



Publicación Cuatrimestral. Vol. X, No, noviembre, 2022, Ecuador (p. X-XX). Edición continua

<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/index>

revista.bdlaciencia@utm.edu.ec

Universidad Técnica de Manabí

DOI:

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE MICRO VEGETALES (MICROGREENS) EMPACADOS CONVENCIONALMENTE

Susana Lissette Andrade Segura ^{1*}, Jeniffer Paulina Espinoza Zambrano ²

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Ecuador. E-mail:

susana.andrade@pg.ulead.edu.ec

²Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Ecuador. E-mail:

jeniffer.espinoza@uleam.edu.ec

*Autor para correspondencia: su_li_andrade@hotmail.com

RESUMEN

Los microgreens son hortalizas jóvenes, cosechadas con sus primeros cotiledones, antes de su maduración, considerados como "super foods" por su concentración de compuestos bioactivos. Este estudio evaluó el potencial nutricional de tres variedades de micro vegetales consumidos en Ecuador, mediante la determinación de elementos minerales y compuestos bioactivos. Se entrevistó a productores para conocer la demanda comercial en Manta. Seleccionando: acedera (*Rumex acetosa*), brócoli (*Brassica oleracea*) y remolacha (*Beta vulgaris*). La caracterización proximal y evaluación sensorial se utilizó un diseño A×B: variedades micro vegetales × días almacenamiento. Los macro, microelementos minerales y composición bioactiva se analizó al séptimo día. Los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los análisis proximales, la humedad osciló entre 92,87 y 96,20 %, proteína (1,41 - 2,41 %), grasa (0,73 - 0,27 %), carbohidratos (1,87 - 3,53 %), fibra dietética total (1,81 - 0,60 %) y cenizas (0,86 - 0,39 %). En cuanto a los macro y microelementos las tres variedades presentaron mayor contenido en potasio, sodio, aluminio y hierro, excepto brócoli que tuvo más calcio que sodio. La clorofila a y b no tuvo diferencia entre acedera y brócoli, quienes tuvieron el mayor valor (1,55 y 1,80 mg/g FW). La acedera presentó mayor contenido en betacaroteno, antocianinas (1,31 - 9,75 mg/g FW) y poder antioxidante 860 mg EAA/I. Brócoli sufrió cambios significativos en calidad visual, textura y sabor teniendo relación directa con su humedad, que fue mayor en los tratamientos. Acedera tuvo mejor apariencia, ligero amarillamiento en los cotiledones y menor intensidad del sabor.

Palabras clave: compuestos bioactivos, culinaria, microelementos, minerales, sensorial

ABSTRACT

Microgreens are young vegetables, harvested with their first cotyledons before maturity, considered as "super foods" because of their concentration of bioactive compounds. This study evaluated the nutritional potential of three varieties of microgreens consumed in Ecuador by determining mineral elements and bioactive compounds. Producers were interviewed to know the commercial demand in Manta. The following were selected: sorrel (*Rumex acetosa*), broccoli (*Brassica oleracea*) and beet (*Beta vulgaris*). The proximal characterization and sensory evaluation used an A×B design: microgreens varieties × days storage. Macro and micro elements, minerals and bioactive composition were analyzed on

the seventh day. The treatments showed significant difference ($p < 0,05$) in proximate analysis, moisture ranged from 92.87 to 96.20 %, protein (1,41 – 2,41 %), fat (0,73 – 0,27 %), carbohydrates (1,87 – 3,53 %), total dietary fiber (1,81 – 0,60 %) and ash (0,86 – 0,39 %). In terms of macro and micro elements, the three varieties had higher potassium, sodium, aluminum and iron contents, except broccoli, which had more calcium than sodium. Chlorophyll a and b did not differ between sorrel and broccoli, which had the highest values (1,55 and 1,80 mg/g FW). Sorrel had a higher content of beta-carotene, anthocyanins (1,31 – 9,75 mg/g FW) and antioxidant power (860 mg EAA/I). Broccoli underwent significant changes in visual quality, texture and flavor, which were directly related to its moisture content, which was higher in the treatments. Sorrel had better appearance, slight yellowing of the cotyledons and lower flavor intensity.

Key words: bioactive compounds, culinary, microelements, minerals, sensorial.

RESUMO

As micro vegetais são vegetais jovens, colhidos com os seus primeiros cotilédones, antes da maturidade, considerados "superalimentos" devido à sua concentração de compostos bioativos. Este estudo avaliou o potencial nutricional de três variedades de micro vegetais consumidas no Equador através da determinação de elementos minerais e compostos bioativos. Os produtores foram entrevistados para conhecerem a procura comercial em Manta. Foram selecionados os seguintes: sorrel / Azedinha (*Rumex acetosa*), brócolos (*Brassica oleracea*) e beterraba (*Beta vulgaris*). Para a caracterização proximal e avaliação sensorial, foi utilizado um desenho AxB: variedades micro vegetais × dias de armazenamento. Os elementos macro e microminerais e a composição bioativa foram analisados no dia 7. Os tratamentos mostraram diferenças significativas ($p < 0,05$) nas análises próximas, a humidade variou entre 92,87 - 96,20 %, proteínas (1,41 - 2,41 %), gordura (0,73 - 0,27 %), hidratos de carbono (1,87 - 3,53 %), total de fibras alimentares (1,81 - 0,60 %) e cinzas (0,86 - 0,39 %). Em relação aos macros e microelementos, as três variedades tinham teores mais elevados de potássio, sódio, alumínio e ferro, exceto os brócolos, que tinham mais cálcio do que sódio. A clorofila a e b não diferia entre o sorrel e os brócolos, que tinham os valores mais elevados (1,55 e 1,80 mg/g FW). O sorrel tinha um teor mais elevado de betacaroteno, antocianinas (1,31 - 9,75 mg/g FW) e poder antioxidante (860 mg EAA/I). Os brócolos mostraram alterações significativas na qualidade visual, textura e sabor, que estavam diretamente relacionadas com o seu teor de humidade, que era mais elevado nos tratamentos. O sorrel mostrou melhor aparência, ligeiro amarelamento dos cotilédones e menor intensidade de sabor.

Palavras-chave: compostos bioativos, culinária, microelementos, minerais, sensoriais.

Ing. Susana Andrade: <https://orcid.org/0000-0001-8754-8252>





1. INTRODUCCIÓN

Los microgreens o micro vegetales están ganando cada vez más la atención de los consumidores, desarrollándose como una nueva especialidad caracterizada por una amplia variedad de colores, sabores y texturas culinaria (Durham, 2016). Se definen como micro vegetales u hortalizas jóvenes y tiernas, obtenidas de las semillas de numerosas especies de plantas herbáceas, vegetales, hierbas aromáticas y plantas silvestres comestibles, que son cosechadas en pocos días o máximo dos semanas después de la siembra, cuando los cotiledones están completamente desarrollados y están emergiendo las primeras hojas verdaderas (Agrofy News, 2015).

En la última década los micro vegetales se han considerado como una importante fuente de elementos complementarios de la dieta por su relevancia nutricional dado a su contenido de macro y microelementos minerales y compuestos bioactivos (Kyriacou et al., 2016; Neves, 2019). Cabe mencionar que, por su favorable contenido han sido propuestos como uno de los nuevos “**super foods**” (Choe et al., 2018; Hochmuth & Cantliffe, 2021) y como complementos efectivos de una dieta rica en estos macro y microelementos (Sharma et al., 2022).

Los micro vegetales están indicados y recomendados para el cultivo en espacios reducidos y controlados con menor consumo de agua que benefician a una agricultura sostenible contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, acorde a los principios del CEA por su abreviatura en inglés Agricultura en Ambiente Controlado de USA (CEA, 2022). Además, por su contenido nutricional y espacio de producción ha sido estudiados como suplemento alimenticio para soporte de vida espacial (Kyriacou et al., 2017).

Se hace énfasis que, como productos recién cortados, los micro vegetales se caracterizan por una vida útil relativamente corta, que no excede de los 10 a 14 días (Xiao et al., 2016). Al estar compuestos de tejidos jóvenes, los micro vegetales recién cortados son altamente perecederos cuyo declive está más relacionado con una respuesta inducida por el estrés que con la senescencia natural (Mir et al., 2017; Xiao et al., 2016).

Además, según Dalal et al., (2019) los tratamientos precosecha, postcosecha, materiales de empaques y envasado en atmósfera modificada (MAP), han sido considerados como variables que afectan la vida útil de micro vegetales frescos cortados. Por otro lado, la aplicación de hipoclorito en lavado postcosecha ha sido reportada como una mejora de la calidad general (apariencia) y microbiana en micro vegetales como por ejemplo el brócoli durante el almacenamiento a 5 °C (Ghoora & Srividya, 2020). Así también se ha evaluado la tasa de transmisión del oxígeno de la película en el empaque y

estas afectaron las concentraciones de equilibrio de CO₂ y O₂, pero no generó mayores efectos en la vida de anaquel de los micro vegetales. No obstante, está comprobado que la temperatura de almacenamiento es el factor que más influye en la vida útil del producto (Ghoora & Srividya, 2020).

Con los antecedentes planteados se procedió a evaluar el contenido proximal y nutricional de tres variedades de micro vegetales que se cultivan y se consumen en el Ecuador como lo son la acedera, el brócoli y la remolacha. La evaluación se realizó mediante la determinación de análisis proximal, macro y microelementos minerales y compuestos bioactivos presentes en dichos micro vegetales. Los cuales fueron envasados en su empaque convencional (donde se comercializa) como productos frescos cortados y se evaluó sensorialmente la vida útil a temperatura refrigerada (7 - 8 °C) durante el periodo de almacenamiento de trece días.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Selección, cosecha, empaque y almacenamiento de las variedades de micro vegetales

Para el presente estudio se contactó a los principales productores de micro vegetales del Ecuador, se indagó y se seleccionó a un productor en base a criterios: de producción, apertura a ensayos culinarios en las fincas, comercialización y envíos de micro vegetales a la ciudad de Manta. Se escogieron tres variedades (acedera, brócoli y remolacha) en base a la demanda comercial del productor seleccionado. Las cuales fueron producidas y adquiridas al productor “Cultiva Ecuador”, localizado en: Puenbo - Quito, provincia de Pichincha y se detallan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Información de los micro vegetales escogidos

| Nombre comercial | Acedera | Brócoli | Remolacha |
|--------------------------|---|--|---|
| Nombre científico | <i>Rumex acetosa</i> | <i>Brassica oleracea</i> | <i>Beta vulgaris</i> |
| Familia | Polygonaceae | Brassicaceae | Amaranthaceae |
| Fotografía de referencia |  |  |  |

Fuente: Elaboración propia



Las variedades de micro vegetales fueron cosechadas en una jornada completa, se siguió el proceso postcosecha y empacado como habitualmente lo realiza el productor. El cual consistió en: cortar, recolectar, lavar con agua y escurrir. El empaque fue en cajas plásticas de material PET con cierre rápido, y en la base se colocó papel toalla. Finalmente se envasaron, se etiquetaron y se enviaron a la ciudad de Manta. Se almacenaron a temperatura entre 7 y 8 °C con humedad relativa entre 85 y 89 % durante trece días. El muestreo se realizó en los días de almacenamiento: 1, 7 y 13. Siendo el día cero, donde se realizó la cosecha y envió a la ciudad destino.

2.2 Diseño experimental

Se utilizó el modelo estadístico mediante ANOVA con arreglo bifactorial A×B donde: Factor A fueron las variedades de micro vegetales: acedera, brócoli, remolacha; y Factor B, los días de almacenamiento: 1, 7 y 13; con 3 repeticiones, obteniéndose 9 tratamientos (**Tabla 2**) y un total de 27 unidades experimentales. Para determinar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se aplicó prueba de Tukey con un valor $p < 0,05$, mediante los programas Statgraphics e InfoStat. Las variables dependientes fueron los análisis proximales y sensoriales donde $n=3$ y $n=5$ respectivamente

Tabla 2. Tratamientos de la investigación.

| Tratamientos | Factor A: variedades micro vegetales | Factor B: días de almacenamiento |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| T1 | | 1 |
| T2 | Acedera | 7 |
| T3 | | 13 |
| T4 | | 1 |
| T5 | Brócoli | 7 |
| T6 | | 13 |
| T7 | | 1 |
| T8 | Remolacha | 7 |
| T9 | | 13 |

Fuente: Elaboración propia

2.3 Composición proximal

De cada variedad de micro vegetales seleccionada y cosechada para su almacenamiento se utilizaron 25 cajas de cada variedad y se separaron aleatoriamente tres muestras de cada una, que se dividieron en dos fracciones. La primera fracción se utilizó inmediatamente para los análisis que requerían

muestras frescas: % materia seca; clorofilas, poder antioxidante y antocianinas. La otra fracción se sometió a ultracongelación (-40 °C) para ser usadas en el análisis de metales.

Para la composición proximal de las diferentes muestras se aplicaron los análisis correspondientes como se detallan a continuación (AOAC, 2019):

- Humedad en peso fresco (FW) mediante el procedimiento AOAC 964.22.
- El contenido de proteína ($N \times 6.25$) por el método de nitrógeno Kjeldahl del método AOAC 955.04.
- La grasa se determinó después de la extracción Soxhlet según el método AOAC 920.39C.
- La fibra dietética total mediante procedimiento enzimático-gravimétrico acorde al método AOAC 991.43.
- Las cenizas usando un horno de mufla por el método AOAC 923.03
- Los carbohidratos totales por la diferencia de proteínas, lípidos y cenizas.

2.4 Contenido de macroelementos y microelementos minerales

El contenido de macro y micro elementos minerales se lo realizó en el laboratorio certificado “LASA” donde prepararon las muestras según el método de referencia AOAC 2015.06, las cuales fueron ultracongeladas para evitar pérdidas de sus propiedades y ser utilizadas posteriormente para los análisis de macroelementos minerales (Ca, K, Na, Mg, P) y microelementos minerales conocidos como oligoelementos (As, B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Ag, Al, Ba, Be, Cd, Cr, Hg, Li, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V) por ICP-MS (AOAC, 2019). Para conocer la caracterización de los elementos minerales en los micro vegetales se realizó el análisis en el día 7 de almacenamiento, ya que es el promedio de los días de consumo.

2.5 Análisis de compuestos bioactivos.

Los compuestos bioactivos se realizaron en el laboratorio certificado “LASA”, donde se evaluaron clorofila a y b, betacaroteno y antocianinas del día 7 de almacenamiento para conocer la característica de los micro vegetales, ya que en la actualidad no se tiene un perfil caracterizado de los mismos. Para estos análisis se procesó mecánicamente 1 g de peso fresco (FW) de las muestras y se homogenizó con mezcla de acetona-hexano (2:3) durante 2 minutos, hasta obtener una masa uniforme y



posteriormente se centrifugaron (Eppendorf 5810 R) y se determinó con un espectrofotómetro UV-Vis y las ecuaciones mencionadas en Branisa et al., (2014). Además, se analizó el poder antioxidante por método FRAP espectrofotometría con resultados expresados en mg EAA (equivalente ácido ascórbico) / l como lo realizó Acharya et al., (2021).

2.6 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial fue realizada en los días de almacenamiento 1, 7 y 13 con la finalidad de observar cambios en los micro vegetales evaluados durante su vida útil. Esta evaluación fue realizada por un panel capacitado de cinco personas que consumen micro vegetales y/o verduras frescas cortadas. La evaluación se enfocó en la calidad visual o apariencia, textura y sabor, para lo cual se usó una escala de 5 puntos (**Tabla 3**) usada en el estudio (Paradiso et al., 2018) con ligeros cambios.

Tabla 3. Detalle de la escala para la evaluación sensorial de calidad visual, textura y sabor en micro vegetales.

| Puntajes | Descripción | Calidad visual, textura y sabor |
|----------|---|---------------------------------|
| 5 | Libre de defectos, recién cosechados. Sin defectos visibles profundos. Sabor y textura agradable, característico de la variedad. | Excelente |
| 4 | Defectos menores, no objetables. Daños físicos < 10 % (cotiledones arrugados). No marchito. Sabor ligero agradable. Ligeros cambios en la textura | Buena |
| 3 | Defectos moderadamente objetables, umbral comerciable. Ligera clorosis (amarillamiento). Daños físicos < 25 % (secos y marchitos). Cambios en textura y notable variación en el sabor | Adecuada |
| 2 | Defectos excesivos, no vendible. Clorosis en los cotiledones >25 % y marchitez > 50 %. Poco sabor característico de la variedad. | Pobre |
| 1 | Producto degradado e inservible, machito. Presencia de mal olor. Degradación física aparente (líquido presente). Sin sabor. | Muy pobre |

Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Composición proximal de los micro vegetales estudiados.

En la **Tabla 4** se muestran los resultados obtenidos para: humedad, proteína, grasa, carbohidratos totales, fibra dietética total y cenizas en los 9 tratamientos entre las variedades de micro vegetales: (acedera, brócoli y remolacha) + días de almacenamientos (1, 7 y 13).

Tabla 4. Análisis proximal de las variedades de micro vegetales seleccionadas.

| Tratamiento | Humedad | Proteína | Grasa | Carbohidratos totales | Fibra dietética total | Cenizas |
|------------------|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| Acedera día 1 | 93,40 ^{BC} | 2,41 ^H | 0,73 ^G | 2,80 ^E | 1,81 ^G | 0,79 ^E |
| Acedera día 7 | 93,67 ^D | 2,30 ^F | 0,63 ^F | 2,63 ^D | 1,81 ^G | 0,70 ^D |
| Acedera día 13 | 93,90 ^E | 2,11 ^D | 0,57 ^{EF} | 2,50 ^C | 1,70 ^F | 0,60 ^C |
| Brócoli día 1 | 95,57 ^F | 1,71 ^C | 0,43 ^{BC} | 1,87 ^A | 0,80 ^C | 0,50 ^B |
| Brócoli día 7 | 95,83 ^G | 1,51 ^B | 0,37 ^B | 1,93 ^{AB} | 0,69 ^B | 0,40 ^A |
| Brócoli día 13 | 96,20 ^H | 1,41 ^A | 0,27 ^A | 2,00 ^B | 0,60 ^A | 0,39 ^A |
| Remolacha día 1 | 93,57 ^{CD} | 2,41 ^H | 0,60 ^{EF} | 3,13 ^F | 1,20 ^E | 0,40 ^A |
| Remolacha día 7 | 93,27 ^B | 2,31 ^G | 0,53 ^{DE} | 3,27 ^G | 1,20 ^E | 0,70 ^D |
| Remolacha día 13 | 92,87 ^A | 2,20 ^E | 0,47 ^{CD} | 3,53 ^H | 1,02 ^D | 0,89 ^F |

Letras distintas en los superíndices indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), donde $n=3$

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al porcentaje de humedad (**Tabla 4**) se observó que existió diferencia significativa, determinando el menor valor en el T9 (remolacha, día 13) con 92,87 % en comparación al tratamiento T6 (brócoli día 13) con 96,20 % que tuvo el mayor contenido de humedad. Valores que se encuentran dentro de lo establecido por Kowitcharoen et al., (2021), quienes determinaron humedades al día cero en variedades de la familia Brassicaceae entre 91,88 % y 94,67 % para rábano morado y repollo rojo respectivamente, y para brócoli obtuvieron humedad de 94,07 %. En el T7 (remolacha, día 1) se obtuvo 93,57 % de humedad en comparación con remolacha al día cero 95,1 % como lo menciona Xiao et al., (2015) en su estudio.

Respecto al contenido proteico, presentó diferencias significativas, donde T1 (acedera día 1) obtuvo 2,41 % valor que fue mayor, en comparación a los demás, donde T6 (brócoli día 13) con 1,41 % resultó inferior de las especies estudiadas. Sin embargo, se hace énfasis que el T4 (brócoli día 1) se situó 1,71 %, siendo inferior a lo estudiado por Kowitcharoen et al., (2021), quienes obtuvieron 2,23 %. Cabe mencionar que en este estudio controlaron las condiciones de la producción (23 ± 1 °C y 65 ± 5 % humedad relativa) de los micro vegetales brócoli.

Con referente a la composición lipídica (**Tabla 4**), al existir diferencia significativa ($p < 0,05$), se determinó que el T2 (acedera día 7) con 0,73 % presentó el mayor contenido a diferencia del T6 (brócoli día 13) que situó el menor porcentaje de grasa con 0,27 %. Estos resultados son similares a lo reportado por Kowitcharoen et al., (2021), quienes obtuvieron 0,49 % para el micro vegetal brócoli cultivado en ambiente controlado. Además (Paradiso et al., 2018) estipuló contenidos de grasa entre 0,30 % a 0,66 % para brócoli y rábano, se enfatiza que ellos controlaron temperatura y humedad relativa del proceso (20 °C y 85 %).



En cuanto a los carbohidratos totales se determinó que el T9 (remolacha día 13) situó el mayor contenido con 3,53 % siendo significativamente menor al T4 (brócoli, día 1) que presentó un contenido de 1,87 %. Valores que guardan relación a lo establecido por Kowitcharoen et al., (2021), quienes determinaron un contenido de carbohidratos totales que oscilan en 3,70 % y 2,32 %, cabe mencionar que en su investigación analizaron el rábano morado y repollo rojo.

En relación con la fibra dietética total se observó que los tratamientos T1 (acedera día 1) y T2 (acedera día 7) con 1,81 %, presentaron valores superiores al T5 (brócoli día 7) con 0,60 %. De esta forma se concuerda con Ghoola et al., (2020a), quienes estudiaron diferentes especies de micro vegetales entre ellas la espiga y albaca francesa, donde obtuvieron valores de 2,36 % y 1,41 %.

El valor del contenido total de ceniza más alto y bajo se encontró en los micro vegetales T9 (remolacha día 13) y T6 (brócoli día 13) obtuvieron 0,86 % y 0,39 % respectivamente. Se hace énfasis que los valores obtenidos en esta investigación se asemejan a los reportados por Bafumo et al., (2022), quien obtuvo resultados de 0,90 % en rábano y 0,70 % rúcula.

3.2 Análisis de macro y microelementos minerales de las variedades estudiadas en el día 7.

En la **Tabla 5** se observa los macro y microelementos minerales presentes en las tres variedades estudiadas, considerando el séptimo día de almacenamiento. De los macro elementos el que se presentó en mayor contenido fue el potasio en las variedades estudiadas, los segundo macroelementos de mayor contenido fueron: en acedera, el fósforo con 500,2 mg/kg; en el brócoli, el calcio con 877,4 mg/kg; en comparación a la remolacha cuyo contenido de magnesio y potasio (376,6 y 5.580,8 mg/kg) fue mayor. Cabe mencionar según Teng et al., (2021) los micro vegetales poseen un alto contenido de las mayorías de los minerales (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se y Mo), ya que son esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas e importante para la salud humana. Además, determinaron concentraciones de calcio que oscilaron entre 630 y 886 mg/kg; magnesio (410 – 600 mg/kg) para las variedades de rúcula y rábano. Por otro lado, el contenido de calcio en su investigación de brócoli fue 880 mg/kg. Por consiguiente, el contenido de potasio de acuerdo con lo establecido por Ghoola et al., (2020b) quienes obtuvieron concentraciones entre 381 y 712 mg/kg, en hinojo y espinaca.

Referente a los microelementos en la variedad acedera se obtuvo mayores contenidos en aluminio 47,7 mg/kg, hierro 22,7 mg/kg, manganeso 8,25 mg/kg y zinc 4,3 mg/kg. Seguido de brócoli donde mayor contenido en aluminio 22,5 mg/kg, hierro 11,5 mg/kg, boro 5,41 mg/kg, estroncio 7,52 mg/kg, bario 2,44 mg/kg. Mientras que la remolacha posee concentraciones altas en aluminio 23,0 mg/kg, hierro 11,90 mg/kg, manganeso 5,53 mg/kg y zinc 3,97 mg/kg. Cabe mencionar que los demás

microelementos se encontraron en menor proporción entre las variedades de micro vegetales estudiadas. Las concentraciones de microelementos emitidas en este estudio resultaron superiores a lo reportado por Xiao et al., (2016), quienes obtuvieron para: hierro 6,7 mg/kg, manganeso 3,7 mg/kg y zinc 3,5 mg/kg en brócoli. Así como también, Teng et al., (2021) registraron valores en hierro 6,2 mg/kg, manganeos 3,10 mg/kg y zinc 2,9 mg/kg en coliflor. Mientras que, en aluminio Weber, (2017) obtuvo 8,0 mg/kg valor que resultó inferior en comparación a las tres variedades estudiadas, se hace énfasis que ellos cultivaron los micro vegetales utilizando como fertilizante natural “compost”. El mayor contenido de Fe en los micro vegetales de acedera y se atribuye a la presencia de metabolitos propios de las especies Polygonaceas principalmente glucosinolatos (Mir et al., 2017)

Tabla 5. Análisis de macro y microelementos minerales de los micro vegetales.

| Metales | Acedera (mg/kg) | Brócoli (mg/kg) | Remolacha (mg/kg) |
|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Aluminio (Al) | 47,7 | 22,5 | 23,0 |
| Antimonio (Sb) | 0,0028 | 0,00228 | 0,00219 |
| Arsénico (As) | 0,00571 | 0,00526 | 0,00381 |
| Bario (Ba) | 1,84 | 2,34 | 1,19 |
| Berilio (Be) | <0,00100 | <0,00100 | <0,00100 |
| Boro (B) | 1,62 | 5,41 | 3,54 |
| Cadmio (Cd) | 0,00293 | 0,00242 | 0,0091 |
| Calcio (Ca) | 376,5 | 877,4 | 326,4 |
| Cobalto (Co) | 0,0208 | 0,00751 | 0,0237 |
| Cobre (Cu) | 0,567 | 0,439 | 0,817 |
| Cromo total (Cr) | 0,0291 | 0,0167 | 0,0352 |
| Estaño (Sn) | 0,00521 | 0,00296 | 0,00756 |
| Estroncio (Sr) | 3,23 | 7,52 | 0,256 |
| Fosforo total (P) | 529,2 | 474,5 | 320,5 |
| Hierro (Fe) | 22,7 | 11,5 | 11,9 |
| Litio (Li) | 0,0796 | 0,073 | 0,0619 |
| Magnesio (Mg) | 327,2 | 280,8 | 376,6 |
| Manganeso (Mn) | 8,25 | 2,32 | 5,53 |
| Mercurio (Hg) | 0,000876 | 0,000865 | 0,000945 |
| Molibdeno (Mo) | 0,103 | 0,0522 | 0,0375 |
| Níquel (Ni) | 0,182 | 0,285 | 0,168 |
| Plata (Ag) | 0,00233 | 0,00161 | 0,00212 |
| Plomo (Pb) | 0,0186 | 0,0136 | 0,014 |
| Potasio (K) | 5.245,5 | 4.069,2 | 5.580,8 |
| Selenio (Se) | 0,0107 | 0,0135 | 0,00502 |
| Sodio (Na) | 563,2 | 510,4 | 1.371,6 |
| Talio (Tl) | 0,00747 | 0,0658 | 0,0044 |
| Titanio (Ti) | 1,49 | 0,625 | 0,707 |
| Vanadio (V) | 0,0645 | 0,0265 | 0,0301 |
| Zinc (Zn) | 4,3 | 4,0 | 3,97 |

Fuente: Elaboración propia



3.3 Compuestos bioactivos.

En el caso del contenido de clorofila a y b, se observaron variaciones significativas (**Figura 1**) determinando para acedera 1,53 y 0,76 mg/g FW; brócoli 1,55 y 1,81 mg/g FW y remolacha 0,64 y 0,76 mg/g FW respectivamente. Estos valores guardan relación a los estipulados por (Paradiso et al., 2018) y Ghora et al., (2020b), los cuales obtuvieron entre 1,30 y 2,15 mg/g FW, para los micro vegetales de la familia Brassicaceae (colirrábano, mizuna y mostaza). Así como también, determinaron 1,41 y 2,53 mg/g FW en la lechuga. La clorofila está relacionada con la frescura y calidad visual en micro vegetales. Por otro lado, se menciona que la degradación de clorofila ocurre durante el almacenamiento debido a la senescencia inducida por el etileno (Craver et al., 2017).

Para la determinación del contenido de β – caroteno se realizó en los micro vegetales en el día 7 de almacenamiento, en la **Figura 1** se puede observar que la acedera presentó una cantidad de 1,31 mg/g FW, seguido del brócoli con 1,20 mg/g FW, mientras que en la remolacha se determinó un valor inferior de 0,68 mg/g FW, en comparación a los micro vegetales antes mencionados. Las concentraciones obtenidas en este estudio fueron inferiores a los reportado por Longvah et al., (2017), quienes registraron 3,1 y 9,1 mg/100 g en los micro vegetales culinarios de la familia Brassicaceae (rábano y mostaza). Además, mencionan que las hojas maduras (fenogreco y jamaica) tenían un contenido de betacaroteno significativamente mayor a los micro vegetales que estudiaron. Por otro lado, Mueller & Boehm, (2011), mencionan que el betacaroteno es el carotenoide dietético presente en mayor cantidad en las frutas de color amarillento anaranjado y verduras de hojas verde. En el caso de la remolacha al día siete se obtuvo 0.68 mg/g FW en comparación al estudio Xiao et al., (2015) los cuales obtuvieron 0.38 mg/g FW cuando estas fueron cosechadas.

Respecto al contenido de antocianinas presentó diferencias significativas, obteniendo así el mayor contenido la acedera con 9,745 mg/g FW; seguido por el brócoli 3,759 mg/g FW; mientras que la remolacha con 3,052 mg/g FW obtuvo un valor inferior en relación con las tres diferentes especies estudiadas de micro vegetales. Estos valores son superiores a los reportados por (Paradiso et al., 2018), quienes obtuvieron entre 0,12 y 0,20 mg/g FW para dos variedades de brócoli estudiadas. Por otro lado, Keutgen et al., (2021) reportaron 0,12 mg/g DM (material seco) en berro de jardín que pertenece a la familia Brassicaceae. Cabe resaltar que en su estudio los análisis fueron realizados en micro vegetales en estado seco.

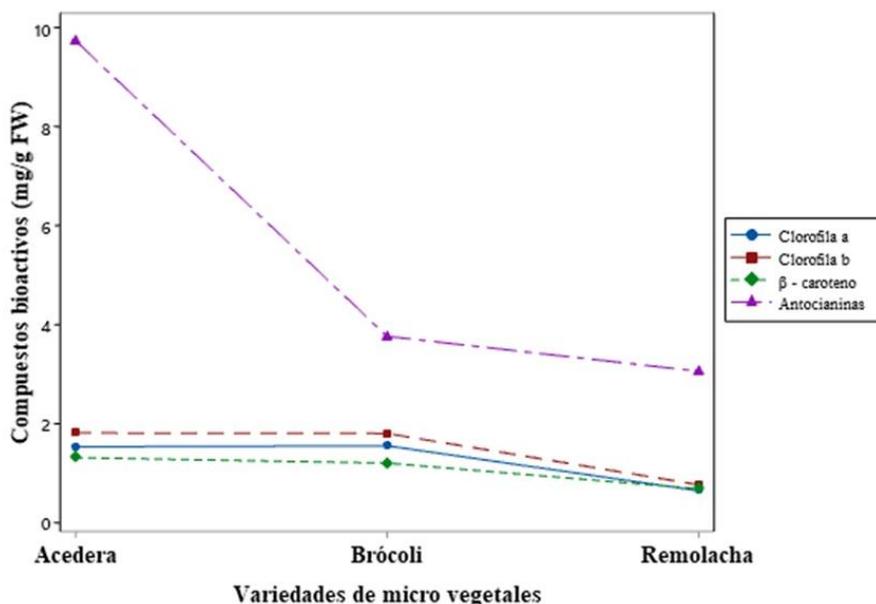


Figura 1. Análisis de clorofila a y b, β - caroteno y antocianinas de los micro vegetales.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la **Figura 2**, se determinó el mayor poder antioxidante en la variedad acedera con 860 mg EAA / l, seguido del brócoli con 547 mg EAA / l y remolacha con 210 mg EAA / l. Estos índices son superiores a los valores obtenidos por Martínez, (2016) quienes presentaron 120 y 205 EAGg/100 g para variedades de la familia Brassicaceae (colinabo y espinaca). Cabe mencionar que los pequeños micro vegetales tienen 4 a 6 veces más capacidad antioxidante que en las formas adultas. Concordando con, Ghoola et al., (2020b) quienes hacen referencia que los micro vegetales ricos en componentes antioxidantes pueden usarse como un ingrediente culinario prometedor que promueve la salud.

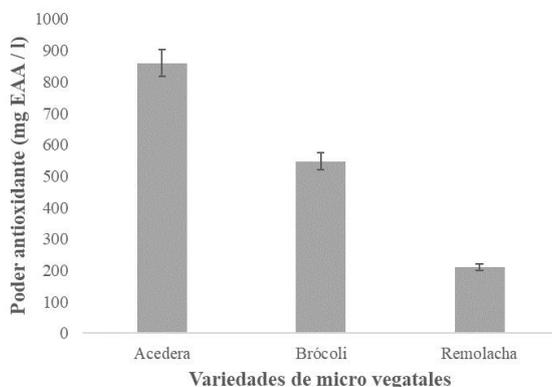


Figura 2. Capacidad del poder antioxidantes de los micro vegetales / EAA (equivalente a ácido ascórbico).

Fuente: Elaboración propia

3.4 Evaluación sensorial

En la evaluación sensorial se obtuvieron resultados de calidad visual o apariencia, textura y sabor relacionados con las actividades metabólicas observadas en los micro vegetales empacados convencionalmente a través de los días de almacenamiento 1, 7 y 13 (**Tabla 6**). Se observó diferencias significativas en los tres atributos sensoriales evaluados entre las tres variedades y los días 1 y 13 de almacenamiento.

La calidad visual mostró algunos defectos en el día 7 de almacenamiento, aunque se mantuvieron aceptables las tres variedades de micro vegetales. Sin embargo, al día 13, sí se observó diferencia significativa entre ellas. Los micro vegetales de acedera presentaron defectos moderados, con ligero amarillamiento en los cotiledones y menor intensidad del sabor característico de la variedad, siendo quien tuvo la mejor apariencia en día 13 de almacenamiento con puntaje de 3,2 con diferencia significativa a brócoli y remolacha que obtuvieron 1,4 de calificación. la apariencia es muy importante para la selección y el consumo de productos alimenticios Keutgen et al., (2021).

Los micro vegetales de brócoli fueron los primeros en deteriorarse y sufrir cambios significativos en calidad visual, textura y sabor, teniendo similitud como lo observado por Paradiso et al., (2018) que entre las variedades estudiadas estaba el brócoli, en dicho estudio también sufrió deterioro sensorial al décimo día de almacenamiento debido a la actividad respiratoria y calidad microbiana.

La textura y el sabor con el paso de los días fue cambiando significativamente con los días de almacenamiento y fue detectado por los panelistas. En el análisis sensorial de Xiao et al., (2015) se observa que los micro vegetales de remolacha al tercer día de almacenamiento se destacaron en calidad visual y textura. Lo cual tiene relación ya que fue la segunda variedad mejor calificada

Tabla 6. Evaluación sensorial (calidad visual, textura y sabor) de las variedades de micro vegetales seleccionadas.

| Tratamiento | Descripción tratamiento | Calidad visual | Textura | Sabor |
|-------------|-------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| T1 | Acedera día 1 | 5,0 ^D | 5,0 ^D | 4,8 ^C |
| T2 | Acedera día 7 | 4,8 ^D | 4,8 ^D | 3,8 ^B |
| T3 | Acedera día 13 | 3,2 ^B | 2,2 ^B | 1,2 ^A |
| T4 | Brócoli día 1 | 4,8 ^D | 4,6 ^D | 4,8 ^C |
| T5 | Brócoli día 7 | 3,4 ^B | 3,2 ^C | 3,2 ^B |
| T6 | Brócoli día 13 | 1,4 ^A | 1,2 ^A | 1,6 ^A |
| T7 | Remolacha día 1 | 4,4 ^{CD} | 4,8 ^D | 4,8 ^C |
| T8 | Remolacha día 7 | 3,8 ^{BC} | 4,2 ^D | 3,8 ^B |
| T9 | Remolacha día 13 | 1,4 ^A | 1,8 ^{AB} | 1,0 ^B |

Los superíndices muestran diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$), donde $n=5$

Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES

Se observó que el tiempo de almacenamiento de los micro vegetales, influyen significativamente en los parámetros proximales (proteína, grasa, carbohidratos totales, fibra y cenizas) debido a que conforme transcurren los días, disminuyen considerablemente, por otro lado, el contenido de humedad se incrementa con los días de almacenamiento.

En cuanto a las tres variedades de micro vegetales estudiadas al séptimo de almacenamiento, tuvieron incidencia en el contenido de bioactivos, macro y microelementos, donde se determinó que la variedad acedera posee mayor contenido de clorofila a y b; β – caroteno, antocianinas y poder antioxidante. Así como también, se destacó en la concentración de aluminio, fósforo, hierro y zinc. Mientras que el brócoli presentó mayor contenido de boro, calcio, estroncio y la remolacha en manganeso, potasio, sodio. De esta forma se consideran como un alimento funcional que al ser consumidos aportan beneficios para la salud.

Los micro vegetales de brócoli fueron los primeros en deteriorarse y sufrir cambios significativos en calidad visual, textura y sabor teniendo relación directa con el contenido de humedad, ya que fue la variedad con mayor contenido de agua y este se incrementó con los días de almacenamiento. Mientras que la acedera tuvo mejor apariencia con defectos moderados, ligero amarillamiento en los cotiledones y menor intensidad del sabor característico de la variedad al día trece de almacenamiento con diferencia significativa a las variedades de brócoli y remolacha

5. REFERENCIAS

- Acharya, J., Gautam, S., Neupane, P., & Niroula, A. (2021). Pigments, ascorbic acid, and total polyphenols content and antioxidant capacities of beet (*Beta vulgaris*) microgreens during growth. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1175–1186. <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1955924>
- Agrofy News. (2015). *Alimentos vivos: la tendencia mundial que estudia el INTA y la Facultad de Agronomía de la UBA*. Agrofy News. <https://news.agrofy.com.ar/noticia/193493/alimentos-vivos-tendencia-mundial-que-estudia-inta-y-facultad-agronomia-uba>
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis, 21st Edition*. AOAC Publishing. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis-21st-edition-2019/>
- Bafumo, R. F., Ramirez, D. A., & Camargo, A. (2022). *Micro hortalizas de rúcula y rabanitos como alternativa novedosa de alimentos saludables*. Universidad Nacional De Cuyo.
- Branisa, J., Jenisova, Z., Porubska, M., Jomova, K., & Valko, M. (2014). Spectrophotometric determination of chlorophylls and carotenoids. An effect of sonication and sample processing. *Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 3(2), 61–64.



- CEA. (2022). *About CEA | Controlled Environment Agriculture*. <https://cea.cals.cornell.edu/about-cea/>
- Choe, U., Yu, L. L., & Wang, T. T. Y. (2018). The Science behind Microgreens as an Exciting New Food for the 21st Century. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(44), 11519–11530. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03096>
- Craver, J. K., Gerovac, J. R., Lopez, R. G., & Kopsell, D. A. (2017). Light intensity and light quality from sole-source light-emitting diodes impact phytochemical concentrations within brassica microgreens. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 142(1), 3–12. <https://doi.org/10.21273/JASHS03830-16>
- Dalal, N., Siddiqui, S., & Phogat, N. (2019). Effect of chemical treatment, storage and packaging on physico-chemical properties of sunflower microgreens. *International Journal of Chemical Studies*, 7(5). <https://www.researchgate.net/publication/338885417>
- Durham, S. (2016). *USDA ARS Online Magazine Which Minerals Are in Microgreens?* *Journal of Food Composition and Analysis*. <https://agresearchmag.ars.usda.gov/2017/apr/microgreens/>
- Ghoora, M. D., Babu, D. R., & Srividya, N. (2020)a. Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103495>
- Ghoora, M. D., Haldipur, A. C., & Srividya, N. (2020)b. Comparative evaluation of phytochemical content, antioxidant capacities and overall antioxidant potential of select culinary microgreens. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100046>
- Ghoora, M. D., & Srividya, N. (2020). Effect of packaging and coating technique on postharvest quality and shelf life of raphanus sativus L. And hibiscus sabdariffa L. microgreens. *Foods*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/foods9050653>
- Hochmuth, R., & Cantliffe, D. (2021). *Alternative Greenhouse Crops-Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook, Vol 3 1*. <http://edis.ifas.ufl.edu/cv268>
- Keutgen, N., Hausknecht, M., Tomaszewska-Sowa, M., & Keutgen, A. J. (2021). Nutritional and sensory quality of two types of cress microgreens depending on the mineral nutrition. *Agronomy*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy11061110>
- Kowitcharoen, L., Phornvillay, S., Lekham, P., Pongprasert, N., & Srilaong, V. (2021). Bioactive composition and nutritional profile of microgreens cultivated in Thailand. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(17). <https://doi.org/10.3390/app11177981>
- Kyriacou, M. C., de Pascale, S., Kyratzis, A., & Rouphael, Y. (2017). Microgreens as a component of space life support systems: A cornucopia of functional food. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01587>
- Kyriacou, M. C., Rouphael, Y., di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., de Pascale, S., & Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 57, pp. 103–115). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.005>
- Longvah, T., Ananthan, R., Bhaskarachary, K., & Venkaiah, K. (2017). *Indian Food Composition Tables*.
- Martínez, R. A. (2016). *Debaryomyces hansenii como agente de control biológico y modulador del contenido de compuestos bioactivos en microgreens como plataforma alimentaria*. Centro de investigaciones biológicas del noroeste, S.C.

- Mir, S. A., Shah, M. A., & Mir, M. M. (2017). Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 57, Issue 12, pp. 2730–2736). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1144557>
- Mueller, L., & Boehm, V. (2011). Antioxidant activity of β -carotene compounds in different in vitro assays. *Molecules*, *16*(2), 1055–1069. <https://doi.org/10.3390/molecules16021055>
- Neves, A. (2019). *Beyond The Decorations: Cooking with Microgreens*. Microgreens World. <https://microgreenworld.com/can-you-cook-microgreens/>
- Paradiso, V. M., Castellino, M., Renna, M., Gattullo, C. E., Calasso, M., Terzano, R., Allegretta, I., Leoni, B., Caponio, F., & Santamaria, P. (2018). Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. *Food and Function*, *9*(11), 5629–5640. <https://doi.org/10.1039/c8fo01182f>
- Sharma, S., Shree, B., Sharma, D., Kumar, S., Kumar, V., Sharma, R., & Saini, R. (2022). Vegetable microgreens: The gleam of next generation super foods, their genetic enhancement, health benefits and processing approaches. *Food Research International*, *155*, 111038. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2022.111038>
- Teng, J., Liao, P., & Wang, M. (2021). The role of emerging micro-scale vegetables in human diet and health benefits - An updated review based on microgreens. In *Food and Function* (Vol. 12, Issue 5, pp. 1914–1932). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d0fo03299a>
- Weber, C. F. (2017). Broccoli Microgreens: A Mineral-Rich Crop That Can Diversify Food Systems. *Frontiers in Nutrition*, *4*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2017.00007>
- Xiao, Z., Codling, E. E., Luo, Y., Nou, X., Lester, G. E., & Wang, Q. (2016). Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, *49*, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.04.006>
- Xiao, Z., Lester, G. E., Park, E., Saftner, R. A., Luo, Y., & Wang, Q. (2015). Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. *Postharvest Biology and Technology*, *110*, 140–148. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.021>

Contribución de autores

| Autor | Contribución |
|------------------|--------------|
| Susana Andrade | 70% |
| Paulina Espinoza | 30% |