UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

FACULTAD DE CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS

ESCUELA DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ACUOSO DE LAS HOJAS DE RÚCULA *(Diplotaxis muralis DC.)*

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Nutrición y Dietética

AUTORES:

JAIRSHINO CESAR DEL CASTILLO LA MADRID

ROMINA PRICE MEDINA

ASESORA:

Mg. KAREN VANESSA QUIROZ CORNEJO

Lima, Perú

2025

ANEXO N° 6

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

1. Soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:
   "**EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ACUOSO DE LAS HOJAS DE RÚCULA (Diplotaxis muralis DC.)**"

   El mismo que presento (presentamos) ante la Universidad para optar el Título Profesional de Licenciado en Nutrición y Dietética. El texto del trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En tal sentido, no ha sido plagiado total ni parcialmente, se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas, el Código de Ética y el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Le Cordon Bleu. Lo que ha sido corroborado por el asesor (es) designado(s).
2. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
3. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuimos a nuestra autoría son veraces.
4. Declaro que el trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Le Cordon Bleu, habiendo sido revisado mediante el software antiplagio turnitin obteniendo un porcentaje de similitud de 12 % el cual consta en el informe emitido por turnitin.
5. Declaro que en el trabajo final se ha utilizado inteligencia artificial para la mejora de la redacción en un porcentaje de 0%, el cual consta en el informe emitido por turnitin.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del (de los) declarantes y del asesor, en consecuencia; a través del presente documento asumimos frente a terceros, a la Universidad Le Cordon Bleu y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado.

Fecha: 29 de octubre del 2025

Autor(es):

Nombres y apellidos	Firma
JAIRSHINO CESAR DEL CASTILLO LA MADRID	
ROMINA PRICE MEDINA	

Asesor(a):

Nombres y apellidos	
KAREN VANESSA QUIROZ CORNEJO	

UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

TÍTULO DE LA TESIS:

"EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ACUOSO DE LAS HOJAS DE RÚCULA *(Diplotaxis muralis DC.)*"

AUTORES:

ROMINA PRICE MEDINA Y JAIRSHINO CESAR DEL CASTILLO LA MADRID

D.N.I Nº /C.E. Nº	**76848529 / 70367374**
Financiamiento	Romina Price Medina y Jairshino Cesar Del Castillo La Madrid
Ubicación geográfica	**Región Lima - Lima Metropolitana – distritos Cercado de Lima**
Duración de la investigación	**por ejemplo: marzo 2023 – julio 2025**

ASESOR:

Nombres y apellidos	D.N.I Nº /C.E. Nº	Código ORCID
Mg. KAREN VANESSA QUIROZ CORNEJO	40277208	0000000266733587

JURADO EXAMINADOR:

Nombres y apellidos	Cargo	D.N.I Nº /C.E. Nº	Código ORCID
Dr. VICTOR JESÚS SAMILLÁN SOTO	Presidente	16709515	0000000312582856
Mg. GUSTAVO ADOLFO ABAD FERNÁNDEZ	Primer Miembro	44930171	0000000290154067
Mg. EDUARDO PAÚL MORAN QUIÑONES	Segundo Miembro	72319313	0000000240807533

UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Lima, Distrito de Magdalena del Mar, a las 14:30 horas del día 04 del mes de agosto del año 2025, se reunió el Jurado Examinador de sustentación y defensa de la Tesis titulada "**EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ACUOSO DE LAS HOJAS DE RÚCULA *(Diplotaxis muralis DC.)***", presentado por los bachilleres **ROMINA PRICE MEDINA Y JAIRSHINO CESAR DEL CASTILLO LA MADRID** para optar el título profesional de Licenciado en Nutrición y Dietética; conformado por los profesores:

Presidente: Dr. Victor Jesús Samillan Soto

Primer Miembro: Mg. Gustavo Adolfo Abad Fernández

Segundo Miembro: Mg. Eduardo Paúl Moran Quiñones

Instalado el Jurado Examinador, se procedió dar cumplimiento a las etapas:

a. El Presidente del jurado invitó al sustentante a realizar su presentación por un tiempo no mayor de 30 minutos.
b. Terminado la presentación de la Tesis, el jurado Examinador procedió a realizar preguntas sobre aquellos aspectos pertinentes para determinar los conocimientos sobre el tema y la ejecución de la tesis.
c. Luego de escuchar las respuestas a las interrogantes formuladas, el jurado examinador deliberó en privado la calificación de la Tesis y su correspondiente defensa.
d. Cada miembro del jurado examinador estableció individualmente su calificación de acuerdo al reglamento de grados y títulos.
e. El Presidente del Jurado Examinador verificó la calificación de cada miembro y procedió a establecer la calificación de la tesis en escala vigesimal con la siguiente mención:

SOBRESALIENTE	20 -18	(X)
MUY BUENO	17- 16	( )
BUENO	15 -13	( )
DESAPROBADO	< 13	( )

Finalmente, el Presidente del Jurado invitó al sustentante para recibir el veredicto de la calificación obtenida.
El Jurado Examinador deja constancia con su firma, que el veredicto final de calificación de la Tesis presentado por los Bach. **ROMINA PRICE MEDINA Y JAIRSHINO CESAR DEL CASTILLO LA MADRID** es:

DIECIOCHO (18) - SOBRESALIENTE

concluye el acto académico, siendo las 15:10 horas del mismo día.

Presidente: Dr. VICTOR JESÚS SAMILLÁN SOTO	
Primer Miembro: Mg. GUSTAVO ADOLFO ABAD FERNÁNDEZ	
Segundo Miembro: Mg. EDUARDO PAÚL MORAN QUIÑONES	

Dedicatoria

A mi familia, que ha sido el pilar fundamental en cada etapa de mi vida. Gracias por su amor, apoyo incondicional y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A mi abuela, que aunque ya no está físicamente con nosotros, su amor y ejemplo siguen iluminando mi camino. Este logro también es tuyo.

Romina Price Medina

A mi amada familia, por ser la base firme sobre la que he edificado todos mis logros.

A mis padres, por su inagotable amor, esfuerzo y por ser mi constante fuente de motivación.

A mis hermanos, por estar siempre a mi lado, compartiendo alegrías, retos y sueños.

Cada uno de ustedes ha sido esencial en este viaje. Con todo mi amor y gratitud, les dedico esta tesis.

Jairshino Cesar Del Castillo La Madrid

Agradecimientos

A la Universidad Le Cordon Bleu por el financiamiento de la elaboración de la tesis, por sus instalaciones y equipos. Mg. Karen Quiroz, por su asesoría en la realización de esta investigación y a todas las personas que nos brindaron su apoyo en todo momento.

Índice

Dedicatoria **2**

Agradecimientos **3**

Índice **4**

Resumen **9**

Abstract **10**

I. Introducción **11**

II. Marco Teórico **13**

2.1 Antecedentes 13

2.2 Bases Teóricas 20

2.2.1 *Diplotaxis muralis* DC. (Rúcula) 20

2.2.1.1 Clasificación Taxonómica 20

2.2.1.2 Descripción geográfica 21

2.2.1.3 Descripción Botánica 21

2.2.1.4 Cultivo de *Diplotaxis muralis* DC. (Rúcula) 23

2.2.1.5 Variedades 24

2.2.1.6 Composición nutricional 24

2.2.1.7 Características, propiedades y usos de la Rúcula 26

2.2.2 Radicales libres 26

2.2.2.1 Clasificación de los radicales libres 27

2.2.2.2 Especies reactivas de oxigeno 28

2.2.2.2.1 Clasificación de las especies reactivas de oxígeno 29

2.2.2.3 Efecto de los radicales libres 29

2.2.3 Estrés oxidativo 32

2.2.3.1 Efectos del estres oxidativo 32

2.2.4 Antioxidantes 35

2.2.4.1 Clasificación de los antioxidantes 36

2.2.4.2 Mecanismo de acción 39

2.2.4.3 Capacidad antioxidante 40

2.2.4.4 Método para determinar capacidad antioxidante 40

a) Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) 41

b) Método FRAP 41

2.3 Definición de términos 41

III. Metodología 43

3.1 Población 43

3.2 Muestra 43

3.3 Diseño de investigación 43

3.4 Procedimiento de la obtención de la muestra 43

3.5 Matriz de consistencia 50

3.6 Procesamiento y análisis de datos 50

IV. Resultado y Discusión 51

4.1 Resultados y discusión 51

Conclusiones 58

Recomendaciones 59

Referencias Bibliográficas 60

Anexos 67

Lista de Tablas

Tabla Nº01 Capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis DC.)* a temperatura ambiente y ebullición, según la técnica DPPH* IC50 (mg/mL) 57

Lista de Gráficos

Gráfico 1 Contenido de Polifenoles del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis* DC.) a temperatura ambiente y temperatura de ebullición. 51

Gráfico 2 Contenido de vitamina C del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis* DC.) a temperatura ambiente y temperatura de ebullición. 53

Gráfico 3 Capacidad antioxidante total del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis* DC.) a temperatura ambiente y temperatura ebullición, según el método FRAP. 54

Gráfico 4 Porcentaje de inhibición del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis* DC.) a temperatura ambiente, según el método DPPH. 55

Gráfico 5 Porcentaje de inhibición del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis* DC.) a T° ambiente y T° ebullición, según el método DPPH. 56

Lista de Anexos

Anexo 1 Matriz de consistencia 68

Anexo 2 Determinación de especies 70

Anexo 3 Fotografías del procedimiento de la obtención de la muestra 71

Anexo 4 Determinación de la capacidad antioxidante de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis* DC.*)* 77

Resumen

Se realizó una investigación de tipo analítica, experimental, longitudinal, prospectivo, de enfoque cuantitativo, centrada en el extracto acuoso de las hojas de rúcula (*Diplotaxis Muralis DC.)*. El objetivo principal fue determinar el efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante de las hojas de rúcula. La muestra biológica consistió en un extracto acuoso al 25 % de las hojas de rúcula (*Diplotaxis Muralis DC.)*, el cual fue sometido a temperatura ambiente y ebullición. Para determinar la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de rúcula, se emplearon dos métodos: 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y "Ferric Reducing Antioxidant Power" (FRAP). Asimismo, para determinar la concentración total de vitamina C y polifenoles se utilizó el método Folin-Ciocalteau. Los resultados obtenidos revelaron que, a temperatura ambiente, el extracto acuoso presentó un IC 50 de 4.3mg/mL, según en método DPPH, lo que indica la capacidad antioxidante moderada. En contraste, al someter el extracto a ebullición durante 5 minutos, se observó un aumento en la eficiencia antioxidante, con un IC 50 de 1.83 mg/mL. En cuanto a la capacidad antioxidante medida por el el método FRAP, se observó que a temperatura ambiente se registró un valor de 0.56 µmoles de Fe-II/100g, mientras que a temperatura de ebullición el mismo periodo de tiempo, este valor se redujo ligeramente a 0.494 µmoles de Fe-II/100g. En conclusión, la exposición del extracto acuoso de las hojas de rúcula a temperatura de ebullición mostró una ligera disminución de la capacidad antioxidante frente al sistema FRAP; comparándola con la capacidad antioxidante frente al radical libre DPPH. Estos resultados indican que, aunque el calor afecta la concentración de compuestos antioxidantes como los polifenoles, los compuestos pueden mantenerse activos o eficientes bajo condiciones térmicas.

Palabras claves: Hojas de rúcula, Capacidad antioxidante, Temperatura.

Abstract

An analytical, experimental, longitudinal, prospective, quantitative approach research was carried out, focused on the aqueous extract of arugula leaves (*Diplotaxis Muralis DC.)*. The main objective was to determine the effect of temperature on the antioxidant capacity of arugula leaves.. The biological sample consisted of an aqueous extract 25 % of arugula leaves (*Diplotaxis Muralis DC.)*, which was lost at room temperature and boiling. To determine the antioxidant capacity of the aqueous extract of arugula leaves, two methods were used: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and "Ferric Reducing Antioxidant Power" (FRAP). Likewise, the Folin-Ciocalteau method was used to determine the total concentration of vitamin C and polyphenols. The results obtained revealed that, at room temperature, the aqueous extract presented an IC 50 of 4.3mg/mL, according to the DPPH method, which indicates moderate antioxidant capacity. In contrast, by boiling the extract for 5 minutes, an increase in antioxidant efficiency was observed, with an IC 50 of 1.83 mg/mL. Regarding the antioxidant capacity measured by the FRAP method, it was observed that at room temperature a value of 0.56 µmoles of Fe-II/100g was recorded, while at boiling temperature for the same period of time, this value was slightly reduced. at 0.494 µmoles of Fe-II/100g. In conclusion, exposure of the aqueous extract of arugula leaves to boiling temperature showed a dual effect; while the antioxidant capacity against the FRAP system decreased slightly, there was an improvement in the antioxidant capacity against the free radical DPPH. These results indicate that, although heat affects the concentration of antioxidant compounds such as polyphenols, other compounds may become more active or efficient under elevated thermal conditions.

Keywords: Arugula leaves, Antioxidant capacity, Temperature.

I. Introducción

Hoy en día, la alta demanda de productos frescos y mínimamente procesados ha traído consigo un incremento en el mercado alimentario, debido a que los consumidores están buscando alternativas más saludables, libres de aditivos y con propiedades antioxidantes, que les garantice una seguridad alimentaria. Según la OPS, los alimentos mínimamente procesados son productos naturales que han sido modificados a un proceso mínimo, sin que se les agregue o introduzca ninguna sustancia externa. De este modo, se entrega al consumidor productos que mantienen su calidad nutricional, funcional y sensorial, siendo una alternativa beneficiosa para la salud. (Karsulovich, JA., 2012).

Sin embargo, se ha demostrado que hay un aumento de la prevalencia de las enfermedades crónicas no transmisibles relacionadas con la alimentación, debido a que existen diversos factores, como la exposición de las personas a la contaminación ambiental, el sedentarismo, la radiación y el consumo de productos ultra procesados, los cuales contribuyen al incremento de los niveles de radicales libres en el organismo. (Araya, H., Clavijo, C., Herrera, C., 2006).

Un exceso de ello rompe el equilibrio produciendo estrés oxidativo que da lugar a diferentes enfermedades degenerativas como el cáncer, cardiopatías, entre otros. Se generan en el organismo durante las reacciones metabólicas, especialmente en condiciones de hiperoxia, ejercicio intenso e isquemia. Además, también pueden producirse por la exposición a agentes externos como radiaciones ionizantes, luz ultravioleta, contaminación ambiental y humo del tabaco, entre otros. (Elejalde, JI., 2001)

El recurso vegetal rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)* es una planta herbácea de ciclo anual, que pertenece a la familia Brassicaceae y originaria de la región mediterránea. Esta se caracteriza por poseer hojas muy ramificadas, de color verde, sabor amargo y aroma picante, debido a que contienen compuestos de glucosinolatos, los cuales estimulan las secreciones digestivas. (Torales, AC., Chaves, A., Rodriguez, SD., 2010).

Del mismo modo, se ha demostrado que está asociada con distintas actividades biológicas, como actividades antihipertensivas, antioxidantes, antiinflamatorias, nefroprotectoras y antidiabéticas, por lo que es un factor beneficioso de enfermedades neurodegenerativas, así como la hipertensión y la diabetes (Teixeira & col. 2022). Asimismo, entre los componentes más sobresalientes se distingue una cantidad significativa de vitamina C, pro- vitamina A, triptófano, calcio, potasio, magnesio y hierro, por lo que en ciertos países se ha utilizado para tratar la anemia, debido a su alto contenido en hierro (Escobar, 2014).

Igualmente, los glucosinolatos ejercen efectos benéficos en la salud humana, debido a su contenido en nutracéuticos, el cual induce a la formación de sustancias desintoxicantes y antioxidantes en el proceso de absorción y, por otra parte, contribuye a un efecto directo antibiótico sobre Helicobacter pylori (Bafumo, R., 2001). Por ello, se demostró que los extractos de *Diplotaxis muralis DC.* ejercen propiedades antioxidantes, antiplaquetarias, antitrombóticas, anticancerígenas y antimicrobianas (Khoobchandani & col., 2011).

El objetivo principal de esta investigación fue determinar el efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)* De esta manera, transmitir los cambios que pudieran presentarse al ser sometido a este tratamiento. Asimismo, observar si afectan a los beneficios nutricionales o nutracéuticos, para poder impulsar el consumo de este alimento.

II. Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la investigación

Multescu, *et al*. 2019), en su investigación "EFECTO DE LA EBULLICIÓN SOBRE EL POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE VARIEDADES DE REPOLLO", estudiaron el efecto de la temperatura de ebullición sobre el contenido total de polifenoles, concentración de vitamina C, cantidad de pigmentos y capacidad antioxidante total en cuatro variedades de repollo (De Buzau, Buzoiana, Magura y De Isalnita), las cuales fueron sometidas a ebullición en en diferentes intervalos de tiempo para evaluar el efecto del calor sobre sus propiedades antioxidante. El total de polifenoles se concluyó usando el reactivo de Folin-Ciocalteu, mientras que la concentración de vitamina C fue medida mediante titulación con 2,6-diclorofenolindofenol. El comportamiento antioxidante se determinó usando el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo). Los resultados revelaron que la ebullición provoca una reducción significativa en la concentración de compuestos antioxidantes, con una reducción de más del 50% después de 15 minutos de cocción. La variedad de repollo Magura demostró la mayor estabilidad en cuanto al contenido de carotenoides, mientras que la variedad De Isalnita retuvo un mayor nivel de polifenoles; 46.7%, 41% 34,3%, sometidos a ebullición por 5,10 y 15 minutos respectivamente. En términos de actividad antioxidante, todas las variedades experimentaron una notable disminución después del proceso de hervido, con la variedad De Buzau siendo la más afectada; disminuyendo 16.6%, 41.5%, y 61.1% en su capacidad antioxidante sometida a ebullición por 5, 10 y 15 minutos respectivamente. Estos hallazgos resaltan lo fundamental de gestionar adecuadamente los tiempos de cocción para mantener el aporte nutricional de los alimentos.

Silveira, A., Baeza, A., Escalona, V. (2015), en su artículo "EFFECT OF ULTRAVIOLET-C RADIATION COMBINED WITH UNCONVENTIONAL ATMOSPHERE PACKAGING ON THE QUALITY OF FRESH-CUT ARUGULA (*ERUCA SATIVA MILL*)", analizaron el efecto del tratamiento de radiación UV-C, como método desinfectante, sumado al posterior envasado en atmósfera alta de Oxígeno sobre las características de calidad de la rúcula fresca almacenada a 5 grados por 1,4,7 y 10 días. La capacidad antioxidante fue evaluada mediante el método de poder antioxidante reductor férrico (FRAP). Las muestras fueron sometidas a tratamiento UV-C con intensidades de 0.34, 5.16, 10.15, 15.14, y 20.13 kJm2 y se les empacó en bolsa con O2 a una concentración entre 88 a 90%. Se concluyó que la capacidad antioxidante aumentó significativamente según los días de conservación, en especial en altas dosis de UV-C (10.15, 15.14 y 20.13 kJ/m2, siendo esta última concentración la que tuvo un aumento superior, además se determinó que en el dia 10 de conservación las hojas tratadas con UV-C , en todas las dosis probadas, aumentaron su capacidad antioxidante entre 2 a 2.5 veces más que las hojas que no recibieron el tratamiento.

Multescu, *et al*. (2021), en su estudio "ANTIOXIDANT ACTIVITY IN SELECTED *BRASSICACEAE* VEGETABLES" analizaron la capacidad antioxidante, contenido total de polifenoles, vitamina C, carotenoides y clorofila de 5 vegetales de la familia *Brassicaceae.* Las subespecies consideradas en la investigación fueron: Col Blanca (*Brassica oleracea var. capita*), Col lombarda (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*), Brócoli (*Brassica oleracea var. italica*), Coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) y Colinabo (*Brassica oleracea Gongylodes Group*). Las diferentes variedades de *Brassica*, se cultivaron en las mismas condiciones, para la muestra se utilizaron vegetales de integridad intacta y con relación a los extractos, se utilizó en proporción 1:10 entre el vegetal fresco y el solvente de extracción.

El contenido total de polifenoles se determinó con el reactivo de Folin-Ciocalteu, el nivel de Vitamina C mediante la titulación con colorante y para definir la actividad antioxidante, se utilizó el método DPPH (2.2-difenil-1-picrilhidrazilo). En el estudio, se evidenció que la mayor cantidad de polifenoles se encontraba en la col lombarda (71.64 mg/100g), en segundo lugar, el brócoli (56,62 mg/100g), seguido de la coliflor (51,09 mg/100g) y con menor contenido de polifenoles, la col blanca (22,18 mg/100g) y el colinabo (21,69 mg/100g). En cuanto al nivel de ácido ascórbico, la subespecie superior fue el brócoli (74,25 mg/100g), seguido por la coliflor (71,41 mg/100g) y del colinabo y col roja, con niveles de ácido ascórbico de 52,33 mg/100g y 50,82 mg/100g, respectivamente. Los resultados mostraron que el nivel más bajo de vitamina C, lo tuvo la col blanca (38,99 mg/100g). Por último, el máximo de actividad antioxidante, lo obtuvo la col lombarda (431,82 umol Trolox/100g), seguido de la coliflor (394,88 umol Trolox/100g) y el brócoli (380,05 umol Trolox/100g), mientras que la menor actividad antioxidante la obtuvieron el colinabo (329,56 umol Trolox/100g) y la col blanca (252,85 umol Trolox/100g).

Reyes *et al*.. (2017), en su investigación "PROPIEDADES ANTIOXIDANTES DEL EXTRACTO ACUOSO DE *BRASSICA OLERACEA* VAR.*SABELLICA*", el propósito principal, fue determinar las propiedades antioxidantes del extracto acuoso obtenido de las hojas de *Brassica oleracea var. sabellica*, conocida como col rizada. Para ello, se utilizaron hojas frescas de col rizada, que fueron procesadas para obtener el extracto acuoso. Se empleó el método 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, midiendo el porcentaje de inhibición de los radicales libres a una longitud de onda de 515 nm. Asimismo, para analizar el contenido de flavonoides, se utilizó el método propuesto por Wolfe, mientras que la cantidad total de fenoles, se determinó aplicando el reactivo Folin-ciocalteau, midiendo la absorbancia a 740 nm. Los resultados reportaron que la col rizada presentó una alta capacidad antioxidante, inhibiendo un 78.6% de radicales libres. Asimismo, se determinó un contenido de 73% de

fenoles totales y un 92% de flavonoides. En conclusión, los autores destacan que la *Brassica oleracea var. sabellica* (col rizada) posee componentes antioxidantes relevantes, los cuales podrían contribuir a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles.

González Framil, A & Pancini, B. (2021.)., en su tesis titulada "CONSERVACIÓN POSCOSECHA DE HOJAS DE RÚCULA Y MIZUNA PROVENIENTE DE UN CULTIVO DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA", tuvieron como objetivo principal identificar y cuantificar los principales factores que afectan la calidad de las hojas de rúcula y mizuna durante un período de aproximadamente un mes de conservación poscosecha. Esto se llevó a cabo con el fin de establecer la duración de su vida útil tanto en condiciones de almacenamiento en frío como en condiciones de exposición a temperatura ambiente. Para el estudio, las muestras fueron colocadas en bolsas de polipropileno y se evaluaron en nueve momentos distintos durante su almacenamiento refrigerado y en ocho momentos adicionales tras haber estado entre 3 y 4 días fuera de la cámara de frío. Las variables analizadas incluyeron reducción de peso, apariencia general, color, contenido de sólidos solubles totales, materia seca, niveles de polifenoles totales, capacidad antioxidante total, así como concentración de clorofilas y carotenoides. La actividad antioxidante fue evaluada mediante tres métodos: la inhibición del radical ABTS, el ensayo con DPPH y el análisis de poder reductor férrico (FRAP). Los resultados mostraron que las hojas de rúcula conservaron un buen aspecto hasta por 9 días en refrigeración y 6 días adicionales en estantería, mientras que las hojas de mizuna conservaron su calidad durante 27 días en frío y hasta 12 días más en condiciones de estantería. Algunas variables como la materia seca, los sólidos solubles totales, el contenido total de polifenoles y la capacidad antioxidante no presentaron cambios significativos a lo largo del almacenamiento. No obstante, se observó que el contenido de clorofila se mantuvo estable en la mizuna, a diferencia de la rúcula, cuyas hojas comenzaron a amarillear con el tiempo.

González-Fandos, E., Simón, A. (2016), en su tesis "EFECTO DE LA COCCIÓN SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CALIDAD SENSORIAL DE LA COLIFLOR MÍNIMAMENTE PROCESADA", analizaron cómo la cocción en agua afecta tanto la capacidad antioxidante como las características sensoriales de la coliflor. Para ello, la muestra fue previamente cortada, envasada en atmósfera modificada y almacenada a 5°C durante un periodo de 13 días, las cuales fueron comparadas con coliflor recién cosechada. Los resultados indicaron que la coliflor cruda y conservada mostró un incremento en los niveles de ácido ascórbico (18%), polifenoles (74%) y en la actividad antioxidante (21%). No obstante, al someterla a cocción, estos compuestos se redujeron debido a la lixiviación, siendo las pérdidas más pronunciadas en la coliflor almacenada que en la fresca: 19% frente a 13% para el ácido ascórbico, y 31% frente a 28% para los polifenoles, respectivamente. A pesar de ello, la actividad antioxidante no presentó diferencias estadísticamente significativas entre la coliflor cocida después del almacenamiento y la coliflor fresca cocida.

Hinojosa-Dávalos *et al*. (2019), en su tesis “IDENTIFICACIÓN DEL PERFIL FITOQUÍMICO Y EFECTO DEL ESTRÉS LUMÍNICO SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL GERMINADO DE BRÓCOLI EN UN DISPOSITIVO GERMINADOR ROTATORIO TIPO TAMBOR” investigaron como distintos regímenes de iluminación influían en la actividad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos de los germinados de brócoli. Para ello, se trabajó con los germinados de brócoli, los cuales se cultivaron en un germinador rotatorio, el cual operaba con ciclos de aspersión de agua de 10 segundos cada 90 minutos, ventilación de 1 hora cada 3 horas, una velocidad de rotación de 2 rpm, una humedad relativa del 99% y tres fotoperiodos distintos. Cada tratamiento de luz consistia en 11 horas de luz blanca, seguidas de 5 horas de luz de color (rojo, azul o verde, emitidas por focos Leds), seguidas de 8 horas de oscuridad. Los resultados revelaron que los germinados expuestos a luza roja generaron la mayor biomasa (0.71 g por gramo de semilla),

asi como el mayor contenido de compuestos fenólicos (10.17 mg EAG/g) y flavonoides (1.86 mg EQ/g). Por su parte, la exposición a la luz azul mostró un efecto notable en la capacidad antioxidante, reflejado en la inhibición de los radicales ABTS y DPPH, con concentraciones efectivas medias de 1.1232 mg/mL y 1.1577 mg/mL, respectivamente. En conclusión, el estudio demostró que las condiciones lumínicas en el germinador rotatorio influyen significativamente en la síntesis de compuestos bioactivos en los germinados de brócoli, siendo la luz roja promotora del crecimiento de biomasa y del contenido fenólico,y la luz azul destacando por su potente efecto en la capacidad antioxidante.

Condori, M.A. (2018), en su tesis "CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ACUOSO DE BRASSICA NAPUS L. (NABO), FRENTE AL SISTEMA GENERADOR DE RADICAL LIBRE 2,2-DIFENIL-1-PICRILHIDRAZILO (DPPH)", buscó evaluar la actividad antioxidante del extracto acuoso obtenido de las hojas como de la raíz del nabo (*Brassica napus L.*) frente al radical DPPH. Para lo cual, se realizaron los ensayos por triplicado para demostrar dicha capacidad antioxidante. El estudio reveló que el extracto acuoso de las hojas presentó una mayor capacidad antioxidante en comparación con el extracto de la raíz. Asimismo, se evaluó la concentración de vitamina C en ambos extractos, encontrándose un valor de 32.33 mg/mL en las hojas y 7.33 mg/mL en la raíz. Estos hallazgos indican que las hojas del nabo no solo poseen una mayor actividad antioxidante, sino también un contenido significativamente más elevado de vitamina C en relación con la raíz.

Oc Llatance, E. (2020), en su estudio "ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE DIEZ VEGETALES DE LA REGIÓN AMAZONAS", evaluó mediante los métodos DPPH y ABTS la capacidad antioxidante de 10 especies vegetales (E. glogulus, F. carica, B. oleracea V., P. ligularis, P. americana, A. cherimola M., P. pérsica, E. edulis, P.

guajava L. y C. sinensis) de la provincia de Chachapoyas, Región Amazonas. Para esta investigación se trabajó con las hojas de siete plantas frutales, una hortaliza, una leguminosa de árbol y un árbol. Entre los resultados se mostró que la especie con menor actividad antioxidante mediante el método DPPH fue el repollo (B. oleracea V. = 38,850 +/- 0,029 umolT/g) y el vegetal con mayor capacidad antioxidante fue el Eucalipto (E. glogulus = 94,150 +/- 0,008 umolT/g). Por otro lado, con él método ABTS, la especie con menor capacidad antioxidante fue nuevamente el repollo (B. oleracea V. = 7,964 +/- 0,428 umolT/g) mientras que la que mayor capacidad antioxidante se halló fue la guayaba (P. guajava L. = 763,778 +/- 1,018 umolT/g). Por tanto , se concluye en este estudio, que el repollo (B. oleracea V.) presenta una menor capacidad antioxidante en comparación a las otras especies de hoja consideradas en este estudio y que una de las razones de la baja concentración de antioxidantes, puede deberse principalmente a su alto contenido de agua (89.3 - 92.07 %).

Humani. (2021), en su tesis "EFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA CONCENTRACIÓN SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ACUOSO DEL GERMINADO DE BRASSICA OLERACEA VAR. ITALICA PLENCK (BRÓCOLI)" se propuso analizar cómo influye la temperatura de ebullición en la actividad antioxidante del extracto acuoso del germinado de brócoli. Para llevar a cabo esta evaluación, se empleó el método DPPH (2,2, difenil – 1 – picrilhidrazilo). Los resultados indicaron que el extracto mantenido a temperatura ambiente presentó una concentración inhibitoria media (IC50) de 2.0 mg/mL, lo cual refleja una menor capacidad para neutralizar radicales libres, en comparación con el extracto sometido a temperatura de ebullición durante 10 minutos, cuyo IC50 fue de 1.8 mg/mL. En consecuencia, se concluyó que el sometimiento térmico a temperatura de ebullición produjo un incremento en la actividad antioxidante del extracto acuoso de germinado de brócoli.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 *Diplotaxis muralis DC.* (Rúcula)

Para Horturba (2011), la rúcula es originaria de la región mediterránea, conocida y cultivada desde tiempos antiguos. Sin embargo, no ha sido cultivada a gran escala ni sometida a investigación científica. Actualmente se cultiva en varios lugares, especialmente estando disponible en toda Europa (Alcaraz, 2002). Es una planta anual de bajo crecimiento con hojas compuestas de color verde opaco, que tienen un particular sabor picante (Palada y Crossman 1999). En varios países mediterráneos se cultiva como verdura verde para ensalada o cocida y también se cultiva en Asia como un cultivo de semilla oleaginosa.

2.2.1.1 Clasificación Taxonómica

La descripción taxonómica de la rúcula según Leskova (2011), es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta (plantas con flores)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Orden: Brassicales–Crucífera

Familia: Brassicaceae

Género: *Diplotaxis*

Especie: *Diplotaxis Muralis DC.*

Subespecies: *Diplotaxis muralis subsp. ceratophylla y Diplotaxis muralis subsp. símplex*

Nombre común: Rúcula, Arugula, Oruga, Roquette y otros

2.2.1.2 Descripción geográfica

Perteneciente a la familia de las Brassicaceae, cuenta con tres especies: E. sativa y una silvestre E. sativa vesicaria (L.) Cav.; Diplotaxis tenuifolia (L.) DC. y D. muralis (L.) DC., el cual es cultivado principalmente en las regiones del Mediterráneo y en países con climas templados (Padulosi, S., Pignone, D., 1997).

Italia, España, Grecia, Francia, Reino Unido, Alemania, Austria y Suiza son los principales países productores de *Diplotaxis muralis DC.* (Rúcula). Mientras que, en América del Norte, la rúcula se cultiva principalmente en los Estados Unidos y Canadá, y en América del Sur se cultiva en países como Argentina, Chile y Brasil.

En Asia, la rúcula se cultiva en países como Israel, Turquía y Líbano, y también se ha introducido en algunos países de Asia Oriental como China y Japón. Además, la rúcula se cultiva en países de África del Norte como Egipto, Marruecos y Túnez.

2.2.1.3 Descripción Botánica

a. Raíz

Presenta una raíz gruesa y ramificada; napiforme, posee una coloración blanquecina que alcanza hasta los 20 cm (Rzedowski, 2001).

b. Tallo

El tallo de la rúcula es corto, erecto y delgado, el cual puede alcanzar una altura entre 20 y 50 cm, dependiendo de las condiciones de crecimiento; presentando, mayormente, un crecimiento ramificado desde la base.

c. Hojas

Las hojas basales son lobuladas, en roseta y suelen ser más grandes que las hojas del tallo, de 2-16 cm. Son de forma lanceolada con bordes ligeramente lobulados, partidas en la base y ásperas al tacto, por lo que tienen una textura rugosa y un color verde oscuro (Iberica, 2000). Pino (2012), menciona que la planta de rúcula tiene 5 a 7 hojas, cuyo tamaño varía según las épocas del año, pero puede llegar a 25 cm de largo o más. Se cultiva al aire libre o en invernadero, y en la primavera con días largos y altas temperaturas, florece, y esto perjudica la calidad.

d. Flor

Las flores de la *Diplotaxis muralis DC.* son pequeñas y se producen en racimos terminales. Cada flor tiene cuatro pétalos de color blanco a amarillo pálido, formando una cruz característica, lo cual es típico de las plantas de la familia Brassicaceae.

Terranova (1995), menciona que las flores son hermafroditas con limbo amarillo, rosado, con nerviación violeta y cuya forma es crucifrome con cuatro pétalos. Asimismo, la inflorescencia es racimosa, llegando a poseer hasta 70 flores por racimo (Rzedowski, 2001).

e. Fruto y semilla

Los frutos de la rúcula son silicuas, de 2 a 4 cm de largo, en ocasiones con algunos pelos, angostos, aplanados y el pico es aplanado, en ocasiones tan largo como el resto del fruto. Mientras que, la semilla de alrededor de 1.5 mm de largo, es ovoide de color café amarillenta (Rzedowski, 2001).

A continuación, en las Figuras Nº 01-02 se muestran la *Diplotaxis muralis DC. (Rúcula)*

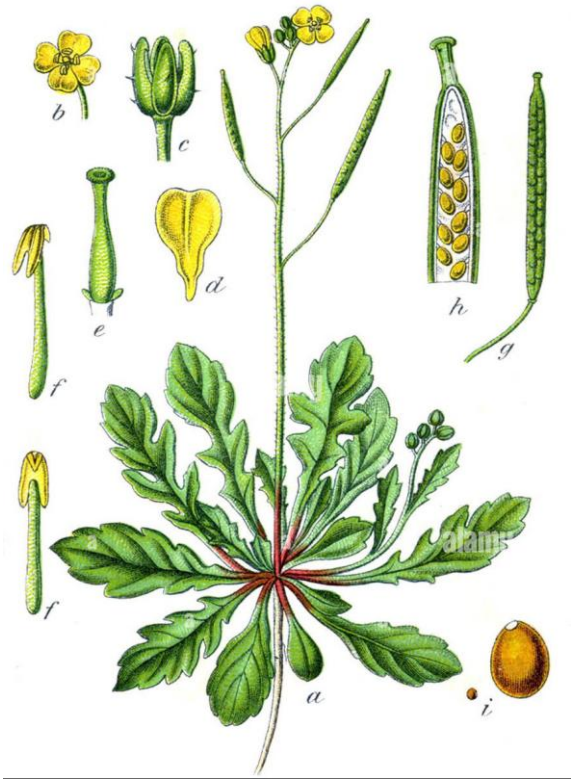


Figura N° 01: *Diplotaxis muralis DC. (Rúcula)*

Fuente:

https://www.alamy.es/diplotaxis-muralis-sturm33-image264421913.html?imageid=718BAD72-FE28-4A15-AB72-89DBDFE591B1&p=863896&pn=1&searchId=a25a8a281f9ed08959a9e76deb50871f&searchtype=0

2.2.1.4 Cultivo de *Diplotaxis muralis DC. (Rúcula)*

La rúcula es un cultivo de crecimiento rápido, de estación fría y florece bajo días largos y altas temperaturas. Del mismo modo, no presenta mayores exigencias de suelo, puesto que se adapta a todos los tipos. Este cultivo parece estar bien adaptado al Medio Oeste y muestra la posibilidad de una especialidad que podría estar disponible durante un largo período durante toda la temporada, debido a que se adapta al cultivo en invernadero. Algunos ensayos indican que se puede cosechar después de 20 a 27 días y luego cosechar secuencialmente desde el rebrote. De acuerdo con el Departamento de Tecnología de la

Universidad Nacional de Luján, la germinación ocurre de manera rápida y sin complicaciones durante todo el año, siendo ideales las temperaturas entre 25 y 27 °C. El cultivo comienza a partir de semillas, ya sea mediante siembra directa o en asiento, con líneas que se espacian entre 20 y 40 centímetros, dependiendo del sistema de cultivo, dejando 5 centímetros entre cada planta y sembrando a una profundidad menor a 1 centímetro. Así, las semillas pueden recolectarse con facilidad antes de que los frutos se abran de forma natural.

El interés europeo en promover este cultivo infrautilizado ha impulsado la formación de la Red de Recursos Genéticos Rocket, un proyecto del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), debido a sus propiedades nutricionales y su contenido de vitaminas y minerales, así como su uso gastronómico.

2.2.1.5 Variedades

Solo existen dos variedades: rúcula cultivada y la silvestre, la cual posee hojas mucho más finas (Iberica, 2000). El mismo autor menciona que se diferencian en que las semillas de la “silvestre” son minúsculas, mientras que las de la “cultivada” son más grandes, similares a la de los rabanitos.

2.2.1.6 Composición nutricional

Bedri (2010), menciona que la rúcula contiene una alta cantidad de minerales como el potasio, magnesio y hierro, así como de vitamina C y beta- caroteno o pro-vitamina A. Por ello, como antes mencionado, la combinación de la vitamina C y el hierro brindan propiedades antianémicas ya que nos ayuda a mantener adecuadamente los niveles de glóbulos rojos.

El cuadro N° 1, presenta el valor nutritivo que posee la rúcula por cada 100 g de muestra.

Cuadro* N° *1. *Valor nutritivo de 100 gr de rúcula*

Descripción	**Composición**
Agua	91.7 g
Calcio	160 mg
Fibra	2 g
Folatos	97 mg
Hidratos de Carbono	4 g
Hierro	1.5 mg
Magnesio	47 mg
Manganeso	0.3 mg
Potasio	369 mg
Vitamina A	2373 Ul
Vitamina E	15 mg
Vitamina K	109 mg
Calorías	25 mg

Fuente: *Verdimed, 2011*

2.2.1.7 Características, propiedades y usos de la Rúcula

El consumo de la rúcula se ha incrementado debido a los efectos benéficos que posee para la salud humana, debido a su alto contenido de compuestos nutracéuticos. Estos beneficios pueden estar asociados a la presencia de compuestos químicos antes mencionados, glucosinolatos (GSL) y flavonoides. Por lo que, se atribuyen varios beneficios para la salud, como efectos antioxidantes y antiinflamatorios, por lo que se recomienda su uso para la prevención de enfermedades neurodegenerativas (Heimler & col. 2007), actividad anticancerígena contra las células de melanoma (Khoobchandani & col. 2011), así como actividad antiplaquetaria, antitrombótica (Fuentes & col. 2014) y antiulcerosa frente a lesiones gástricas inducidas (Alqasoumi & col. 2009).

Leme (2005), refiere que las propiedades digestivas se deben a su alto contenido en fibra, el cual es el responsable de agilizar el tránsito intestinal. Por otro lado, su aroma hace que esta planta contenga diversos tipos de ácidos que ayudan a estimular la secreción de jugos gástricos.

2.2.2 Radicales libres

Un radical libre, se puede definir como una molécula que alberga uno o más electrones desapareados en su orbital exterior y que puede existir de forma independiente (Carvajal, 2019).

El número impar de electrones que contiene un radical libre, lo vuelve una especie inestable, altamente reactiva y de vida corta. (García, B., Saldaña., A & Saldaña, L. 2012)

Por su alta reactividad, pueden sustraer electrones de otros átomos para lograr su estabilidad, de esta manera, la molécula afectada pierde un electrón y se vuelve un radical libre, iniciando una cascada de reacciones que posteriormente dañan la célula viva. (Phaniendra & col. 2015).

De igual manera, el cuerpo humano genera radicales libres, los cuales, si bien pueden ser aprovechados para la producción de energía, en niveles elevados pueden dañar los tejidos normales debido a su alta reactividad. De hecho, durante el proceso de envejecimiento, los radicales libres pueden provocar deterioro en el sistema inmunológico. (Zamora, 2007).

2.2.2.1 Clasificación de los radicales libres

a. Especies reactivas de oxígeno (ERO)

Son sustancias químicas que se originan mediante una reducción incompleta de las moléculas de oxígeno y tienen la capacidad de desencadenar reacciones de tipo radicalario. Entre estas moléculas reactivas de oxígeno, se le menciona al radical superóxido (·O2 -), el radical perhidroxilo (·HO2) y al radical hidroxilo (·OH), siendo este último el ERO más nocivo. Otra molécula ERO, más estable pero igualmente relevante debido a su capacidad para combinar con otras moléculas y producir compuestos altamente reactivos, es el peróxido de hidrógeno (H2O2). (Vilchez, 2017)

b. Especies reactivas de nitrógeno (ERN)

Son generados mediante la oxidación de átomos de nitrógeno. En este grupo se incluye el óxido nítrico (NO), que, en concentraciones normales en el organismo, desempeña diversas funciones biológicas, como actuar como un potente vasodilatador que relaja la musculatura lisa y participar en la respuesta inmune. (Vilchez, 2017)

El óxido nítrico es producido en el endotelio de los vasos sanguíneos con la interacción de la enzima óxido nítrico sintetasa (eNOS), que actúa sobre el sustrato L-arginina. Sin embargo, el óxido nítrico reacciona aceleradamente con las especies reactivas de oxígeno (EROs) y su degradación por el oxígeno (O2) es un fenómeno observado en

condiciones como la aterosclerosis, la hipertensión, el envejecimiento, el hipercolesterolemia y la insuficiencia e hipertrofia cardíaca. (Teodulfo, O. 2012)

2.2.2.2 Especies reactivas de oxigeno

Los organismos aeróbicos necesitan del oxígeno del aire, para la obtención de energía mediante el proceso de la respiración celular, realizada a nivel mitocondrial; el oxígeno es un elemento, que puede ser elevadamente tóxico, pero estos organismos han adaptado una serie de mecanismos de defensa para controlar los efectos citotóxicos del oxígeno. (Mayor, R. 2010)

El oxígeno molecular posee una naturaleza birradicálica debido a la presencia de dos electrones desapareados en su último orbital, lo que le otorga la capacidad de interactuar con diversas moléculas orgánicas. Las especies reactivas de oxígeno se forman mediante un proceso de reducciones sucesivas de un solo electrón, es decir, surgen de la reducción incompleta del oxígeno, cuando este recibe electrones de manera individual. En una concentración óptima, las especies reactivas de oxígeno tienen funciones biológicas en el organismo como promover la síntesis del colágeno, prostaglandinas, disminuyen la síntesis de catecolaminas por las glándulas suprarrenales, entre otras. (Venereo, J. 2002)

Entonces, las moléculas de radicales libres, pueden ser producidos de forma tanto endógena, como productos del metabolismo celular normal, así como de forma exógena, al estar sometidos a sustancias como alcohol, tabaco, metales pesados, drogas y pesticidas. La principal fuente interna de producción de especies reactivas de oxígeno es la cadena respiratoria mitocondrial, una vía encargada de la generación de adenosina trifosfato (ATP). (Vilchez, 2017)

2.2.2.2.1 Clasificación de las especies reactivas de oxígeno

Primarios o inorgánicos

Se generan a partir de la transferencia de electrones al átomo de oxígeno, por ende, indica diversos estados de reducción de este y se caracterizan por tener una vida media muy corta, entre estos están el radical hidroxilo (·OH), el anión superóxido (·O2 -) y el óxido nítrico. (Venereo, J. 2002)

Secundarios u orgánicos

Los radicales secundarios pueden formarse ya sea por la transferencia de un electrón desde un radical primario a un átomo perteneciente a una molécula orgánica, o mediante la interacción entre dos radicales primarios. Estos radicales secundarios tienden a tener una vida media ligeramente mayor en comparación con los radicales primarios. Los átomos principales presentes en las biomoléculas son el carbono, nitrógeno, oxígeno y azufre. (Monge, T. 2018)

Intermediarios estables

En esta categoría se encuentran una serie de especies químicas que, aunque no son radicales libres en sí mismas, tienen la capacidad de generar estas sustancias o surgen a partir de su reducción o metabolismo. Algunas de estas especies incluyen el oxígeno singlete, el peróxido de hidrógeno, el ácido hipocloroso, el peroxinitrito y los hidroperóxidos orgánicos. (Venereo, J. 2002)

2.2.2.3 Efecto de los radicales libres

Lípidos

Los lípidos de la membrana, especialmente los ácidos grasos poliinsaturados presentes en los fosfolípidos, son altamente susceptibles a la oxidación causada por radicales libres. La

peroxidación lipídica desempeña un papel crucial, debido a su participación en diversas condiciones patológicas. Como resultado de la peroxidación lipídica, se produce una alteración en el funcionamiento de la membrana, como la disminución de su fluidez y la inactivación de enzimas y receptores vinculados a ella. (Phaniendra & col. 2015)

La peroxidación lipídica comienza cuando un radical libre ataca y elimina un átomo de hidrógeno de un grupo metileno (CH2) en un ácido graso (LH), lo que genera un radical lipídico con el electrón no apareado localizado en un átomo de carbono (L•). El radical lipídico puede reaccionar con el oxígeno molecular para formar un radical peroxilo lipídico (LOO•). (Carvajal, C. 2019)

El radical peroxilo lipídico resultante (LOO•) se reordena mediante una reacción de ciclación para formar endoperóxidos, que finalmente forman malondialdehído (MDA) y 4-hidroxil nonenal (4-HNA), los productos finales tóxicos de la peroxidación lipídica que dañan el ADN y proteínas. (Soazig & col. 2014)

Proteínas

Las proteínas experimentan varias modificaciones debido a la acción de los ROS/RNS y constituyen aproximadamente el 70% de los objetivos de estas especies reactivas. (Carvajal, C. 2019).

Las especies reactivas de oxígeno, atacan a diferentes aminoácidos presentes en las proteínas, provocando la formación de enlaces cruzados proteína proteína, lo que resulta en la desnaturalización y pérdida del funcionamiento de las mismas, además de, pérdida de la actividad enzimática, pérdida de la función de los receptores y proteínas transportadoras. (Phaniendra & col. 2015).

Los aminoácidos más propensos a la oxidación son la fenilalanina, tirosina, triptófano, histidina y metionina. (Teodulfo, O. 2012). El daño oxidativo provocado en las proteínas es irreversible e irrecuperable y estas, pueden activar a proteosomas, que son estructuras encargadas de degradar a proteínas oxidadas. (Carvajal, C. 2019).

ADN

El ADN presente en las células vivas sufre de forma constante daños a nivel molecular, los cuales son seguidos por procesos fisiológicos de reparación. Estos daños provocan modificaciones en las bases del ADN, lo cual puede tener graves consecuencias, como la aparición de mutaciones y la carcinogénesis, o la pérdida de expresión debido al daño en genes específicos. (Teodulfo, O. 2012).

El ADN mitocondrial (ADNmt) está localizado en proximidad a la membrana interna de las mitocondrias, el sitio donde se llevan a cabo los procesos de fosforilación oxidativa responsables de la producción de energía. En esta misma zona se originan los radicales libres provenientes del oxígeno y del nitrógeno. Este proceso cíclico puede acelerar la formación de mutaciones en el ADNmt, lo que podría causar un envejecimiento acelerado, así como puede contribuir a alteraciones cromosómicas, como el intercambio de cromátides y la inhibición de los mecanismos de reparación del ADN. (Teodulfo, O. 2012).

Los niveles elevados de daño oxidativo producen cambios celulares significativos, como la disminución del NAD (+) disponible, una molécula esencial necesaria para diversos procesos celulares vitales, que incluyen la reparación del ADN, la señalización inmunológica y los procesos epigenéticos. (Romero & Amores, 2016)

ARN

Las especies reactivas de oxígeno (ROS) tienen la capacidad de atacar varios ARN producidos en el cuerpo. El ARN es más susceptible al daño oxidativo en comparación con el ADN debido a su naturaleza de cadena única, la falta de un mecanismo de reparación activo para el ARN oxidado y una menor protección de las proteínas en comparación con el ADN. Además, estos ARN citoplasmáticos se encuentran en estrecha proximidad a las mitocondrias, donde se produce una gran cantidad de ROS. La 7,8-dihidro-8-oxo guanosina (8-oxoG) es el producto de daño más estudiado en el ARN, y sus niveles se incrementan en diversas condiciones patológicas como la enfermedad de Alzheimer, el Parkinson, la aterosclerosis, la hemocromatosis y las miopatías. (Phaniendra & col. 2015).

2.2.3 Estrés oxidativo

Se entiende como un desequilibrio entre la generación de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (ROS) y la capacidad del sistema antioxidante celular, lo que provoca un aumento en la concentración de radicales libres dentro de la célula y una disminución en su defensa antioxidante. Del mismo modo, el estrés oxidativo al que se somete una célula o el organismo puede ser eficiente y limitar el daño o ser ineficiente y no poder evitar el incremento del daño, lo cual depende de la intensidad de la falta de elementos de respuesta en los sistemas antioxidantes (Galina, 2018).

2.2.3.1 Efectos del estres oxidativo

Diabetes

La diabetes mellitus es un trastorno metabólico de origen endocrino, caracterizado por niveles elevados de glucosa en sangre de forma persistente, ocasionados por deficiencias en la producción o funcionamiento de la insulina, además de afectar el metabolismo de grasas y proteínas. Diversas investigaciones han demostrado que el estrés oxidativo tiene un papel

relevante en la aparición de complicaciones asociadas a esta enfermedad, ya que el daño tisular genera radicales libres. Del mismo modo, existe un desequilibrio entre los oxidantes y antioxidantes en los pacientes diabéticos, lo que resulta en una disminución de la actividad antioxidante y un aumento en la producción de especies reactivas (Maldonado & col. 2010).

La insulina, una hormona de tipo proteico, puede verse afectada por procesos de oxidación en individuos con diabetes, lo que provoca modificaciones tanto químicas como estructurales y, en consecuencia, una reducción en su actividad biológica. Estudios han demostrado que el tejido adiposo humano no utiliza la glucosa con la misma eficiencia cuando está expuesto a insulina oxidada en comparación con la insulina en su estado nativo. (Cruz & col 2011).

Cáncer

El cáncer es una patología originada por la combinación de diversos factores, y se distingue por la proliferación anormal, rápida y descontrolada de células, las cuales pueden formar masas tumorales y diseminarse a otros tejidos mediante metástasis. Se ha identificado una fuerte conexión entre el estrés oxidativo y el desarrollo del cáncer, debido a que la oxidación del material genético juega un papel clave en este proceso. Diversas investigaciones han indicado que ciertas especies oxidantes en pequeñas concentraciones, como el peróxido de hidrógeno, pueden funcionar como segundos mensajeros en la señalización celular, participando en procesos como la activación, diferenciación y proliferación de las células. Se ha determinado que la concentración de estos compuestos en el interior celular influye significativamente en el estímulo o la supresión de la proliferación celular. Mientras niveles bajos favorecen dicho crecimiento, un aumento leve en el estado oxidativo puede desencadenar la muerte celular por apoptosis o necrosis. Por lo tanto, se puede decir que la apoptosis es propiciada por un estímulo moderado de especies oxidantes,

mientras que la necrosis es consecuencia de un efecto oxidante intenso. (Maldonado & col. 2010).

Las células cancerosas experimentan un incremento en los niveles de estrés oxidativo debido al accionamiento de oncogenes y la merma de supresores de tumores. Las especies reactivas de oxígeno (ROS), al interferir con las señales de crecimiento y la expresión génica, provocan una proliferación descontrolada de células cancerosas. Además, las especies reactivas de oxígeno (ROS) tienen la capacidad de dañar el ADN al inducir modificaciones en las bases, deleciones, roturas de hebras, cambios en la estructura cromosómica y alteraciones en la pérdida metilación global del ADN. (Phaniendra & col. 2015).

Cardiopatías

La cardiopatía isquémica y el infarto agudo de miocardio se desarrollan a partir de un proceso originado por la acumulación de radicales libres. Estos compuestos inestables interactúan con los ácidos grasos poliinsaturados contenidos en el colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) dentro del lumen vascular, lo que desencadena la oxidación de estas LDL. Este fenómeno marca el inicio de la formación de placas ateroscleróticas y de la disfunción del endotelio, permitiendo que las LDL oxidadas penetren en el espacio subendotelial. Este daño favorece la generación de nuevos radicales libres, que se unen a moléculas de adhesión, facilitando la fijación de monocitos al endotelio. Estos monocitos se transforman en macrófagos y reesterifican el colesterol de las LDL a través de la acción de la enzima colesterol aciltransferasa. Así se forman las células espumosas ricas en lípidos, las cuales eventualmente se desintegran, dando origen al núcleo lipídico de la placa aterosclerótica.

Así, cuando una placa se desprende, puede originar la formación de un trombo. Si este trombo bloquea por completo una arteria en el corazón, el cerebro, los riñones u otro órgano,

puede provocar una isquemia, es decir, una reducción del aporte de oxígeno y nutrientes a los tejidos, causada por una interrupción parcial o total del flujo sanguíneo. Esta falta de oxígeno, conocida como hipoxia, puede derivar en necrosis y daño tisular.

Por último, en diversos estudios enfocados en analizar el efecto de la peroxidación lipídica y el estado antioxidante en la aterosclerosis, se observó que niveles reducidos de antioxidantes y la peroxidación lipídica desempeñan un papel importante en las fases tempranas de su desarrollo, lo cual puede llevar al infarto de miocardio (Maldonado & col. 2010).

2.2.4 Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias químicas neutralizantes que impiden o retardan el daño oxidativo a los procesos biológicos; tienen la capacidad de reprimir el desarrollo de los radicales libres e inhibir la acción de enzimas oxidativas (Arapa & Cahuana, 2015).

Cuando un antioxidante se encuentra con un radical libre, le cede un electrón, provocando su oxidación. Esta acción produce un radical libre menos reactivo y no perjudicial. Los antioxidantes actúan mediante distintos mecanismos; por ejemplo, los antioxidantes de tipo enzimático pueden facilitar y acelerar reacciones químicas a través de su acción catalítica. (Huamani, 2021).

Asimismo, existen diferentes sustratos oxidables en las células vivas, que incluyen moléculas orgánicas e inorgánicas. Estos sustratos oxidables abarcan moléculas como el ADN, los carbohidratos, las proteínas y los lípidos, y presentan una escasa diferencia entre ellos. Con el fin de prevenir alteraciones en estas moléculas, los antioxidantes desempeñan un papel importante al proteger y preservar su integridad molecular para evitar daños en estos sustratos. Por ello, cumple la función de frenar las reacciones de oxidación que ocurren dentro

de las células. Por lo tanto, estos antioxidantes desempeñan un papel crucial en la prevención de enfermedades cardiovasculares, tumores y trastornos neurodegenerativos, así como fortalecer el sistema inmunológico (Biotecnología, Y., n.d.).

2.2.4.1 Clasificación de los antioxidantes

a) Antioxidantes endógenos

- Catalasa (CAT)

Se encuentra en los peroxisomas, y en menor medida en las mitocondrias. Se trata de una enzima dismutasa, lo que significa que no requiere de cofactores para llevar a cabo su función. De este modo, cumple la función de eliminar el peróxido de hidrógeno (H2O2) en la piel. Sin embargo, se ha observado que su actividad disminuye después de la exposición a la radiación UVA y UVB.

- Glutatión peroxidasa (GPx)

Es una de las enzimas antioxidantes más significativas dentro del ambiente celular y cumple una función clave en la defensa de la piel. Esta enzima actúa como una reductasa dependiente de NADPH y se localiza tanto en el citoplasma como en la matriz de las mitocondrias. Además, el selenio es fundamental para su funcionamiento óptimo, debido a que sus sitios activos están compuestos por este elemento. Además, se ha observado que cuando se administra por vía oral, disminuye el eritema y la quemadura solar después de la exposición a la radiación UVB, lo cual indica un efecto fotoprotector (Mariaca, C. J., Zapata, M., & Uribe, P., 2016).

- Superóxido dismutasa

Estas enzimas proteicas poseen metales en su estructura que actúan como catalizadores para transformar el oxígeno en peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Existen tres tipos principales de

superóxido dismutasa: la SOD1, que se localiza dentro del citoplasma celular y requiere cobre y zinc para su función; la SOD2, que opera en las mitocondrias y utiliza magnesio como cofactor; y la SOD3, que se encuentra en el espacio extracelular y también depende de cobre y zinc para su actividad.

Del mismo modo, se ha observado que el superóxido dismutasa 2 está presente en la piel, y se ha evidenciado que la exposición repetida a la radiación UVA puede aumentar su producción, por lo que presenta propiedades antiinflamatorias y reduce los daños causados por la radiación UV (Mariaca, C. J., Zapata, M., & Uribe, P., 2016).

b) Antioxidantes exógenos

- Vitamina C

Este compuesto, una vitamina soluble en agua, actúa como un eliminador natural de radicales libres. Se localiza principalmente en frutas cítricas, presentes tanto en su pulpa como en la cáscara. Existen dos formas activas con propiedades antioxidantes: el ácido L-ascórbico y el L-ácido deshidroascórbico. Asimismo, cumple la función de proporcionar electrones a compuestos tanto dentro como fuera de las células para poder actuar en la prevención de la oxidación lipídica junto con la vitamina E, la mayoría de las plantas y animales sintetizan ácido ascórbico a partir de la glucosa y los humanos son incapaces de sintetizar y requieren obtenerlo de la dieta (Vázquez, A., Mejía, J. D., García, K. E., & Velázquez, G., 2022).

- Beta-carotenos

Es un carotenoide que actúa como provitamina A, lo que significa que puede convertirse en vitamina A en el organismo. Asimismo, este carotenoide posee una notable capacidad antioxidante que contribuye a la prevención de ciertos tipos de cáncer, como el de

pulmón, boca y estómago. En el intestino, se metaboliza para formar dos moléculas de retinaldehído en dos moléculas de vitamina A y, adicionalmente, una cantidad restante se reduce a retinol, que es la forma activa de vitamina A (Vázquez, A., Mejía, J. D., García, K. E., & Velázquez, G., 2022).

- Flavonoides

Son sustancias con una alta capacidad antioxidante, que funcionan neutralizando radicales libres o actuando como agentes quelantes de metales con propiedades prooxidantes, como el hierro y el cobre. Asimismo, se ha comprobado que ejercen un efecto protector sobre el sistema cardiovascular. Además, estimulan la actividad de enzimas antioxidantes naturales del cuerpo, como el glutatión peroxidasa y la catalasa. Sus fuentes alimentarias más comunes son: brasicáceas, verduras de hojas verdes, frutas rojas, moradas y cítricos (Vilaplana, M., 2007).

- Vitamina E

Es un antioxidante liposoluble, su función se enfoca principalmente en proteger las membranas celulares del estrés oxidativo, accionado como principal protectora contra la peroxidación lipídica ocasionada por los radicales libres. Además, se ha demostrado en varios estudios que hay unos tipos de cáncer cuyo riesgo se ve reducido al consumir vitamina E y que reduce el crecimiento de algunos tumores tipo sarcomas (Vilaplana, M., 2007).

El ácido ascórbico y el glutatión cumplen un rol fundamental en la preservación de la actividad de la vitamina E, debido a que estos donan iones de H+ al generase el radical tocoferol. Del mismo modo, el selenio actúa como cofactor en la regeneración de la vitamina E, por lo que se ve potenciada cuando actúan juntas (Mariaca, C. J., Zapata, M., & Uribe, P., 2016).

- Licopeno

Este carotenoide, lípido responsable de la pigmentación que cumple funciones importantes en los sistemas biológicos, no es una provitamina A y presenta una destacada actividad antioxidante, siendo lipofílico en naturaleza. Este compuesto está presente en alimentos como el tomate, la sandía y la papaya, responsables de sus tonos rojizos y anaranjados. También se encuentra en productos que no presentan esos colores, como los espárragos y el perejil.

En comparación con el betacaroteno, este carotenoide no se transforma en vitamina A dentro del cuerpo. Su función principal es proteger el ADN, las proteínas y los lípidos frente al daño oxidativo. Además, también tiene la capacidad de actuar sobre otros radicales libres, como el peróxido de hidrógeno, el dióxido de nitrógeno y los radicales hidroxilos (Vázquez, A., Mejía, J. D., García, K. E., & Velázquez, G., 2022).

2.2.4.2 Mecanismo de acción

Los antioxidantes tienen diversos mecanismos de acción para contrarrestar el efecto de las especies reactivas de oxígeno. Estos sistemas de defensa incluyen moléculas, enzimas y secuestradores químicos, los cuales difieren según el tipo de radical libre y la ubicación celular en la que actúen. (Sanchez, V. & Mendez, N. 2013)

Mecanismo preventivo

Con el fin de prevenir la generación de radicales hidroxilos (·OH), se involucran proteínas que poseen núcleos coordinados o tienen la capacidad de formar enlaces con metales divalentes como hierro (Fe+2) y cobre (Cu+2). Estas proteínas forman complejos de coordinación con los radicales libres, neutralizándolos en el proceso.

Mecanismo reparador

Mediante la acción de enzimas, se lleva a cabo la reparación o eliminación de las biomoléculas que han sufrido daños ocasionados por las especies reactivas de oxígeno.

Mecanismo secuestrador

Se involucran sustancias (enzimas o moléculas) que actúan como eliminadores del exceso de especies reactivas de oxígeno, neutralizándolas o eliminándolas. (Venereo, J. 2002)

2.2.4.3 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se ha convertido en una característica altamente demandada en los alimentos contemporáneos. El objetivo es analizar la efectividad de la modificación termodinámica en una reacción que involucra un agente prooxidante y un antioxidante. Para medir la capacidad antioxidante, se han realizado múltiples estudios orientados a representarla cuantitativamente, por ejemplo, mediante la capacidad antioxidante total (TAC), que refleja la habilidad de los compuestos antioxidantes en una muestra para neutralizar radicales libres.

Para determinar el TAC en frutas, vegetales y otras especies, se emplean distintos métodos, especialmente aquellos basados en procesos de inhibición bajo condiciones específicas. Sin embargo, no existe un método universal para determinar la capacidad antioxidante, debido a la existencia de diversas especies activas involucradas en el proceso (Crispin, 2011).

2.2.4.4 Método para determinar capacidad antioxidante

Los métodos empleados para medir la actividad antioxidante total se fundamentan en la capacidad de un oxidante para inducir daño en un sustrato vulnerable a la oxidación, y en cómo dicho daño puede ser atenuado o prevenido por la acción de un antioxidante.

Estas técnicas difieren entre sí en función del tipo de oxidante y sustratos utilizados, el tiempo de análisis, el método instrumental aplicado, así como en la sensibilidad del procedimiento y las posibles interacciones entre la muestra y el entorno de reacción. En la mayoría de los casos, los métodos de medición utilizan especies radicales que actúan como iniciadores oxidantes externos al organismo, como el Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) o el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH·) (Quintanar, 2009).

a) Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)
b) Método FRAP

2.3 Definición de términos

Antioxidantes: Sustancias químicas con la capacidad de retardar o prevenir el proceso de oxidación de otras moléculas. (Halliwell & Gutteridge, 2015)

Radicales libres: Moléculas que se producen en el organismo, propia de las reacciones biológicas del día a día, caracterizadas por contener un electrón desapareado en su orbital externo. (Pham-Huy & col. 2008)

Estrés oxidativo: Proceso químico que ocurre en el organismo cuándo hay un estado de desequilibrio entre la producción de radicales libres y las moléculas reactivas de oxígeno. (Sies, 2015)

Polifenoles: Moléculas con capacidad antioxidante, principalmente presentes en alimentos de origen vegetal. (Pérez-Jiménez & col. 2010)

Flavonoides: Compuestos polifenólicos presentes en frutas y verduras, con capacidad antioxidante comprobada. (Manach & col. 2004)

Hortaliza: Planta carente de tallo leñoso que se puede utilizar como alimento, ya sea de forma cruda o cocida. (FAO, 1990)

Extracto acuoso: Sustancia que se obtiene por diversos procedimientos en una planta o semilla, obteniendo una materia concentrada. (Yan & col. 2018)

Temperatura: Magnitud física que nos indica cantidad de calor que puede ser del cuerpo, objetos o del medio ambiente. (Halliday & col. 2013)

Ebullición: Fenómeno físico donde una sustancia pasa al estado gaseoso, sucede cuando la temperatura total del constituyente alcanza el punto de ebullición a una presión determinada. (Young & col. 2015)

Absorbancia: Relación logarítmica entre la intensidad de la luz que incide sobre una muestra y la intensidad de esa misma luz que es transmitida a través de esa muestra. (Skoog & col. 2013)

Glucosinolatos: Metabolitos vegetales secundarios que se encuentran abundantemente en el orden de plantas Brassicales y se refieren a una estructura que comprende un grupo tiohidroximato-O-sulfato con una glicosilación, y la presencia de una cadena lateral distinta según el aminoácido del cual se derivan. (Nguyen, V. P. T & col., 2020)

Vitamina C: Antioxidante no enzimático más importante y soluble en agua que se encuentra en el plasma sanguíneo. (Villagrán, M & col., 2019).

III. Metodología

3.1 Población

La población estuvo conformada por las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*

3.2 Muestra

Extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*

3.3 Diseño de investigación

El presente proyecto corresponde a una investigación analítica, experimental, prospectiva, longitudinal y de enfoque cuantitativo.

3.4 Procedimiento de la obtención de la muestra

Obtención de la muestra

La muestra de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)* se obtuvo en el supermercado Wong, ubicado en el distrito de San Borja, en el departamento de Lima. La marca que se utilizó fue Verde Puro (Arúgula Silvestre). Se llevó al Museo de Historia Natural de la Universidad Mayor de San Marcos ubicado en el distrito de Jesús Maria, en donde la planta fue identificada; obteniendo los siguientes resultados taxonómicos, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).

ORDEN: Brassicales

FAMILIA: BRASSICACEAE

GÉNERO: *Diplotaxis*

ESPECIE: *Diplotaxis muralis DC.*

Selección y lavado de la muestra de hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*

Se trabajará con la cantidad de recurso vegetal 500 gramos de hoja de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.).* Estas serán extraídas de su envase original y sometidas a un proceso de limpieza. Primero, se enjuagarán bajo un chorro de agua potable para eliminar impurezas y restos de suciedad. Posteriormente, se enjuagarán con agua destilada para asegurar la eliminación de todo tipo de sustancias. Finalmente, las hojas se dejarán secar al aire libre sobre papel absorbente para eliminar el exceso de humedad (Figura n.º 09).

Elaboración del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)* a temperatura ambiente

La muestra se preparará pesando 25 gramos de hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*, se pesará en una balanza de alimentos (Marca Soehnle). Estas se colocarán en una probeta y se añadirá agua destilada hasta completar un volumen total de 100 ml. La mezcla será homogeneizada con una licuadora de inmersión durante sesenta segundos, divididos en tres etapas de treinta segundos cada uno. Luego, se procederá a filtrar la mezcla utilizando una gasa estéril y, posteriormente, se centrifugará a 1,200 rpm por un periodo de 20 minutos. Finalmente, se utilizará el sobrenadante para las distintas determinaciones analíticas (Quiroz, Troncoso, Guija & Oliveira, 2015) (Figura Nº 10).

Extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)* sometida a temperatura de ebullición

Se separará el sobrenadante del precipitado del tubo número 2, este precipitado será sometido a ebullición durante 5 minutos (Figura Nº 11).

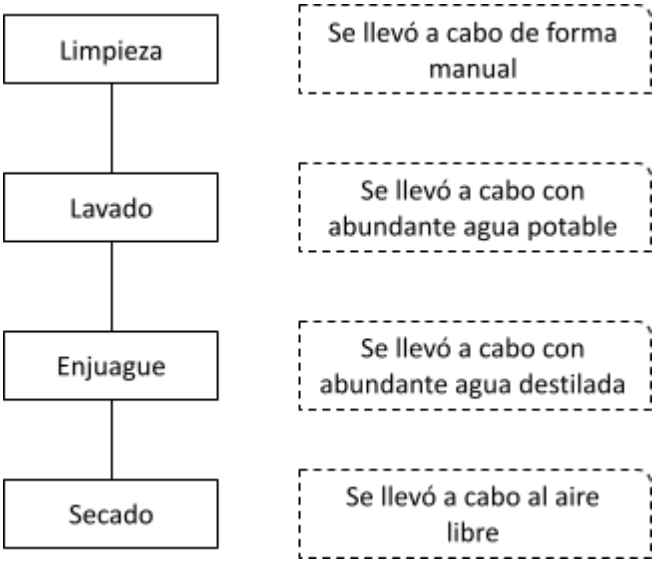


Figura nº 09: ***Flujograma para la obtención de la muestra de las hojas de Rúcula (Diplotaxis muralis DC.)***

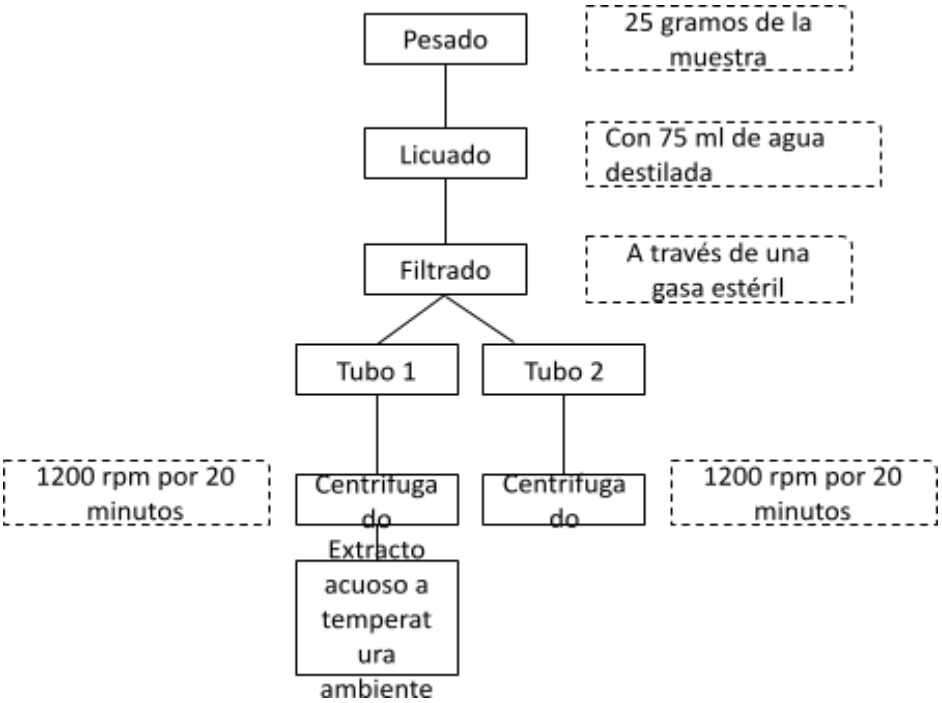


Figura nº 10: ***Flujograma para la obtención del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (Diplotaxis muralis DC.) a temperatura ambiente.***

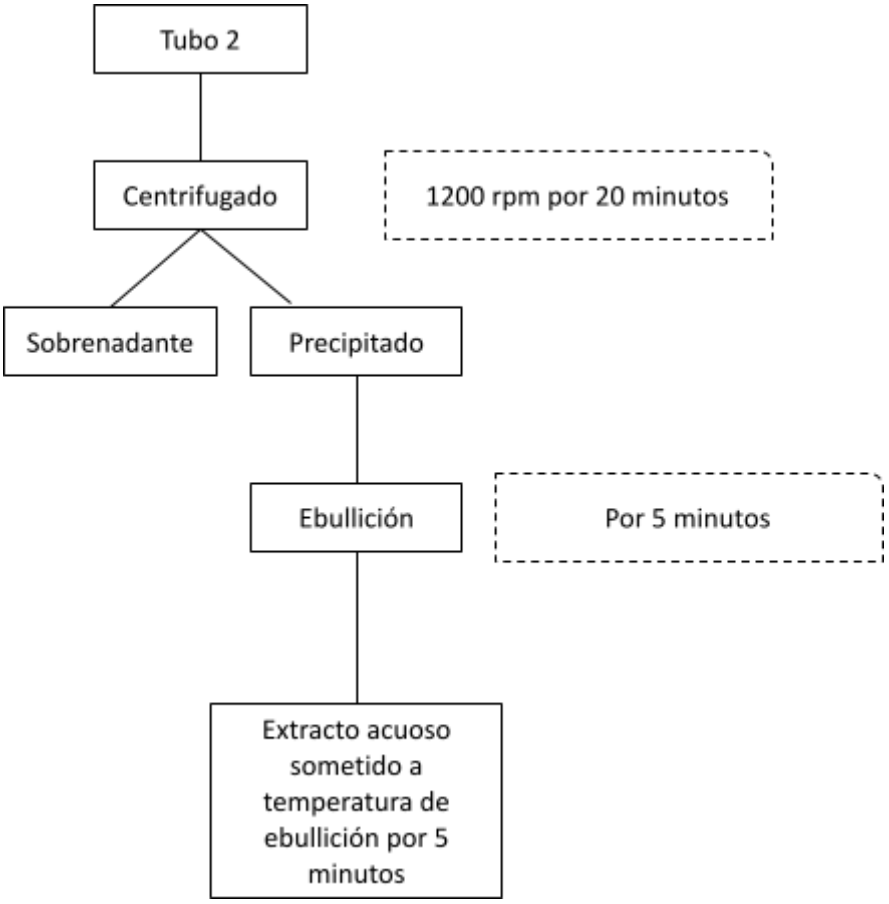


Figura nº 11: ***Flujograma para la elaboración del extracto acuoso del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (Diplotaxis muralis DC.) a temperatura de ebullición en un tiempo de 5 minutos.***

Determinación de la capacidad antioxidante DPPH

Existen diversos métodos para evaluar la capacidad antioxidante mediante la inhibición de radicales libres. Uno de los métodos más utilizados es el ensayo basado en el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), aplicado tanto en alimentos como en compuestos sintéticos para medir su actividad antioxidante. El DPPH es un radical libre que permite evaluar la capacidad de ciertos compuestos para neutralizar radicales libres, sirviendo como un indicador de su acción antioxidante (Guija, E., Inocente, M., Ponce, J., & Zarzosa, Edwin., 2015).

La solución del reactivo DPPH presenta un color violeta debido a la presencia del radical libre. Cuando un compuesto antioxidante dona un átomo de hidrógeno al DPPH, se observa un cambio de color de violeta a amarillo, lo que indica la capacidad antioxidante del compuesto. La intensidad de esta decoloración se mide mediante un espectrofotómetro después de un período de reacción de 20 a 30 minutos, con una menor absorbancia indicando una mayor capacidad antioxidante (Huamani, 2021).

Se utilizó una serie de tubos de ensayo para medir 1.0 mL de una solución metanólica de DPPH y se añadieron diferentes cantidades de la muestra problema a varios tubos de ensayo. Se emplearon volúmenes variados de la muestra en cuestión. Posteriormente, se completó el volumen hasta 2.0 mL con metanol y se agitó vigorosamente usando un vórtex. Después, se dejó reposar durante 30 minutos en la oscuridad (Suja, Jayalekshmy & Arumughan, 2004). Simultáneamente, se prepararon dos tubos adicionales: uno de control, que no contenía muestra, y un tubo blanco, al cual no se le añadió la solución de DPPH. Después de los 30 minutos de reposo, se leyó la densidad óptica a 515 nm. Los resultados obtenidos se expresaron en términos de miligramos por mililitro (mg/mL) de muestra necesarios para inhibir el 50 % del radical libre (IC50).

Determinación de la capacidad antioxidante FRAP

Para determinar la capacidad antioxidante se empleó el método "Ferric Reducing Antioxidant Power" (FRAP), adaptado por Szollosi y Vargas (Szollosi & Vargas, 2002). Este método se basa en la capacidad de los antioxidantes presentes en la muestra para reducir el ion férrico (Fe^{3+}) a ion ferroso (Fe^{2+}), formando un complejo de color azul con el reactivo TPTZ, cuya intensidad es proporcional a la actividad antioxidante (Carvajal de Pabón, 2011).

El reactivo FRAP se preparó mezclando tres soluciones: 0.1 mol/L de buffer acetato de sodio (pH 3.6), 10 mmol/L 2,4,6-tris (2-piridil)-s-triazina (TPTZ) y 20 mmol/L de cloruro férrico. En un tubo de ensayo se colocó 1 mL de la solución FRAP con 0.050 mL de la muestra y 0.950 mL de agua destilada. Posterior a ello, se agitó suavemente y se llevó a baño maría a 37°C durante 15 minutos, seguido de la lectura en un espectrofotómetro.

El procedimiento se realizó por triplicado y se incluyó un blanco compuesto únicamente por el reactivo FRAP y agua destilada, con el fin de corregir posibles interferencias.

Determinación de Polifenoles (Folin-Ciocalteau)

La determinación de polifenoles totales se llevó a cabo mediante el método descrito por Singleton, Orthofer y Lamuela-Raventos (1999). Para ello, en un tubo de ensayo se colocó 1.0 mL del reactivo Folin-Ciocalteau, seguido de 0.05 mL de la muestra. La mezcla se dejó en reposo durante 5 minutos, posteriormente se agregó 0.95 mL de solución de carbonato de sodio al 7.5% y fue llevado a baño maría a 45º durante 15 minutos. Finalizado el tiempo de reacción, se procedió a realizar la lectura en el espectrofotómetro a 725 nm. El análisis se realizó por triplicado e incluyó un blanco sin muestra para corregir posibles interferencias.

El principio de este método se basa en la capacidad de los compuestos fenólicos para reducir los ácidos presentes en el reactivo Folin-Ciocalteu bajo condiciones alcalinas, generando un complejo coloreado de tipo molibdato-tungstato de azul intenso. La absorbancia de este complejo es proporcional a la concentración de los polifenoles presentes en la muestra. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra fresca (Kuskoski et al., 2005; Kodama et al., 2010; Dewanto, Orthofer & Lamuela-Raventós, 1999).

Determinación de vitamina C (Folin-Ciocalteau)

La concentración de vitamina C en las muestras fue determinada mediante el método basado en la reducción del reactivo Folin Ciocalteu. En un tubo de ensayo se mezclaron 0.2 mL del reactivo Folin-Ciocalteu al 10 % con 0.5 mL de ácido tricloroacético (TCA) al 10 %. La mezcla fue agitada suavemente para asegurar su homogeneidad. Luego, se añadió 0.05 mL de la muestra y 1.25 mL de agua destilada. La reacción se dejó en reposo durante 10 minutos a temperatura ambiente y, posteriormente, se realizó la lectura de absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro. El procedimiento se efectuó por triplicado e incluyó un blanco de muestra para fines comparativos.

El fundamento del método radica en el poder reductor de la vitamina C, que en un medio ácido reacciona con los componentes del reactivo Folin-Ciocalteu, produciendo un complejo azul cuya intensidad es proporcional a la concentración del ácido ascórbico presente en la muestra.

Para la cuantificación, se elaboró una curva estándar utilizando concentraciones conocidas de ácido ascórbico. Los resultados se expresaron en miligramos de ácido ascórbico por cada 100 gramos de muestra fresca.

3.5 Matriz de consistencia

Ver Anexo 1

3.6 Procesamiento y análisis de datos

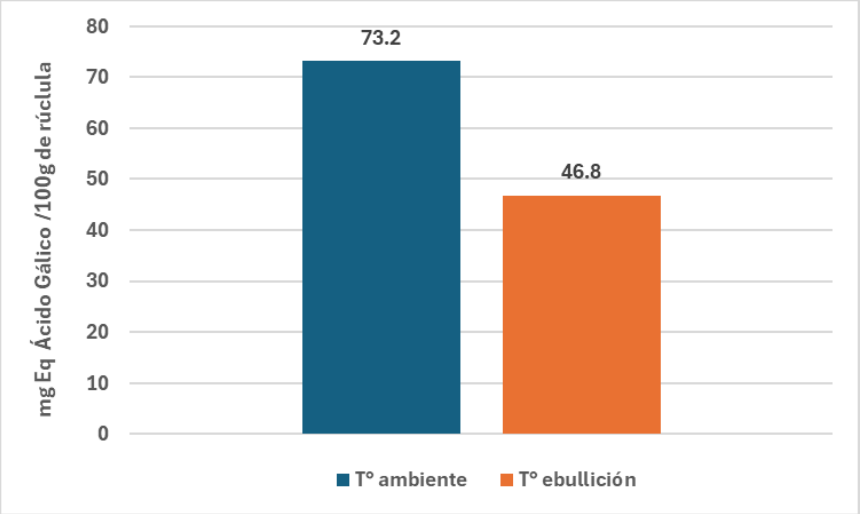
Para la presentación del procesamiento y análisis de datos se utilizarán estadísticas descriptivas e inferenciales, porcentajes, medias, medianas y desviaciones estándar. Para el uso de estadísticas inferenciales analizaremos la normalidad para ver cómo se da la distribución los datos.

IV. Resultado y Discusión

4.1 Resultados y discusión

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos de la determinación de la capacidad antioxidante del extracto acuosos de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis* DC.) sometidos a diferentes temperaturas, el que se realizó mediante análisis descriptivos e inferenciales.

Gráfico Nº01: **Contenido de Polifenoles del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis DC.*) a temperatura ambiente y temperatura de ebullición.**

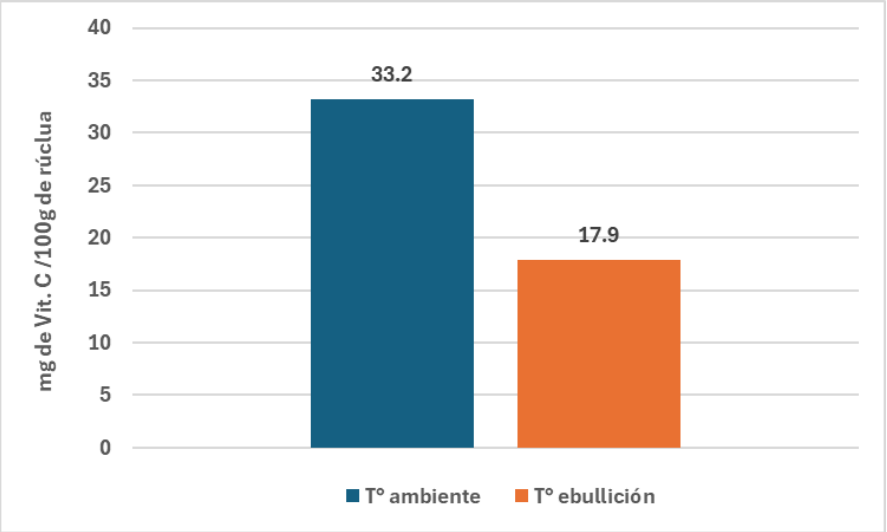


En el gráfico N°01 se presenta el contenido de polifenoles, medido como equivalente de ácido gálico en el extracto acuoso de hojas de rúcula (*Diplotaxis muralis* DC.) bajo dos condiciones de temperatura: ambiente y sometido a ebullición. Los resultados muestran una reducción significativa en la concentración de ácido gálico al incrementar la temperatura, pasando de 73.2 mg EQ Ácido Gálico/100g de rúcula a temperatura ambiente, a 46.8 mg EQ Ácido Gálico/100g de rúcula tras la ebullición.

Esta disminución del 36.1% en el contenido de polifenoles puede ser atribuida a la degradación térmica de los compuestos fenólicos. Los polifenoles, que incluyen flavonoides, ácidos fenólicos y taninos, son conocidos por su sensibilidad a altas temperaturas. La ebullición puede causar la oxidación y degradación de estos compuestos, disminuyendo así su concentración en el extracto final.

Este hallazgo es coincidente con estudios previos que muestran una disminución en el contenido de polifenoles de las brasicáceas con la ebullición, como se ha reportado en las investigaciones de Tabart, J. et al (2018) se menciona que, al someter a temperatura de ebullición al brócoli, existe una reducción del ± 30% de contenido de polifenoles y una reducción mayor a un ± 50% al someter a ebullición la col roja. Además, en el estudio de Multescu, M. et al (2019), donde se sometió a ebullición distintas variedades de repollo, también hubo un descenso de 60.9% en promedio de las 4 especies estudiadas.

Gráfico Nº02: **Contenido de vitamina C del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis DC.*) a temperatura ambiente y temperatura de ebullición.**



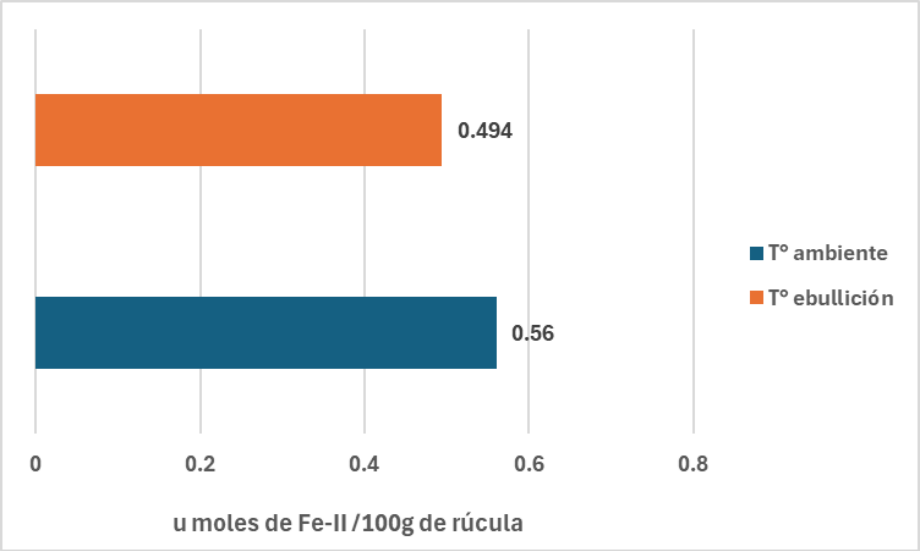
El gráfico N°02 presenta el contenido de vitamina C del extracto acuoso de hojas de rúcula (*Diplotaxis muralis* DC.) bajo dos condiciones de temperatura: ambiente y sometido a ebullición. A temperatura ambiente, el contenido de vitamina C fue de 33.2 mg/100g de rúcula, mientras que después de la ebullición el contenido disminuyó a 17.9 mg/100g. Esto representa una reducción del 46.1% en el contenido de vitamina C.

Esta reducción del 46.1% indica que casi la mitad de la vitamina C se reduce debido a la exposición al calor. Esta descomposición puede ocurrir debido a la oxidación y la hidrólisis, procesos que son acelerados por el calor. La notable disminución en el contenido de vitamina C al aumentar la temperatura subraya la necesidad de minimizar el tiempo de cocción o utilizar métodos de cocción que conserven mejor los nutrientes, como la cocción al vapor.

En comparación con investigaciones previas, nuestros resultados coinciden con los hallazgos de Tabart, J. et al (2018), Seongeung, L. et al (2017) y Multescu, M. et al (2019), quienes

también observaron una disminución de 50%, 47% y 47% respectivamente, al someter a ebullición a especies Brassicaceae como el brócoli, col roja y distintas variedades de repollo.

Gráfico Nº 03: **Capacidad antioxidante total del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis DC.*) a temperatura ambiente y temperatura ebullición, según el método FRAP.**



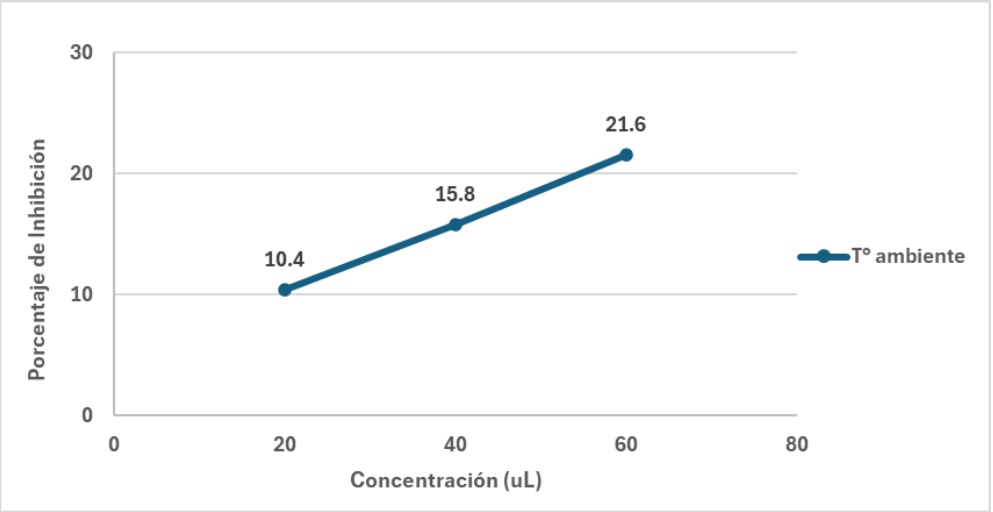
En el Gráfico N°03 se muestra la capacidad antioxidante total del extracto acuoso de las hojas de rúcula medida mediante el método FRAP. A temperatura ambiente, la capacidad antioxidante fue de 0.56 µmoles de Fe-II/100g de rúcula. Después de la ebullición, la capacidad antioxidante disminuyó a 0.494 µmoles de Fe-II/100g de rúcula, lo que representa una reducción del 11.8%.

La reducción del 11.8% en la capacidad antioxidante sugiere que, aunque la rúcula mantiene una parte significativa de su capacidad antioxidante tras la ebullición, una porción de los compuestos antioxidantes es susceptible a la degradación térmica. Esta menor disminución en comparación con los polifenoles y la vitamina C puede deberse a la presencia de otros

compuestos antioxidantes en la rúcula que son más estables al calor, como ciertos flavonoides y otros compuestos fenólicos que no se degradan tan fácilmente.

Los resultados obtenidos en este estudio no pudieron ser comparados directamente con investigaciones previas, ya que no se encontraron estudios similares que evalúen el extracto acuoso de hojas de rúcula (*Diplotaxis muralis* DC.) o especies de la familia Brassicaceae, según el método FRAP. Esto destaca la novedad y la importancia de los hallazgos presentados, contribuyendo con nuevos conocimientos en este campo.

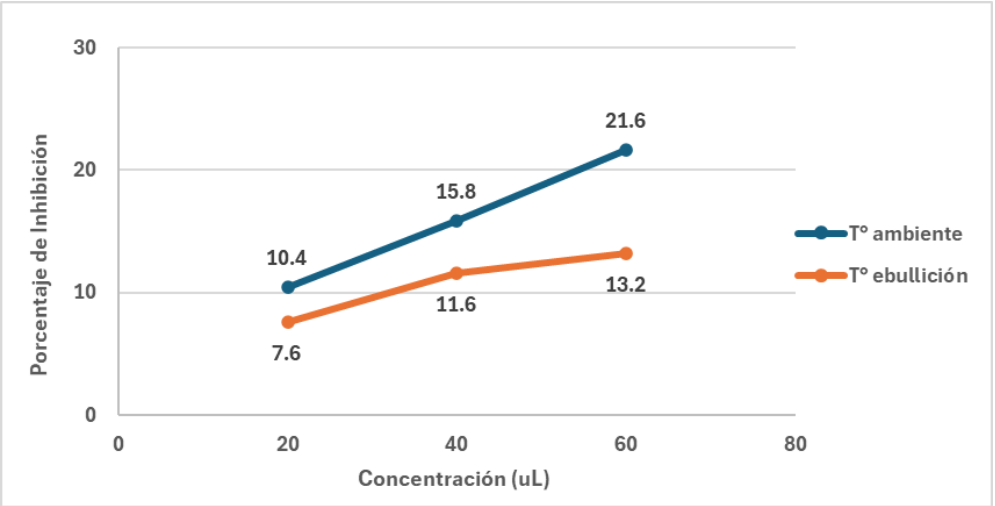
Gráfico Nº04: **Porcentaje de inhibición del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis DC.*) a temperatura ambiente, según el método DPPH.**



En el gráfico Nº04, se presenta el porcentaje de inhibición del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis DC.*) a temperatura ambiente y en diferentes concentraciones, según el método DPPH. Los resultados fueron los siguientes: a una concentración de 20 µL, el porcentaje de inhibición fue de 10.4%, a una concentración de 40 µL, el porcentaje de inhibición aumentó a 15.8% y a una concentración de 60 µL, el porcentaje de inhibición

alcanzó el 21.6%. Por lo que, estos resultados demuestran que a medida que aumenta la concentración del extracto, también aumenta la capacidad antioxidante del mismo, reflejada en un mayor porcentaje de inhibición del radical DPPH.

Gráfico Nº05: **Porcentaje de inhibición del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis DC.*) a T° ambiente y T° ebullición, según el método DPPH.**



En el gráfico Nº05 se evaluó el porcentaje de inhibición del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis* DC.) a diferentes concentraciones (20, 40 y 60 µL) y a dos temperaturas distintas: ambiente y ebullición, utilizando el método DPPH. A 20 µL, el porcentaje de inhibición a temperatura ambiente fue de 10.4%, mientras que a temperatura de ebullición fue de 7.6%, representando un incremento porcentual de aproximadamente 36.84%. A 40 µL, el porcentaje de inhibición a temperatura ambiente fue de 15.8%, comparado con 11.6% a temperatura de ebullición, lo que equivale a un incremento porcentual de alrededor de 36.21%. Por último, a 60 µL, el porcentaje de inhibición a temperatura ambiente alcanzó el 21.6%, frente al 13.2% obtenido a temperatura de ebullición, reflejando un incremento porcentual de aproximadamente 63.64%.

Los resultados indican que el extracto acuoso de las hojas de rúcula presenta una mayor capacidad de inhibición de radicales libres a temperatura ambiente en comparación con la temperatura de ebullición. A medida que aumenta la concentración del extracto, también aumenta el porcentaje de inhibición en ambas condiciones de temperatura, por lo que hay mayor capacidad antioxidante.

Tabla Nº01: **Capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula (*Diplotaxis muralis DC.*) a temperatura ambiente y ebullición, según la técnica DPPH* IC50 (mg/mL)**

T° ambiente	**4.3**
T° ebullición	**1.8**

IC 50: Concentración de muestra que reduce al 50% la solución de DPPH.

* Promedio ± Desviación estándar

La Tabla N°01 muestra la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de rúcula a temperatura ambiente y tras ebullición, evaluada mediante la técnica DPPH. Los valores de IC50 obtenidos son a temperatura ambiente 4.3 mg/mL, mientras que tras ebullición tiene un IC50 de 1.8 mg/mL. Esto indica que la temperatura de ebullición no afecta la capacidad antioxidante del extracto, posiblemente debido a la liberación de otros compuestos antioxidantes durante el proceso de ebullición que son más efectivos en la neutralización del radical DPPH.

Conclusiones

Al evaluar el efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.),* se observó que esta se mantiene estable según los métodos FRAP y DPPH.

Al evaluar el efecto de la temperatura ambiente sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*, se mostró una capacidad antioxidante considerable.

Al someter el extracto a la temperatura de ebullición sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*, se observó una ligera disminución en la capacidad antioxidante total según el método FRAP. Sin embargo, el análisis mediante el método DPPH reveló una mayor eficiencia antioxidante a esta temperatura, reflejada en un valor de IC50 más bajo.

Al evaluar el efecto de la temperatura de ebullición sobre el contenido total de polifenoles del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*, se observó una reducción significativa.

Al determinar el contenido de Vitamina C tras someter el extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)* a temperatura de ebullición, se mostró una disminución considerable en comparación al contenido de Vitamina C a temperatura ambiente.

Recomendaciones

Se recomienda el consumo de rúcula en su forma más fresca posible ya que podría maximizar los beneficios antioxidantes y nutricionales.

Sería beneficioso explorar otros factores que pueden influir en la estabilidad de estos compuestos fitoquímicos.

Se sugiere evaluar la capacidad antioxidante de diferentes variedades de rúcula, considerando factores, cómo el clima, el ambiente y el tipo de cultivo, que pueden influir en la calidad de los compuestos beneficiosos presentes en la rúcula.

Se recomienda que futuros estudios exploren este tema más a fondo para confirmar y expandir los resultados obtenidos, lo que permitirá una mejor comprensión de los factores que mejoran la capacidad antioxidante de la rúcula.

Referencias Bibliográficas

Araya L, Héctor, Clavijo R, Carolina, & Herrera, Claudia. (2006). Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivados en Chile*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 56(4), 361-365. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000400008&lng=es&tlng=es.

Bafumo, R. F., Daniela, L., Ramirez, A., & Camargo, D. A. (s/f). MICRO-HORTALIZAS DE RÚCULA Y RABANITOS COMO ALTERNATIVA NOVEDOSA DE ALIMENTOS SALUDABLES. Edu.ar. Recuperado de http://ddhh.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/17238/tesis-roberto-bafumo.pdf

Biotecnología, Y. (n.d.). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Edu.Ec. Recuperado de http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36534/1/CAL%20013.pdf

Condori, M.A. (2018). Capacidad antioxidante del extracto acuoso de Brassica napus L. (Nabo), frente al sistema generador de radical libre 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH). Tesis de pregrado. https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/5452/Tesis_Capacidad_Antioxidante_Extracto_Acuoso.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Elejalde Guerra, J.I.. (2001). Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. Anales de Medicina Interna, 18(6), 50-59. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-71992001000600010&lng=es&tlng=es.

Fernandez, M. E. (2014). Rendimiento de la rúcula (Eruca sativa) bajo tres densidades de plantación en ambiente protegido. Tesis de pregrado. https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5378/T-1979.pdf?sequence=1&isAllowed=y

González Framil, A y Pancini Fontes, B. (2021.). *Conservación poscosecha de hojas de rúcula y mizuna proveniente de un cultivo de producción orgánica.* Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Agronomía.

González-Fandos, E., & Simón, A. (2016). Efecto de la cocción sobre la capacidad antioxidante y calidad sensorial de la coliflor mínimamente procesada. Nutricion hospitalaria, 33(2), 119. https://doi.org/10.20960/nh.119

Guija-Poma, Emilio, Inocente-Camones, 0Miguel Ángel, Ponce-Pardo, John, & Zarzosa-Norabuena, Edwin. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. Horizonte Médico (Lima), 15(1), 57-60. Recuperado de

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-558X2015000100008&lng=es&tlng=es.

Gugliandolo, A., Giacoppo, S., Ficicchia, M., Aliquò, A., Bramanti, P., & Mazzon, E. (2018). Eruca sativa seed extract: A novel natural product able to counteract neuroinflammation. Molecular medicine reports, 17(5), 6235–6244. https://doi.org/10.3892/mmr.2018.8695

Hetta, M. H., Owis, A. I., Haddad, P. S., & Eid, H. M. (2017). The fatty acid-rich fraction of Eruca sativa (rocket salad) leaf extract exerts antidiabetic effects in cultured skeletal muscle, adipocytes and liver cells. Pharmaceutical biology, 55(1), 810–818. https://doi.org/10.1080/13880209.2017.1280687

Hinojosa-Dávalos, J., Cardona-López, MA, Gutiérrez-Lomelí, M., Barrera-Rodríguez, A., & Robles-García, MA. (2019). Identificación del perfil fitoquímico y efecto del estrés lumínico sobre la capacidad antioxidante del germinado de brócoli en un dispositivo germinador rotatorio tipo tambor. Biotecnia. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7930740

Khoobchandani, M., Ganesh, N., Gabbanini, S., Valgimigli, L., & Srivastava, M. M. (2011). Phytochemical potential of Eruca sativa for inhibition of melanoma tumor growth. Fitoterapia, 82(4), 647–653. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.02.004

Lee, S., Choi, Y., Jeong, H. S., Lee, J., & Sung, J. (2017). Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables. *Food Science and Biotechnology*. https://doi.org/10.1007/s10068-017-0281-1

Mariaca, C. J., Zapata, M., & Uribe, P. (2016). Oxidación y antioxidantes: hechos y controversias. Revista de La Asociación Colombiana de Dermatología y Cirugía Dermatológica, 24(3), 162–173. https://doi.org/10.29176/2590843x.292

Meligi, N. M., & Hassan, H. F. (2017). Protective effects of Eruca sativa (rocket) on abamectin insecticide toxicity in male albino rats. Environmental science and pollution research international, 24(10), 9702–9712. https://doi.org/10.1007/s11356-017-8671-8

Morales, M., & Janick, J. (n.d.). Arugula: A promising specialty leaf vegetable. Purdue.edu. Recuperado de https://hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/pdf/morales.pdf

Mulțescu, M., Susman, I.-E., Burnichi, F., & Israel-Roming, F. (2021). *Antioxidant activity in selected Brassicaceae vegetables*. Usamv.ro. Recuperado el 23 de agosto de 2024, de https://biotechnologyjournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_1/Art6.pdf

Multescu, M., Zachia, M., Belc, N., Manasia, T., Burnichi, F., & Israel-Roming, F. (2019). Effect of Boiling on the antioxidant potential of cabbage varieties. *Bulletin UASVM Food Science and Technology 76(2).* DOI: 10.15835/buasvmcn-fst: 2019.0028

Nguyen, V. P. T., Stewart, J., Lopez, M., Ioannou, I., & Allais, F. (2020). Glucosinolates: Natural Occurrence, Biosynthesis, Accessibility, Isolation, Structures, and Biological Activities. Molecules (Basel, Switzerland), 25(19), 4537. https://doi.org/10.3390/molecules25194537

Reyes, A., Rosas, L., Campos, R., Quinetero, A., & Carrillo, M. (2017). Propiedades antioxidantes del extracto acuoso de Brassica oleracea var. sabellica. Ecorfan.org. Recuperado de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol3num8/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V3_N8_5.pdf

Silveira, A., Baeza, A., & Escalona, V. (2015). Effect of ultraviolet-C radiation combined with unconventional atmosphere packaging on the quality of fresh-cut arugula (Eruca Sativa mill.): UV-C and high O2 to preserve fresh-cut arugula. *Journal of Food Safety*, *35*(4), 523–532. https://doi.org/10.1111/jfs.12202

Shantabi L., Jagetia GC, Ali MA, Singh TT, Devi SV Potencial antioxidante del extracto de hoja de Croton caudatus in vitro. Traducir Medicina. Biotecnología. 2014; 2 :1–15.

Silva, H., & Rosmery, M. (2021). EFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA CONCENTRACIÓN SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ACUOSO DEL GERMINADO DE BRASSICA OLERACEA VAR. ITALICA PLENCK (BRÓCOLI). Universidad Le Cordon Bleu. Recuperado de: https://repositorio.ulcb.edu.pe/bitstream/handle/ULCB/1188/TESIS%20_%20HUAMANI%20MEDINA%20MIRIAM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tabart, J., Pincemail, J., Kevers, C., Defraigne, J.-O., & Dommes, J. (2018). Processing effects on antioxidant, glucosinolate, and sulforaphane contents in broccoli and red cabbage. *European Food Research and Technology*, *244*(12), 2085–2094. https://doi.org/10.1007/s00217-018-3126-0

Teixeira, A. F., de Souza, J., Dophine', D. D., de Souza Filho, J. D., & Saúde-Guimarães, D. A. (2022). Chemical Analysis of Eruca sativa Ethanolic Extract and Its Effects on Hyperuricaemia. Molecules (Basel, Switzerland), 27(5), 1506. https://doi.org/10.3390/molecules27051506

Torales, AC, Chaves, AR y Rodríguez, SD (2010). CAMBIOS EN LA CALIDAD DE RÚCULA MÍNIMAMENTE PROCESADA. EFECTO DE DISTINTOS ENVASES. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha , 11 (2), 196-203.

Vázquez-Ovando, A., Mejía-Reyes, J. D., García-Cabrera, K. E., & Velázquez-Ovalle, G. (2022). Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados. Revista colombiana de investigaciones agroindustriales, 9(1), 9–33. https://doi.org/10.23850/24220582.4023

Vilaplana, M. (2007). Antioxidantes presentes en los alimentos. Vitaminas, minerales y suplementos. Offarm, 26(10), 79–86. https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-antioxidantes-presentes-alimentos-vitaminas-minerales-13112893

Villagrán, M., Muñoz, M., Díaz, F., Troncoso, C., Celis-Morales, C. & Mardones, L. (2019). Una mirada actual de la vitamina C en salud y enfermedad. *Revista chilena de nutrición*, *46*(6), 800-808. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000600800

Zamora S, Juan Diego. (2007). ANTIOXIDANTES: MICRONUTRIENTES EN LUCHA POR LA SALUD. Revista chilena de nutrición, 34(1), 17-26. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000100002

Anexos

Anexo 1

Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Método de Investigación
Problema principal ¿Cuál es el efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*? Problemas específicos ¿Cuál es el efecto de la temperatura ambiente sobre la	Objetivo general Determinar el efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)* Objetivos específicos Determinar el efecto de la temperatura ambiente sobre	Hipótesis general La temperatura modifica la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)* Hipótesis específicas La temperatura ambiente mantiene la capacidad	Variable independiente La temperatura Variable dependiente Capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*	Tipo de investigación Analítico Longitudinal Prospectivo Método Deductivo Diseño Experimental

capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*? ¿Cuál es el efecto de la temperatura ebullición sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*?	la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)* Determinar el efecto de la temperatura ebullición sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*	antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)* La temperatura de ebullición modifica la capacidad antioxidante del extracto acuoso de las hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*		<u>Población</u> Hojas de Rúcula *(Diplotaxis muralis DC.)*

Anexo 2:

Determinación de especies

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
MUSEO DE HISTORIA NATURAL

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

desde 1918 Museo de Historia Natural UNMSM

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CONSTANCIA N° 123-USM-MHN-2023

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (fértil) recibida de **Romina Price Medina & Jairshino del Castillo la Madrid,** Estudiantes de la Universidad Le Cordon Bleu ha sido estudiada y clasificada como: *Diplotaxis muralis* DC. y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).

ORDEN : Brassicales

FAMILIA : BRASSICACEAE

GÉNERO : *Diplotaxis*

ESPECIE : *Diplotaxis muralis* DC.

Nombre vulgar: "Arúgula"

Procedencia: Súpermercado Wong - Distrito San Isidro

Determinado por: MSc. Hamilton Beltrán Santiago.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 15 de junio de 2023

MUSEO DE HISTORIA NATURAL - Herbario San Marcos - USM - JEFE

Dra. Joaquina Albán Castillo

JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

Av. Arenales 1256, Jesús María
Apdo. 14-034, Lima 14, Perú

Telfs. (511)471-0117, 470-4471
265-6819, 619-7000 anexo 5703

e-mail: herbariousm@unmsm.edu.pe
https://museo hn.unmsm.edu.pe

Anexo 3:

Foto N°1

Material biológico: Hojas de rúcula (Diplotaxis muralis DC.)

Foto N°2

Pesaje las hojas de rúcula (Diplotaxis muralis DC.)

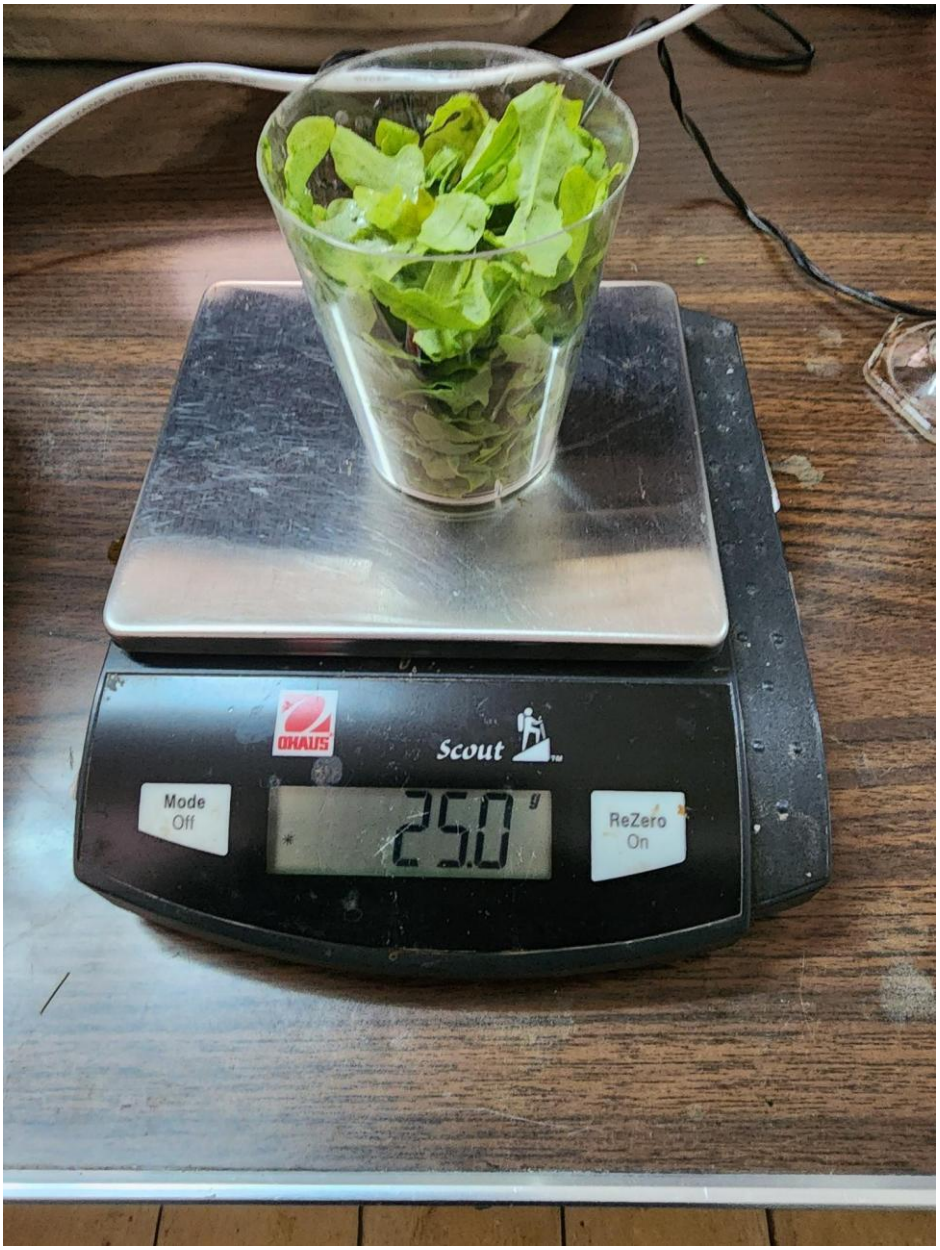


Foto N°3

Proceso de licuado 3 veces por 30 segundos

Foto N°4

Proceso de licuado con ayuda de una gasa

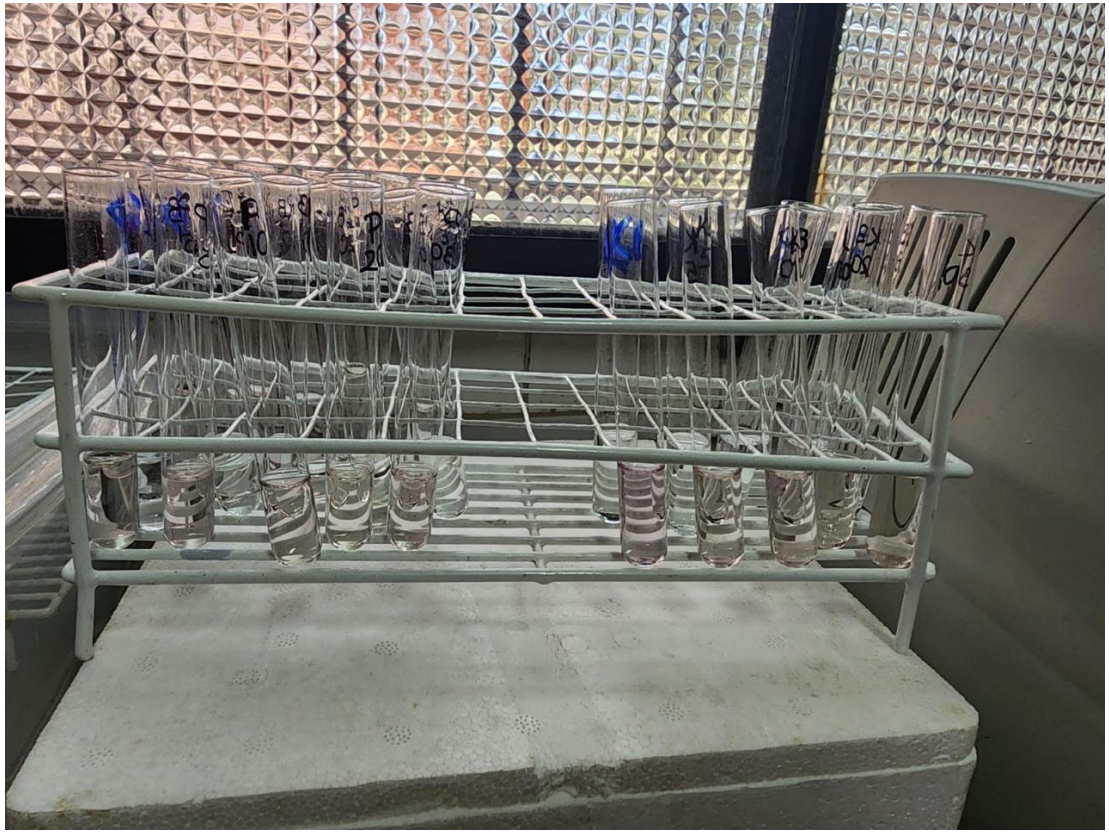
Foto N°5

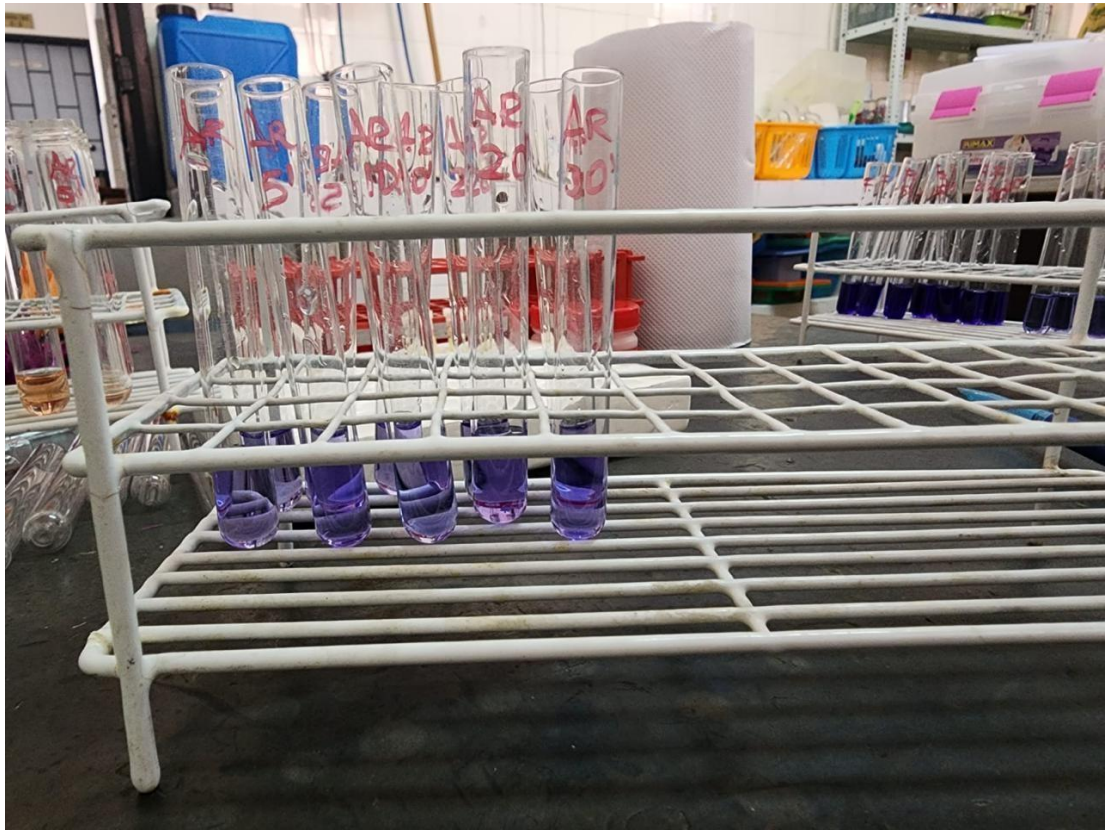
Tubos de ensayo con 5 ml de la muestra filtrada, lista para ser centrifugada por 20 min a 1200 rpm

UNMSM
INVENTARIO 2017
INVENTARIO FISICO GENERAL 2010
67500380 0082
UNMSM - INVENTARIO 2018
67500380-0082
UNMSM - INVENTARIO 2022
FACULTAD DE MEDICINA
CP: 67500380-0082
CENTRIFUGA
UNMSM - INVENTARIO 2020
INVENTARIO 2021 - UNMSM
FACULTAD DE MEDICINA
CP: 67500380-0082
CENTRIFUGA

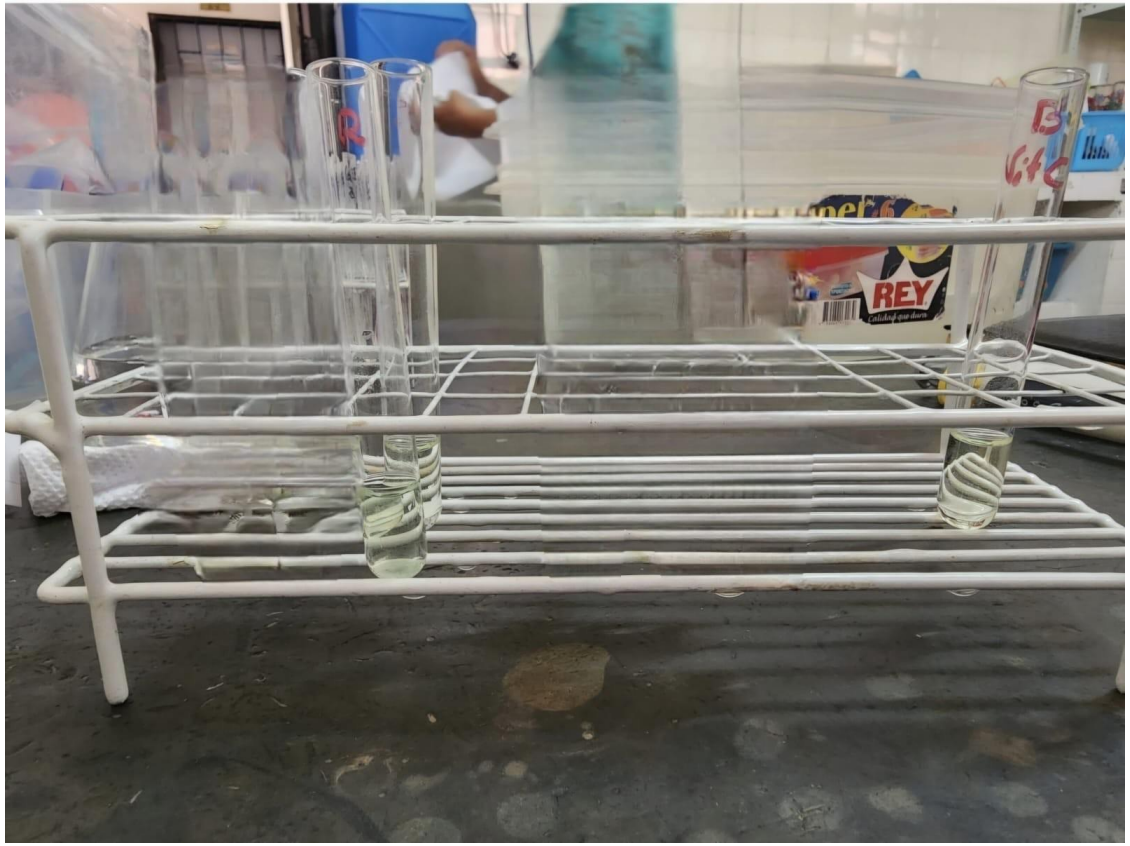
Anexo 4:

Determinación de la capacidad antioxidante de las hojas de Rúcula (Diplotaxis muralis DC.)





F0'
F5
F10'
F20


REY