

UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU



FACULTAD DE CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS

Carrera: NUTRICIÓN Y TÉCNICAS ALIMENTARIAS

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA CONCENTRACIÓN SOBRE LA CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ACUOSO DEL GERMINADO DE Brassica oleracea
var. italica Plenck (BRÓCOLI)”**

Para optar el título profesional de:

LICENCIADA EN NUTRICIÓN Y TÉCNICAS ALIMENTARIAS

AUTOR

Miriam Rosmery Huamani Medina

ASESORA

Mg. Karen Vanessa Quiroz Cornejo

Lima – Perú

2021



UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

TÍTULO DE LA TESIS:

“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA CONCENTRACIÓN SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ACUOSO DEL GERMINADO DE BRASSICA OLERACEA VAR. ITALICA PLENCK (BRÓCOLI)”

AUTOR:

Nombres y apellidos: MIRIAM ROSMERY HUAMANI MEDINA

D.N.I Nº /C.E. Nº	46722425
Financiamiento	Miriam Rosmery Huamani Medina
Ubicación geográfica	Región Lima-Provincia lima Distrito Cercado de Lima
Duración de la investigación	enero 2021-mayo 2021 / año 2021

ASESOR:

Nombres y apellidos	D.N.I Nº /C.E. Nº	Código ORCID
KAREN VANESSA QUIROZ CORNEJO	40277208	0000-0002-6673-3587

JURADO EXAMINADOR:

Nombres y apellidos	Cargo	D.N.I Nº /C.E. Nº	Código ORCID
VICTOR JESÚS SAMILLÁN SOTO	Presidente	16709515	0000-0003-1258-2856
GLORIA AMÉRICA SANTOS YÁBAR	Primer Miembro	25514892	0000-0003-4748-1510
KAREN VANESSA QUIROZ CORNEJO	Segundo Miembro	40277208	0000-0002-6673-3587



UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Lima, Distrito de Magdalena del Mar, a las 18:00 horas del día 02 del mes de agosto del año 2021, se reunió el Jurado Examinador de sustentación y defensa de la Tesis titulada “**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA CONCENTRACIÓN SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ACUOSO DEL GERMINADO DE BRASSICA OLERACEA VAR. ITALICA PLENCK (BRÓCOLI)**”, presentado por la bachiller **MIRIAM ROSMERY HUAMANI MEDINA** para optar el título profesional de Licenciada en Nutrición y Técnicas Alimentarias; conformado por los profesores:

Presidente: Dr. Victor Jesús Samillán Soto

Primer Miembro: Mg. Gloria América Santos Yábar

Segundo Miembro: Mg. Karen Vanessa Quiroz Cornejo

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

- El Presidente del jurado invitó al sustentante a realizar su presentación por un tiempo no mayor de 30 minutos.
- 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.
- Luego de escuchar las respuestas a las interrogantes formuladas, el jurado examinador deliberó en privado la calificación de la Tesis y su correspondiente defensa.
- Cada miembro del jurado examinador estableció individualmente su calificación de acuerdo al reglamento de grados y títulos.
- 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 la Bach. **MIRIAM ROSMERY HUAMANI MEDINA** es:

APROBADO

concluye el acto académico, siendo las 18:56 horas del mismo día.

Presidente: Dr. Victor Jesús Samillán Soto	<i>Vsamillan</i>
Primer Miembro: Mg. Gloria América Santos Yábar	<i>Gloria Santos Yábar</i>
Segundo Miembro: Mg. Karen Vanessa Quiroz Cornejo	<i>Karen Quiroz Cornejo</i>

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi madre y hermano, ellos son mi motivación, alegría y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre por el amor y apoyo que siempre me ha brindado y brindará; por todo el esfuerzo y trabajo que realiza día a día, por ver a sus dos hijos felices, por todos los valores que me ha inculcado; de mi madre admiro su fuerza y ganas de salir adelante, y de ver en una adversidad una oportunidad.

Agradezco a mi hermano, por siempre ser mi soporte, por motivarme todos los días a ser una mejor persona, una buena hermana y un ejemplo de insistencia y perseverancia, de que todo lo que uno se proyecta lo pueda cumplir.

Gracias a la Mg. karen quiroz cornejo, por su amistad, sincero apoyo, y preciados consejos; estoy agradecida por querer que nos formemos como buenas personas y grandes profesionales.

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	2
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	10
ÍNDICE GENERAL.....	12

RESUMEN

Objetivo: Determinar el efecto de la temperatura y la concentración sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso del germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli). **Materiales y Métodos:** el presente estudio es de tipo analítico, experimental, longitudinal, prospectivo, de enfoque cuantitativo; la muestra biológica fue el extracto acuoso al 25 % del germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), fue sometido a temperatura ambiente y ebullición a diferentes concentraciones. Para determinar la capacidad antioxidante del germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli) se utilizó el método 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). **Resultados:** Al analizar la capacidad antioxidante del germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), se halló que a temperatura ambiente presentó un IC50 de 2.0 mg/mL ejerce un poder reductor de radicales libres notablemente ligeramente menor, conforme se observa el valor de CI 50 para la temperatura de ebullición durante un periodo de 10 minutos presento un IC:50 de 1.98 mg/MI, al evaluar la capacidad antioxidante a diferentes concentraciones de 25ml, 50ml, 75ml y 100ml observamos que con una concentración menor de la muestra , se logra alcanzar un 50% de reducción de DPPH. **Conclusiones:** El germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli) a temperatura de ebullición, modificó su capacidad antioxidante ligeramente, a diferentes concentraciones de extracto acuoso de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), presentó una relación directa entre la concentración y la capacidad antioxidante.

Palabras claves: Germinado, capacidad antioxidante, temperatura

ABSTRACT

Objective: To determine the effect of temperature and concentration on the antioxidant capacity of the aqueous extract of the sprouts of *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (broccoli). **Materials and Methods:** this study is analytical, experimental, longitudinal, prospective, with a quantitative approach; the biological sample was the 25% aqueous extract of the *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (broccoli), was subjected to room temperature and boiled at different concentrations. To determine the antioxidant capacity of the sprouts of *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (broccoli) the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method was used. **Results:** When analyzing the antioxidant capacity of the sprouts of *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (broccoli), it was found that at room temperature it presented an IC₅₀ of 2.0 mg / mL, it exerts a remarkably slightly lower free radical reducing power, as the IC₅₀ value for the boiling temperature is observed during a period of 10 minutes. I present an IC: 50 of 1.98 mg / ML, when evaluating the antioxidant capacity at different concentrations of 25ml, 50ml, 75ml and 100ml, we observe that with a lower concentration of the sample, a 50% reduction in DPPH is achieved. **Conclusions:** The sprouts of *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (broccoli) at boiling temperature, slightly modified its antioxidant capacity, at different concentrations of aqueous extract of *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (broccoli), presented a direct relationship between concentration and antioxidant capacity.

Keywords: Germinated, antioxidant capacity, temperature

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE FIGURAS	13
I. INTRODUCCIÓN	14
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Antecedentes de la investigación	15
a) Internacional	15
b) Nacionales.....	21
2.2 Bases teóricas.....	27
2.2.1 <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli)	27
2.2.2 Germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli)	32
2.2.3 Composición nutricional del germinado de <i>Brassica oleracea</i> <i>var. italica</i> Plenck (brócoli).....	40
2.2.4 Vida útil de los germinados.....	41
2.2.5 Toxicidad de los germinados.....	41
2.2.6 Compuestos activos del germinado de <i>Brassica oleracea var.</i> <i>italica</i> Plenck (brócoli)	42
2.2.7 Bioactividad de los compuestos químicos de los germinados.....	43
2.2.8 Antioxidantes	45
2.2.9 Capacidad antioxidante	52

2.2.10 Mecanismo de acción de los antioxidantes	54
2.2.11 Radicales libres	55
2.2.12 Estrés oxidativo	57
2.2.13 Efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante	58
2.3 Definición de términos.....	60
III. METODOLOGÍA.....	64
3.1 Tipo de estudio	64
3.2 Métodos:.....	64
3.3 Población.....	64
3.4 Muestra	64
3.5 Procedimiento.....	65
3.5.1 Obtención de la materia prima	65
3.5.2 Selección y lavado de la muestra de germinado de <i>Brassica</i> <i>oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli).....	65
3.5.3 Elaboración del extracto acuoso de germinado de <i>Brassica</i> <i>oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli).	65
3.5.4 Determinación de la capacidad antioxidante	66
3.5.5 Extracto acuoso de germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck sometido a temperatura de ebullición.....	67
IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN	70
V. CONCLUSIONES	76
VI. RECOMENDACIONES.....	77

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS.....	91
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	91
OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	92
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	93
FOTOS	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Tabla de composición nutricional de la Brassica oleracea var. italica PlencK (brócoli)	31
Tabla N° 2: Diferencia entre germinados (sprouts) y brotes tiernos (microgreens).	35
Tabla N° 3: Comparación de la composición nutricional del brócoli maduro y germinado.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli)	33
Figura N° 2: Efecto de la temperatura	38
Figura N°3: Esquema de la fase de hidratación , germinación y crecimiento en el proceso de germinación. Según el autor Azcón – Bieto.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 4: Estructura del glucosinolato.	43
Figura N° 5: Flujograma de la obtención del extracto acuoso de germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli), como menciona Quiroz.....	67
Figura N° 6: Flujograma del extracto acuoso de germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli) a temperatura como menciona Quiroz.	68
Figura N° 7: Flujograma del extracto acuoso de germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck sometido a temperatura de ebullición, como menciona Quiroz.....	69

I. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades crónicas no transmisibles son consideradas un problema de salud pública de eminente magnitud que posee la gran mayoría de población a nivel nacional y mundial. Las causas del aumento de estas enfermedades se deben a que existe una mayor exposición de las personas a la contaminación ambiental, al sedentarismo, la radiación y al consumo de productos ultra procesados lo que genera un incremento de los radicales libres en el organismo. (Pedregosa, 2017)

Cuando hay un aumento y desequilibrio de los radicales libres se inicia un proceso conocido como estrés oxidativo que da lugar a una serie de enfermedades degenerativas como el cáncer, cardiopatías, entre otros. Los antioxidantes son compuestos con cualidades fitoquímicas, que tiene como función verificar el proceso de estrés oxidativo, generando un sistema de defensa. Los antioxidantes lo podemos encontrar en las frutas y verduras, dichos alimentos contienen una serie de sustancias bioactivos como vitaminas, carotenoides y una gran variedad de compuestos fenólicos cuya capacidad antioxidante va a cooperar reforzando la capacidad antioxidante endógena. (Saiz, 2010)

Sin embargo, existen diferentes factores como, la forma de cultivo, el pH del suelo, el proceso de germinación, la cosecha, el procesamiento, el almacenamiento y la temperatura que pueden afectar estas propiedades.

El germinado de brócoli presenta una variedad de elementos nutritivos que generan su poder antioxidante, como los betacarotenos, la vitamina C,

flavonoides, entre otros. Es uno de los alimentos que posee una alta capacidad antioxidante. (Acosta, et al, 2018)

La finalidad del trabajo fue determinar el efecto de la temperatura y la concentración del extracto acuoso del germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli) sobre la capacidad antioxidante, y así reportar los cambios que pudieran presentarse al ser sometido a este tratamiento, además de observar si afectan o no los beneficios nutricionales o nutracéuticos, para poder impulsar el consumo de este alimento.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

a) Internacional

Hinojosa. D (2019) en el artículo titulado “IDENTIFICACIÓN DEL PERFIL FITOQUÍMICO Y EFECTO DEL ESTRÉS LUMÍNICO SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL GERMINADO DE BRÓCOLI”, tuvo como objetivo establecer la influencia de la exposición a los diversos tipos de luz, sobre la capacidad antioxidante contenido de compuestos fenólicos en el germinado de brócoli. Para la metodología se usó germinado de brócoli, obtenido a partir de un germinador, que cumple características específicas como: aspersión de diez segundos, en un periodo total de 90 minutos, durante tres horas ventilar, 2 veces las revoluciones por minuto, fotoperiodos con distintos tipos de luz y tiempos. Utilizando en método DPPH se determinó la capacidad antioxidante del germinado de brócoli,

dando como resultado un CI de 1.15mg/ml; con respecto al contenido de polifenoles se obtuvo que expuesta a luz roja, fue de 10.17 mg/g. concluyendo que los valores dependen del tipo de luz al que se encuentra sometido el germinado de brócoli, es primordial contar con el dispositivo germinador, ya que mantiene las condiciones necesarias, para un desarrollo ideal de germinado de brócoli.

López. A (2017) en su tesis para optar el grado de maestría en ciencias en nutrición titulado “EFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE COCCIÓN EN EL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN BRÓCOLI (*Brassica oleracea var. italica*) Y COLIFLOR (*Brassica oleracea var. botrytis*)”, tuvo como objetivo determinar la variación en la cantidad de compuestos fenólicos y actividad antioxidante del brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) y coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) al exponerlos a tres métodos de cocción con duraciones diferentes. Para la metodología como material biológico uso dos crucíferas frescas y sometidas a diferentes tipos de cocción, las cuales fueron: hervido a 100°C, vapor y microondas (600W). para determinar el total de polifenoles se recurrió al método de Follin-ciocalteu, que tiene como metodología adicionar 2.5ml de reactivo a 500ul del extracto vegetal, dejándolo reposar unos minutos, luego se adicionó 2ml de Na₂CO₃ al 75%. Esta mezcla se dejó reposar a temperatura ambiente durante dos horas, fuera de la luz, finalmente pasado el tiempo se halló

la absorbancia a 760nm. Con la finalidad de determinar la actividad antioxidante usaron el método de 1,1-difenil-2-picrihidrazil (DPPH); donde se mezcló 190ul de DPPH con 10ul de muestra y esta mezcla reposo por un tiempo de sesenta minutos a temperatura ambiente y finalmente se determinó la absorbancia a 517nm. Los resultados obtenidos mencionan que el contenido de polifenoles totales en el brócoli fue de mayor concentración en comparación a la coliflor. Con el método de microondas se originó en el brócoli el incremento en un 10 % de contenido de polifenoles totales, mientras que en la coliflor el aumento fue de 48%; mientras que con el método de hervido la disminución de polifenoles totales del brócoli fue de 60% y para la coliflor 20%. La actividad antioxidante del brócoli sometido al método de vapor durante 10 minutos fue de 73.2 umol/g y con el método de hervido durante 5 minutos fue de 24.9 umol/g en la coliflor la mayor actividad antioxidante se determinó con el método de microondas con 537 umol/g, con el método de hervido presentó menor actividad antioxidante. En conclusión, los compuestos fenólicos de las crucíferas son el ácido clorogénico y la isoquercitrina; además la mayor cantidad de compuesto fenólicos y actividad antioxidante se encontraron en todas las pruebas realizadas al brócoli. Las hortalizas expuestas a diferentes métodos de cocción presentan una disminución en el valor nutricional comparado con las hortalizas crudas.

Reyes. A, Rosas. L, y Campos. R (2017) en su artículo “PROPIEDADES ANTIOXIDANTES DEL EXTRACTO ACUOSO DE *BRASSICA OLERACEA VAR. SABELLICA* (col rizada)”, tuvo como objetivo establecer las propiedades antioxidantes del extracto acuoso de hojas de *Brassica oleracea var. sabellica* (col rizada). En la metodología como material biológico se usaron hojas de col rizado, estas fueron lavadas y cortadas para finalmente obtener el extracto acuoso; para determinar el porcentaje de inhibición de los radicales libres se usó el método 2,2 difenil-1-picrihidracili y la lectura se realizó a una onda de 515 nm. Para el análisis de flavonoides se usó el método de Wolfe, para determinar la cantidad total de fenoles se utilizó el método de Folin-ciocalteau, con la ayuda de un espectrofotómetro se realizó la lectura a una absorbancia de 740 nm. El resultado menciona que la col rizada presento un porcentaje de inhibición de 78.6%, los fenoles totales en la col rizada fueron de 73% y el contenido de flavonoides representó un 92%. Finalmente se concluye que la *Brassica oleracea var. sabellica* (col rizada) presenta componentes antioxidantes, que pueden ayudar en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles, además son fuente elevada de proteínas, hierro y calcio.

Cedeño. P (2016) en su tesis para optar el grado de licenciado titulado “EFECTO DEL ALMACENAMIENTO Y ENVASADO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD FUNCIONAL DEL BRÓCOLI (*Brassica oleracea*, L. var *Itálica*)”, tuvo como objetivo determinar las consecuencias en la calidad funcional del brócoli al envasarlo y almacenarlo por un periodo de veinte un día a una temperatura de 0°C, se utilizó 15 gramos de muestra biológica de brócoli fresco que se homogenizó con 15ml de metanol durante el tiempo de tres minutos. Se recurrió al método Folin-Ciocalteu para establecer el contenido de polifenoles totales y los métodos de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), el ABTS (ácido 6-hidroxi-2, 5, 7,8-tetrametlicromano-2-carboxilico) y por último el método FRAP (2, 4,6-tripiridil-s-triazina) para determinar la actividad antioxidante. Los resultados mencionan que en el primer día los brócolis envueltos en papel film tenían una gran cantidad de polifenoles totales a comparaciones de los brócolis que no tenían papel film, pasados los ocho días los brócolis tanto en papel y sin papel film mostraron un incremento relevante de polifenoles totales, finalmente en los últimos días los brócolis filmados presentaron un descenso en los polifenoles mientras que los brócolis sin filmar presentaron una tendencia de aumento de contenido de polifenoles. Con respecto a la actividad antioxidante los brócolis sin filmar aumentaron progresivamente su valor, mientras que los brócolis filmados al inicio presentaron un aumento de actividad antioxidante pero finalmente al cabo de los 21 días los valores

disminuyeron de manera progresiva, concluyendo que la utilización del papel film para conservar la crucífera es una estrategia adecuada para la conservación de las propiedades funcionales y calidad visual; sin embargo al evaluar la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles estas se mantienen sin cambios significativos, caso contrario al observar los brócolis sin film estas aumentaron las concentraciones de polifenoles y su capacidad antioxidante.

González. M (2016) en su tesis para optar el grado de maestro en ingeniería química titulado “APLICACIÓN DE ULTRASONIDO DE POTENCIA, LUZ VISIBLE Y ULTRAVIOLETA EN HOJAS DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea var. italica*) Y SU EFECTO SOBRE ACTIVIDAD Y CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES” tuvo como objetivo evaluar la concentración de compuestos fenólicos, clorofila y capacidad antioxidante en las hojas de brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) que se encuentran inducidos a estrés abiótico mediante ultrasonido de potencia, luz ultravioleta y luz visible. Para la metodología se recolectaron hojas internas de la planta libre de daño causado por el sol o las plagas. Para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó 1ml de muestra más 1ml de la solución DPPH. La reacción se midió en un espectrofotómetro a 517nm. Para la cuantificación de compuestos fenoles totales se utilizó el método de Folin-Ciocalteu, aquí se usaron 1ml

de reactivo, 1ml de muestra y 1ml de carbonato de sodio, el volumen total fue llevado al espectrofotómetro a 765nm. Para la determinación de clorofila se utilizó 5ml de acetona, 4ml de agua desionizada y 1ml de muestra, finalmente se obtuvo un volumen de 10ml; utilizando el espectrofotómetro se calculó la absorbancia a diferentes longitudes de onda. En los resultados se determinó que existe un incremento en el contenido de compuestos fenólicos por efecto del ultrasonido. Existe un ligero incremento del contenido de compuestos fenólicos, cuando las hojas de brócoli son expuestas a la luz con respecto a la capacidad antioxidante no hay incrementos significativos. Concluyendo que las hojas de brócoli reaccionaron de manera diferente a los diversos tratamientos con ultrasonido, luz ultravioleta y luz visible. Los compuestos bioactivos varían a consecuencia de los diversos factores como: condiciones de cultivo, climatología y el uso de plaguicidas.

b) Nacionales

Gonzáles. A (2015) en su tesis para optar el grado de doctor en farmacia y bioquímica titulado “EFECTO INMUNOMODULADOR Y ANTITUMORAL DEL EXTRACTO DE *Brassica oleracea* var. *botritys* (coliflor) SOBRE CÉLULAS INMUNES EN *Mus musculus* var. *Swiss* ISOGÉNICOS CON CANCER”, tuvo como objetivo establecer cuál sería el impacto inmunomodulador y antitumoral del extracto de *Brassica oleracea* L var. *botritys* (coliflor) sobre

las células inmunes en *Mus musculus var. Swiss* isigénicos con cáncer experimental. Para la metodología se requirió cinco kilos de las inflorescencias frescas de coliflor, también se utilizaron 32 *Mus musculus var. Swiss* isigénicos de una determinada línea genética de ratones del género macho y adultos con un peso promedio de 35 a 45 gramos. Para obtener el extracto seco purificado de coliflor se pesó 100g de inflorescencia cruda de *brassica oleracea L var. botritys* estas fueron lavada y secadas a temperatura ambiente y desecadas a 40° C. Se formaron grupos que fueron inducidos al cáncer experimental; el primer grupo estaba formado por 6 ratones que fueron inducidos a la enfermedad y pasado una semana se les administro extracto seco purificado de la crucífera utilizando 10mg/kg/24h/ 90 días, por vía oral se les dio 0.3ml de la solución y por vía cutánea 0.1ml. al grupo numero dos formado por 6 ratones inducidos al tumor se les brindo tratamiento después de siete días con el extracto seco purificado de coliflor con una dosis de 20mg/kg/24h/90 días, por vía oral se le administro 0.6ml y por vía subcutánea 0.1ml, según los resultados los principales flavonoides de las especies Brassica son la quercitina y el kaempferol, estos presentan efecto antiinflamatorios , antialérgicos y antitumoral. En los grupos problemas se pudo visualizar que incrementaron sus anticuerpos a los 90 días y esto se debe a la interacción de los flavonoides que se encuentran en el extracto de coliflor, concluyendo que el extracto seco purificado de coliflor es considerado inmunomodulador del sistema inmunológico; ya que

incrementa los niveles de anticuerpos y linfocitos en el organismo. Además, evita la pérdida progresiva de peso y retarda los síntomas relacionados al tumor.

González. S, Sabana. G (2015). En su artículo titulado Identificación de “FITOCONSTITUYENTES Y CARACTERIZACIÓN DE FLAVONOIDES EN LAS INFLORESCENCIAS DE BRASSICA OLERACEA L. VAR. BOTRYTIS (COLIFLOR) POR CROMATOGRAFÍA LIQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN – ESPECTROMETRÍA DE MASAS”, tuvo como objetivo establecer los fitoconstituyentes concurrentes en la inflorescencia de *Brassica oleracea L. var. botrytis* “coliflor” mediante disociación de solventes de polaridad creciente otro objetivo fue resaltar las cualidades de los flavonoides que se encuentran en la inflorescencia de *Brassica oleracea L. var. botrytis* “coliflor”. Para la metodología se usó como material biológico 100 gramos de coliflor cruda, esta fue llevada a congelar a 70° C, después se deshidrato y se molió hasta obtener una muestra fina, este se almaceno a -20°C. para el reconocimiento de fitoconstituyentes por separación de solventes de polaridad creciente (éter, etanol y agua), se utilizó la cromatografía liquida de alta resolución (HPCL) y espectro de masas. Los resultados muestran que la inflorescencia de la coliflor presento una serie de productos secundarios como glucosinolatos, esteroides, saponinas, taninos y flavonoides; además con el proceso de hidrolisis ácida el kaempferol-3-diglicosido-7-glucosido produjo kaempferol, aglicina y componentes de

hidrolisis incompleta, mientras que en la hidrolisis alcalina se obtuvieron flavonoides glicosilados que tienen coincidencia con el kaempferol-3-diglicosido. Finalmente se concluyó que la muestra resultante de la inflorescencia de *Brassica oleracea L. var. botrytis* "coliflor" presenta fitoconstituyentes de tipo secundarios como: glucosinolatos, taninos, saponinas y flavonoides que al representarlos por HPLC-MS/MS contienen al kaempferol y quercitina glicosilados; ambos compuestos presentan características antioxidantes y antitumorales.

Oliveira. G, et al. (2013) en su artículo titulado "EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL Y CONTENIDO DE POLIFENOLES DE BRÓCOLI, PIMIENTO Y TOMATE", el objetivo fue precisar la capacidad antioxidante total del brócoli, pimiento y tomate fresco. Otro de sus objetivos fue señalar como variaría la capacidad antioxidante total y el contenido de polifenoles del brócoli, pimiento y tomate al exponerlo a cierta temperatura Para la metodología se utilizaron los extractos metátonicos del brócoli, pimiento y tomate. Los extractos fueron sometidos a ebullición, vapor y microondas. la capacidad antioxidante se estableció mediante el uso del radical libre DPPH; con respecto a la identificación de polifenoles, se empleó el extracto acuoso de los vegetales empleando el radical folin- ciocalteau. Los resultados mencionan que a temperatura ambiente la capacidad antioxidante del brócoli presento un IC50 de 2.35mg/ml, el pimiento un IC50 de 3.53mg/ml

y el tomate un IC50 de 5.69mg/ml; a temperatura de ebullición el brócoli presento un IC50 de 2.12mg/ml, el pimiento un IC50 de 3.46mg/ml y el tomate un IC50 de 4.37mg/ml. el contenido de polifenoles en el brócoli fue mayor con respecto al pimiento y al tomate, este último presento menor contenido de polifenoles. Se concluye que el impacto térmico de las verduras beneficia la capacidad antioxidante total y conlleva a una reducción en el contenido de polifenoles.

Gomero. O (2012) en su tesis titulado “EVALUACIÓN DE EQUIVALENCIA DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO FRAP DEL BRÓCOLI (BRASSICA OLERACEA) FRESCO Y DESHIDRATADO” tuvo como objetivo determinar la relación que existía sobre la capacidad antioxidante entre una porción alimenticia de brócoli fresco y la misma cantidad pero sometida previamente a deshidratación al calor de 2 temperaturas de 60 y 80 °C., para la metodología se utilizó como material biológico la inflorescencia de brócoli, se inició con 1 kg brócoli entero de los cuales 732 gramos era de tallo y 239 gramos de inflorescencia, finalmente se trabajó con tres fracciones de 50 gramos de inflorescencia, dos de las fracciones se deshidrató a 60 y 80 °C. Para la evaluación de polifenoles totales y estimación de la capacidad antioxidante se utilizó el método de reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu y el método “Ferric reducing/antioxidant power” (FRAP) respectivamente. Según los resultados la capacidad antioxidante del brócoli a temperatura ambiente fue de 0.527, a una

temperatura de 60°C fue 1.533 y a una temperatura de 80°C fue 1.359. Con respecto al contenido de polifenoles del brócoli a temperatura ambiente fue de 131.364mg, a una temperatura de 60°C fue de 217.391mg y a una temperatura de 80°C fue de 225.603mg. se concluyó que la capacidad antioxidante del brócoli varia a diversas temperaturas; a una temperatura de 60°C presenta mayor capacidad antioxidante pero un menor contenido de polifenoles en comparación a una temperatura de 80°C donde la capacidad antioxidante es menor pero presenta un contenido de polifenoles mayor.

Guzmán. V, Irigoni. S (2011) en su tesis titulado “ESTUDIO FÍSICO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE SUS METABOLITOS SECUNDARIOS DE LAS INFLORESCENCIAS DE *Brassica oleracea L. var. italica* PROCEDENTE DEL DISTRITO DE TARMA – JUNÍN”, tuvo como objetivo establecer sus propiedades fisicoquímicas y reconocer los productos secundarios que se encuentran en las inflorescencias de la crucífera *Brassica oleracea var. italica* proveniente de una zona ubicada en Tarma – Junín, para la metodología se utilizó como material biológico 2500 gramos de *Brassica oleracea var. italica* proveniente del distrito de Tarma, para la identificación de fitoconstituyentes se realizó la prueba de la gota, y los solventes con polaridades diferentes como el metanol, para la identificación de esteroides, flavonoides, taninos y alcaloides; diclorometano, para la identificación de estroles y quinonas; en el extracto

agua acidulada, para la identificación de alcaloides y el extracto acuoso para el reconocimiento de flavonoides, saponinas y taninos. La prueba nos muestra los diversos productos de tipo secundarios que se encuentran en las inflorescencias del brócoli. Con respecto a la extracción de sulforafano se pesaron 100g de la muestra y se mezcló con 150ml de hexano a temperatura ambiente. Finalmente, se obtuvieron tres muestras una licuada, la segunda cortada y la tercera secada a una temperatura de 40°C. Las tres muestras se hidrolizaron con 150ml de ácido clorhídrico durante 1 día. Los resultados determinaron una diversidad de metabolitos secundarios, con respecto al sulforafano la cantidad de este varía a una temperatura de 40°C se encontró en menor proporción en la muestra seca, seguida de la muestra cortada y finalmente mayor proporción en la muestra licuada. Debido a la presencia de compuestos azufrados se determinó la existencia de isotiocianatos y sulfoxidos en las inflorescencias de la *Brassica oleracea var. italica*. Se concluyó la presencia de productos secundarios en la inflorescencia del brócoli estas fueron: alcaloides, flavonoides, esteroides, taninos, saponinas y los compuestos azufrados.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli)

El *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), posee ese nombre debido a su forma de brazo o rama, pero también es conocido como bróquil, bróculi o brécol. Considerada como una planta herbácea

vigorosa, la parte que se puede ingerir del brócoli es la inflorescencia, forma parte de la familia de las crucíferas. Requiere para su cosecha ciertas características como: un clima templado frío y una humedad relativa intermedia que presenta un rango entre un 40% y un 60%; ya que pueden desarrollar enfermedades si están expuestas a humedades relativas muy elevadas, se considera una temperatura ideal aquella que oscila entre los 8°C a 17°C, la crucífera puede sostener una temperatura que oscila entre 2°C a 25°C además soporta periodos expuestos a la luz que comprenden de 11 a 13 horas. (Bastidas, 2015)

Cuenta con una planta robusta que posee un alto contenido de fibra y un mayor porcentaje de agua, esta planta puede llegar a medir de 55 a 65 centímetros de raíces profundas, además cuenta con radícula amplia que le otorga un adecuado sostén. Esta planta presenta una gran capacidad de absorber agua y diversos nutrientes, además suele adaptarse a diferentes tipos de suelo; sin embargo, una cualidad particular de estas plantas es la preferencia por suelos no muy ligeros, lo más apto son suelos lisos con un pH que va de 6 a 7.5, con gran profundidad y adecuado drenaje. (Mendoza, 2019)

2.2.1.1 Clasificación taxonómica de *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (brócoli).

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Sub clase: Dilleniidae

Orden: Capparales

Familia: Brassicaceae

Género: Brassica

Especie: *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck

Nombres comunes: brócoli, brécoles, bróculis

Fuente: Museo de historia natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2019.

2.2.1.2 Composición nutricional de Brassica oleracea var. italica Plenck (brócoli)

La Brassica oleracea var. italica (brócoli) tiene una gran importancia nutricional, debido a que contiene una elevada cantidad de fibra, minerales y vitaminas. Además, es una buena fuente de vitamina C y folatos, también brinda una cantidad considerada de potasio, el cual contribuye al funcionamiento normal del sistema nervioso y de los músculos. El brócoli contiene una importante porción de azufre; que es responsable del fuerte olor que desprende esta verdura durante la cocción. (col, 2013) Se muestra en la tabla N° 1

Tabla N° 1: Tabla de composición nutricional de la *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli)

MACRO NUTRIENTES	valor 100 g	por	MICRO NUTRIENTES	Valor 100g	por
Agua	90.3 g		Vitamina C	87mg	
Energía	38 kcal		Tiamina	0.1mg	
Lípidos totales	0.9g		Riboflavina	0.06mg	
AG saturados	0.2g		Niacina	1.7mg	
Ácidos Grasos polinsaturadas	0.5g		Folatos	90ug	
carbohidratos	1.8g		Vitamina A	69ug	
Fibra	2.6g		Vitamina E	1.3ug	
Calcio	56mg		Vitamina K	92.5mcg	
Hierro	1.7mg				
Magnesio	22mg				
Fosforo	87mg				
Potasio	370mg				
Sodio	8mg				

La tabla 1 muestra la Composición nutricional de la *Brassica oleracea var. italica* Plenck, realizada por Moreiras y Col., 2013.

2.2.2 Germinado de Brassica oleracea var. italica Plenck (brócoli)

Son brotes de semillas que se encuentran en etapa de crecimiento y concentran un valor elevado de nutrientes, vitaminas y minerales, además contienen glucosinolatos específicamente glucorafanina y su metabolito secundario isotiocinato sulfurafanina que son de diez a cien veces más altos que cuando el vegetal está en la etapa madura. (Hinojosa, Cardona, Barrera & Robles, 2019)

Figura N° 1

Germinado de Brassica oleracea var. italica Plenck (brócoli).



Nota: Adaptado de germinado de brócoli, tomado de planeta tu vida verde, 2020.

2.2.2.1 Características particulares de los germinados y los brotes tiernos

a) Germinados

Fase donde el germen de la semilla va de un estado pasivo a un proceso de alta actividad metabólica; aquí se generara una planta nueva a partir del embrión, esta planta nueva estará originando una serie de productos nutritivos como: vitaminas, enzimas, ácidos grasos,

aminoácidos. (Chaparro, Remigio & Elizalde, 2011) Se muestra en la tabla N°2.

b) Brotes tiernos

Considerado la forma comestible verde más pequeña, tienen un sabor muy agradable esto se debe a son sembrados después de la primera fase de crecimiento de la semilla, Además, brindan diversas cantidades de vitaminas, minerales y es una fuente rica en fibra. Son considerados súper alimentos. (Pérez, 2015) Los brotes son cortos en altura, finos y muy delicados. Se muestra en la tabla N°2.

Tabla N° 2: Diferencia entre germinados (sprouts) y brotes tiernos (microgreens).

Germinados (<i>sprouts</i>)	Brotes tiernos (<i>microgreens</i>)
Granos o semillas que se despiertan a la vida, al tener contacto con agua, aire y calor.	Una vez que la semilla ha germinado, las sembramos y al brotar los tallos tiernos con sus primeras hojas las usamos en nuestra alimentación.
Son la primera etapa en el desarrollo de las plantas, cuando inicia la formación de raíces y antes de la formación de hojas y tallos	En esta etapa son muy agradables, altamente nutritivos, y brindan gran cantidad de enzimas y fibra vegetal.
Se cultivan en frasco.	Se cultivan en medio.
Todas las semillas de alimento humano se pueden germinar excepto: tomate, berenjena, patata y demás solanáceas, dado que liberan sustancias en su proceso de germinación.	

Nota: Esta tabla muestra la diferencia entre germinados y brotes, realizado por Pérez, en el artículo aprovechamiento de germinados y brotes tiernos como fuente nutricional, 2005.

2.2.2.2 Germinación

Los germinados obtenidos de legumbres y cereales son los más apreciados debido a la textura y el buen sabor de sus brotes. Para originar una semilla debe existir una serie de requisitos necesarios e ideales, a eso se denomina germinar.

Dentro del reino vegetal, la semilla es considerada la mayor fuente de proteínas y contiene la mayoría de los aminoácidos clasificados como esenciales; la semilla contiene a la raíz, la corteza, la savia, las flores, y el fruto. La potencia de las pequeñas semillas es sorprendente debido a que padecen una serie de cambios que ayudan a concentrar su mayor capacidad energética. (Luna, 2015)

A) Factores de la germinación

Factores Internos

1) Madurez de la semilla: esta se da cuando se ha llegado a un adecuado desarrollo tanto en lo morfológico como fisiológico. (Luna, 2015)

2) Viabilidad de la semilla: Capacidad de la semilla de poder germinar en un tiempo determinado. (Luna, 2015)

Factores Externos

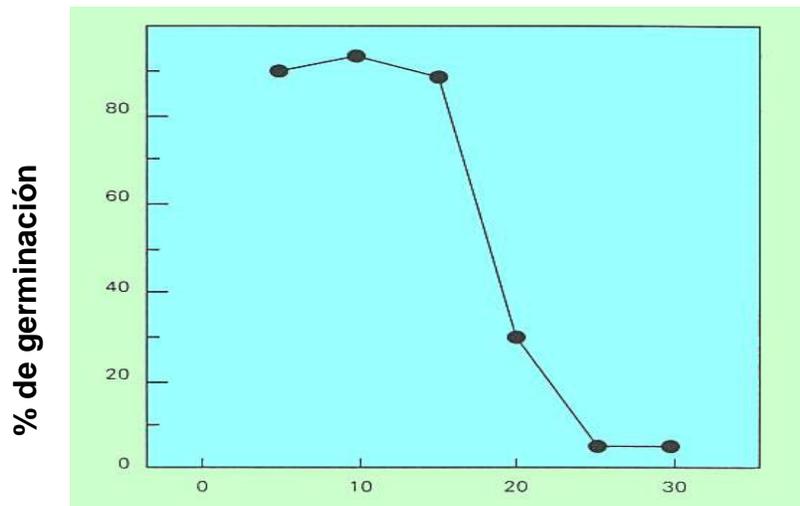
1) Humedad: existe una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y su medio lo que genera el ingreso de agua al interior de la semilla. Se menciona que las semillas con un alto contenido de proteínas van a necesitar mayor humedad a comparación de las semillas

con bajos niveles de proteína. Tanto el exceso como déficit de agua puede perjudicar la semilla. La germinación se demora en un gran número de especies, cuando los niveles de agua llegan a excluir la penetración de oxígeno a la semilla. (Gastón & Melgarejo , 2017)

2) Temperatura: factor predominante que regula la rapidez de las reacciones bioquímicas. Cuando se alcanza mayor porcentaje de germinación en menor tiempo, es gracias a una temperatura óptima. Todas las especies tienen un rango de temperaturas donde pueden llegar a realizar la germinación de sus semillas. El intervalo de temperatura se define como máxima y mínima para que dé lugar a la germinación; generalmente el intervalo de temperaturas para especies de zonas templadas va de los 5 y 25 °C. Para que germinen las semillas el rango de temperatura puede cambiar según diversos factores, como pueden ser: la variedad y el origen geográfico. (Gastón & Melgarejo , 2017)

Figura N° 2

Efecto de la temperatura

**Intervalo de Tiempo**

Nota: adaptado del efecto de la temperatura, tomado de la introducción a la fisiología, 1994.

3) Gases: para que la germinación tenga éxito, es necesario una adecuada disposición de O₂ y CO₂. Porque al embrión tiene que llegar la mezcla de O₂ disuelto en el agua de inhibición.

B) Fases de germinación

- Fase I - Hidratación: el primer paso de la germinación es la absorción del agua, fase indispensable, sin este paso la cadena no podría continuar. La semilla al estar

compuesta por diferentes tejidos, cada una de estas inician una ardua absorción de agua, este es un proceso físico con duración variable que depende de la especie.

- Fase II - Germinación: aquí se genera la actividad enzimática y se da el metabolismo respiratorio, desplazamiento y absorción de reservas alimentarias para un adecuado crecimiento de la planta.
- Fase III - Crecimiento: fase caracterizada porque la actividad respiratoria y la absorción de agua se vuelven a intensificar.

Figura N°3

Esquema de la fase de hidratación, germinación y crecimiento en el proceso de germinación.



Nota: figura modificada de Azcón-Bieto, en el artículo fisiología y bioquímica vegetal, 1993.

2.2.3 Composición nutricional del germinado de Brassica oleracea var. italica
Plenck (brócoli).

Tabla N° 3

Comparación de la composición nutricional del brócoli maduro y germinado.

Nutriente	BroccoSprouts® (1 porción = ~1/2 taza = 28g)		Brócoli Crudo* (1 porción = 1 taza picada = 88.0 g)		*Brócoli Cocido** (1 porción = 0.5 taza picada = 78.0 g)	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Energía	16	Calorías	24.64	Calorías	21.84	Calorías
Proteína	1.4	g	2.622	g	2.324	g
Carbohidrato	1.9	g	4.611	g	3.947	g
Grasa Total	0	g	0.308	g	0.273	g
Grasa Saturada	0	g	ND	g	ND	g
Grasa monoinsaturada	0	g	ND	g	ND	g
Grasa Poliinsaturada	0	g	ND	g	ND	g
Colesterol	0	mg	0	g	0	g
Fibra Dietética	1.1	g	2.64	g	2.262	g
Vitamina A	561	UI	1356.96	UI	1082.64	UI
Carotenos	308	UI	ND		ND	
Tiamina	0.04	mg	0.057	mg	0.043	mg
Riboflavina	ND	mg	0.105	mg	0.088	mg
Niacina	0.9	mg	0.561	mg	0.448	mg
Vitamina B6	0.07	mg	0.14	mg	0.112	mg
Folatos	0	mcg	62.48	mcg	39	mcg
Vitamina B12	0.1	mcg	0	mcg	0	mcg
Vitamina C	20	mg	82.016	mg	58.188	mg
Vitamina E	3.8	mg	1.461	mg	1.318	mg
Calcio	26	mg	42.24	mg	35.88	mg
Fósforo	39.4	mg	58.08	mg	46.02	mg
Magnesio	16.9	mg	22	mg	18.72	mg
Hierro	0.22	mg	0.774	mg	0.655	mg
Zinc	ND	mg	0.352	mg	0.296	mg
Cobre	ND	mg	0.04	mg	0.034	mg
Sodio	2.88	mg	23.76	mg	20.28	mg
Vitamina K1	37.8	mcg	0.471	mg	0.396	mg
Alcohol	0	g	ND		ND	
Humedad	25	g	ND		ND	

Nota: comparación sobre la composición nutricional del brócoli y germinado, como menciona el Departamento de agricultura de los Estados Unidos, 2001.

2.2.4 Vida útil de los germinados

Los vegetales y las frutas tienen la característica de ser perecibles, por lo tanto, el tiempo de vida útil que presentan, es corta.

En los germinados y brotes, para prolongar su vida útil es importante que exista un proceso necesario, denominado enfriamiento rápido que debe estar a una temperatura de 4°C, además es necesaria que la humedad relativa de almacenamiento se encuentre en un rango de 96°C – 100°C. Para el almacenamiento de estos grupos de alimentos es primordial el uso de plásticos rígidos; debido a que presentan ventilación limitada. (Ayala, 2014)

2.2.5 Toxicidad de los germinados

Los procesos de germinación, tanto caseros como industriales, deben estar controlados; debido a que algunas condiciones como por ejemplo la humedad que se requiere para germinar ya sean legumbres, cereales, son las mismas condiciones que algunas bacterias potencialmente peligrosas aprovechan para crecer. La carga microbiana de los germinados son los bacilos Gram positivos y Gram negativos además de algunas levaduras, diversos hongos y bacterias de tipo mesófilas aeróbicas. (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, 2019)

Esta contaminación puede tener lugar en alguna parte de la cadena de cosecha, quizá por el abono que se utiliza, el agua que se dispone para el riego, la conservación o transporte del producto. Se ha determinado que los problemas por toxicidad se dan básicamente por el consumo de los granos germinados, expuestos a todas las condiciones anteriormente mencionadas. La sociedad que regula la comercialización de los alimentos y medicamentos en estados unidos, determinan, que las personas que presenten un sistema inmunológico débil, niños, adultos mayores y gestantes que deseen consumir verduras, semillas o granos germinados, deberían hacerlo utilizando algún método de cocción. (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura , 2019)

2.2.6 Compuestos activos del germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli)

Los glucosinolatos se encuentran en pocas especies, se reportan en el orden de las caprales que contienen 15 familias, incluyendo la brassicaceae, capparaceae y caricaceae. Existen aproximadamente 120 glucosinolatos que comparten la misma estructura. (Rodríguez, 2008)

Se muestra en la figura N° 4.

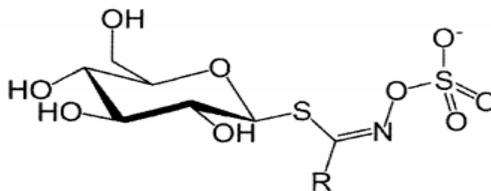


Figura N° 4: Estructura del glucosinolato.

Estos son solubles en agua, amónicos no volátiles y son estables al calor; se considera que los glucosinolatos no poseen una actividad biológica significativa. Se mantienen químicamente estables hasta que realizan contacto con la enzima mirosinasa; su principal producto después de la hidrolisis son los isotiocinatos. La glucorafanina es el principal glucosinolato que se encuentra presente en el germinado de brócoli, solo se ha identificado en las familias de las crucíferas. (Rodríguez, 2008)

2.2.7 Bioactividad de los compuestos químicos de los germinados

- Actividad anti cancerígena

La aplicación tópica de sulfurafano que se encuentra en extractos de germinado de brócoli, disminuye en un 50% la formación de tumores; además se puede lograr incrementar los niveles de glutatión (GSH), al inducir las enzimas que se forman en la fase II de la germinación, este

incremento ayuda a la defensa antioxidante. En una investigación se trabajó con las células del músculo aórtico de ratas hipertensas, también con el efecto del sulforafano sobre el sistema glutatión dañada y el estrés oxidativo y se concluyó que las alteraciones celulares en estas células se pueden restaurar con la acción de sulforafano. (Jiménez & Maldonado, 2019)

- Actividad hepática

Los extractos de germinado de brócoli son ricos en sulfurafanos y las células hepáticas poseen una alta concentración de selenio; cada compuesto por si solo puede regular la inducción y actividad de la enzima tioredoxina reductasa solo dos veces; sin embargo, cuando estos compuestos actúan en conjunto potencializan cinco veces esta actividad. (Cuesta, 2012)

- Actividad cardiovascular

El consumo de brócoli mejora la función ventricular y reduce la apoptosis de las células cardiacas. Además, cuando se consume 1ml de extracto de brócoli durante 30 días, se reduce el tamaño del infarto, esto debido a que el sulforafano induce una serie de señales celulares de supervivencia y la inducción de genes y proteínas en la familia

tioredoxina, las cuales están involucradas en la protección cardiaca en nuestro organismo. (Pedregosa, 2017)

2.2.8 Antioxidantes

Un antioxidante es una sustancia cualquiera que, al estar en una cantidad menor, relacionada a un agente oxidable, tiene la capacidad de impedir o retardar la oxidación del agente mencionado. Otra de las funciones de los antioxidantes es la capacidad de reprimir el desarrollo de una cadena de radicales, esta función la realiza donando un radical hidrógeno a un radical libre; evitando así la creación de radicales libres, los antioxidantes poseen la capacidad de quelar metales e inhiben la acción de enzimas oxidativas. (Coavoy, 2015)

Al interactuar un antioxidante con algún radical libre, este le proporciona un electrón, lo que conlleva a que se oxide y como producto se genere un radical libre débil, no dañino. Los antioxidantes tienen diversas maneras de cumplir sus funciones, por ejemplo, los denominados antioxidantes enzimáticos, se encargan de catalizar y acelerar reacciones químicas. (Martínez, 2019)

a) Antioxidantes endógenos

son formados teniendo como principio la unidad fundamental de vida (la célula). Cabe mencionar que cada antioxidante presenta

afinidad hacia un determinado radical libre o hacia varios radicales libres. (Martínez, 2019). Este tipo de antioxidantes se caracterizan por ser biosintetizados a través del organismo; en su gran mayoría estos mecanismos antioxidantes poseen un origen enzimático y no enzimático.

- Catalasa: representa un tipo de enzima que tiene por objetivo la destrucción del peróxido de hidrógeno, dando agua y oxígeno como productos finales de esta interacción. La concentración de catalasa es alta básicamente en el hígado y riñón. La ubicación de la catalasa se da a nivel celular, las mitocondrias, los peroxisomas y el citosol. Para que la catalasa presente y cumpla con su adecuado funcionamiento va a requerir la participación de dos minerales en este caso el cobre y el zinc que van a actuar a nivel citosólico mientras que a nivel mitocondrial depende de un solo mineral denominado manganeso. (Braga, 2015)

- Superóxido Dismutasa (SOD): enzima que se encuentra presente en todos los organismos de tipo aerobios, además una de sus principales funciones se da al realizar la defensa que tiene que generar en oposición a la toxicidad del oxígeno cuando cataliza una dismutación

del anión superóxido en oxígeno y peróxido de hidrógeno. (Braga, 2015)

- Glutati3n Peroxidasa (GPx): es una enzima ubicada en el citoplasma de la c3lula, considerado principal antioxidante hidrosoluble a este nivel. Adem3s, esta enzima posee una composici3n donde integra a tres amino3cidos como: la ciste3na, glicina y acido glut3mico. Considerado uno de los antioxidantes con gran concentraci3n intracelular; ya que se encuentra grandemente dispersa por los tejidos. (Braga, 2015) La GPx tiene como una de sus funciones catalizar la disminuci3n del per3xido de hidr3geno; por lo que es importante mantener niveles adecuados y altos de glutati3n, para lograr estos niveles es importante incrementar la ingesta de ciertos amino3cidos de tipo sulfurados como la metionina y la ciste3na. (Braga, 2015)

b) Antioxidantes ex3genos

Pertencen a este grupo aquellos antioxidantes que ingerimos mediante la dieta, tales como las vitaminas y los minerales. El mecanismo de acci3n de estos antioxidantes se puede dar de dos formas: en un primer lugar, eludiendo una proliferaci3n

desmesurada de radicales libre, que tiene como finalidad evitar daño celular como consecuencia del estrés oxidativo. En segundo lugar, después del daño los antioxidantes tienen la capacidad de contrastar la cantidad de radicales libres, impidiendo que el deterioro avance. (Márquez, et al, 2015)

- Vitamina E: son grupos de mezclas fenólicas conocidos como: tocoferoles y tocotrienoles. Uno de los más comunes y considerado biológicamente el que posee mayor acción vitamínica es el denominado alfa tocoferol. Antioxidante lipofílico ubicado en las membranas celulares, de absorción y transporte muy similares a la de los lípidos. Tiene como función salvaguardar de la peroxidación a los ácidos grasos polinsaturados de los fosfolípidos de la membrana celular otra de sus funciones es impedir la peroxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL). (Córdoba,et,al, 2016)

Esta vitamina es considerada un antioxidante natural, con gran efectividad. Cuando se oxida y momentos antes de descomponerse es reducida por el ácido ascórbico y el glutatión. Sus funciones han sido demostradas de manera in vivo e in vitro. (Diez & Olives, 2018)

Las fuentes alimentarias de vitamina E, se hallan en los aceites vegetales, generalmente en aquellos con altos contenidos de PUFAs

(Ácidos grasos poliinsaturados) como, por ejemplo: aceite de girasol o maíz y los derivados de estos. La vitamina E también se encuentra en los diversos tipos de germinados y cereales. Se localizan básicamente en las hojas y partes verdes de las plantas, además se pueden encontrar en el tejido adiposo de los animales. (Descalzo, 2016)

- Vitamina C: en otras palabras, denominada ácido ascórbico, considerado uno de los antioxidantes extracelulares de mayor importancia, se define a este antioxidante como natural; ya que es uno de los más efectivos y aquel que presenta menos toxicidad. (Bastías & Cepero , 2016) Una de sus funciones es reducir a los radicales libres derivados del oxígeno, nitrógeno y sulfuro; debido a esta función se le considera un potente agente reductor. Es soluble en agua e interactúa directamente con el radical Superóxido, hidroxilo y con el singlete de oxígeno. (Guzmán, 2014)

Cuando pierde un electrón, forma un radical no tan estable, denominado radical ascórbilo, este soporta una segunda oxidación generando al ácido dehidroascórbico. La última reacción se considera reversible, debido a que las dos formas, tanto el ácido ascórbico (forma reducida) y el ácido dehidroascórbico (forma oxidada), ambas presentan una acción biológica semejante y están presentes en la naturaleza. (Guzmán, 2014)

La vitamina C, tiene como función, actuar de cofactor primordial para poder formar colágeno, contribuyendo con mejorar la síntesis de carnitina y reducir la concentración plasmática de los triglicéridos. Para mantener los niveles de vitamina A y E en el medio, es necesaria la presencia de vitamina C; al darse un efecto sinérgico existente entre los antioxidantes tanto lipofílicos y los hidrofílicos, ocasiona una disminución del estrés oxidativo; ya que secuestran radicales libres. (Villagrán, et, al, 2019)

Las frutas, verduras y hortalizas con mayor color, son las principales fuentes de vitamina C. Las frutas con alto contenido de vitamina C, tienen un sabor ácido, y esto debido a que el pH menor equilibra la vitamina, como ejemplo tenemos a la papaya, kiwi y limón; que sobrepasan los 80mg/100g.

- Carotenoides: denominadas moléculas solubles, la gran mayoría actúa como provitamina A; esto debido a que 50 de ellos serían precursores de vitamina A; ejemplo de esto son: beta-caroteno, beta-zeacaroteno, γ -caroteno y beta-criptoxantina, además de los carotenoides no precursores de la vitamina A como: las xantofilas, zeaxantina, luteína, licopeno y violaxantina. (Chamorro, 2017)

Tanto los vegetales como las bacterias comparten la principal función de los carotenoides, que es la de captar energía luminosa, para que posteriormente sea transportada hacia la clorofila. También intervienen en la protección contra fotooxidación; las cuales actúan como captadores de radicales, aportándoles efecto antioxidante. Una alimentación alta en carotenoides, genera un efecto de protección ante enfermedades como cáncer de piel, los carotenoides generan barreras contra la oxidación de radicales libres en este caso debido al oxígeno, que se da en una de las capas de la piel, esto se genera por la exposición de los rayos ultravioleta. (Arretero, 2014)

- Polifenoles: compuestos que forman parte de la familia de los fenoles, formados por anillos aromáticos que tienen constituyentes hidroxilos. Gracias a su estructura son considerados antioxidantes fuertes; donan H⁺ o electrones. (García & Ordoñez, 2015)

En las plantas, los compuestos fenólicos son considerados metabolitos secundarios, y generan una variedad de funciones. La acción antioxidante de los polifenoles se genera cuando hay facilidad de poder reducir la elaboración de radicales libres, que se da cuando ante la inhibición enzimática o quelación con metales de transición, que originan radicales libres. (García & Ordoñez, 2015)

Una de las clasificaciones de los compuestos fenólicos se da según su variedad estructural, tales como: ácidos fenólicos, flavonoides, estibenos, lignanos, cumarinas y polímeros fenólicos. (Valencia, Figueroa, Sosa & Bartolomé, 2017) El contacto con la luz, los agentes ambientales, como: temperaturas de almacenamiento, procesamiento y métodos culinarios; pueden perjudicar el volumen de polifenoles en los alimentos.

2.2.9 Capacidad antioxidante

Tiene el objetivo de valorar la efectividad de la modificación termodinámica de una reacción entre un pro oxidante con un antioxidante; para poder cuantificar la capacidad antioxidante se han realizado numerosos estudios para finalmente poder expresarla en términos numéricos como capacidad antioxidante total (TAC), lo que significa que tanta es la capacidad del antioxidante de una muestra para capturar al radical libre.

Para realizar la evaluación de TAC de vegetales, frutos y otras especies se utiliza diversos procedimientos con condiciones específicas, los procedimientos pueden ser de inhibición. La capacidad antioxidante no tiene un método global para ser determinada; ya que existen varias especies activas. (Crispin, 2011)

2.2.9.1 Método para evaluar capacidad antioxidante

a) Método DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazil)

El método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), es empleada en diversos alimentos y compuestos sintéticos para definir su capacidad antioxidante.

El DPPH es un radical libre y considerado estable; una de sus finalidades es la de medir la capacidad de secuestro de ciertos compuestos que posean una acción antioxidante.

(Guija, inocente & col, 2015)

El DPPH al ser considerado un radical libre tiene la capacidad de interactuar con compuestos antioxidantes mediante una fase donde interviene un agente antioxidante que tiene como función donar un átomo de hidrogeno. La reacción mencionada se representa de la posterior manera:



Dicha emulsión del reactivo DPPH se caracteriza por presentar un color violeta, además de una absorción de 515 nm. Este tipo de reacción se da debido a que el radical

libre DPPH, sustrae uno de los átomos de hidrógeno procedente de un donador o antioxidante, generando un cambio en el color, de violeta a un color amarillo, el grado de esta decoloración indica la capacidad del antioxidante de secuestrar al radical libre, este resultado es brindado mediante la lectura que se realiza en el espectrofotómetro después de un tiempo de veinte a treinta minutos de reacción. (Guija, inocente & col, 2015)

2.2.10 Mecanismo de acción de los antioxidantes

Los antioxidantes pueden prevenir o retardar la oxidación de un sustrato biológico, y en algunos casos revertir el daño oxidativo de la molécula afectada. Se clasifican según el mecanismo de acción en: antioxidantes preventivos; son aquellas que se encuentran al comienzo de una cadena de oxidación (reductores de peróxidos orgánicos e inorgánicos) por ejemplo: enzimas, glutatión peroxidasa, catalasa y peroxidasa. Y en antioxidantes secundarios; éstos se encuentran bloqueando alguna etapa de la cadena de oxidación, dentro de las cuales se encuentran la vitamina E, vitamina C, enzima superóxidasa dismutasa. (Sánchez & Méndez, 2013)

2.2.11 Radicales libres

Un radical libre es un átomo o molécula que se encuentra inestable, debido al electrón desapareado que tiene en su orbital más externo. Por lo que son reactivas y tienden a captar un electrón de moléculas que se encuentran estables con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica. Cuando el radical libre ha logrado sustraer el electrón que necesita, la molécula estable que se lo cede, se convierte a su vez en un radical libre por quedar con un electrón desapareado, iniciándose una verdadera reacción en cadena que destruye las células. (Rojas, 2014)

Algunos procesos fisiológicos generados por nuestro organismo como el exceso de ejercicios o una disminución de oxígeno, al igual que factores ambientales como la contaminación, la incorporación de aditivos químicos en los alimentos procesados, uso de pesticidas, medicamentos y la radiación dan como resultado la generación de radicales libres. (Viada, Gómez & Campaña, 2017)

Los radicales libres suelen generarse mediante fuentes endógenas o exógenas.

a) Radicales libres endógenas: ubicados en sistemas biológicos, estas requieren de O_2 , para realizar metabolismo energético; el anión

superóxido, el peróxido de hidrógeno y el radical hidroxilo se genera de forma consecuente en la cadena respiratoria, estas son especies que poseen radicales derivados de oxígeno; las mitocondrias, lisosomas, peroxisomas y la membrana nuclear, son estructuras subcelulares donde se originan los radicales libres. Algunos de los radicales libres son: las especies reactivas de oxígeno (ROS), y las especies reactivas de nitrógeno (ERN). (Chura, 2013)

b) Radicales libres exógenos: originadas por una variedad de factores externos a nuestro organismo, una de las fuentes de radicales libres exógenos, es la irradiación de los organismos debido a las radiaciones electromagnéticas o debido a radiaciones de partículas. Otra fuente de generar radicales libres son los factores ambientales, como la contaminación de manera aérea fotoquímica, hiperoxia, pesticidas, humo de cigarrillos. (Chura, 2013)

2.2.12 Estrés oxidativo

El estrés oxidativo se genera cuando la célula va perdiendo sus defensas antioxidantes, también se da por la producción excesiva de radicales libres; denominado daño oxidativo. (Carvajal, 2019)

Los radicales libres provocan daño celular, debido a que una de sus características es ejercer función sobre las macromoléculas (proteínas, carbohidratos, lípidos) y ácidos nucleicos en la célula. Como consecuencia de estas interacciones los radicales libres generan desordenes en la estructura y función de la célula. Ocasionando que la célula pierda su equilibrio u homeostasis, causando el surgimiento de diversas enfermedades crónicas, e incluso muerte celular. (Cuerda & Luengo , 2011)

Son diversas las patologías que han sido asociadas con este desequilibrio entre oxidantes y antioxidantes, estas enfermedades pueden clasificarse en las generadas por prooxidantes, estas modifican el estado redox y alteran la tolerancia a la glucosa, favoreciendo el estrés oxidativo mitocondrial en enfermedades como cáncer y diabetes mellitus. El segundo grupo incluye estrés oxidativo de tipo inflamatoria y una mayor actividad enzimática nicotinamida adenina

dinucleótico fosfato-oxidasa, que conlleva a la aterosclerosis e inflamación crónica; y el tercer grupo deriva del sistema denominada xantina-oxidasa, este sistema tiene como objetivo originar especies reactivas de oxígeno que están relacionadas con las lesiones isquémicas por reperfusión. (Cuerda & Luengo , 2011)

2..2.13 Efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante

La temperatura que se aplica a los alimentos, en este caso el método de cocción, representa un tratamiento térmico del alimento donde el calor incrementa la movilidad de las moléculas y le aporta la energía suficiente para que reaccionen entre ellas y se transforme. Puede considerarse como una operación capaz de transformar de modo físico y/o químico el aspecto, la textura, la composición y el valor nutritivo de un alimento mediante la acción del calor, con el fin de satisfacer los sentidos de la vista, del gusto y del olfato: (Oliveira, Troncoso, Guija & Flores , 2013)

En relación con el efecto del cocinado sobre la ingesta diaria de la capacidad antioxidante total, se considera que, por lo general son destructivos para los compuestos antioxidantes; sin embargo, en algunos casos se incrementan significativamente la capacidad

antioxidante total respecto al alimento crudo. La gravedad del daño a las sustancias antioxidantes provocado por tratamientos culinarios como la fritura, la cocción al vapor o por hervido es diferente según se evalúen compuestos lipofílicos o hidrofílicos. (López , 2017)

En un estudio con el brócoli se observó que la utilización de medios de transferencia de calor apolar con el aceite durante la fritura, favorece la difusión desde las hortalizas de compuestos como luteína, alfa caroteno y betacaroteno y afectan en menor medida la concentración de antioxidantes solubles en agua como los polifenoles. Por el contrario, durante el hervido migra una mayor cantidad de antioxidantes hidrofílicos hacia el medio de cocción, afectando en menor extensión a los antioxidantes solubles en grasas. Evitaremos cocciones prolongadas para evitar la pérdida de sus cualidades, agregando los germinados al instante o antes de ser servido. Una buena manera de cocinarlos es al vapor unos 5 minutos para ayudar en su digestión. (López, 2017)

2.3 Definición de términos

Temperatura: Es la medida de una alta o baja interacción de moléculas o átomos que conforman un cuerpo. Generalmente se expresa a través de un número.(Meza, 2014)

Antioxidante: Conocidos como compuestos que puede llegar a inhibir o retrasar la oxidación de diversas moléculas; pueden catalogarse como naturales o sintéticos, este último término ya no se utiliza; porque hay varias fuentes que relacionan el término con los efectos carcinógenos. (Coavoy, 2015)

Radical libre: son moléculas inestables con alta carga reactiva, debido a que poseen un electrón desapareado, en la órbita externa, pueden o no presentar una carga atómica. (Chura, 2013)

Concentración: Representa la cantidad de soluto, presente en una determinada cantidad de solvente. (Rodríguez, 2017)

Ebullición: Es el cambio de estado de una materia que se encuentra en estado líquido y pasa a estado gaseoso, se le conoce como hervido. (Rubiano, Verdugo , 2019)

Cocción: Método donde se hace uso de la acción del calor, para mejorar ciertas propiedades digestivas, eliminando sustancias anti nutricionales y mejorando las características organolépticas de diversos alimentos. (López , 2017)

Extracto vegetal: Es un concentrado de principios activos, que pueden optar por diversas consistencias, generalmente se encuentran en estado sólido y líquido. (Ayala, 2014)

Oxidación: Considerada una reacción química, donde un átomo, ion o molécula dona electrones. (Coavoy, 2015)

Antioxidante preventivo: Ejercen su función al inicio de una cadena de oxidación (reductores de peróxidos orgánicos e inorgánicos), algunos antioxidantes preventivos: enzimas, glutatión peroxidasa, catalasa y peroxidasa. (Sánchez & Méndez, 2013)

Antioxidantes secundarios: Actúan bloqueando en alguna etapa de la cadena de oxidación, por ejemplo: vitamina E Y C, enzima superoxido dismutasa. (Sánchez & Méndez, 2013)

Antioxidantes terciarios: Constituido por enzimas reparadoras del ADN, como metionina sulóxido reductasa, que reparan las estructuras celulares dañadas por el ataque de los radicales libres. (Estévez, 2016)

Germinación: La germinación de las semillas son un conjunto de eventos metabólicos y de formas genéticas que generan como producto final la modificación de un embrión que se encuentra en estado de plántula y este sea capaz de auxiliarse por su cuenta hasta llegar a convertirse en una planta. (Luna, 2015)

Germinado: Son alimentos que se consumen cuando aún son semillas y se encuentran en la primera etapa de desarrollo. (Documet, 2019)

Brócoli: Es una planta herbácea, perteneciente a la familia de las Brassicaceae, se caracterizan por presentar un crecimiento hipertrofiado, originando una pella que casi siempre es de color verde. (Sánchez, 2020)

DPPH: Resulta del desprendimiento de un electrón desapareado, proveniente de una molécula completa, considerado radical libre estable. (Leguía, 2018)

Brotes: Cuando la semilla germina, el siguiente paso es sembrarla para que puedan brotar unos tallos tiernos que van a tener las primeras hojas, están serán destinadas a nuestro consumo. (Pérez, 2015)

Sulforafano: Principio activo presente en las plantas crucíferas, la gran cantidad de este activo se encuentra en los brotes de brócoli. (Mazalaud, 2020)

Glucosinolatos: Se encuentran en la familia de las Brassicaceae, son compuestos nitro sulfurados, que se forman a partir de la unión de un azúcar reductor y el azufre proveniente de una molécula que no posee hidrato de carbono. (Puerta, 2018)

Compuestos fenólicos: Son metabolitos secundarios, que se caracterizan por poseer al menos un anillo aromático, unido a grupos hidroxilo. (Sánchez, 2020)

Estrés: el individuo al estar expuesto a diversos requerimientos ambientales, inicia un proceso de estrés. (Bustos & Guambaña , 2015)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo analítico, experimental, prospectivo y de enfoque cuantitativo.

3.2 Métodos:

- Método de determinación de la capacidad antioxidante según la técnica DPPH* (2,2, difenil – 1 – picrilhidrazil)

3.3 Población

La población está conformada por germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli)

3.4 Muestra

Se tomará 250 gr de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli) los cuáles serán distribuidos en 10 grupos cada uno de 25 gr.

3.5 Procedimiento

3.5.1 Obtención de la materia prima

La muestra de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), se adquirió en el supermercado Wong, ubicado en el distrito de Santiago de Surco, en el departamento de Lima.

3.5.2 Selección y lavado de la muestra de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli).

Se trabajó con la cantidad establecida de muestra, esta se retiró de su recipiente, luego se procedió a realizar el lavado con agua potable a chorro para la remoción de partículas, que no forman parte de la materia prima.

3.5.3 Elaboración del extracto acuoso de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli).

La muestra se preparó pesando 25 gramos de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), se cortó, y colocó en una probeta, para finalmente tener un volumen de 100 ml se le añadió agua

destilada, esta mezcla para ser homogenizada paso por la licuadora de inmersión, por sesenta segundos, esta acción se hizo en dos etapas de treinta segundos. La mezcla homogenizada con ayuda de una gasa paso por un filtró. La mezcla fue llevada a la centrifuga a 1,200 rpm por un periodo de 20 minutos, finalmente se utilizó el sobrenadante para las distintas determinaciones analíticas. (Quiroz, troncoso, Guija & Oliveira, 2015)

3.5.4 Determinación de la capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se determinó utilizando el DPPH* (2,2, difenil – 1 – picrilhidrazil), primero se preparó soluciones en metanol, se juntaron las dos preparaciones y se los llevo a la centrifuga a 1200 rpm en un periodo de tiempo de 20 minutos. Al finalizar se disgrego el sobrenadante para la determinación de la capacidad antioxidante. La determinación cuantitativa de la capacidad antioxidante se halló utilizando el sistema constituido por Vortex, las soluciones quedaron reposando un periodo de 30 minutos lejos de la luz y para posteriormente realizar la lectura a 517nm utilizando el espectrofotómetro. Finalmente se utilizó una fórmula para la determinación de la capacidad antioxidante. (Quiroz, troncoso, Guija & Oliveira, 2015)

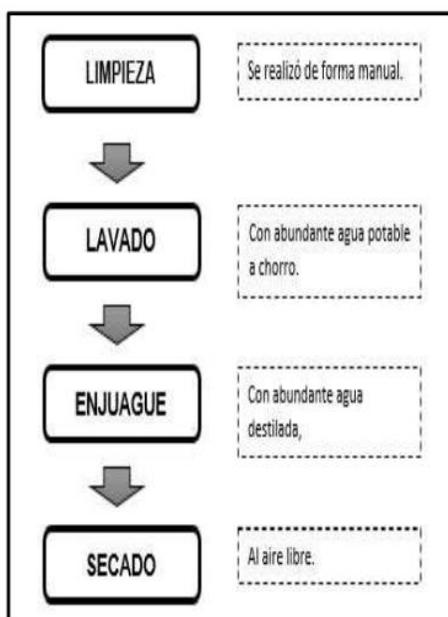
$$\%DPPH = \left(\frac{Abs\ 517\ control - Abs\ 517\ muestra}{2Abs\ 517\ control} \right) \times 100$$

3.5.5 Extracto acuoso de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck sometido a temperatura de ebullición.

Se separó el sobrenadante del precipitado del tubo número 2, este precipitado fue sometido a ebullición durante 10 minutos, al cabo de este tiempo con la ayuda de una pinza metálica se apartó una porción de lo filtrado del tubo número 2 y lo restante se volvió a llevar a ebullición hasta completar los 15 minutos.

Figura N° 5

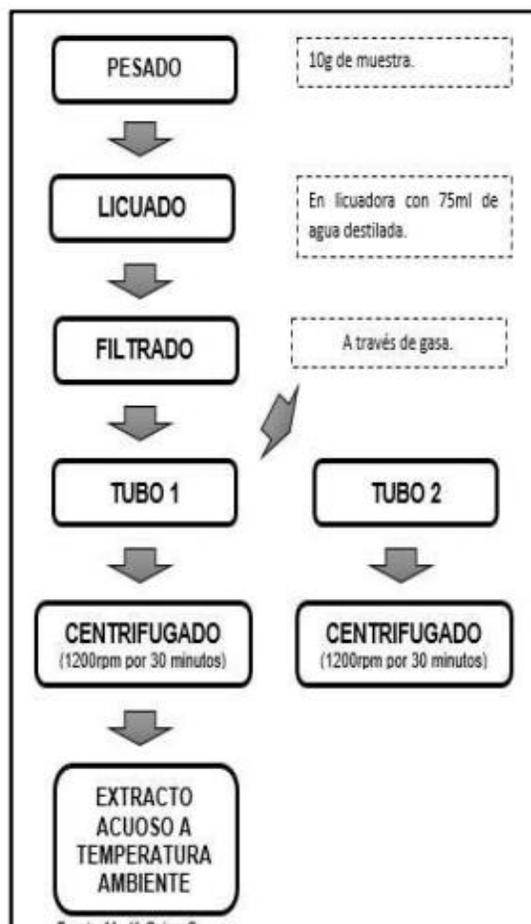
Flujograma de la obtención del extracto acuoso



NOTA: *Flujograma de la obtención del extracto acuoso de germinado de Brassica oleracea var. italica Plenck (brócoli), como menciona Quiroz, 2015.*

Figura N° 6

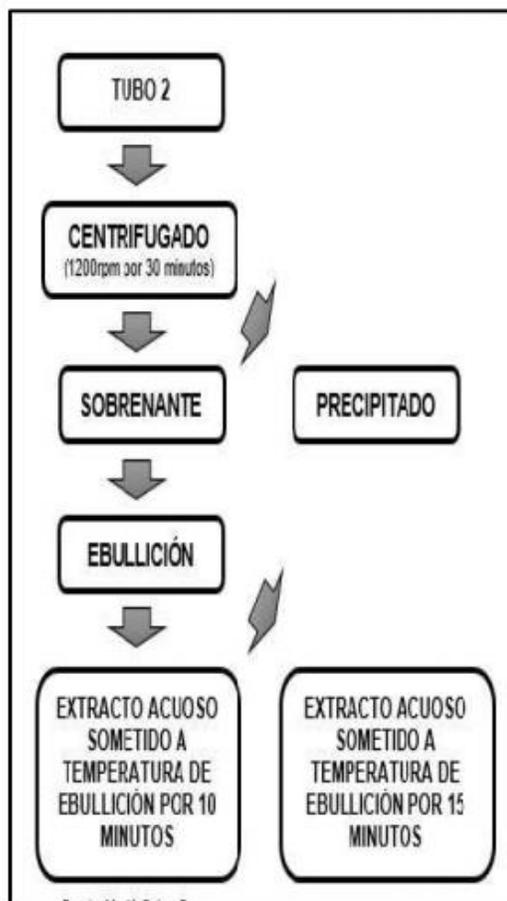
Flujograma del extracto acuoso



Nota: Flujograma del extracto acuoso de germinado de *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (brócoli) a temperatura como menciona Quiroz, 2015.

Figura N° 7

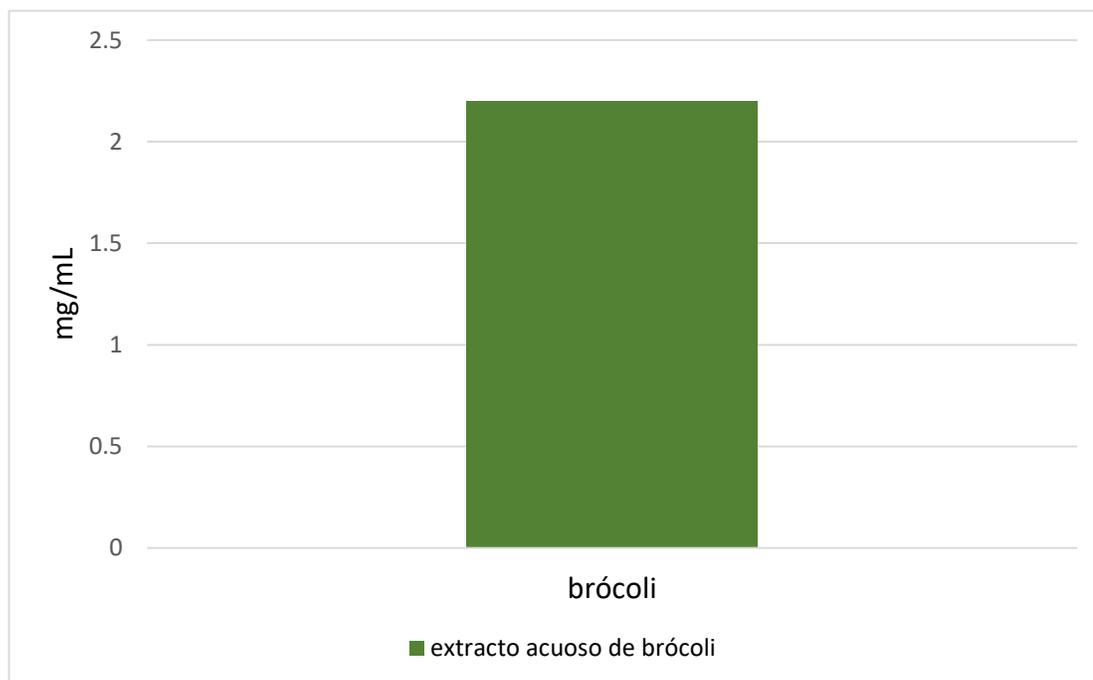
Flujograma del extracto acuoso



Nota: Flujograma del extracto acuoso de germinado de Brassica oleracea var. italica Plenck sometido a temperatura de ebullición, como menciona Quiroz, 2015.

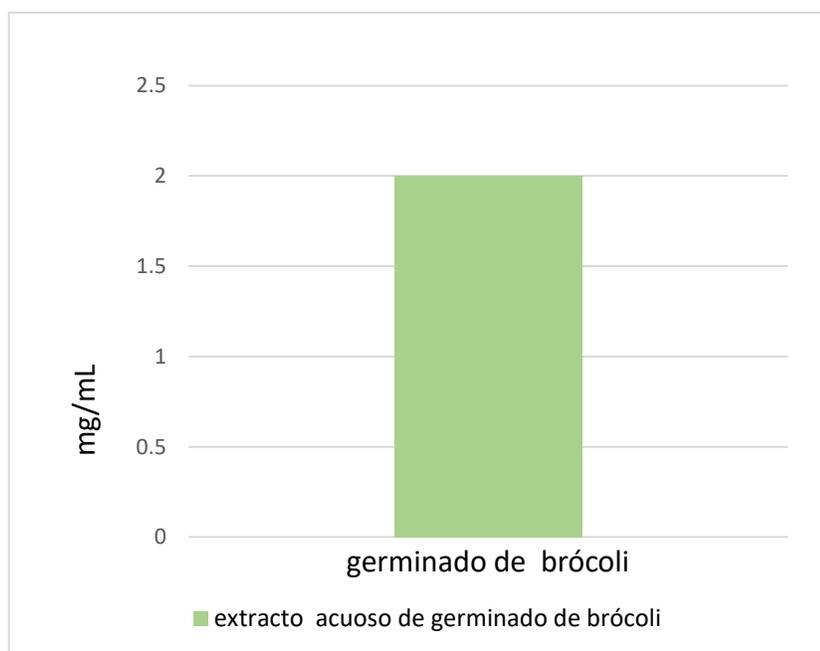
IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Gráfica N° 1: Capacidad antioxidante (CI:50) del extracto acuoso de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli).



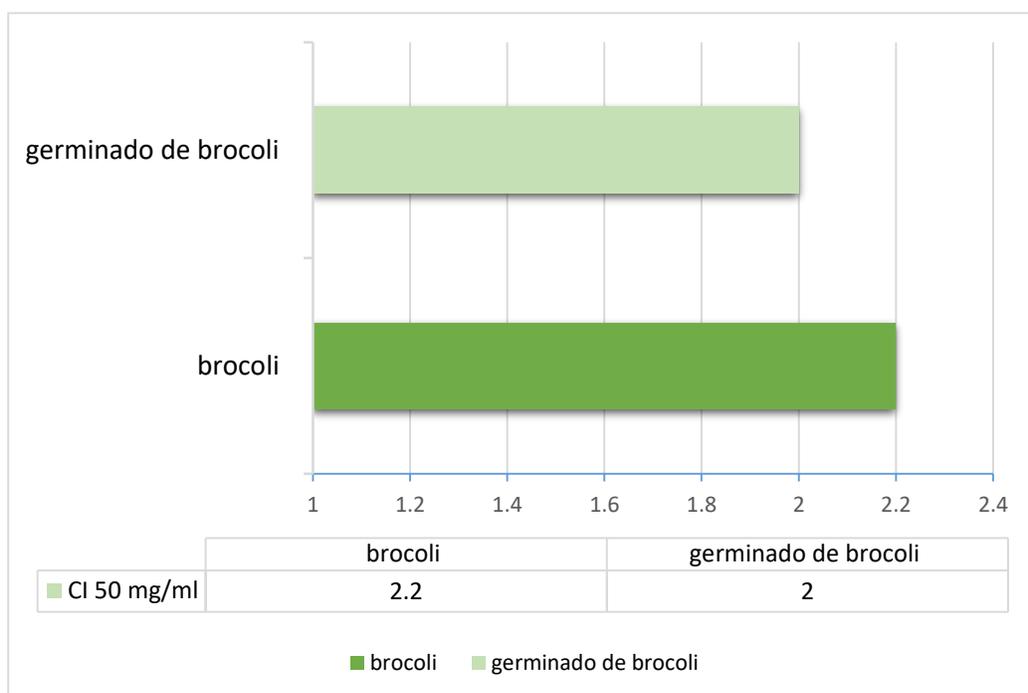
En la gráfica N° 1, se puede observar que la muestra del extracto acuoso de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), presenta una capacidad antioxidante según el IC 50 de 2.2mg/mL. Según el estudio realizado por Oliveira en el año 2013, se determinó la capacidad antioxidante del extracto del brócoli fresco, resultados similares con nuestros resultados, que obtuvo un IC 50 de 2.35mg/mL por lo cual podemos afirmar que presenta una buena capacidad antioxidante frente al radical DPPH*.

Gráfica N°2: Capacidad antioxidante del extracto acuoso de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli).



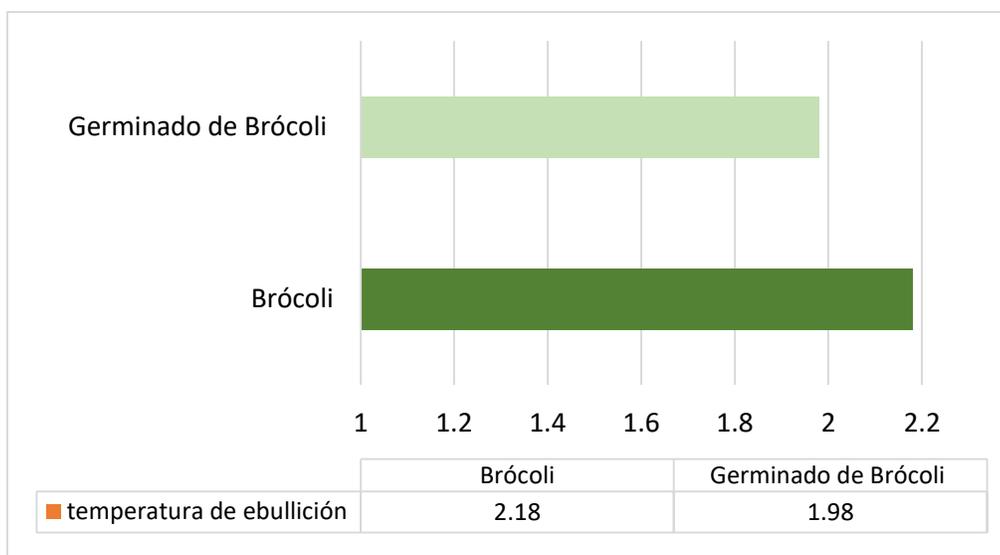
En la gráfica N°2, se observa que la muestra del extracto acuoso de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), presenta una capacidad antioxidante de 2.0mg/mL. Hinojosa en el año 2019, obtuvo un IC50 de 1.15mg/mL, resultados similares a lo obtenido en la presente investigación.

Gráfica N°3: Comparación de la capacidad antioxidante según IC 50 del extracto acuoso de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (Brócoli) fresco y Germinado.



En la Gráfica N°3, al comparar la capacidad antioxidante de los extractos acuosos de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (Brócoli) fresca y germinado, se observa que el germinado, presenta una mejor capacidad antioxidante debido a que su CI: 50mg/ml = 2.0 mg/mL es menor en comparación al brócoli que presenta un IC:50 mg/mL = 2.2 mg/ml ya que requiere una menor concentración de muestra para reducir al radical DPPH*

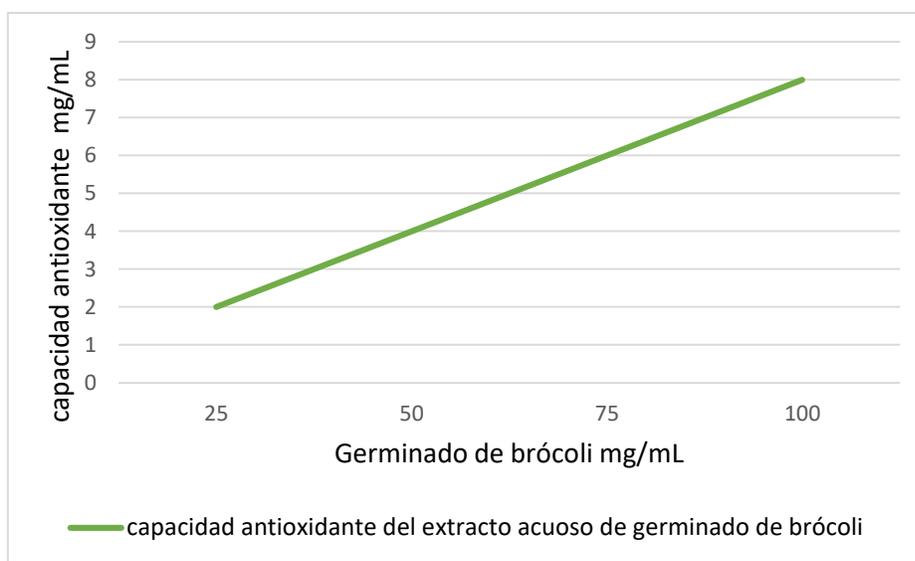
Gráfica N°4: Comparación de la capacidad antioxidante según IC 50 del extracto de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (Brócoli) fresco y germinado a temperatura de ebullición.



En la gráfica N° 4, se observa que el germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), sometiéndolo a temperatura de ebullición se obtiene un IC50 de 1.98 mg/mL, así mismo Oliveira en el año 2013 al someter el brócoli fresco a temperatura de ebullición obtuvo un IC50 de 2.12mg/mL, si lo comparamos con la presente investigación podemos apreciar una ligera disminución de su capacidad antioxidante, pudiendo estar mediado por factores como la cosecha, el grado de maduración, procedencia, etc. En otra investigación realizada por López en el año 2017, obtuvo una capacidad antioxidante similar a la presente investigación, se trabajó a una concentración de 25ul de extracto acuoso de brócoli y expuesto a una temperatura de ebullición de 10 minutos, muestra una

capacidad antioxidante en el brócoli de 2.07mg/ml, comparado con nuestros resultados obtuvimos 2.18 mg/ml, por lo que podemos inferir que evidencia un comportamiento similar cuando el extracto de brócoli se expone a la temperatura de ebullición.

Grafica N°5: Comparación de las concentraciones del extracto acuoso de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli) sobre la capacidad antioxidante.



En la gráfica N°5, se comparó la variación de la capacidad antioxidante, ejercida por las muestras de extracto acuoso de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), a diferentes concentraciones cuyos valores estuvieron comprendidos entre 25, 50, 75 y 100 mg/mL, pudiendo apreciar una correlación directa al incremento de las concentraciones de las muestras de germinado de brócoli. Realizando una

comparación con la tesis realizada por Quiroz, en el año 2015, que trabajo con el extracto acuoso de *Allium ampeloprasum L, variedad porum* (poro), menciona que a una mayor concentración de extracto acuoso mejora la capacidad antioxidante, ya que se logra alcanzar un 50% de reducción de DPPH *.

V. CONCLUSIONES

- La temperatura ejerció un ligero incremento de la capacidad antioxidante total comparándola con la temperatura ambiente.
- El extracto acuoso fresco de germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), en relación directa a su Concentración, ejerce mayor capacidad antioxidante que el brócoli fresco, frente al sistema generador de radicales DPPH*.
- La capacidad antioxidante total y la concentración, muestran una correlación directa, tanto para el extracto acuoso fresco como el germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli).
- La temperatura y la concentración modifican la capacidad antioxidante del extracto acuoso fresco y germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli).

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda consumir el germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli) de manera fresca y cocida, siendo esta última la más recomendada debido al ligero incremento de antioxidantes presentes.

- ✓ Se recomienda el consumo de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli), de manera cocida, ya que de esta manera se aprovecha mejor los antioxidantes presentes en esta crucífera.

- ✓ Se recomienda realizar más estudios, sobre el efecto de someter al germinado de *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli) a diferentes temperaturas y diferentes concentraciones, ya que no hay muchas investigaciones relacionadas a este tema.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta. J., Martínez. B., Cerdá. A., Gómez. B. & Núñez. E. (2018). Alimentos de la región de Murcia: Brócoli. Universidad Católica de Murcia, España.

Arretero. J. (2014). Dieta, antioxidantes y prevención de enfermedades. [tesis]. Universidad de Valladolid, España.

Ayala. R. (2014). Extracto de cascara de granada como antimicrobiano y potenciador antioxidante en germinados de alfalfa. [tesis]. Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., México.

Bastías. M. & Cepero. B. (2016). La vitamina c como un eficaz micronutriente en la fortificación de alimentos. Revista chilena de nutrición, 43(1).

Braga. J. (2015). Evaluación metabólica y efecto antioxidante de camu camu y maca como nutraceuticos en jóvenes de 18 a 25 años de la amazonia peruana. [tesis]. Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú.

Bustos. J. & Guambaña. D. (2015). Determinar el nivel de estrés en las estudiantes de enfermería durante el internado rotativo integral en el hospital Vicente Corral Moscoso. (tesis). Universidad de Cuenca, escuela de enfermería, Ecuador.

Coaquira, M. (2019). Comparativo en postcosecha de seis cultivares de brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) Cayma. [Tesis]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, facultad de Agronomía, Perú.

Cedeño. P. (2016). Efecto del almacenamiento y envasado sobre las características de calidad funcional del brócoli (*Brassica oleracea, L.*). Universidad Miguel Hernández del CHE, España.

Crispín. R. (2011). Evaluación de la capacidad antioxidante de producto tradicionales de la región Junín “granadilla, guinda, habas, quiwicha, quinua, tuna tumbo y yacón”. [tesis]. Universidad Nacional del Centro del Perú, facultad de Ingeniería en industrias Alimentarias, Perú.

Córdoba. C., Ramón. P., Granado. L., Navarro. L. & Begoña. O. (2016). Evaluación del estatus nutricional de vitamina E. Sociedad Española de Bioquímica y Patología Molecular, España. Recuperado de: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/170944/4/RevLabClinaccept.pdf>

Cuerda. C. & Luengo. M. (2011). Antioxidantes y diabetes mellitus: revisión de la evidencia. Revista Nutrición hospitalaria, 26(1), España. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112011000100007

Cuesta. S. (2012). Estudio de los mecanismos moleculares implicados en el envejecimiento pancreático y hepático: modulación por hormona de crecimiento y/o melatonina. [tesis]. Universidad Complutense de Madrid, España.

García. A. & Ordoñez. K. (2015). Determinación del contenido de polifenoles totales y vitamina C presentes en el melón (*Cucumis melo L.*). [tesis] Universidad Rafael Urdaneta, facultad de Ingeniería Química, Venezuela.

Gomero. O. (2012). Evaluación de equivalencia de la capacidad antioxidante por el método FRAP del brócoli (*Brassica oleracea*) fresco y deshidratado. [tesis doctoral]. Universidad Nacional del Callao, Perú.

Coavoy. S. (2015). Evaluación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada (*Opuntia ficus-indica*) del distrito de San Bartolomé, Huarochirí, lima. [tesis]. Universidad Peruana Unión, Perú.

Chamorro. R. (2017). Efecto de la temperatura en la extracción por CO₂ supercrítico de carotenoides de zanahoria (*Daucus carota*). [tesis]. Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú.

Chaparro. D., Remigio. Y. & Elizalde. A. (2011). Efecto de la germinación sobre el contenido de hierro y calcio en amaranto, quinua, guandul y soya. *Revista Bromatología en el sector Agropecuario y agroindustrial*, 9(1), pp 51-59.

Chura. M. (2013). Efecto de la concentración de la raíz de yacón (*Smallanthus sanchifolia*) en su capacidad antioxidante frente a la formación de radicales libres. Universidad nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Diez. L. & Olives. I. (2018). Métodos analíticos para la determinación de antioxidantes en olivas. [tesis]. Universidad Complutense, facultad de Farmacia, España.

Documet. J. (2019). Efecto de tratamientos de ondas de luz led en la producción de germinados de alfalfa (*Medicago sativa*). [tesis]. Universidad Científica del sur, Facultad de ciencias ambientales, Perú.

Estévez. R. (2016). Antioxidantes alimentarios. Universidad de Córdoba. España.
Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=63914>

Gastón. C. & Melgarejo. I. (2017). Estudio de la germinación de dos especies de *Teucrium* protegidas en la región de Murcia. [tesis]. Universidad Politécnica de Cartagena, facultad de Ingeniería Agronómica, España.

Gonzales, A. (2015). Efecto inmunomodulador y antitumoral del extracto de *Brassica oleracea* L. var. botrytis (coliflor) sobre las células inmunes en *Mus musculus* var. swiss isigénicos con cáncer. [tesis doctoral].

Universidad Nacional de Trujillo, facultad de farmacia y bioquímica, Perú.

González. M. (2016). Aplicación de ultrasonido de potencia, luz visible y ultravioleta en hojas de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) y su efecto sobre actividad y concentración de compuestos antioxidantes. Universidad Autónoma de Puebla, facultad de ingeniería química, México.

González. S., Sabana. G. (2015). Identificación de fitoconstituyentes y caracterización de flavonoides en las inflorescencias de *Brassica oleracea l. Var. Botrytis* "coliflor" por cromatografía líquida de alta resolución-espectrometría de masas. Revista Farmaciencia de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Guija. E., Inocente. M. & col. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-difenil-1-picrihidrazilo (DPPH) para determinar la capacidad antioxidante. Rev. Horizonte Médico, 15(1), pp 57-60.

Guzmán. J. (2014). Evaluación de la cinética de degradación térmica de vitamina C en el jugo de papaya (*Carica papaya L.*) y maracuyá (*Passiflora edulis*). [tesis] Universidad de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ingeniería Química y metalurgia, Perú.

Guzmán. V., Irigoni. S. (2011). Estudio físico químico e identificación de sus metabolitos secundarios de las inflorescencias de *Brassica oleracea l. Var. Itálica* procedente del distrito de Tarma – Junín. [tesis] Universidad Nacional de Trujillo, facultad de farmacia y bioquímica, Perú.

Hinojosa. J., Cardona. A., Barrera. A., & Robles. M. (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. *Revista Ciencias Biológicas y de salud*, 21(3), pp 1-9.

Puerta. H. (2018). Desarrollo de una metodología para la obtención de ingredientes funcionales a partir de excedentes de cosecha de brócoli.

[tesis]. Corporación Universitaria Lasallista, facultad de ingeniería, Colombia.

Maldonado. O. & Jiménez. E. (2019). Radicales libres y su papel en las enfermedades crónicas. Revista Médica UV., 10(2), pp 32-39.

Márquez. E., Del Toro. C., Ruíz. S., Ramírez. J. & Uresti. R. (2015). Alimentos funcionales y compuestos bioactivos. México: editorial plazayvaldes.com. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Norma-Flores-Martinez/publication/342601000_Aceites_esenciales_como_antioxidantes_y_antimicrobianos_naturales/links/5efcaecf92851c52d60cc7e/Aceites-esenciales-como-antioxidantes-y-antimicrobianos-naturales.pdf#page=214.

Mazalaud. E. (2020). El sulforafano, los secretos del principal principio activo del brócoli. Revista medicina naturista, 14 (2), pp, 1-5. Disponible en : <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-ElSulforafanoLosSecretosDelPrincipalPrincipioActiv-7512766.pdf>

Meza. R. (2014). Evaluación del efecto de la temperatura de concentración en los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa concentrada de tuna anaranjada (*opuntia spp*). [tesis]. Universidad Nacional del Centro del Perú, facultad de ingeniería en industrias alimentarias, Perú.

Leguía. S. (2017). Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico de tres variedades de quinua germinada (*chenopodium quinua Willd*). [tesis]. Universidad Nacional José María Arguedas, facultad de ingeniería, Perú.

López, A. (2017). Efecto de diferentes métodos de cocción en el contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante en brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) y coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*). [tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de salud pública y nutrición, México.

Luna. E. (2015). Influencia del germinado y cocción húmeda en compuestos bioactivos de dos accesiones de cañihua. [tesis]. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Perú.

Martínez. N. (2019). Acción de los antioxidantes en los alimentos sobre la aterosclerosis. [tesis]. Universidad de Talca, facultad de ciencias de la Salud, Chile.

Pedregosa. J. (2017). Evaluación de los efectos del consumo de brotes de brócoli sobre la salud en mujeres menopáusicas con sobrepeso u obesidad. [tesis doctoral]. Universidad Católica San Antonio, escuela Internacional de doctorado, España.

Reyes, A., Rosas, L. y Campos, R. (2017). Propiedades antioxidantes del extracto acuoso de Brassica oleracea var. Sabellica. Revista de Ciencias Y Recursos Naturales, 3(8), pp 30-34

Rodríguez. R. (2017). Fundamentos de química general: Disoluciones, propiedades coligativas y gases ideales. Ecuador. UPSE.

Rodríguez. N. (2008). Efecto hipocolesterolémico del germinado de brócoli (Brassica oleracea var. italica) y extractos del mismo (glucosinolato y sulfurano) en un modelo animal (hámster). [tesis]. Instituto Tecnológico y de estudios superiores de monterrey, México.

Rojas. N. (2014). Extracto etanólico del fruto *cocos mucifera* con actividad antioxidante. [tesis]. Universidad Nacional de Nicaragua- león, facultad de ciencias químicas, Nicaragua.

Rubiano. J. & Verdugo. J. (2019). Temperatura de ebullición. Universidad Industrial de Santander, facultad de ciencias, Colombia.

Sánchez. J. (2020). Caracterización de la producción de compuestos bioactivos y análisis de proteínas en cultivos celulares de brócoli. [tesis]. Universidad de Murcia, España.

Sánchez. V. & Méndez. N. (2013). Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad. Revista de investigación Médica Sur. 20 (3), pp, 161-168. Disponible en : <https://www.medigraphic.com/pdfs/medsur/ms-2013/ms133e.pdf>

Oliveira. G, Troncoso. L, Guija. E, Núñez. M & Flores. J. (2013). Efecto del tratamiento térmico sobre la capacidad antioxidante total y contenido de polifenoles de brócoli, pimiento y tomate. Revista de investigación UNMSM, Vol. 73.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. (2019).

Materiales para la capacitación de semillas. Sitio web:

<http://www.fao.org/3/ca1495es/CA1495ES.pdf>

Quiroz. K., Troncoso. L., Guija. E. & Oliveira. G. (2015). Efecto de la temperatura y la concentración sobre la capacidad antioxidante del poro (*Allium ampeloprasum L., variedad porrum*). [tesis]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, facultad de medicina, Perú.

Valencia. E., Figueroa. I., Sosa. E. & Bartolomé. C. (2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. Revista de la facultad de ciencias químicas de México, vol. N° 16, pp,15-29.

Viada. E., Gómez. L. & Campaña. R. (2017). Estrés oxidativo. Correo Científico Médico. 21(1), Cuba. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1560-43812017000100014&script=sci_arttext&tlng=pt

Villagrán. M., Muñoz. M., Díaz. F., Troncoso. C. & Morales. L. (2019). Una mirada actual de la vitamina C en la salud y enfermedad. Revista chilena de nutrición, 46(6). Disponible:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-75182019000600800&script=sci_arttext

ANEXOS

Anexo 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Variables	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál será el efecto de la temperatura y la concentración sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso del germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli)?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el efecto de la temperatura y la concentración sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso del germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli).</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar el efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso del germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli). - Cuantificar el efecto de la concentración del extracto acuoso sobre la capacidad antioxidante del germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli). 	<p>Variable:</p> <p>Independiente</p> <p>Concentración</p> <p>Temperatura</p> <p>Dependiente</p> <p>Capacidad antioxidante</p> <p>Indicadores:</p> <p>T° ambiente</p> <p>T° ebullición</p> <p>Mg/ml de muestra</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimental <p>Diseño de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Método deductivo <p>Población:</p> <p>Germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli), obtenidas de los supermercados Wong, ubicado en el distrito Santiago de Surco, en la av. Santiago de Surco 15039.</p> <p>Muestra seleccionada:</p> <p>Se utilizarán 25uL de extracto acuoso del germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli), por cada ensayo del laboratorio que se realice. Se planea realizar cinco repeticiones por cada ensayo.</p>

Anexo 2

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIONES OPERACIONALES	INDICADORES	INDICADOR
Temperatura	Magnitud física que manifiesta el nivel de calor que presenta el ambiente o los cuerpos.	Temperatura en grados centígrados.	T° ambiente	17°C
			T° ebullición	100°C
Concentración	Es la cantidad de extracto acuoso disuelto, en una cantidad determinada de solvente.	Concentraciones del extracto de germinado de <i>Brassica oleracea var. italica</i> Plenck (brócoli).	mg/ml de muestra	25ml 50ml 75ml 100ml
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIONES OPERACIONALES	INDICADORES	INDICADOR
Capacidad antioxidante	Es la capacidad del antioxidante (contenido en la muestra) de atrapar al radical libre.	Capacidad de reducción del radical DPPH.	Porcentaje de reducción de la solución.	IC :50

Anexo 3

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

OBTENCION DEL EXTRACTO ACUOSO DEL

GERMINADO DE *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli).

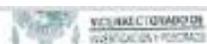
FECHA DE EVALUACION	DE	HORA DE INICIO DEL FILTRADO	HORA FINAL DEL FILTRADO	DEL	CANTIDAD OBTENIDA EN ml

Anexo 4

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS SOBRE LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ACUOSO DE L GERMINADO DE *Brassica oleracea var. italica* Plenck (brócoli).

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE						
FECHA	BLANCO	CONTROL	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
ALUMNA						
INSUMO						
GERMINADO DE BROCOLI						

Anexo 5



MUSEO DE HISTORIA NATURAL

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

CONSTANCIA N° 370-USM-2019

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

La muestra vegetal (rama florida) recibida de **Miriam Rosmery HUAMANI MEDINA**, estudiante de la Universidad ALAS PERUANAS, Facultad de Nutrición Humana, ha sido estudiada y clasificada como: ***Brassica oleracea* var. *italica* Plenck**, y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988).

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

SUB CLASE: DILLENIIDAE

ORDEN: CAPPARALES

FAMILIA: BRASSICACEAE

GENERO: *Brassica*

ESPECIE: *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck

Nombre vulgar: "brócoli"

Determinado por: Blgo. Severo Baldeón Malpartida

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

Lima, 29 de octubre de 2019



[Handwritten signature]
Dra. Mónica Arakaki Makishi
 JEFA (e) DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

Anexo 6**FOTOS****Foto N° 1**

Material biológico: Germinado de *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck
(brócoli)

**Foto N°2**

Pesando el germinado de *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck
(brócoli)

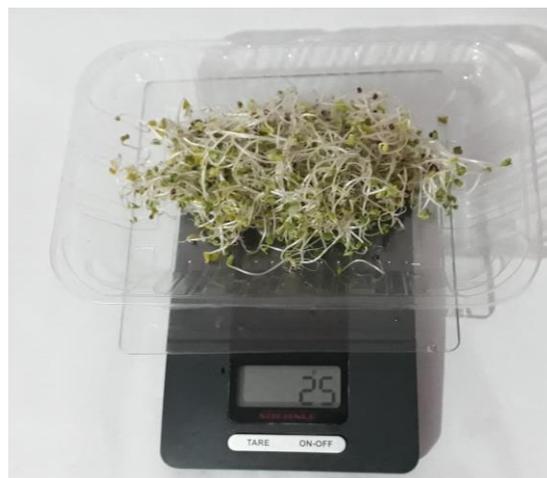


Foto N°3

Agregamos 100ml de agua destilada

**Foto N° 4**

Licamos 3 veces por 30 segundos



Foto N° 5

Filtramos, con ayuda de una gasa

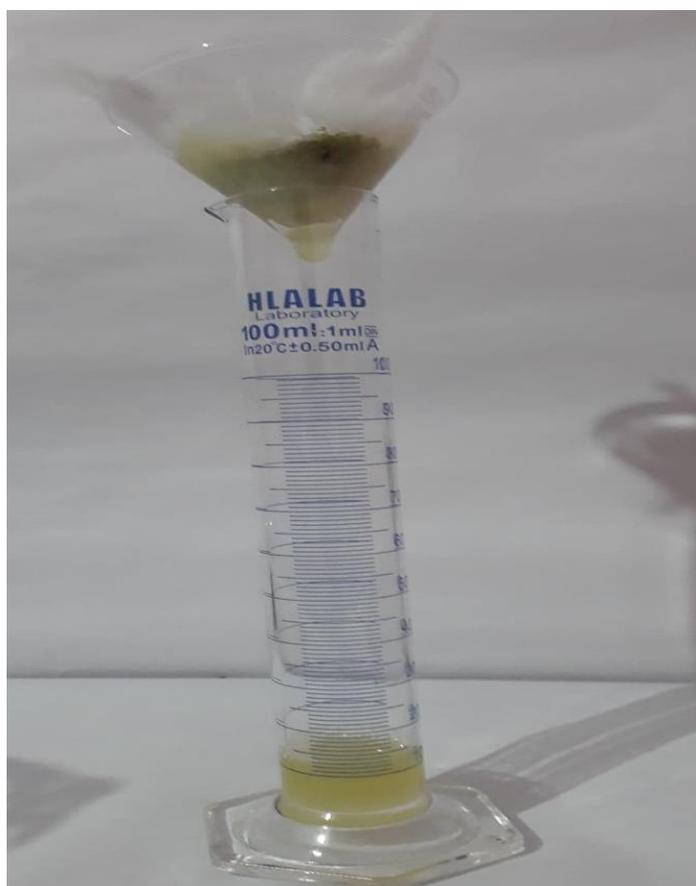


Foto N° 6

Tubos de ensayo con 5 ml de la muestra filtrada, lista para ser centrifugada por 30 min a 1500 rpm

