemas que
49 acelera, la caducidad del espárrago al aumentar su alta frecuencia respiratoria. Por lo que se busca
50 de nuevos métodos para conservar y retrasar la senescencia del espárrago verde, y se plantea el
51 siguiente objetivo del diodo de emisión de luz (LED) que tiene efecto en la fotosíntesis de
52 espárrago verde *Asparagus officinalis* L. en la postcosecha y si serviría como un método de
53 conservación. Para la realización de este trabajo se realizaron cuatro experiencias: un grupo control
54 mantenido a total oscuridad y otros tres grupos experimentales que estuvieron expuestos a
55 diferentes potencia 7 W, 15 W y 20 W, respectivamente, expuestas a 14 h de luz y 10 de oscuridad,
56 usando el método de cuantificación fotosintética a través de la extracción de clorofila para hallar
57 la cantidad de las clorofila a, b y total, y se obtuvo como resultado, que el grupo experimental
58 expuesto a una potencia de 20 watts tiene una diferencia del 40% de clorofila comparado con el
59 grupo control, esto evidencia que la luz LED blanca de alta potencia evita una mayor degradación
60 de la clorofila total del espárrago verde, dando un tiempo de vida útil comercial de tres días a
61 temperatura ambiente

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

63

64 **INTRODUCCIÓN**

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

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

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

93 Los factores que agravan la vida útil comercial expuestos anteriormente se pueden reducir por

94 métodos de enfriamiento rápido después de la cosecha, como el almacenamiento a bajas
95 temperaturas, tratamientos químicos y el uso de atmósferas modificadas o controladas o el uso de
96 ozono. Estas últimas estrategias se han utilizado para reducir el deterioro del espárrago durante el
97 almacenamiento en frío, aunque han añadido pocos beneficios o son más costosos (Mercado-Ruiz
98 *et al.*, 2013; Pretell *et al.*, 2020). Sin embargo, se conocen de métodos como la luz LED (“Light
99 emitting diode”) que han sido probados en otras hortalizas con resultados más favorables y menos
100 costoso.

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

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

112 Por lo expuesto es necesaria la búsqueda de las mejores condiciones para almacenamiento y
113 transporte del espárrago para poder conservar y retrasar la senescencia, es por eso que el objetivo
114 es determinar el efecto de la luz LED en la fotosíntesis de *A. officinalis* en la postcosecha.

115

116 **MATERIALES Y MÉTODO**

117 **Material biológico**

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

122 **Material y equipo físico**

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

128 **Material y equipo químico**

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

131

132 **Diseño experimental Análisis de datos**

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

140 La determinación de la cuantificación fotosintética se realizó mediante la adaptación del método
141 según Ruiz-Santiago *et al.* (2019) que consiste en cortar muestra en tiras de 0,5 cm² y se pesó 0,5
142 g, que se maceró en un mortero añadiendo 5 mL de solución de alcohol etílico al 70%, hasta extraer
143 todo el pigmento de la muestra; luego, la muestra se depositó en un tubo y se centrifugó a 2.000
144 rpm durante 10 min. Se tomaron 0,5 mL del sobrenadante de cada uno de los extractos y se diluyó
145 hasta 5 mL con alcohol etílico al 70 %. Las absorbancias se midieron en un espectrofotómetro, a
146 longitudes de onda desde 400 hasta los 700 nm, utilizando una muestra de alcohol al 70 % como
147 blanco. Para calcular las clorofilas se tomará la longitud de onda de 663 nm y a 645 nm para la
148 determinación de la clorofila. Los datos recolectados y evaluados diariamente en una hoja de
149 cálculo Excel 2019 (bajo licencia de Microsoft) para la realización de las gráficas de absorbancia
150 versus longitud de onda y para el cálculo de las clorofilas a, b y totales, se utilizó las ecuaciones
151 de coeficiente de absorción dadas por Arnon (1949) y Mackinney (1941):

$$152 \quad \text{Clorofila}(a) = (12,7 * \text{Abs}663) - (2,69 * \text{Abs}645)$$

$$153 \quad \text{Clorofila}(b) = (22,9 * \text{Abs}645) - (4,68 * \text{Abs}663)$$

$$154 \quad \text{Clorofila total} = (20,2 * \text{Abs}645) - (8,02 * \text{Abs}663)$$

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

$$157 \quad \frac{V \text{ expresado} - V \text{ referencia}}{V \text{ referencia}} \times 100$$

158 **Aspectos éticos:** El presente estudio no necesitaba de rubros éticos, dado que se manipulo
159 muestras comerciales.

160

161 **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

162 Se obtuvo las absorbancias respecto a la longitud de onda, tanto para el control como a los grupos

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

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

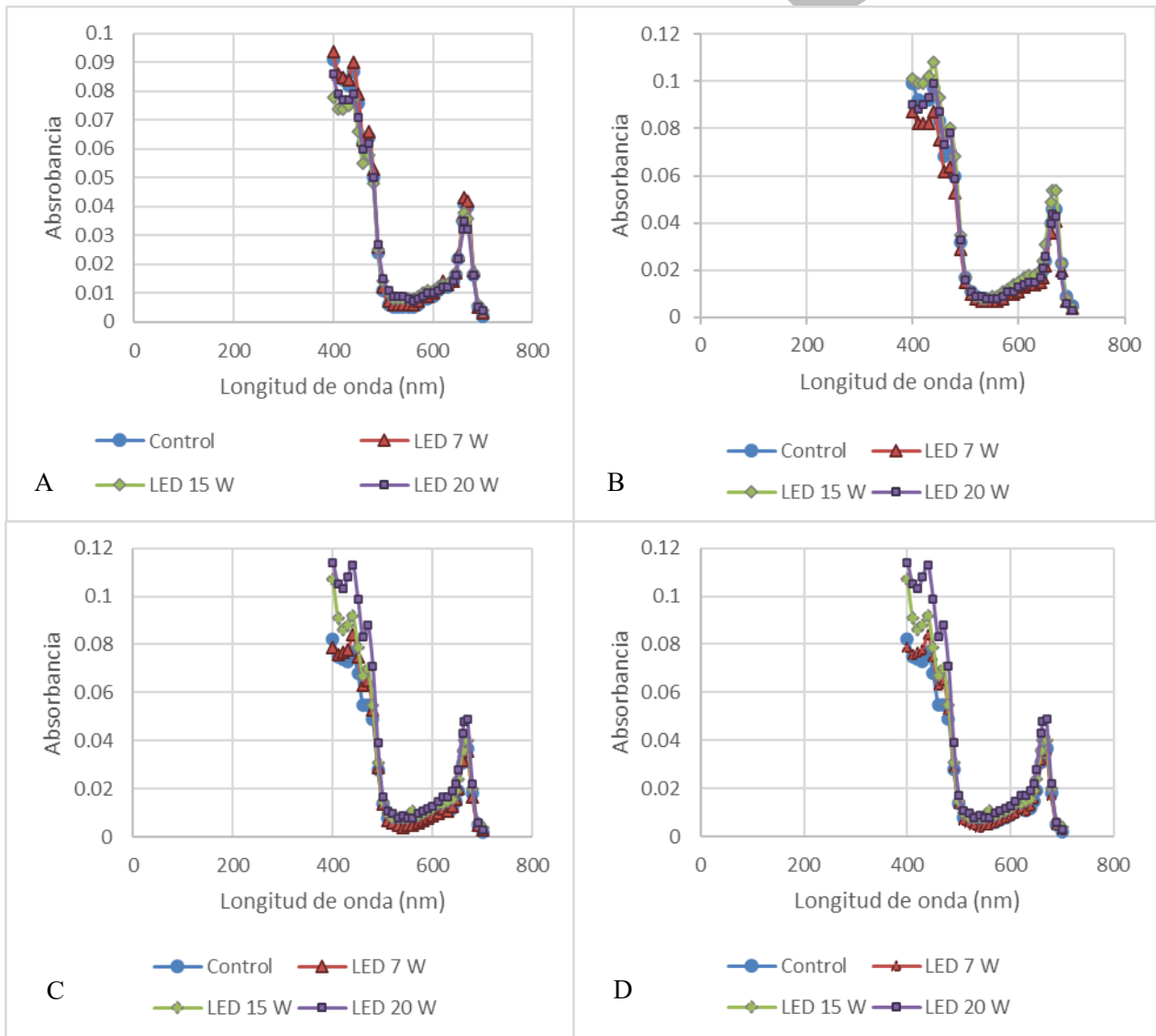
181

182

183

184

185

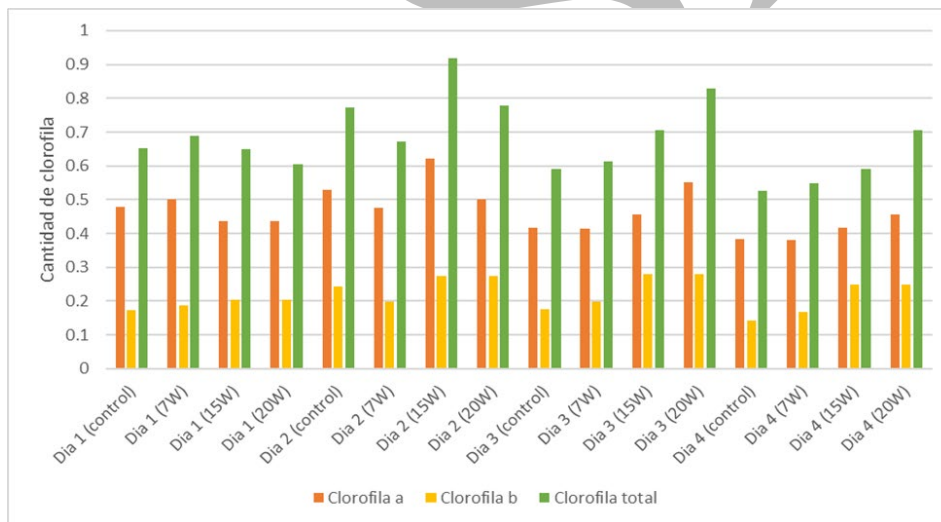


186 **Figura 1.** Curva de absorbancia versus longitud de onda desde los 400-700 nm.

187

188 La figura 1 muestra al grupo control, el grupo experimental 1 (7W), el grupo experimental 2
189 (15W), el grupo experimental 3 (20W) representado por los colores azul, naranja, gris y amarillo
190 respectivamente. A: día 1, B: día 2, C: día 3, D: día 4.

191 En el tercer día se observa una mayor diferencia para el grupo experimental expuesta a la luz LED
192 blanca de mayor potencia, le sigue el grupo experimental expuesto a media potencia, y se sigue
193 manteniendo la curvatura de los turiones en todos los casos además que presentan una aparente
194 deshidratación de los tejidos. Para el último día de evaluación también se observa que la
195 absorbancia más alta lo tiene el grupo experimental con mayor potencia, pero no es mayor ni se
196 mantiene como en el día anterior. En la figura 2 se observa la diferencia entre la cantidad de
197 clorofila a y b, además se identifica una diferencia entre las clorofilas totales sobre todo en el
198 penúltimo día de la experiencia.



199

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

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

203 anterior, y derivada del espectrofotómetro.

204 Analizando los dos tipos de clorofila cuantificadas, en todas las experiencias se tiene que, la

205 clorofila b es menor que la clorofila a, esto se debe a que la clorofila b pasa por un proceso de

206 reducción enzimática donde ocurre la transformación de la clorofila b en clorofila a hasta llegar a

207 su degradación total (Hortensteiner, 2006), se puede encontrar la misma relación en otros trabajos

208 como en la espinaca expuestos a pulsos de luz (*Spinacia oleracea* L.), en hojas de kale empleando

209 luz roja y blanca (*Brassica oleracea* var. *sabellica* L.) (Gergoff *et al.*, 2013; Giambelluca, 2020),

210 se ha encontrado trabajos realizados en la albahaca donde ocurre una disminución mayor de

211 clorofila a cuando se las expone a una luz blanca por lo que se recomendó guardarlas en oscuridad

212 (Costa *et al.*, 2013), en el caso del brócoli los investigadores Favre *et al.* (2018) encontraron que

213 los tratamientos no retrasaron la degradación de la clorofila b.

214 La representación de algunos porcentajes hallados con la fórmula mencionado anteriormente,

215 fueron reemplazados con los datos de la tabla 2, en el penúltimo día de la experiencia se obtiene

216 una diferencia de un 32% de la clorofila a, un 59% de clorofila b y un 40% de las clorofilas totales

217 respecto al grupo control.

218 **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	Control	LED 7W	LED 15W	LED 20W	Control	LED 7W	LED 15W	LED 20W	Control	LED 7W	LED 15W	LED 20W
Clorofila a	0,478	0,5	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	0,203	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	0,604	0,773	0,672	0,918	0,777	0,592	0,612	0,705	0,829	0,527	0,547	0,592	0,705

219

220 En la tabla 1, se aprecia los grupos control y los grupos experimentales (potencias de focos LED

221 de 7W, 15W y 20W) durante cuatro días. En el grupo experimental de potencia baja y el grupo

222 control presentan similares contenidos de sus clorofilas a, b y totales, como describió Cano *et al.*

223 (2005) que hay plantas que presentan mayor respuesta solo a altas potencias de luz como en el

224 arraclán donde se encuentra que crecen en un determinado lugar y con el tiempo se adaptan a las
225 condiciones de luz que destacan de acuerdo con el ambiente y aumentan su actividad fotosintética
226 al desarrollarse en lugares con mayor luminosidad. Este resultado es similar para el roble como lo
227 indica Valladares *et al.* (2002) donde se trabajó a diferentes tipos de luminosidad.

228 La diferencia es más notoria en los grupos experimentales de media y alta potencia de luz LED
229 blanca (15 watts y 20 watts) en comparación con los almacenado en total oscuridad fue mantenida
230 durante 3 días destacando la diferencia entre el control y el grupo experimental expuesto a la luz
231 LED con mayor potencia de 20 watts, la diferencia es en un 40% en las clorofilas totales, estos
232 datos difieren con el trabajo de Mastropasqua *et al.* (2016) donde también se trabajó con los
233 espárragos que fueron trabajados con focos luminiscentes con una potencia de 36 watts luz blanca,
234 roja y azul donde no se conservó los contenidos de clorofilas cayendo a niveles bajos al igual que
235 el grupo control además del calor que producía el tipo de foco usado además de causar la
236 deshidratación de la hortaliza, este último fenómeno explicado por Vergara & Farías (2024).

237

238 **Author contributions: CRediT (Contributor Roles Taxonomy)**

239 **SCP** = Solmaira Chicana Palacin

240 **CDL** = Camila de la Cruz Leytón

241 **CLL** = César Lozano Lévano

242 **RBM** = Rubén Bruna Mercado

243

244 **Conceptualization:** SCP, CCL, CLL

245 **Data curation:** CCL, CLL, RBM

246 **Formal Analysis:** SCP, CLL

247 **Funding acquisition:** SCP, CDL, CLL

248 **Investigation:** SCP, CLL

249 **Methodology:** SCP, CCL, CLL

250 **Project administration:** CCL, CLL

251 **Resources:** SCP, CLL

252 **Software:** SCP, CCL

253 **Supervision:** CCL, CLL, RBM

254 **Validation:** CCL, CLL

255 **Visualization:** SCP, CCL, CLL, RBM

256 **Writing – original draft:** SCP

257 **Writing – review & editing:** CCL, CLL

258

259 **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

260

261 Adewoyin, O.B. (2023). Pre-Harvest and Postharvest Factors Affecting Quality and Shelf Life of
262 Harvested Produce. Kahramanoğlu, I. (ed.). *New Advances in Postharvest Technology*.
263 <https://www.intechopen.com/chapters/87184>

264 Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in beta vulgaris.
265 *Plant physiology*, 24, 1-15.

266 Cano, C., Silva, F., & Sanpedro, L. (2005). *Efecto sobre la fluorescencia de la clorofila de hojas*
267 *de arraclán (Frangula alnus) creciendo en sotobosque de robledales atlánticos sometidos*
268 *a distintos pesos de clara*. Actas 4º Congreso Forestal Español, Volumen único.

- 269 Chiesa, A. (2010). Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga.
270 *Horticultura Argentina*, 29, 28-32.
- 271 Costa, L., Montano, Y. M., Carrión, C., Rolny, N., & Guiamet, J.J. (2013). Application of low
272 intensity light pulses to delay postharvest senescence of *Ocimum basilicum* leaves.
273 *Postharvest biology and technology*, 86, 181-191.
- 274 Darré, M. (2019). *Factores de pre y poscosecha que afectan el contenido de compuestos*
275 *antioxidantes en hortalizas*. [Tesis de doctorado]. Repositorio institucional de la UNLP.
- 276 FAOSTAT. (2024). Estadísticas mundiales de producción de espárrago. *Organización de las*
277 *Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.
- 278 Favre, N., Bárcena, A., Bahima, J. V., Martínez, G., & Costa, L. (2018). Pulses of low intensity
279 light as promising technology to delay postharvest senescence of broccoli. *Postharvest*
280 *Biology and Technology*, 142, 107-114.
- 281 Gergoff, G. E., Chaves, A. R., & Bartoli, C.G. (2013). Low irradiance pulses improve postharvest
282 quality of spinach leaves (*Spinacia oleraceae* L. cv Bison). *Postharvest Biology and*
283 *Technology*, 77, 35–42.
- 284 Giambelluca, A. (2020). *Aplicación de la tecnología de leds (diodos emisores de luz) en*
285 *postcosecha., tratamientos con pulsos de luz de baja intensidad para preservar la calidad*
286 *comercial de kale*. [Tesis de pregrado]. Repositorio institucional de la UNLP.
- 287 Hortensteiner, S. (2006). Chlorophyll degradation during senescence. *Annual Review of Plant*
288 *Biology*, 57, 55–77.
- 289 Kim, M. J., Tang, C. H., Bang, W. S., & Yuk, H. G. (2017). Antibacterial effect of 405±5 nm light
290 emitting diode illumination against *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*,

291 and *Salmonella* on the surface of fresh-cut mango and its influence on fruit quality.
292 *International journal of food microbiology*, 244, 82-89.

293 Mackinney, G. (1941). Absorption of light by chlorophyll solutions. *Journal of Biological*
294 *Chemistry*, 140, 315-322.

295 Mastropasqua, L., Tanzarella, P., & Paciolla, C. (2016). Efectos de los espectros de luz poscosecha
296 sobre la calidad y los parámetros relacionados con la salud en *Asparagus officinalis* L.
297 verde. *Biología y tecnología poscosecha*, 112, 143-151.

298 Meiramkulova K, Devrishov D, Adylbek Z, Kydyrbekova A, Zhangazin S, Ualiyeva R,
299 Temirbekova A, Adilbektegi G, Mkilima T. (2023). The Impact of Various LED Light
300 Spectra on Tomato Preservation. *Sustainability*, 15, 1111.

301 Mercado-Ruiz, J., Jara-Díaz, K., García-Robles, J., & Baez-Sañudo, R. (2013). Calidad de
302 espárrago verde en fresco (*Asparagus officinalis* L.): cubiertas comestibles y ácido
303 acetilsalicílico. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14, 195-203.

304 Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2019). *Informe sobre la producción de*
305 *espárragos en Perú*. Lima.

306 Paponov, M., Kechasov, D., Lacek, J., Verheul, M. J., & Paponov, I. A. (2020). Supplemental
307 light-emitting diode inter-lighting increases tomato fruit growth through enhanced
308 photosynthetic light use efficiency and modulated root activity. *Frontiers in Plant Science*,
309 *10*, 470977.

310 Papoutsis, K. (2023). Sustainable postharvest treatments for prolonging *Asparagus* (*Asparagus*
311 *officinalis* L.) shelf life by minimizing the development of physiological disorders. *ACS*
312 *Food Science & Technology*, 3, 1617-1631.

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

336 metabolism of postharvest asparagus. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural*
337 *Science*, 50, 143-161.

338 Received May 8, 2024.

339 Accepted August 7, 2024.

ASAP