



UNIVERSIDAD  
**SAN IGNACIO**  
**DE LOYOLA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Carrera de Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios**

# **EXTRACCIÓN Y COMPARACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE RESIDUOS DE LA ALCACHOFA (*Cynara scolymus L.*) VARIEDAD 'GREEN GLOBE' Y SU APLICACIÓN COMO ANTIOXIDANTE EN UN PRODUCTO MÍNIMAMENTE PROCESADO**

**Trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios**

**ANGIE ISABEL CONDORI VELASQUEZ**

**ALEX TRINIDAD DE LA CRUZ**

**RILDO OCAN QUISPE**

**SANDY SAMIRA RODRIGUEZ BENITES**

**Lima - Perú  
2019**

## ÍNDICE

### INDICE DE TABLAS

### INDICE DE FIGURAS

<b>I. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>VI</b>
<b>II. ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>1</b>
<b>a. Problemática Observada, Necesidad, Tendencias (Oportunidad de Mercado) .....</b>	<b>1</b>
<b>b. Definición del Problema Detectado (Árbol de Problemas) .....</b>	<b>2</b>
<b>c. Antecedentes – Estado del Arte .....</b>	<b>3</b>
<b>d. Definición y Resumen del Proyecto .....</b>	<b>4</b>
<b>e. Propósito del Proyecto, Revisión de Restricciones: Legales, Naturales, Etc. (Marco Lógico del Proyecto) .....</b>	<b>6</b>
<b>i. Propósito del proyecto. ....</b>	<b>6</b>
<b>ii. Restricciones legales. ....</b>	<b>7</b>
<b>iii. Marco lógico. ....</b>	<b>10</b>
<b>f. Justificación del Proyecto .....</b>	<b>11</b>
<b>III. EVALUACIÓN DEL MERCADO .....</b>	<b>12</b>
<b>a. Información General .....</b>	<b>12</b>
<b>i. Entorno del mercado (nichos, competencia, mercados, carencias, oportunidades, benchmarking, etc.). ....</b>	<b>12</b>
<b>ii. Grado en que nuestro producto aborda el problema planteado. ....</b>	<b>15</b>
<b>IV. DISEÑO DEL PROYECTO .....</b>	<b>16</b>
<b>a. Matriz de Operacionalización de Variables .....</b>	<b>16</b>
<b>b. Metodología Experimental (Materiales y Métodos) .....</b>	<b>18</b>
<b>i. Residuos sólidos en el procesamiento de elaboración de conservas de alcachofa. ....</b>	<b>18</b>
<b>ii. Extracción de compuestos fenólicos. ....</b>	<b>19</b>
<b>iii. Determinación de fenoles totales mediante el método Folin ciocalteau. ....</b>	<b>22</b>
<b>iv. Procedimiento para la determinación de fenoles totales en la muestra y en patrones de ácido gálico. ....</b>	<b>23</b>
<b>v. Determinación de capacidad antioxidante mediante el método DPPH. ....</b>	<b>25</b>
<b>c. Diagrama de Flujo (Sustento de las Operaciones Unitarias a Emplear, Selección de Tecnologías de Conservación y Transformación, Equipos a Utilizar) .....</b>	<b>26</b>
<b>d. Lista de Materiales y Equipos, Materias Primas .....</b>	<b>28</b>
<b>i. Materia prima. ....</b>	<b>28</b>
<b>ii. Equipos. ....</b>	<b>28</b>
<b>iii. Materiales. ....</b>	<b>28</b>

iv. Reactivos .....	28
e. Plan de Ejecución de las Actividades del Proyecto .....	30
f. Diseño del Estudio de Vida Útil .....	34
g. Evaluación y Selección Preliminar del Empaque .....	36
<b>V. DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>37</b>
a. Ejecución del Diseño Experimental (Pruebas Preliminares) .....	37
b. Evaluación de Resultados Preliminares .....	42
c. Diagrama de Flujo Definitivo .....	50
d. Determinación del Proceso y Operaciones Definitivo .....	52
e. Evaluación Resultados Finales .....	60
i. Estudio de tiempo de vida definitivo. ....	64
f. Ficha técnica del producto o proceso .....	65
g. Prototipo Validado .....	66
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>70</b>
Anexo 1. Datos para la curva de calibrado para solución agua .....	70
Anexo 2. Datos para la curva de calibrado para solución etanol/agua .....	70
Anexo 3. Curva para IC50 en muestra antes de desolventizar .....	70
Anexo 4. Curva para IC50 en muestra desolventizado .....	71
Anexo 5. Tabla de distribución F de Fisher .....	72
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites máximos y mínimos de UFC en alimentos mínimamente procesado .....	8
Tabla 2 Condiciones de almacenamiento de aguacate.....	8
Tabla 3 Marco lógico.....	10
Tabla 4 Análisis de competidores para productos similares.....	13
Tabla 5 Cuadro de comparación de precios de mercados competitivos.....	15
Tabla 6 Identificación de variables.....	17
Tabla 7 Elaboración de solución madre.....	22
Tabla 8 Preparación de ácido gálico en diferentes concentraciones.....	22
Tabla 9 Estudio de vida útil del alimento mínimamente procesado (palta).....	35
Tabla 10 Matriz de entorno del empaque .....	36
Tabla 11 Rendimiento en el proceso de des bracteado antes del escaldado .....	37
Tabla 12 Rendimiento en la obtención de harina para brácteas sin escaldar.....	37
Tabla 13 Detalle de pesos del concentrado en des bracteado antes del escaldado .....	37
Tabla 14 Tiempo vs % humedad durante secado de bráctea sin escaldar .....	38
Tabla 15 Rendimiento para una unidad de alcachofa .....	39
Tabla 16 Rendimiento en el proceso de Des bracteado después del escaldado.....	39
Tabla 17 Rendimiento en la obtención de harina de brácteas escaldadas.....	40
Tabla 18 Detalle de pesos del concentrado en des bracteado luego del escaldado.....	40
Tabla 19 Temperatura vs %humedad durante secado de brácteas escaldadas.....	40
Tabla 20 Rendimiento para una unidad de alcachofa .....	41
Tabla 21 Aporte de contenido de compuestos fenólicos según tipo de procesamiento y método de extracción en brácteas .....	42
Tabla 22 Aporte de contenido de compuestos fenólicos en agua de escaldado.....	45
Tabla 23 Contenido de fenoles totales en una alcachofa .....	45
Tabla 24 Resultados por triplicado de fenoles totales obtenidos usando 2 tipos de solventes en brácteas C/S escaldado.....	46
Tabla 25 Análisis de varianza para los valores del contenido de fenoles totales de los tipos de solventes en brácteas c/s escaldado.....	46
Tabla 26 Análisis de varianza para los valores del contenido de fenoles totales en muestras y tipos de residuos.....	48
Tabla 27 Rendimiento del proceso definitivo.....	51
Tabla 28 Punto Crítico de control para harina de alcachofa .....	53
Tabla 29 Análisis de PCC1 para harina de alcachofa .....	55
Tabla 30 Análisis de PCC2 para harina de alcachofa .....	56
Tabla 31 Punto crítico de control para extracto .....	56
Tabla 32 Análisis de PCC1 para extracto .....	56
Tabla 33 Evaluación sensorial del pardeamiento enzimático durante el almacenamiento con o sin extracto de pulpa de palta.....	67

## INDÍCE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas .....	2
Figura 2. Flujo para la elaboración de conservas de alcachofa. (Bonilla, Lavalle, & Tandazo, 2007) .....	6
Figura 3. Flujo para la elaboración de conservas de alcachofa en España. (Martinez, 2015) ....	7
Figura 4. Mapa de posicionamiento dinámico de productos similares a extracto de alcachofa. ....	14
Figura 5. Mapa de posicionamiento dinámico de palta fresca. ....	14
Figura 6. Flujo de operación para la obtención de harina de alcachofa. ....	19
Figura 7. Métodos empleados en la extracción de fenoles a partir de harina. ....	20
Figura 8. Metodología experimental. ....	21
Figura 9. Curva patrón para solvente agua. ....	24
Figura 10. Curva patrón para solvente etanol: agua .....	24
Figura 11. Flujo para la obtención del extracto concentrado a partir de la operación de escaldado .....	26
Figura 12. Flujo de obtención de harina de alcachofa de residuos sólidos. ....	27
Figura 13. Gantt del proyecto .....	30
Figura 14. Gantt del proyecto .....	31
Figura 15. Gantt del proyecto .....	32
Figura 16. Gantt del proyecto .....	33
Figura 17. Curva de secado para brácteas sin escaldar. ....	38
Figura 18. Curva de secado para brácteas escaldadas. ....	41
Figura 19. Contenido total de FT (mg AGE/g materia seca) obtenido según el método de extracción y tipo de elaboración de conservas de alcachofa. ....	43
Figura 20. Comparación de resultados obtenidos en FT por diferentes autores vs. trabajo actual en brácteas de alcachofa. ....	44
Figura 21. Flujo de obtención del extracto desolventizado a partir de harina de alcachofa con etanol: agua. ....	50
Figura 22. DOP de la obtención del extracto desolventizado .....	52
Figura 23. Fenoles totales antes y después de la desolventización. ....	60
Figura 24. Distribución normal de los fenoles obtenidos en los tratamientos antes y después de la desolventización. ....	62
Figura 25. Prueba de varianza para cantidad de fenoles y tratamientos aplicados antes y después de la desolventización. ....	62
Figura 26. Media de los tratamientos antes y después de la desolventización. ....	63
Figura 27. Extracto desolventizado. ....	66
Figura 28. Cambios de color en la pulpa de palta en horas .....	67

## I. RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se realizó en la Universidad San Ignacio de Loyola en los laboratorios de investigación de la facultad de ingeniería y en la planta agroindustrial.

El trabajo se centró en el aprovechamiento de residuos orgánicos generados por la industria de conservas de alcachofa, se trabajó con la variedad de alcachofa “Green Globe”. Los objetivos de la presente investigación fueron: (a) extraer y comparar los compuestos fenólicos de residuos que genera la industria durante la elaboración de conservas de alcachofa y aplicar como antioxidante en un alimento mínimamente procesado (b) determinar el método de extracción en donde se obtenga mayor concentración de compuestos fenólicos tanto para brácteas escaldadas y no escaldadas (c) determinar el grado de pérdida de fenoles totales y reducción de capacidad antioxidante durante el proceso de desolventización. Para la cuantificación de fenoles totales se empleó el método de Folin-Ciocalteu y para determinar capacidad antioxidante la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH). Los resultados muestran que la extracción con metanol: agua (60:40) presentó un contenido de fenoles totales significativamente mayor que el método de extracción con agua tanto para brácteas escaldadas como para brácteas no escaldadas, para brácteas escaldadas se encontró 1.3399 mg AGE/g materia seca empleando etanol: agua y 0.9774 mg AGE/g materia seca empleando agua y para brácteas no escaldadas se encontró 13.0056 mg AGE/g materia seca empleando etanol: agua y 6.2932 mg AGE/g materia seca empleando agua; en el agua de escaldado la concentración de compuestos fenólicos fue 0.5708 mg AGE/g alcachofa cuando se escaldó después del desbractado y 0.0133 mg AGE/g alcachofa cuando se escaldó antes del desbractado. Por lo cual se escogió trabajar con brácteas no escaldadas ya que se obtuvo mayor concentración de fenoles totales en comparación con el resto de los residuos. Durante el desolventizado del extracto los fenoles totales disminuyeron de 13.0056 a 5.2288 mg AGE/g materia seca, en lo referido a la capacidad antioxidante la concentración de la muestra requerida para la inhibición del 50% de reactivo DPPH aumentó de 29.6173 a 41.7623 mg/ml. Para respaldar todos los resultados se aplicó el diseño factorial mediante ANOVA.

## **II. ASPECTOS GENERALES**

### **a. Problemática Observada, Necesidad, Tendencias (Oportunidad de Mercado)**

La producción de alcachofa tiene entre las perspectivas el aprovechamiento de los desechos industriales generados, la obtención de subproductos de los desechos de la alcachofa repercutirá favorablemente en la recuperación de su producción. En el caso de la alcachofa el porcentaje de residuos tiene valores muy elevados con un 80-85% (Pandino et al.,2013).

Esta falta de aprovechamiento de los residuos de la alcachofa es un problema para la industria ya que existe perdida dinero además de un aumento de la tasa de residuos acumulados y esto se debe a la falta de investigación de lo compuesto fenólicos y a una falta de tecnología que existe en el país.

b. Definición del Problema Detectado (Árbol de Problemas)

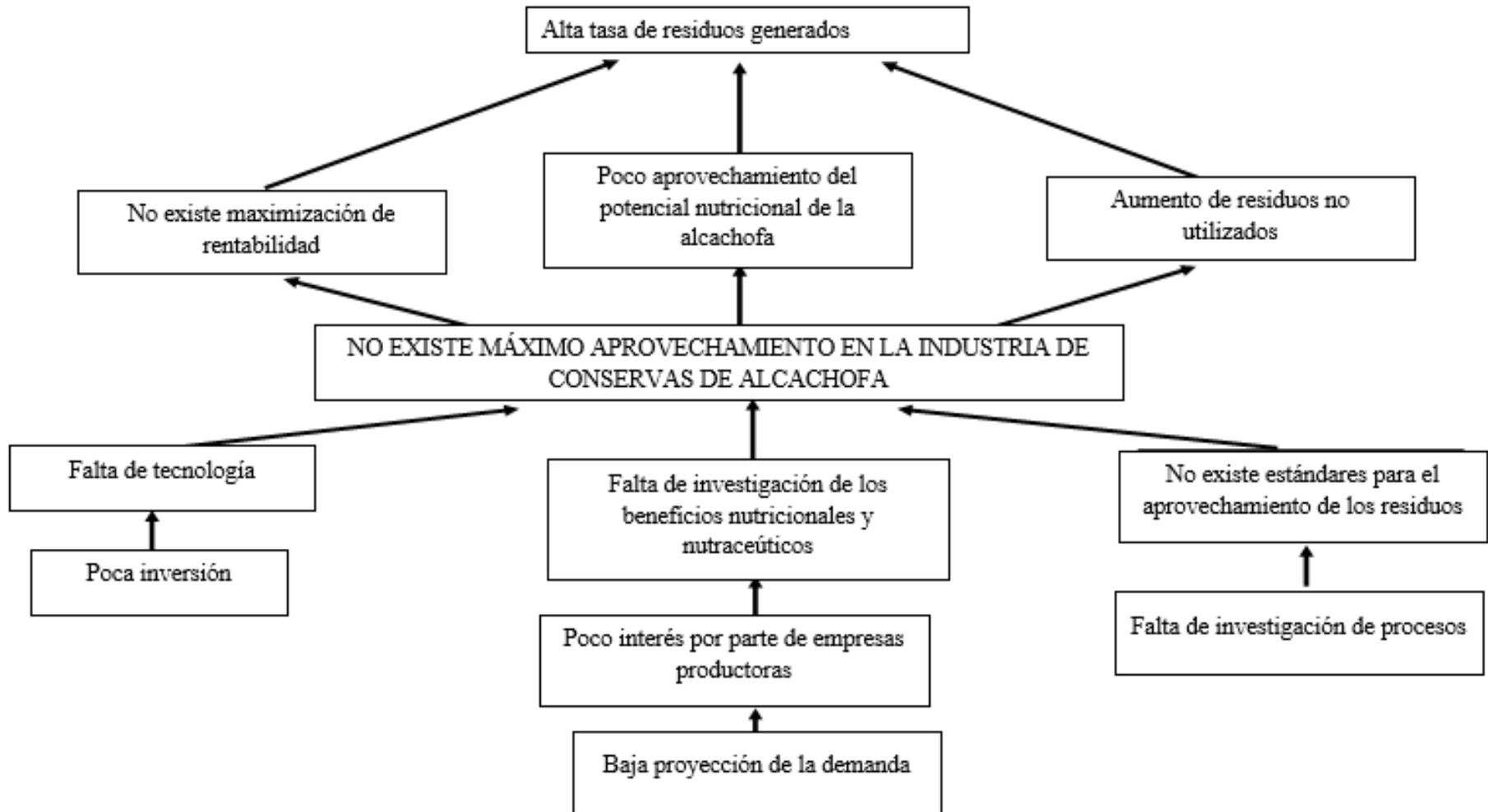


Figura 1. Árbol de problemas

### **c. Antecedentes – Estado del Arte**

Cimminelli (2018), en su investigación “Análisis de compuestos fenólicos en residuos de alcachofa”, estudió distintos métodos de extracción de compuestos fenólicos de residuos de alcachofa, así como: determinar la composición y la concentración de los compuestos fenólicos para cada método de extracción ensayado. Las muestras extraídas con metanol al 60% presentaron un contenido de ácidos hidroxicinámicos y flavonoides significativamente mayores que las extraídas con agua. La aplicación de ultrasonidos aumentó significativamente las concentraciones de ácido clorogénico, cinarina y luteolina-7-O-glucósido de las muestras tratadas con metanol al 60%, mientras que, en las extraídas con agua, incrementó levemente el contenido de apigenina y disminuyó el de narirutina. Como resultado de la investigación, concluyen que la presencia de compuestos antioxidantes en los residuos de alcachofa podría ser considerada como una fuente potencial para el reemplazo de antioxidantes sintéticos por antioxidantes naturales.

Boncún et al (2013), en “Capacidad antioxidante in vitro de los extractos acuosos e hidroetanólicos de las hojas de *Cynara scolymus* L. “alcachofa” frente al 2, 2-difenil-1-picrilhidrazilo”, evaluaron la capacidad antioxidante in vitro de los extractos acuosos e hidroetanólicos de las hojas de *Cynara scolymus* L. “alcachofa” frente al 2, 2- difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). Se prepararon los extractos hidroetanólico y acuoso al 20% (p/v) mediante extracción continua con soxhlet. Se determinó la capacidad antioxidante mediante el método desarrollado por Brand – Williams et al. (1995) cuyas lecturas espectrofotométricas se realizaron a 518 nm, los resultados fueron expresados en porcentaje de captura de DPPH\*. Los porcentajes de captura del radical DPPH\* del extracto hidroetanólico y acuoso de las hojas Alcachofa fueron 49,9% y 25,3% respectivamente. Y finalmente concluyen que el extracto hidroetanólico presentó mayor capacidad antioxidante que el extracto acuoso.

Las brácteas, tallo y hojas descartados en la industria, son el 80-85% de la biomasa total del vegetal, y representan una fuente potencial de compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes (Pandino et al., 2013a). Esta capacidad antioxidante se debe principalmente a la presencia de compuestos fenólicos (ácidos hidroxicinámicos y flavonoides) que se encuentran presentes en las distintas partes del vegetal (Fратиanni et al., 2007). Los principales ácidos hidroxicinámicos son el ácido clorogénico (ácido 5-O-cafeoilquínico), la cinarina (ácido 1,3-O-dicafeoilquínico) y el ácido cafeico (ácido 3,4-dihidroxicinámico). Los flavonoides más abundantes son la apigenina y derivados (apigenina-7-O-glucósido, apigenina-7-Orutinósido,

apigenina-7-O-glucurónido), la luteolina y derivados (luteolina-7-Oglucósido, luteolina-7-O-glucurónido, luteolina-7-O-rutinósido, luteolina-7-Omalonilglucósido), la narirutina (naringenina-7-O-rutinósido) y naringenina-7-Oglucósido (Lattanzio et al., 2009; Lombardo et al., 2010; Pandino et al., 2011; Garbetta et al., 2014; Dabbou et al., 2015; Colantuono et al., 2017).

Navarro (2018), en su estudio “Determinación de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante de extractos de orujo (epicarpo) de *Vitis vinífera* L. var. Italia y Negra criolla de residuos vitivinícolas como fuente de principios bioactivos aprovechables”, tuvo como objetivo general determinar los compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante de extractos de orujo (epicarpo) de *Vitis vinífera* L. var. Italia y Negra criolla de residuos vitivinícolas. Para ello se realizaron dos metodologías de extracción de compuestos fenólicos por maceración en agua - etanol (50%), extracción por 48 horas a temperatura ambiente y extracción por 3 horas a 40 °C. Los ES obtenidos por una extracción por 48 horas presentaron una mayor cantidad de fenoles totales en comparación a la extracción por 3 horas. La variedad Negra criolla presento mayor contenido de compuestos fenólicos que la Italia, y la muestra de ES que presentó una mejor capacidad antioxidante, fue la muestra extraída por 48 horas a temperatura ambiente y una menor capacidad antioxidante la extraída por 3 horas a 40°C. La variedad Negra criolla tiene mayor capacidad antioxidante que la variedad Italia.

#### **d. Definición y Resumen del Proyecto**

El proyecto presente se desarrolló con el fin de aportar una alternativa de solución a la problemática del exceso de residuos causado por la industria de conservas de alcachofa; la cantidad total de residuos orgánicos es la suma de residuos sólidos (en seco) y residuos sólidos arrastrados por el agua. “La cantidad de residuos sólidos equivale 80-85% de la biomasa total del vegetal, esta comprende las brácteas externas, tallo y hojas descartadas por la industria” (Pandino et al.,2013). En el sector de elaboración de conservas de alcachofa “el caudal de vertido de aguas residuales se encuentra entre 5-16  $m^3/t$  con un nivel de contaminación promedio de 600-1000 mg DQO/ml y entre 100-500 mg/l de sólidos en suspensión en aguas residuales”(UNIDO-UNEP,1998).

Se encontró que estos residuos orgánicos representarían una fuente potencial de compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes, en específico debido principalmente a la presencia de

compuestos fenólicos (ácidos hidroxicinámicos y flavonoides) los cuales se encuentran presentes en las distintas partes del vegetal (Fратиanni et al.,2007).

En este proyecto se simuló los diferentes procesos que ocurren en la industria de elaboración de conservas de alcachofa para obtener los residuos comunes producidos en este, así posteriormente se analizó el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en estos (brácteas externas y agua de escaldado). A su vez se puede identificar 2 tipos de procesamiento en la elaboración de conservas de alcachofa, estos se diferencian por el momento en que las brácteas son retiradas: antes del proceso de escaldado o después del proceso de escaldado. Debido a esta diferencia se obtendrá el contenido de fenoles y capacidad antioxidante en los residuos para ambos tipos de procesamiento.

Según ADEX Data trade “en el 2018 el Perú exportó US\$ 109’498,000 de alcachofas en conservas (41,919 toneladas)”, lo cual significaría que solo en el 2018 se produjeron aproximadamente entre 33,535 y 35,631 toneladas de residuos sólidos en la industria de conservas de alcachofa en el Perú, los cuales podrían ser una importante fuente de compuestos fenólicos, evitando su disposición final en un relleno sanitario.

**e. Propósito del Proyecto, Revisión de Restricciones: Legales, Naturales, Etc.**

**(Marco Lógico del Proyecto)**

**i. Propósito del proyecto.**

El propósito del proyecto presente es la reducción de los niveles de residuos que se genera al elaborar conservas de alcachofa y proponer la aplicación como antioxidante en alimentos mínimamente procesados de un extracto obtenido a base de residuos generados en la elaboración de conservas de alcachofa.

En la industria se puede observar dos formas en las que se lleva a cabo la elaboración de alcachofa, la primera se puede evidenciar en la Figura 2.

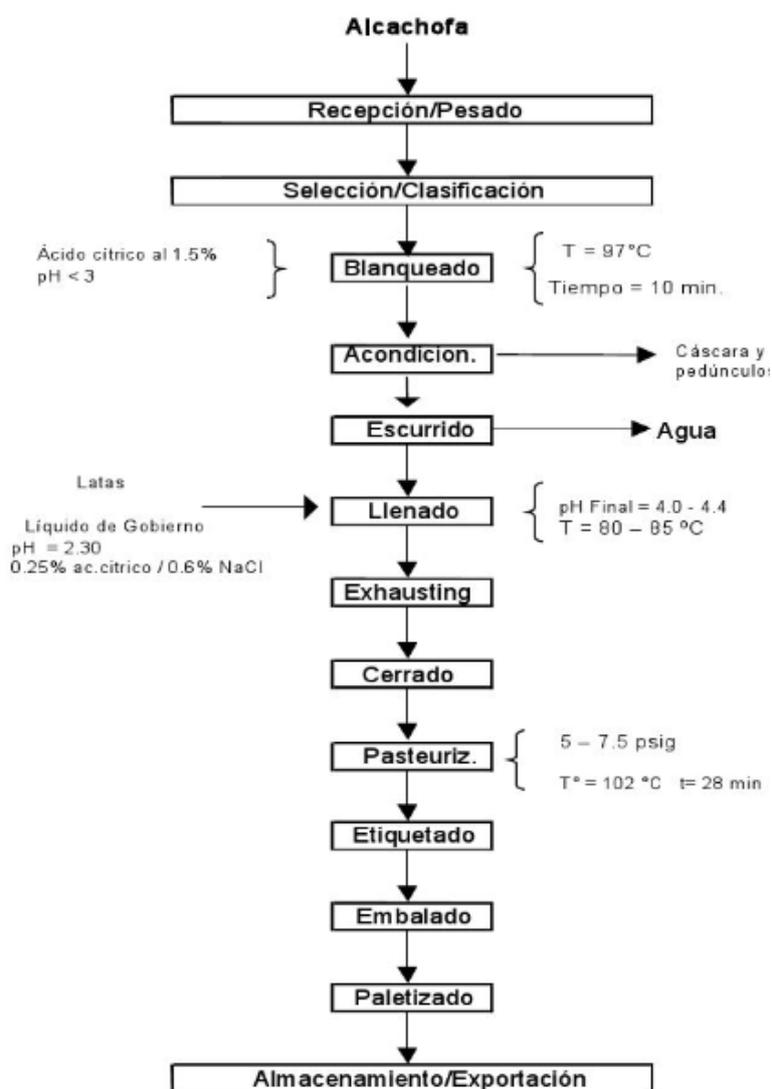


Figura 2. Flujo para la elaboración de conservas de alcachofa. (Bonilla, Lavalle, & Tandazo, 2007)

La segunda forma de elaboración se evidencia en la Figura 3.

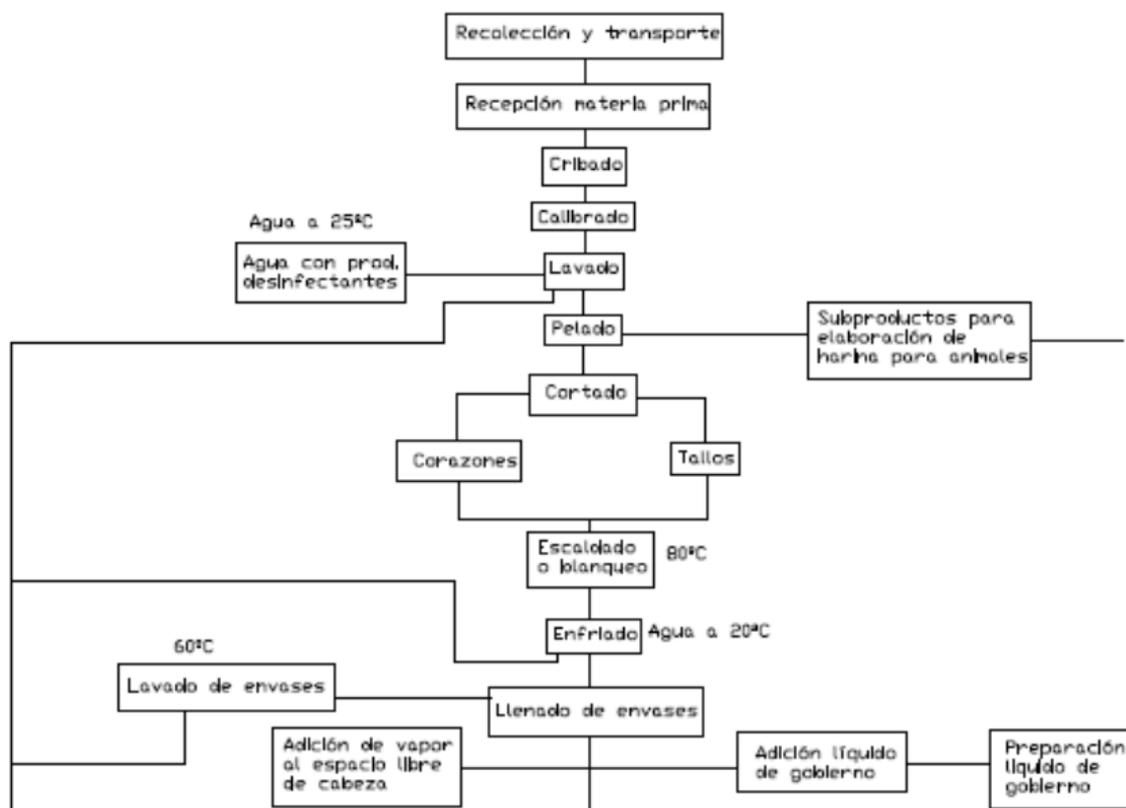


Figura 3. Flujo para la elaboración de conservas de alcachofa en España. (Martínez, 2015)

La Figura 3 representa un flujo el cual es un ejemplo de la forma de elaboración de conservas de alcachofa que realizan empresas españolas. Así lo que se plantea en este trabajo es evaluar ambas formas de elaboración.

Es importante mencionar que en España los residuos generados en esta industria son utilizados según Rodríguez (2009) “como principios activos para el tratamiento de la anorexia, hepatitis, arteriosclerosis, hipertensión arterial, etc. Por otra parte, se ha evidenciado el gran contenido de polifenol oxidasa y peroxidasa en las brácteas, estas enzimas son utilizadas en la biotecnológica, así la polifenol oxidasa se utiliza en la bioquímica clínica, en la determinación y cuantificación de metabolitos diversos”.

## ii. Restricciones legales.

La Tabla 1 muestra los límites máximos y mínimos de UFC que debe tener un alimento de cuarta gama, esto se debe tomar como referencia para la aplicación del extracto de residuo de alcachofa en el vegetal seleccionado (palta cortada en rodajas y acondicionada en una atmósfera modificada).

Tabla 1  
Límites máximos y mínimos de UFC en alimentos mínimamente procesado

Frutas Y Hortalizas Frescas Semiprocesados (Lavadas, Desinfectadas, Peladas, Cortadas Y/O Precocidas), Refrigerado Y/O Congelado							
Agente Microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g		
					m	M	
<i>Aerobios Mesófilos</i>	1	3	5	3	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>	
<i>Salmonella sp</i>	10	2	5	0	Ausencia/25 g		

*Nota:* “n”: número de unidades de muestra seleccionadas al azar de un lote, que se analizan para satisfacer los requerimientos de una determinada plana de muestreo. “c”: número máximo permitido de unidades de muestra rechazables en un plan de muestreo de dos clases o número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” en un plan de muestreo de 3 clases. Cuando se detecta un número de unidades de muestra mayor a “c” se rechaza el lote. “m” (minúscula): Límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. En general un valor igual o menor a “m”, representa un producto aceptable y los valores superiores a “m” indican lotes aceptables o inaceptables. “M” (mayúscula): Los valores de recuento microbiano superiores a “M” son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud. Fuente: MINSA/DIGESA-V01 (2008)

En la siguiente figura se detalla las temperaturas, composiciones gaseosas para las atmósferas de Equilibrio, Beneficio Esperado, Duración de la Conservación y/o Transporte y Aplicación Industrial del Envasado en Atmósfera Modificada a Frutas.

Tabla 2  
Condiciones de almacenamiento de aguacate

Producto	Temp. Óptima (°C)	Rango máximo (°C)	Concentraciones gaseosas		Beneficio potencial	Duración máxima en semanas
			kPa O <sub>2</sub>	kPa		
Aguacate	5-13	8-13	2-5	3-10	A-B	2-3

*Nota:* A=Excelente; B= Bueno; C= Regular; D= No beneficioso Fuente: Kader (1990, 2002), IIR (1995) y Artés (2004b), modificadas.

**Producción e industrialización de alcachofas.**

Italia es el más grande productor de alcachofa siendo el que destaca de los 20 países productores. El cultivo de la alcachofa está muy localizado en los países de la cuenca mediterránea (Italia, España, Francia, entre otros) que producen aproximadamente el 80% de la cosecha mundial (Maroto, 1992). Según FAOSTAT (2015), “el Perú se ubica entre los primeros cinco países productores de alcachofa”.

### iii. Marco lógico.

Tabla 3  
*Marco lógico*

Descripción fin y objetivo del proyecto	Indicador	Medio de verificación	Supuestos
Obtener un extracto de compuestos fenólicos a partir de desechos de la alcachofa	Porcentaje de compuestos fenólicos obtenido en el extracto a partir de las hojas utilizando dos métodos. Porcentaje de compuestos fenólicos obtenidos a partir del agua en el proceso de escaldado.	Informes de resultado al final del proyecto.	Se cuenta con el equipo necesario para la extracción de compuestos fenólicos.
Máximo aprovechamiento en la industria de conservas de alcachofas	Al menos un 5 % de reducción de desechos en el proceso de conserva de alcachofa.	Reporte de la industria de la alcachofa.	Las empresas en la industria e conservas de alcachofa están dispuestos a implementar el proceso para la extracción de compuestos fenólicos.
Estándares en la metodología para máximo aprovechamiento de residuos	Definición de parámetros y variables aplicados en la metodología de obtención de compuestos fenólicos.	Comparación de resultados con investigaciones previas de metodologías de extracción. Informe de resultados.	Los residuos de alcachofa contengan compuestos fenólicos para la aplicación de una metodología estándar.
Diseñar evaluar y comparar métodos para la obtención de compuestos fenólicos en los residuos fenólicos.	Determinación del proceso donde se obtenga el mayor porcentaje de compuestos fenólicos.	Informe de comparación de los resultados con los métodos propuesto	Cumplimiento de la metodología y resultados para la extracción de compuestos fenólicos.

## **f. Justificación del Proyecto**

La alcachofa es una fuente de compuestos bioactivos, con propiedades beneficiosas para la salud, tanto en su parte comestible como en la parte desechada por la industria.

El presente trabajo se enfoca en las partes que la industria desecha, ya que dichos residuos contienen antioxidantes los cuales pueden sustituir a antioxidantes sintéticos, ya que no presentan efectos perjudiciales para la salud y su efecto para inhibir la oxidación es equivalente o mayor (Namiki, 1990).

Actualmente existe una creciente demanda de aditivos de fuentes naturales, por lo que la sustitución de antioxidantes sintéticos por antioxidantes naturales podría ser una alternativa (Namiki, 1990). Por tanto, resulta de interés recuperar los compuestos fenólicos que se encuentran presentes en residuos vegetales (Pandino et al., 2011).

Conociendo la demanda existente, la extracción de compuestos fenólicos del agua de escaldado de la alcachofa y de los residuos de la alcachofa (hojas) se puede considerar como fuente potencial de estos compuestos.

Los antioxidantes naturales presentan diversas características de solubilidad, lo que permitiría aplicarlos en diferentes alimentos. Además, su extracción a partir de residuos sólidos de la industria reduciría la contaminación ambiental y tendría un impacto positivo en la economía (Dabbou et al., 2015).

Además, se podría maximizar los ingresos de la empresa ya que no perderían alrededor de 70 % de materia prima.

### III. EVALUACIÓN DEL MERCADO

#### a. Información General

#### i. Entorno del mercado (nichos, competencia, mercados, carencias, oportunidades, benchmarking, etc.).

##### Oportunidades

En cuanto respecta al procesamiento de alcachofa, Conidi et al. (2014) encontraron que el fraccionamiento de efluentes del proceso de blanqueado de esta hortaliza, mediante la filtración por membranas, conduce a ventajas significativas en términos de reducción de impacto ambiental, la recuperación de compuestos de alto valor añadido, logrando el ahorro de requerimientos de agua y de energía.

Asimismo, la alcachofa (*Cynara scolymus* L.) a nivel industrial se suele aprovechar su corazón mayoritariamente (40%) y por ello las hojas externas y sus tallos (60%) son desechados. Por todos es conocido que la parte comestible de la alcachofa contiene numerosas sustancias beneficiosas para la salud, pero en los últimos años también destacan estudios sobre las propiedades saludables que pueden presentar la fracción desechada (Agrowaste, 2013).

Ros et al. (2012) señalan que, dentro de las tecnologías más destacables de acuerdo al tipo de residuos, se puede dirigir hacia diversos tipos de industria como es la industria alimentaria (humana y animal), farmacéutica, química, entre otras, mediante la obtención de compuestos de interés a partir de los residuos y subproductos (por ejemplo: fenoles, vitaminas, compuestos aromáticos entre otros).

## Competencias

Tabla 4  
Análisis de competidores para productos similares

Empresa/ Marca	Tipo de producto	Competencia	Carencia	Oportunidades	Benchmarking
<b>VIDAX</b>	Harina de alcachofa	Nutri Mix	Poca cantidad Precio alto	Usos diversos	Interno, las actividades son similares pero en diferentes sitios.
<b>Bio aurora</b>	Harina de alcachofa	Super Natural	Precio bajo Baja información	Sin aditivo Sin preservantes	
<b>Natura Herbal Organic</b>	Harina de alcachofa	Nutri Mix	Precio alto	Sin aditivo Sin preservantes	
<b>Santa Natura</b>	Extracto de alcachofa	Soria Natural	Precio alto	Sabor aceptable Fresco	Competitivo, la venta de productos similares
<b>Soria Natural</b>	Extracto de alcachofa	Santa Natura	Precio alto Poco contenido	Fresca y duradera Mayor tiempo de vida útil	
<b>MEBOL SAC</b>	Paltas en rodajas	Inversiones Frigoríficas PRC SAC CALAVO (EE.UU)	Aceptabilidad alta	Usos diversos	Funcional, algunas empresas presentan acreditaciones por tener productos de nivel avanzado.
<b>Inversiones Frigoríficas PRC SAC</b>	Paltas en rodajas, trozos	MEBOL SAC	Baja información	Fresca y duradera Usos diversos	

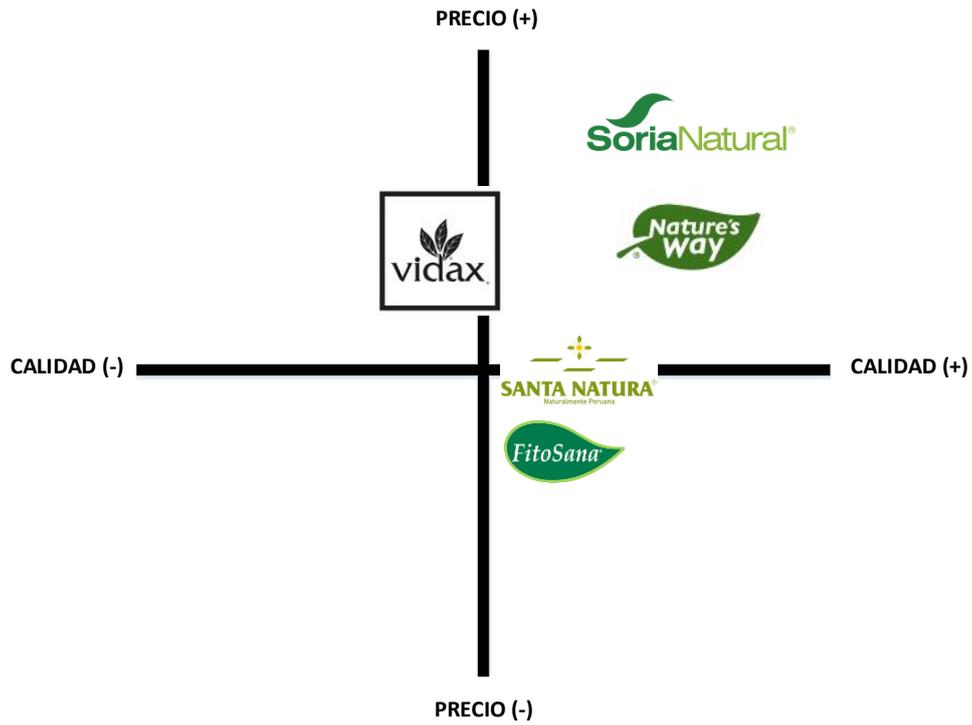


Figura 4. Mapa de posicionamiento dinámico de productos similares a extracto de alcachofa.

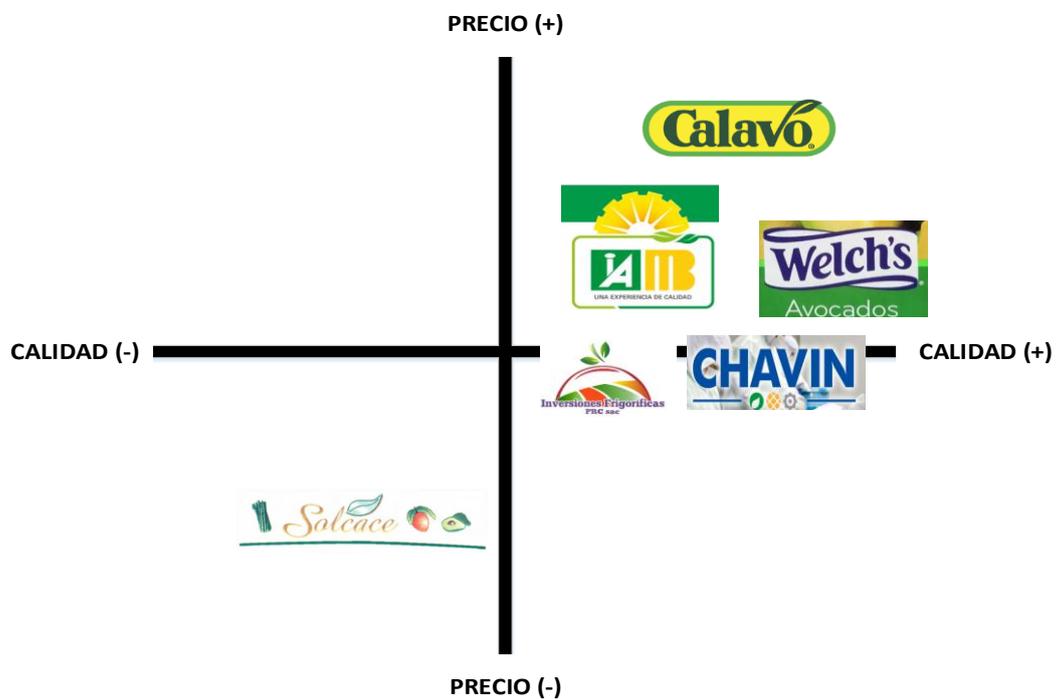


Figura 5. Mapa de posicionamiento dinámico de palta fresca.

Tabla 5  
Cuadro de comparación de precios de mercados competitivos.

Empresa/Marca	Producto	Precio	Cantidad
VIDAX	Harina de alcachofa	s/ 20	100 g
Nutri Mix	Harina de alcachofa	s/ 15	200 g
Santa Natura	Extracto de alcachofa	s/ 43	500 ml
Soria Natural	Extracto de alcachofa	s/ 26	50 ml
MEBOL SAC	Paltas en mitades (con o sin cáscara), en trozos, en cubos		
Inversiones Frigoríficas PRC SAC	Paltas congeladas en tajadas, en trozos y mitades		

**ii. Grado en que nuestro producto aborda el problema planteado.**

El producto planteado a elaborarse aborda totalmente el problema central identificado, ya que a través de este producto se reduciría el nivel de residuos generados en la industria de conservas de alcachofa mediante su aplicación en la industria alimentaria.

## IV. DISEÑO DEL PROYECTO

### a. Matriz de Operacionalización de Variables

#### **Objetivo general**

Determinar y comparar la cantidad de compuestos fenólicos en los diferentes residuos líquidos y sólidos obtenidos durante el escaldado previo al des bracteado y posterior al des bracteado; y aplicar el extracto con mayor contenido fenólico como antioxidante en un alimento mínimamente procesado.

#### **Objetivo específico**

Obtener un extracto rico en compuestos fenólicos a partir del agua de escaldado desechado en la industria de conservas de alcachofa para un escaldado previo al des bracteado y un escaldado posterior al des bracteado.

Determinar el método de extracción en donde se obtenga mayor cantidad de compuestos fenólicos de brácteas escaldadas y no escaldadas de alcachofa variedad Green Globe.

Determinar el grado de pérdida de fenoles totales y reducción de capacidad antioxidante durante la eliminación del solvente de extracción.

#### **Hipótesis general**

Los tipos de residuos sólidos y líquidos obtenidos en un escaldado previo al des bracteado y un escaldado posterior al des bracteado influye en la cantidad de compuestos fenólicos.

#### **Hipótesis Específicas**

El método empleado para extracción de compuestos fenólicos en brácteas escaldadas y sin escaldar influye significativamente en el contenido de fenoles totales en la variedad Green Globe.

El proceso de eliminación del solvente de extracción (etanol) influye en la cantidad de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

## Identificación de variables

Tabla 6  
*Identificación de variables*

OBJETIVO	VARIABLES
Determinar y comparar la cantidad de compuestos fenólicos en los diferentes residuos líquidos y sólidos obtenidos durante el escaldado previo al des bracteado y posterior al des bracteado.	<p><b>Independientes</b> X1=Tipo de residuo sólido y líquido</p> <p><b>Dependientes</b> Y1=Compuestos fenólicos totales</p>
Determinar el método de extracción para brácteas en donde se obtenga mayor cantidad de compuestos fenólicos para la variedad Green Globe en cada tipo de elaboración de conservas.	<p><b>Independientes</b> X1=Tipo de solvente utilizado para la extracción de compuestos fenólicos</p> <p><b>Dependientes</b> Y1= Compuestos fenólicos totales</p>
Determinar el grado de pérdida de fenoles totales y reducción de capacidad antioxidante durante la eliminación del solvente de extracción.	<p><b>Independiente</b> X1=Desolventización o no del extracto</p> <p><b>Dependiente</b> Y1= Compuestos fenólicos totales Y2=Capacidad antioxidante</p>

## **b. Metodología Experimental (Materiales y Métodos)**

### **i. Residuos sólidos en el procesamiento de elaboración de conservas de alcachofa.**

Tomando como ejemplo a la Empresa agroindustrial Inti agro S.A.C “se generan tres tipos de residuos durante el procesamiento para producir alcachofa en conserva los cuales son: puntas, brácteas externas y productos defectuosos” (Martínez 2016, p.35).

Además, durante el procesamiento de escaldado de corazones de alcachofa la cual ocurre a 90 °C por 5 minutos en una relación alcachofa: agua de 1: 2 , se obtiene un agua residual, el cual según investigaciones previas podría tener altos niveles de compuestos fenólicos (Cruzado, Pastor, Castro, y Cedrón, 2013). Por lo cual, se simuló el procesamiento de conservas de alcachofa con el fin de obtener los mismos residuos generados por esta industria.

### **Harina a partir de residuos de alcachofa: brácteas externas.**

Con las brácteas generadas en la simulación de procesamiento de conservas de alcachofa, se procedió a obtener harina de alcachofa, a continuación, se describe el procedimiento seguido.

#### **Acondicionamiento**

Después de recolectar los residuos durante el proceso de des bracteado, estos son cortados y colocados de forma homogénea en cada una de las bandejas del secador.

#### **Secado**

En este proceso “se seca los residuos seleccionadas anteriormente en un secador de bandejas con aire caliente a 60°C hasta llegar a un contenido de humedad final de 6.72 %” (Martínez 2016, p. 36).

#### **Molido**

“El producto obtenido en el proceso anterior es molido en un molino de cuchillos hasta obtener una harina homogénea con un tamaño promedio de partícula de 1 mm de diámetro” (Martínez, 2016, p.36).

#### **Envasado**

La harina obtenida se envasa, se optó por usar bolsa aluminio termosellable.

Lo mencionado anteriormente se muestra en la Figura 6

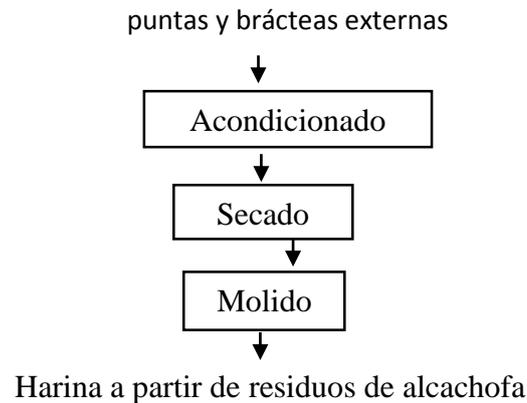


Figura 6. Flujo de operación para la obtención de harina de alcachofa

### Agua residual

#### Acondicionamiento

El agua obtenida del proceso de escaldado es recolectado y llevado a la zona de concentración.

#### Concentrado

Se concentró en un evaporador de bola, donde se controló tiempo, temperatura y presión, según lo requerido.

#### ii. Extracción de compuestos fenólicos.

Para el proceso de extracción de compuestos fenólicos en cuanto a la harina se llevó a cabo 2 métodos de extracción en los cuales se usó 4g de este, en caso del agua de escaldado no se hará algún otro tratamiento (Cimminelli, 2018). Esta operación se realizó a temperatura ambiente.

A continuación, se describe los pasos seguidos para la extracción de fenoles en harina:

“Se mezcló 4g de harina con 100 ml de agua para el primer método y con etanol: agua (60:40 v/v) para el segundo método. Para cada método se aplicó el siguiente tratamiento: 30 minutos en baño de ultrasonidos (US) seguido de agitación a temperatura ambiente durante 1 hora”, ya que en investigaciones anteriores este tratamiento resultó eficaz (Cimminelli, 2018).

Además, se decidió utilizar etanol ya que “es un solvente ambientalmente amigable y su uso es permitido en la industria alimentaria” (Zuorro, 2014).

## Centrifugado

El extracto obtenido en ambos métodos se llevó a centrifugar por un periodo de 15 minutos a 4500 RPM.

## Filtrado

Finalmente se filtró ambas muestras. Todo este procedimiento se muestra en la Figura 7.

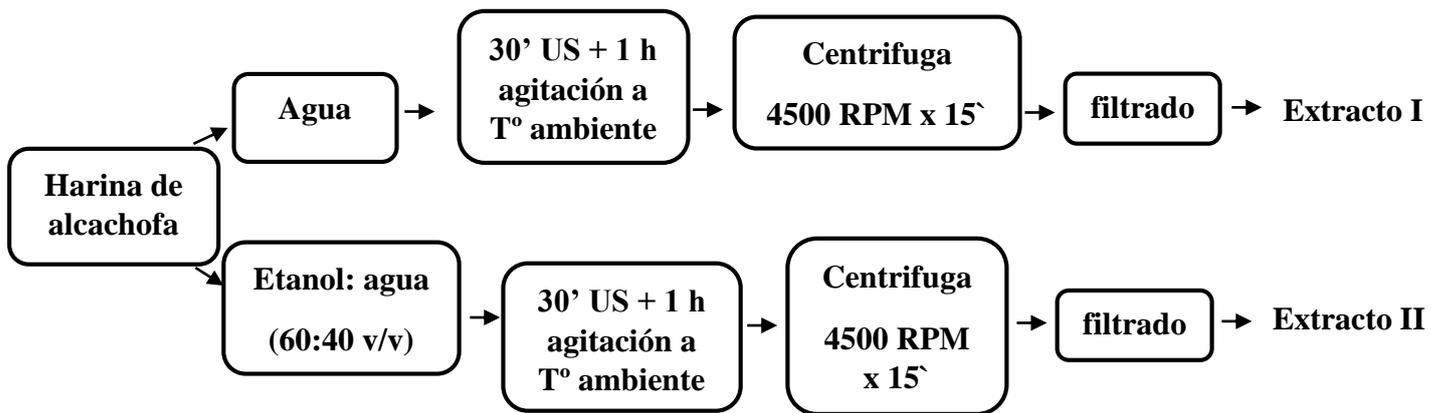


Figura 7. Metodos empleados en la extracción de fenoles a partir de harina.

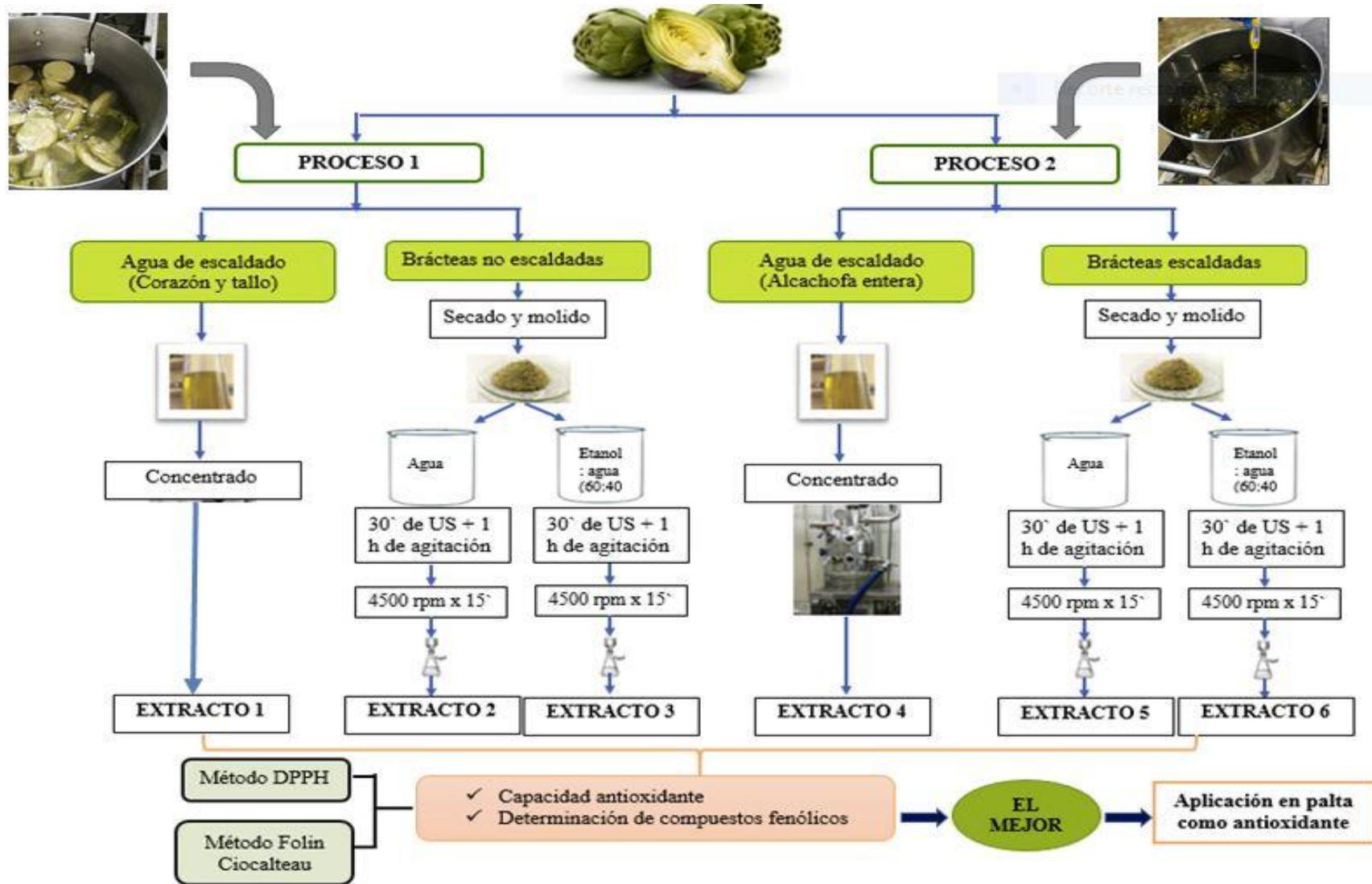


Figura 8. Metodología experimental.

### iii. Determinación de fenoles totales mediante el método Folin ciocalteau.

Se utilizó el método de Folin Ciocalteau, “este se utiliza como medida del contenido en compuestos fenólicos totales en productos vegetales, se basa en la reacción de los compuestos fenólicos con el reactivo de Folin-Ciocalteau (mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico), a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 725 nm” (Swain y Hills,1959).

#### Preparación de la curva estándar

Se trabajó con una solución de ácido gálico de 100  $\mu\text{g/ml}$  (solución madre) preparado como se indica en la Tabla 7.

Tabla 7  
*Elaboración de solución madre*

Concentración de ácido gálico ( $\mu\text{g/ml}$ )	
<b>Reactivos</b>	100
Ácido gálico (g)	0.01
Solvente (ml)	100

A partir de esta disolución se preparó 25 ml de disoluciones diluidas de concentraciones crecientes de ácido gálico entre 0 y 70 ppm, según indica la Tabla 8.

Tabla 8  
*Preparación de ácido gálico en diferentes concentraciones*

Concentración ( $\mu\text{g/ml}$ ) de ácido gálico					
<b>Reactivos</b>	0	5	10	40	70
Solución madre (ml)	-	1.25	2.5	10	17.5
Solvente (ml)	25	23.75	22.5	15	7.5

Cada disolución se homogenizo, se mantuvo en oscuridad y en refrigeración.

Para el extracto I se utilizó como solvente agua destilada, y para el extracto II se utilizó como solvente etanol: agua (60:40 v/v).

**iv. Procedimiento para la determinación de fenoles totales en la muestra y en patrones de ácido gálico.**

Se colocó 100 µl de: extracto de alcachofa (I o II), concentrado o de cada dilución de patrón de ácido gálico, posteriormente se añadió 750 µL del reactivo Folin diluido al 10 % v/v. Dependiendo de la muestra a analizar se realizó diluciones extras, con el fin que se encuentre dentro del rango de la curva estándar elaborado previamente. Se homogenizo el contenido y se dejó reposar por 5 minutos en oscuridad. Luego se adiciono 750 µL de una solución de carbonato de sodio al 7.5 % p/v en agua, se agito durante 30 s y se incubo durante 60 minutos en oscuridad. Finalmente se midió la absorbancia a 725 nm. El blanco se preparó utilizando una dilución etanol/agua para el extracto II.

La cuantificación de los fenoles totales se llevó a cabo utilizando una recta de calibrado para cada compuesto analizado, que resulto en las siguientes ecuaciones:

Ecuación para solvente agua

$$Abs_{muestra} = 0.0789 * \frac{mg \text{ acido galico eq}}{ml \text{ muestra}} + 0.0182$$

Donde:

Abs Absorbancia

Ecuación para solvente etanol: agua

$$Abs_{muestra} = 0.1074 * \frac{mg \text{ acido galico eq}}{ml \text{ muestra}} + 0.0428$$

Donde

Abs Absorbancia

Las rectas de calibrado se muestran en la Figura 9 y 10. Y los datos referidos a este se encuentran los anexos 1 y 2.

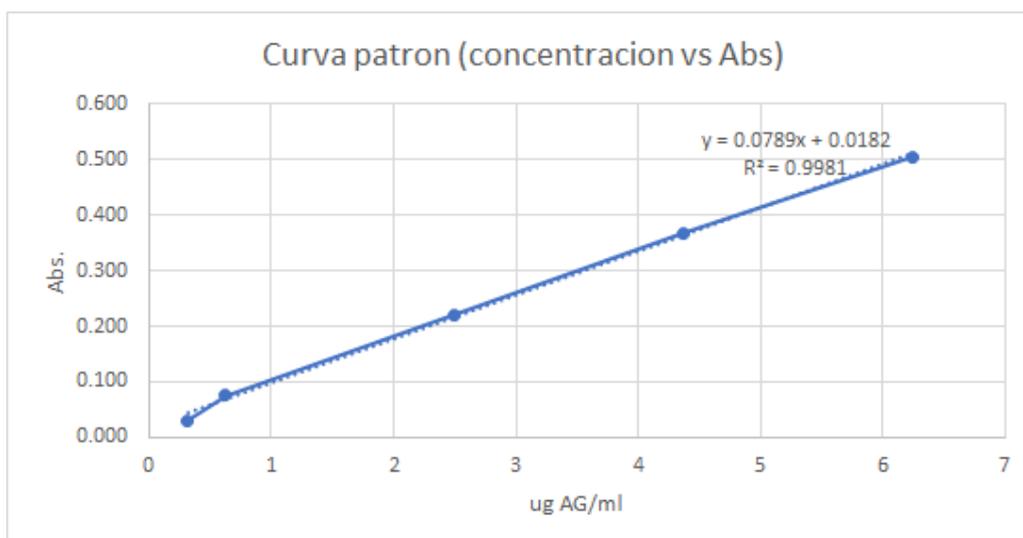


Figura 9. Curva patrón para solvente agua.

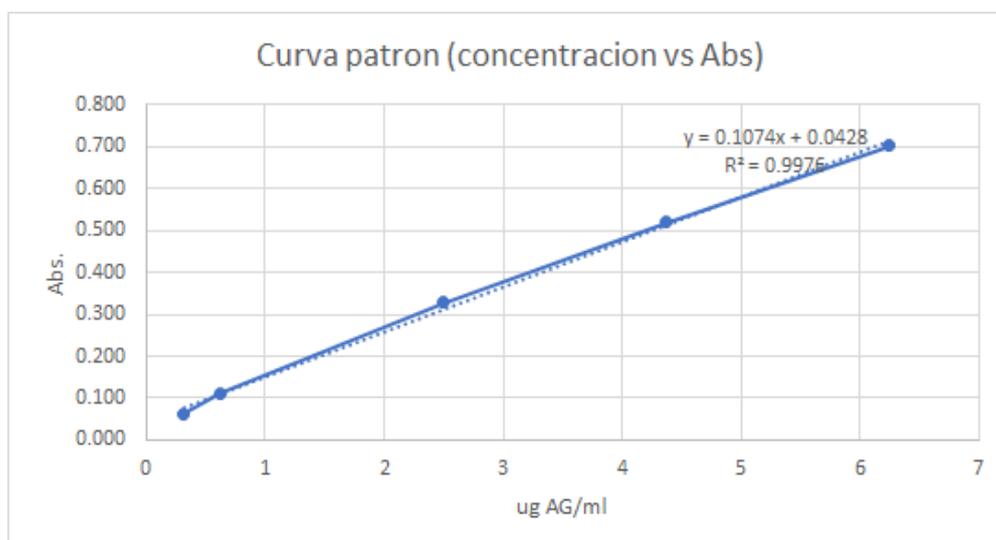


Figura 10. Curva patrón para solvente etanol: agua

Para determinar la cantidad exacta en mg AGE/g de muestra se construyó la siguiente ecuación:

$$C \left( \frac{\text{mg AGE}}{\text{g de muestra}} \right) = \frac{C_{\text{curva}} \times V \times F_d \times F_c}{m}$$

Donde:

V volumen (ml)

M masa de harina (g)

$C_{\text{curva}}$  concentración ( $\mu\text{g AGE/ml}$ )

$F_d$  Factor de dilución

$F_c$  Factor de conversión

AGE Ácido Gálico Equivalente

#### v. Determinación de capacidad antioxidante mediante el método DPPH.

“El método DPPH se basa en la reacción en la que el radical libre estable DPPH de un color azul intenso, sustrae un átomo de hidrogeno proveniente de una sustancia donadora de electrones, y como consecuencia de ello se produce una disminución del color del DPPH hasta tornarlo pardo claro” (Muedas, La Rosa & Robles, 2008b). La concentración stock de DPPH fue de 0.2 mg DPPH/ml metanol 80%, posteriormente se diluyo con metanol 80% hasta llevar a una absorbancia de 1.090 esta solución reporto una concentración de 0.043 mg DPPH/ml, para la construcción de la curva se tomó 950  $\mu\text{L}$  de la solución de DPPH obtenida y 50  $\mu\text{L}$  de muestra en concentraciones de 10,20,30 y 40 mg harina/ml, se leyó durante 30 minutos cada 30 segundos. Todo lo anterior se trabajó a 515 nm.

**c. Diagrama de Flujo (Sustento de las Operaciones Unitarias a Emplear, Selección de Tecnologías de Conservación y Transformación, Equipos a Utilizar)**

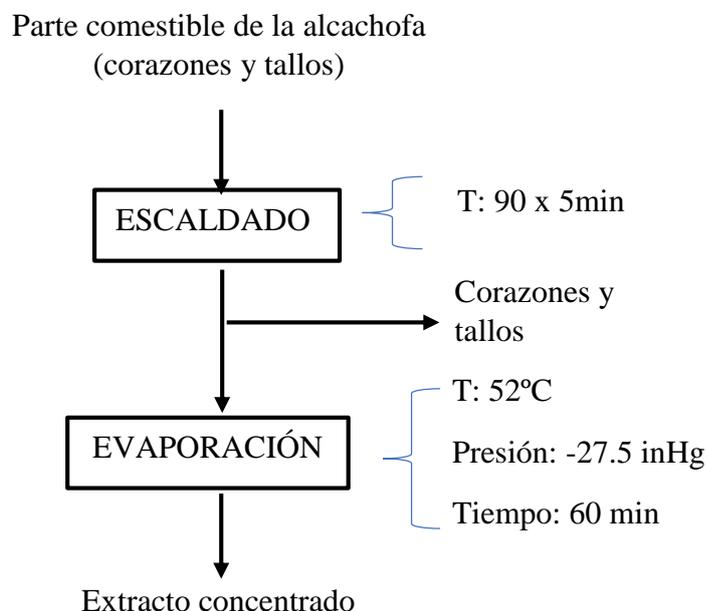


Figura 11. Flujo para la obtención del extracto concentrado a partir de la operación de escaldado

### Escaldado

Esta fase se realiza para la inactivación de enzimas por calor y para el ablandamiento parcial del producto, que se lleva a cabo a una temperatura de 80°C por un corto tiempo consiguiendo así evitar el pardeamiento enzimático (Cerezo, 2015).

Se escaldó en una relación de 1:2 (Alcachofa-Agua) a una temperatura 5 minutos. En la industria, es llevada a cabo en un tanque de acero inoxidable. En esta investigación se escaldó en una olla de acero inoxidable.

### Evaporación

La evaporación es el método utilizado para la concentración de disoluciones por ebullición (Suárez et al, 2015).

Esta operación se realizó en un evaporador de bola, desde 27 L hasta 3 L para el agua de escaldado con brácteas, y para el agua de escaldado sin brácteas se concentró desde 5.8 L a 5.5 L. sin el uso del evaporador de bola.

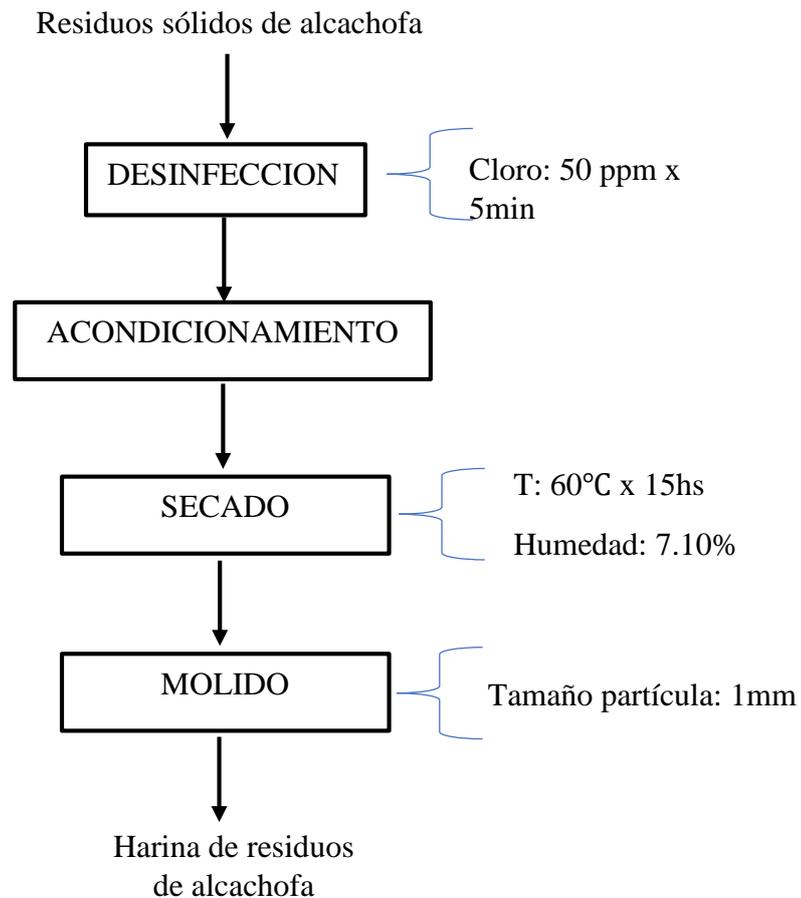


Figura 12. Flujo de obtención de harina de alcachofa de residuos sólidos.

**Desinfección.** Es una medida de saneamiento y cumple la función de eliminar los agentes patógenos (SENASA, 2004).

**Acondicionamiento.** Inmediatamente después de desinfectar las brácteas, estos fueron distribuidos en forma homogénea en las bandejas para secar.

**Secado.** Este proceso consiste en secar los residuos de alcachofa con aire caliente a 60°C hasta alcanzar un contenido de humedad de 6.72% (Martínez, 2016).

**Molido.** Los residuos secos ingresan a un molino de cuchillos hasta obtener partículas de aproximadamente 0.595 mm de diámetro (Martínez, 2016).

**d. Lista de Materiales y Equipos, Materias Primas****i. Materia prima.**

- Alcachofa (*Cynara scolymus L.*) variedad Green Globe
- Palta fuerte (*Persea americana*)

**ii. Equipos.**

- Secador de bandeja
- Molino
- Congelador
- Cocina
- Equipo para medir la humedad
- Termómetro
- Selladora
- T-200
- Espectrofotómetro UV- Visible
- Balanza analítica
- Centrifuga
- Evaporador de bola

**iii. Materiales.**

- Micropipetas de 10-100  $\mu\text{l}$ , 100-1000  $\mu\text{l}$ .
- Material de vidrio (Matraces aforados a 25 ml y 10 ml, Matraces aforados a 25 ml y 10 ml, Pipetas de 1, 5, 10 ml, Fiolas de 100, 25 y 250 ml, Vidrio de reloj, Beaker de 100ml, botellas de vidrio de 330ml, Embudo).
- Materiales de aluminio (Bandejas, colador, bolsas de 10x10 cm)
- Materiales de plástico (bandejas, bolsas de polietileno, tubos de ensayo con tapón, tubos de centrifuga, Cubetas de plástico de 3 ml para espectrofotometría visible).
- Otros (cuchillos, tablas de picar, ollas, cucharon, barra magnética, propipetas, papel filtro).

**iv. Reactivos.**

- Ácido gálico (ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico)
- Agua destilada
- Reactivo Folin-ciocalteau 2N

- Carbonato de sodio
- Reactivo DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo)
- Metanol 98%
- Etanol 96 % grado alimentario

e. Plan de Ejecución de las Actividades del Proyecto



Figura 13.Gantt del proyecto





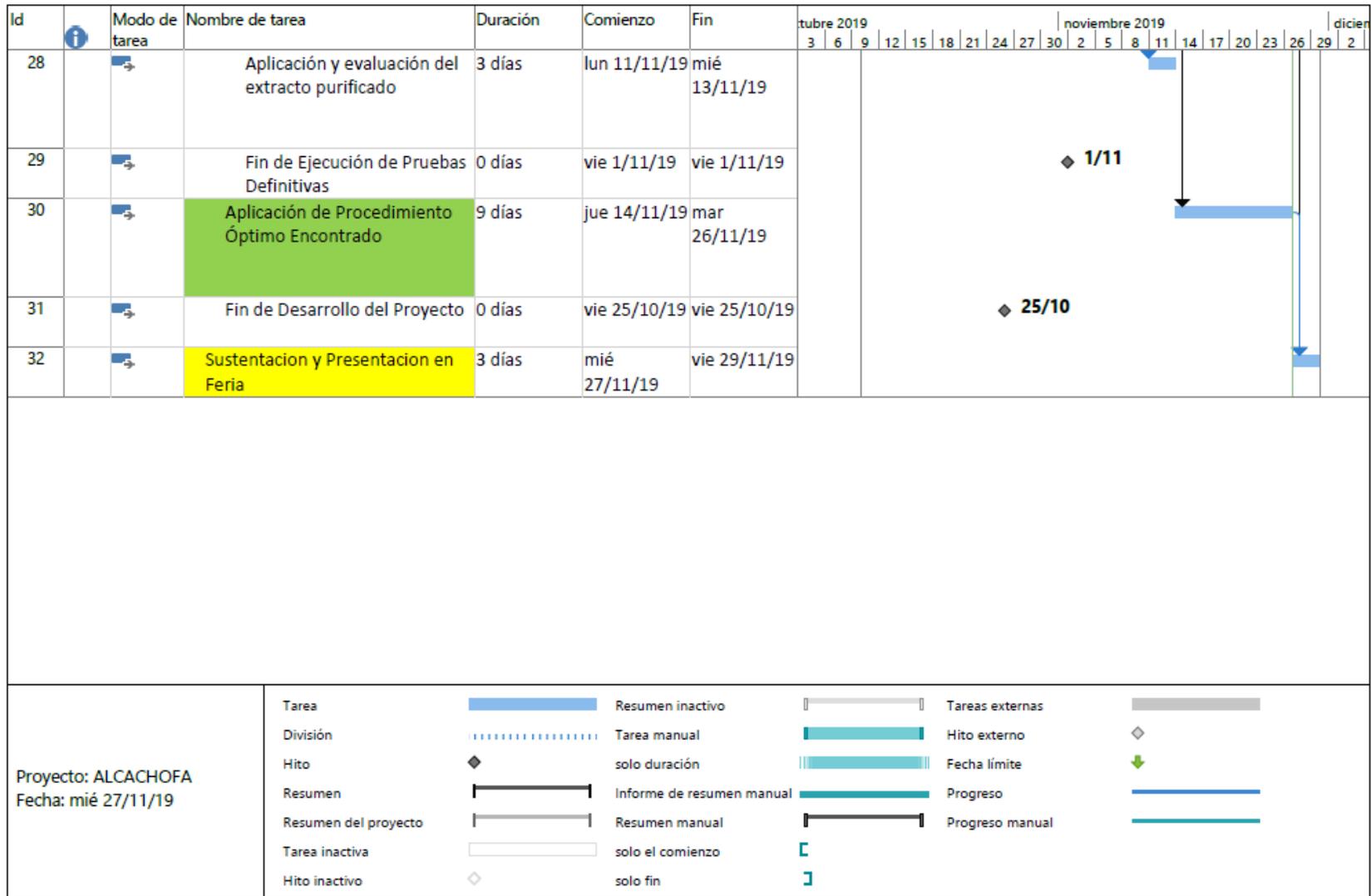


Figura 16. Gantt del proyecto

## **f. Diseño del Estudio de Vida Útil**

Con el fin de aplicar y evaluar la capacidad antioxidante del extracto, se eligió trabajar en pulpa de palta fresca ya que según Hernández y Briseño (2019) “el pardeamiento enzimático producido por la enzima polifenol oxidasa es un problema, porque la pulpa de la palta presenta cambios en su apariencia y características organolépticas disminuyendo su calidad”.

Diseño de estudio de vida útil del alimento mínimamente procesado (palta)

- Nombre Del Producto: Palta en rodajas
- Tipo De Conservación: Refrigeración 5- 13 °C
- Tipo De Procesamiento: Adición de sustancias.
- Tipo De Envase: Bandejas de plástico
- Tipo De Envasado: Envasado no aséptico
- Condiciones De Almacenamiento (Condiciones Normales): Refrigerado 5-13°C.

Tabla 9  
*Estudio de vida útil del alimento mínimamente procesado (palta)*

Factores para evaluar		Tipo de prueba	Tipo de muestreo
<b>Composición</b>	<b>Ambientales</b>	Estabilidad/ acelerada.	<p>Se realizó un muestreo simple por horas para determinar el tiempo de vida y se evaluó el aspecto sensorial enfocándose en el color de la palta.</p> <p>El diagrama muestra un eje horizontal etiquetado como 'HORAS' que va de 0 a 30. Hay una línea superior que indica el 'FIN DE VIDA UTIL'. Se marcan los puntos de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 horas. Una línea curva abarca los intervalos entre 0 y 5 horas, y entre 5 y 10 horas, etiquetada como 'INTERVALOS DE CAMBIOS ORGANOLÉPTICOS'. Flechas descendentes indican 'EVALUACIÓN SENSORIAL (COLOR)' a las 5, 10, 15 y 30 horas.</p>
<b>Sensoriales:</b> Limite crítico. Color de la palta por un pardeamiento enzimático	<p>Aerobios Mesófilos: límite mínimo <math>10^4</math> y límite máximo <math>10^6</math> ambos límites son por gramo del alimento.</p> <p>Escherichia coli: límite mínimo 10 y el límite máximo <math>10^2</math> ambos límites son por gramo de muestra.</p> <p>Temperatura óptima del alimento con atmosfera modificada 5 – 13 °C</p>		

### g. Evaluación y Selección Preliminar del Empaque

El oxígeno es el principal agente responsable del deterioro de los materiales orgánicos expuestos al aire. Es un agente destructivo, tóxico, en determinadas circunstancias, para las células. De igual forma la luz solar, la cual tiene fotones energéticos de longitudes de onda más corta, del ultravioleta, son potencialmente perjudiciales a causa de sus interacciones destructivas con muchas moléculas celulares, como aminoácidos de proteínas, bases de ácidos nucleicos y lípidos de membranas (Duran y Padilla, 1993).

Por lo descrito anteriormente se decidió por un envase de vidrio oscuro el cual posee las siguientes ventajas que se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10  
*Matriz de entorno del empaque*

	<b>FÍSICO</b>	<b>ENTORNO AMBIENTAL</b>
<b>CONTENCIÓN</b>	El envase de vidrio tiene diferentes formas de cierre lo que permite que se selle bien el envase para evitar que el extracto se salga del envase y se contamine.	Las características del envase de vidrio es que es higiénico, inerte y no interfiere con el sabor ni olor de los alimentos.
<b>PROTECCIÓN</b>	Resiste productos calientes o fríos, antisépticos, pasteurizados o esterilizados	No permite el traspaso de oxígeno por consecuencia, no altera el color ni el sabor del extracto de alcachofa.
<b>CONVENIENCIA</b>	el envase aporta mayor vida del producto en anaquel	Cuando es desechado, el envase de vidrio resiste a la agresión de sustancias y contamina el medio ambiente.

## V. DESARROLLO DEL PROYECTO

### a. Ejecución del Diseño Experimental (Pruebas Preliminares)

A continuación, se muestra el peso y rendimiento de 38 alcachofas que se utilizaron para simular el tipo de procesamiento de conservas de alcachofa en donde se obtiene agua de escaldado de corazones y harina de brácteas sin escaldar.

Tabla 11

*Rendimiento en el proceso de des bracteado antes del escaldado*

Detalles	Pesos		Rendimiento
	Gramos	Kilos	%
Alcachofas (38 Unidades)	15135.7	15.136	100%
Corazón Y Tallo	2920.1	2.92	19%
Brácteas	11482.66	11.483	76%
Merma	732.94	0.733	5%

La Tabla 12 se muestra el peso de obtención de harina de brácteas sin escaldar.

Tabla 12

*Rendimiento en la obtención de harina para brácteas sin escaldar*

<b>Obtención De La Harina De Brácteas Sin Escaldar</b>			
Detalles	Pesos		Rendimiento
	Gramos	Kilos	%
Brácteas antes de secado	11482.66	11.4826	100%
Brácteas Secas	3444.798	3.445	30%
Agua	8037.862	8.038	70%
<b>Proceso: Molienda</b>			
Brácteas antes del Molino	3444.798	3.445	100%
Harina de alcachofa	3272.558	3.273	95.01%
merma	172.24	0.17224	5.00%

La Tabla 13 muestra el peso del agua necesario para escaldar los corazones y tallos de alcachofa con una reducción del 5 % en el peso del agua luego del escaldo por una evaporación del agua durante el proceso.

Tabla 13

*Detalle de pesos del concentrado en des bracteado antes del escaldado*

Agua De Escaldado De Corazones Y Tallos		
Detalles	Pesos	
	Gramos	Kilos
Agua antes del escaldado	5840.200	5.840
Agua después del escaldado	5548.190	5.548

A continuación, se presenta una gráfica en base a lo obtenido durante el secado (tiempo vs humedad)

Tabla 14

*Tiempo vs % humedad durante secado de bráctea sin escaldar*

Tiempo	% humedad
0	84.86%
01:00	66.46%
02:00	33.13%
03:00	29.84%
04:00	13.83%
15:00	7.08%

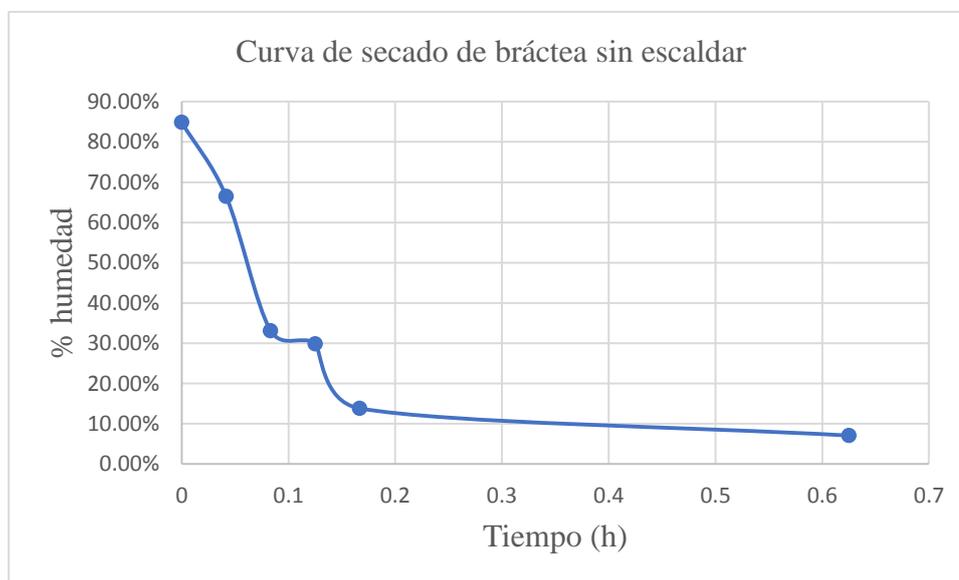


Figura 17. Curva de secado para brácteas sin escaldar.

A continuación, se muestra todos los pesos y rendimientos en la obtención de: harina de brácteas sin escaldar y concentrado para una unidad de alcachofa.

Tabla 15  
Rendimiento para una unidad de alcachofa

Detalles	Pesos Por Unidad		Rendimiento
	Gramos	Kilos	%
Alcachofas	398.308	0.398	100%
Corazón Y Tallo	76.845	0.077	19%
Brácteas	302.175	0.302	76%
Merma	19.288	0.019	5%
<b>BRÁCTEAS</b>			
<b>Proceso: Secado</b>			
Brácteas antes de secado	302.175	0.302	100
Brácteas secas	90.653	0.091	30
Agua	211.522	0.212	70
<b>Proceso: Molienda</b>			
Brácteas antes de la molienda	90.653	0.091	100
Harina de alcachofa	86.12	0.086	95
Merma	4.533	0.005	5
<b>AGUA DE ESCALDADO</b>			
Agua para escaldado	153.689	0.154	100
Agua evaporada	7.684	0.008	5.40
Concentrado	146.005	0.146	94.60

Los pesos y rendimientos para el tipo de elaboración de conservas de alcachofa en donde se obtiene brácteas escaldadas y agua de escaldado se muestran a continuación.

Tabla 16  
Rendimiento en el proceso de Des bracteado después del escaldado

Detalles	Pesos		Rendimiento
	Gramos	Kilos	%
Alcachofas (14 Unidades)	5547.8	5.548	100%
Corazón Y Tallo	1054.082	1.054	19%
Brácteas	4216.328	4.216	76%
Merma	277.39	0.277	5%

En la Tabla 17 se muestra los detalles para la obtención de harina de brácteas escaldadas.

Tabla 17

*Rendimiento en la obtención de harina de brácteas escaldadas*

<b>Obtención De La Harina De Brácteas Escaldadas</b>			
<b>Detalles</b>	<b>Pesos</b>		<b>Rendimiento</b>
	<b>Gramos</b>	<b>Kilos</b>	<b>%</b>
Brácteas antes de secado	4216.328	4.216328	100
Brácteas Secas	1264.898	1.265	30
Agua	2951.43	2.95143	70
<b>Proceso: Molienda</b>			
Brácteas antes de la molienda	1264.898	1.265	100
Harina de alcachofa	1201.653	1.202	95.02
Merma	63.245	0.063	4.98

La Tabla 18 muestra el peso del agua necesario para escaldar alcachofas enteras, se obtuvo una reducción del 5 % en el peso del agua luego del escaldo.

Tabla 18

*Detalle de pesos del concentrado en des bracteado luego del escaldado*

<b>Agua De Escaldado De Alcachofas Enteras</b>			
<b>Detalles</b>	<b>Pesos</b>		<b>Rendimiento</b>
	<b>Gramos</b>	<b>Kilos</b>	<b>%</b>
Agua Antes Del Evaporador	27739	27.739	100%
Agua Después Del Evaporador	3000	3	11%

La Tabla 19 muestra la relación tiempo vs humedad en el proceso de secado de brácteas escaldadas.

Tabla 19

*Temperatura vs %humedad durante secado de brácteas escaldadas*

<b>Tiempo</b>	<b>% humedad</b>
0	85.01%
02:00	67.00%
03:00	30%
04:00	12.00%
10:00	9.00%
15:00	7.10%

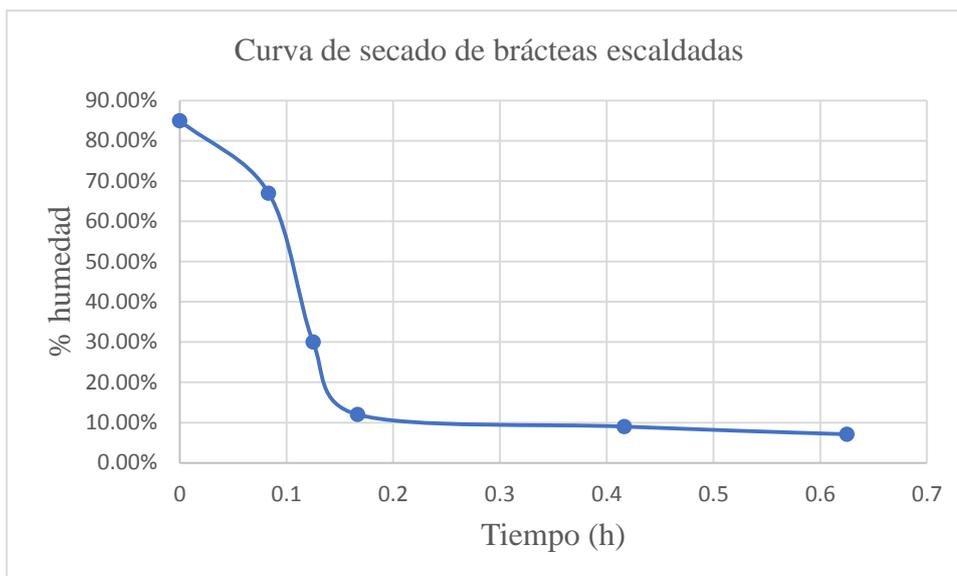


Figura 18. Curva de secado para brácteas escaldadas.

A continuación, se muestra todos los pesos y rendimientos en la obtención de: harina de brácteas escaldadas y concentrado para una unidad de alcachofa.

Tabla 20  
Rendimiento para una unidad de alcachofa

Detalles	Pesos Por Unidad		Rendimiento
	Gramos	Kilos	%
<b>Alcachofas</b>	396.271	0.396	100%
<b>Corazón Y Tallo</b>	75.292	0.075	19%
<b>Brácteas</b>	301.166	0.301	76%
<b>Merma</b>	19.814	0.02	5%
<b>BRÁCTEAS</b>			
<b>Proceso: Secado</b>			
Brácteas antes de secado	301.166	0.301	100
Brácteas secas	91	0.091	30.22
Agua	210.166	0.210	69.78
<b>Proceso: Molienda</b>			
Brácteas antes de la molienda	91	0.091	100
Harina de alcachofa	85.832	0.086	94.321
Merma	5.168	0.005	5.679
<b>AGUA DE ESCALDADO</b>			
Agua para escaldado	1981.36	1.98	100
agua evaporada	1767.07	1.77	89.18
Concentrado	214.29	0.21	10.82

## b. Evaluación de Resultados Preliminares

Según las muestras analizadas el contenido de compuestos fenólicos vario para cada forma de procesamiento en la elaboración de conservas y método de extracción, según indica la siguiente Tabla 21.

Tabla 21

*Aporte de contenido de compuestos fenólicos según tipo de procesamiento y método de extracción en brácteas*

Tipo de procesamiento	Compuestos Fenólicos Totales (mg AGE/g harina)	
	brácteas	
	Solvente: agua	Solvente: etanol/agua (60/40 v/v)
Brácteas no escaldadas	6.293	13.006
Brácteas escaldadas	0.977	1.339

Nota: Ácido gálico equivalente (AGE)

Como puede observarse en la Tabla 21, el contenido de fenoles totales vario de forma cuantitativa dependiendo del método de extracción utilizado, así se halló que el método de extracción en donde se emplea etanol/agua como solvente resulto ser más efectivo que el método de extracción en donde se emplea solo agua como solvente de extracción independientemente de que si las brácteas son escaldadas o no, en concordancia con estos resultados Zuorro (2014) observo que “una mezcla Etanol/agua (50/50 v/v) permitió tener una mayor eficiencia en extracción de compuestos fenólicos en brácteas de alcachofa que otros solventes como agua, acetona, lactato de etilo y hexano”. Así mismo, Martínez (2016) obtuvo que “una de las condiciones óptimas para la extracción de compuestos fenólicos a partir de harina de residuos de alcachofa fue el usar como solvente de extracción etanol/agua al 60.5%”. En otros trabajos se comparó la eficiencia de extracción de compuestos fenólicos utilizando otros disolventes, así Wang et al. (2003) reporto que “la mayor eficiencia de extracción se dio utilizando metanol como disolvente de extracción en comparación de agua”. Según los autores mencionados, “la eficiencia de extracción se debió a la mayor afinidad de los compuestos fenólicos por disolventes polares de bajo peso molecular, lo cual facilito la absorción del disolvente, el hinchamiento del vegetal y como consecuencia la extracción de compuestos fenólicos ligados a la matriz”.

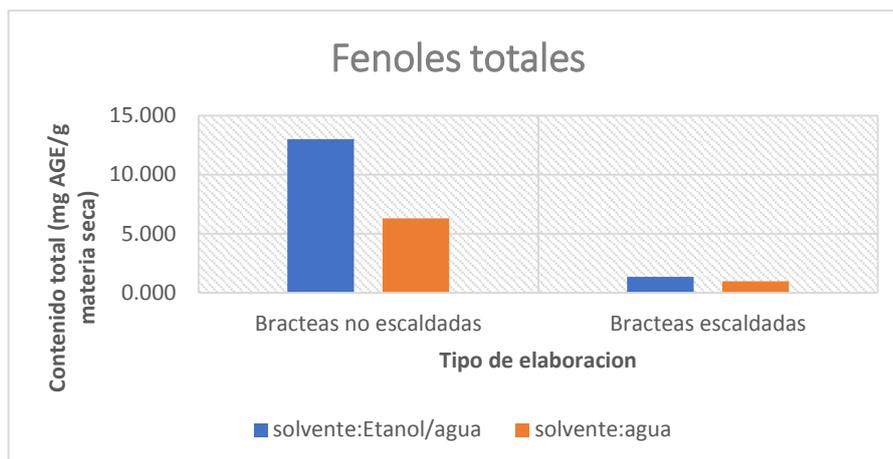


Figura 19. Contenido total de FT (mg AGE/g materia seca) obtenido según el método de extracción y tipo de elaboración de conservas de alcachofa.

Para el método de extracción en donde se emplea agua como solvente, se reportó una disminución del 84.5% (5.32 mg/g) del contenido de fenoles totales cuando las brácteas son escaldadas, tomando como base el resultado de la muestra de brácteas no escaldadas; así como para el método de extracción en donde se emplean etanol/agua como solvente, se reportó una disminución del 89.7% (11.7 mg/g) del contenido de fenoles totales cuando las brácteas son escaldadas tomando como base el resultado de la muestra de brácteas no escaldadas. Según Durand (2015) “después del escaldado por ebullición, el contenido fenólico y capacidad antioxidante aumenta o disminuye en función del tipo de hortaliza”. “Así durante la operación de escaldado se podrían activar algunas enzimas oxidativas e hidrolíticas, que podrían conducir a la pérdida de compuestos fenólicos” (Larrosa et al. 2016).

Resultados similares a los nuestros en cuanto a contenido de fenoles totales utilizando Etanol como solvente de extracción reporto Zuorro (2014) el cual halló que “el contenido de fenoles totales expresado como miligramos de ácido gálico por g de residuo seco en el tallo fue de  $16,36 \pm 0,85$  mg/g y en las brácteas externas de  $10,23 \pm 0,68$  mg/g”, Lombardo et al., (2010) encontró que “el receptáculo y el tallo contenían las concentraciones más elevadas de PT seguido de las brácteas (971 mg/kg de materia seca)”, así también Angelov et al. (2015) “obtuvo 8.3 mg/g de materia seca en brácteas al analizar fenoles totales”, es importante recalcar que todos los autores mencionados utilizaron etanol como solución de extracción. Todo lo anterior se puede observar de manera resumida en la Figura 20.

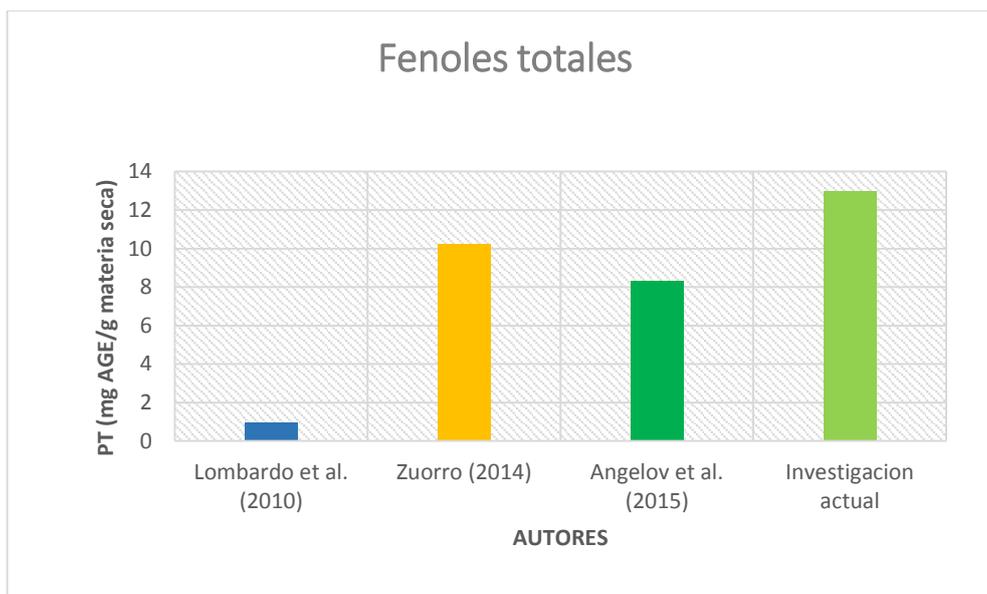


Figura 20. Comparación de resultados obtenidos en FT por diferentes autores vs. trabajo actual en brácteas de alcachofa.

Según Pandino Et al., (2011) “el contenido total de fenoles y el perfil de estos no es uniforme en la planta, sino que varía en función de cada una de las partes que la componen, por tal motivo las brácteas externas tendrán cierto contenido de fenoles totales diferentes al corazón y tallo de la alcachofa”. Además, las diferencias observadas en cuanto al contenido de fenoles totales de las diferentes investigaciones se pueden deber también “a la variedad utilizada, el momento de plantación y el momento de cosecha de la planta, ya que estos factores influyen en el contenido de fenoles totales” (Lattanzio et al., 2009).

Los resultados para el agua de escaldado en dependencia al tipo de elaboración dado se muestran en la Tabla 22, siendo que para el tipo de elaboración donde se escaldó corazones y tallos de alcachofa en contacto directo al agua se obtuvo mayor contenido de fenoles totales en comparación con el tipo de elaboración donde se escaldó alcachofas enteras. Según Joubert; citado por Kuljarachanan et al. (2009) menciona que “el blanqueado causa la solubilización de compuestos fenólicos, lo cual resulta en la pérdida de estos en el producto final”. Así, realizando una comparación en la cantidad de compuestos fenólicos en las diferentes partes de la alcachofa Pandino et al., (2011) menciona que “el tallo, corazón y puntas son los que tienen mayor contenido de fenoles totales”, lo cual corroboraría lo encontrado.

Tabla 22  
Aporte de contenido de compuestos fenólicos en agua de escaldado

Tipo de elaboración	Compuestos Fenólicos Totales (mg AGE/g de alcachofa)
	Agua de escaldado
Escaldado luego del des bracteado	0.571
Escaldado antes del des bracteado	0.013

AGE: Ácido gálico equivalente

Con el fin de realizar una comparación entre los residuos obtenidos en la elaboración de conservas de alcachofa (brácteas y agua de escaldado), se procedió a llevar todos los resultados a mg de Ácido Gálico para una unidad de alcachofa, de acuerdo a la proporción de residuos encontrado, lo cual se puede apreciar en la Tabla 23.

Tabla 23  
Contenido de fenoles totales en una alcachofa

Tipo de elaboración	Fenoles Totales (mg AGE)			
	Concentrado (agua escaldada)		Brácteas-donde solv-etanol	
	Repeticiones	Promedio	Repeticiones	Promedio
Des bracteado	43.46470773		1124.886406	
	44.05686996	43.85948255	1112.074488	1118.480447
	44.05686996		1118.480447	
Des bracteado después del escaldado	5.127648017		107.6201117	
	4.693101575	5.272496831	107.0242086	107.1235258
	5.996740902		106.726257	

Nota: Ácido gálico equivalente (AGE)

Como afirma Pandino et al., (2011) “el tallo, corazón y puntas son los que tienen mayor contenido de fenoles totales”, por lo cual el agua de escaldado sin brácteas tuvo una mayor cantidad de fenoles totales que el agua de escaldado con brácteas, ya que estaba en contacto directo con el agua.

Con el fin de corroborar los resultados se procedió a realizar un análisis estadístico, es importante dar a conocer que se realizó pruebas por triplicado para cada análisis propuesto.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos en mg AGE/g harina

Tabla 24

*Resultados por triplicado de fenoles totales obtenidos usando 2 tipos de solventes en brácteas C/S escaldado*

Solvente	Brácteas escaldadas	Brácteas no escaldadas
Agua	0.983	6.327
	0.977	6.327
	0.977	6.226
Etanol	1.345	13.080
	1.334	13.006
	1.338	12.931

Nota: Cantidad expresada en mg AGE/g harina.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = El proyecto realiza tratamiento en i-ésimo muestras (brácteas) y el j-ésimo solvente de extracción en k-ésimo repetitivo.

$\mu$  = Efecto del promedio general.

$\alpha_i$  = Es el efecto del solvente de extracción.

$\beta_j$  = Es el efecto de las muestras.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Es el efecto de interacción de las muestras con los solventes de extracción.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental obtenida de los solventes de extracción i, muestras (brácteas) j, y repetición k.

Tabla 25

*Análisis de varianza para los valores del contenido de fenoles totales de los tipos de solventes en brácteas c/s escaldado.*

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado
Solventes	1	37.5134	37.5134	16672.622
Brácteas s/c	1	216.2658	216.2658	96118.12
Solventes*Brácteas	1	30.2641	30.2641	13450.711
Error	8	0.018	0.0023	
Total	11	284.0613		

- Prueba de hipótesis para el factor A (Tipos de Solventes de extracción)

$$H_0: \alpha_i = 0$$

$$H_1: \alpha_i \neq 0, \text{ para al menos algun } i$$

Con el uso de la tabla distribución F de Fisher (Anexo 5) el  $F_{\text{tabulado}}$  resultó ser 5.32

Como  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabulado}}$

Rechazo  $H_0$

Se rechaza  $H_0$ . A un 5% de significancia, existe diferencia significativa entre los solventes de extracción.

El contenido de fenoles totales resultante en las brácteas en dependencia al tipo de solvente es diferente.

- Prueba de hipótesis para el factor B (Brácteas S/C escaldado)

$$H_0: \beta_j = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0, \text{ para al menos algun } j$$

Con el uso de la tabla distribución F de Fisher (Anexo 5) el  $F_{\text{tabulado}}$  resultó ser 5.32

Como  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabulado}}$

Rechazo  $H_0$

Se rechaza  $H_0$ . A un 5% de significancia, existe diferencias significativas entre los efectos de las muestras de brácteas.

Las brácteas escaldadas y no escaldadas en los procesos 1 y 2 mostrados en el diseño experimental, presentan resultados distintos uno de otro.

- Prueba de hipótesis para Solventes\*Brácteas

$$H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1: (\alpha\beta)_{ij} \neq 0, \text{ para al menos algun } j$$

Con el uso de la tabla distribución F de Fisher (Anexo 5) el  $F_{\text{tabulado}}$  resultó ser 5.32

Como  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabulado}}$

Rechazo  $H_0$

Se rechaza  $H_0$ . A un 5% de significancia, existe interacción entre los solventes de extracción y las muestras (brácteas) aplicados para este tratamiento.

Debido a que existe un efecto del tipo de solvente de extracción utilizado, se eligió utilizar los datos resultantes mediante etanol/agua (60:40 v/v) para el enfrentamiento de datos (fenoles totales) con el agua de escaldado.

Con los datos de la tabla 23 se realizó el análisis estadístico ANOVA para comparar los resultados obtenidos en un des bracteado antes y después del escaldado.

$$Y_{i j k} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{i j} + \varepsilon_{i j k}$$

$Y_{i j k}$  = El proyecto ha realizado para cuantificación de fenoles en i-ésimo muestras y el j-ésimo tipo de residuo en k-ésimo repetitivo.

$\mu$  = Efecto del promedio general.

$\alpha_i$  = Es el efecto de la muestra (desbracteado antes y después)

$\beta_j$  = Es el efecto de los tipos de residuos

$(\alpha\beta)_{i j}$  = Es el efecto de interacción de las muestras con los tipos de residuos

$\varepsilon_{i j k}$  = Efecto del error experimental obtenida de la muestra i, tipo de residuos j, y repetición k.

Tabla 26

*Análisis de varianza para los valores del contenido de fenoles totales en muestras y tipos de residuos.*

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado
Muestras (des bracteado antes y después)	1	826786.656	826786.656	79514.008
Tipo de residuos	1	1038064.763	1038064.763	99833.1182
Muestras*Tipos de residuos	1	709711.101	709711.101	68254.5779
Error	8	83.184	10.398	
Total	11	2574645.704		

- Prueba de hipótesis para el factor A (Muestras)

$$H_0: \alpha_i = 0$$

$$H_1: \alpha_i \neq 0, \text{ para al menos algun } i$$

Con el uso de la tabla distribución F de Fisher (Anexo 5) el  $F_{\text{tabulado}}$  resulto ser 5.32

Como  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabulado}}$

Rechazo  $H_0$

Se rechaza  $H_0$ . A un 5% de significancia, existe diferencia significativa entre los resultados (antes y después del escaldado).

- Prueba de hipótesis para el factor B (Tipos de residuos)

$$H_0: \beta_j = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0, \text{ para al menos algun } j$$

Con el uso de la tabla distribución F de Fisher (Anexo 5) el  $F_{\text{tabulado}}$  resulto ser 5.32

Como  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabulado}}$

Rechazo  $H_0$

Se rechaza  $H_0$ . A un 5% de significancia, existe diferencias significativas entre los resultados de tipos de residuos (concentrado y brácteas)

- Prueba de hipótesis para la Muestras\*Tipos de residuos

$$H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1: (\alpha\beta)_{ij} \neq 0, \text{ para al menos algun } j$$

Con el uso de la tabla distribución F de Fisher (Anexo 5) el  $F_{\text{tabulado}}$  resulto ser 5.32

Como  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabulado}}$

Rechazo  $H_0$

Se rechaza  $H_0$ . A un 5% de significancia, existe interacción entre las muestras y los tipos de residuos.

### c. Diagrama de Flujo Definitivo

Según los resultados preliminares, se decidió trabajar con las brácteas que resultan de la elaboración donde las brácteas no son escaldadas y método de extracción II (etanol/agua) ya que obtuvo la mayor cantidad de fenoles totales. Por lo cual, con el fin de aplicarlo en un alimento se procedió a evaporar el alcohol (grado alimentario) con el uso de un Rotavapor, así mismo se cuantifico fenoles y capacidad antioxidante al inicio y al final de la desolventización.

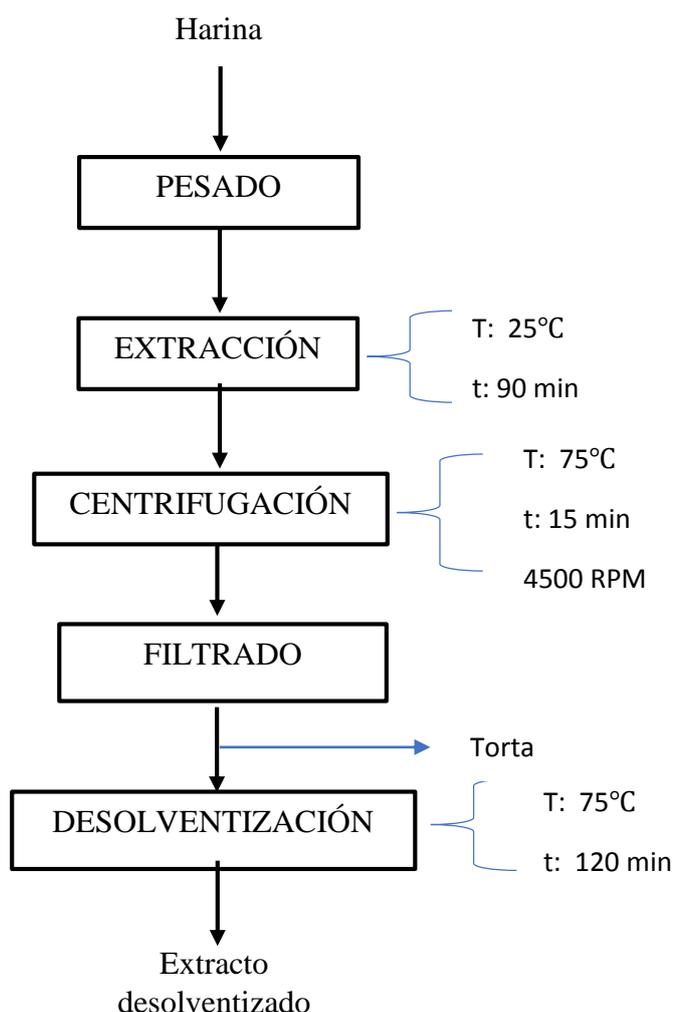


Figura 21. Flujo de obtención del extracto desolventizado a partir de harina de alcachofa con etanol: agua.

#### **Pesado**

Consiste en pesar la cantidad requerida de harina de las brácteas de alcachofa para su posterior agitación.

## Extracción

Una vez pesada la muestra se agita junto con la solución etanol: agua (60:40) por 5min, inmediatamente después se lleva al ultrasonido para favorecer la extracción de los compuestos fenólicos, lo cual se llevó a cabo a una temperatura de 25°C por 90min.

## Centrifugación

Esta operación se lleva a cabo para obtener el líquido sobrenadante, lo mismo que será utilizado para el filtrado a 4500 RPM por 15 min.

## Filtrado

El líquido sobrenadante es filtrado, para lo cual se requiere un embudo y papel filtro.

## Desolventización

Es el proceso mediante el cual se realiza la recuperación del solvente de la materia prima sólida al máximo (Béjar, 2014). En esta última etapa se elimina etanol por evaporación para obtener un extracto desolventizado. Este extracto será útil para la determinación de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante.

Tabla 27  
*Rendimiento del proceso definitivo*

PROCESO	Rendimiento	
	g	%
<b>PESADO</b>		
Harina	25	
<b>Extracción</b>		
Etanol	375	58
Agua	250	38
Harina	25	4
<b>Total</b>	<b>650</b>	<b>100</b>
<b>FILTRADO</b>		
Merma	48	7
Torta	147	23
Extracto final	455	70
<b>Extracto inicial</b>	<b>650</b>	<b>100</b>
<b>DESOLVENTIZACIÓN</b>		
Extracto desolventizado	148	33
Etanol	273	60
Merma	34	7
<b>Extracto inicial</b>	<b>455</b>	<b>100</b>

**d. Determinación del Proceso y Operaciones Definitivo**



Figura 22.DOP de la obtención del extracto desolventizado

Tabla 28  
Punto Crítico de control para harina de alcachofa

ETAPA	PELIGRO	P1	P2	P3	P4	PCC?	BASES DE LA DECISIÓN
RECEPCIÓN DE BRÁCTEAS	<b>Físico</b> Presencia de objetos extraños (vidrio, astillas, paja, espinas)	SI	NO	NO	-	NO	Existe un proceso de acondicionamiento, donde los objetos extraños son retirados.
	<b>Químico</b> Presencia de pesticidas (Cyromazine, Cyprodinil, Pirimicarb, Spiritetramat, Dimethomorph, Chlorantraniliprole y Azoxystrobin) por encima del LMR permitido (Codex Alimentarius, 2019).	SI	NO	SI	NO	SI	No existe una etapa posterior que garantice la eliminación del pesticida.
	<b>Biológico</b> Presencia de hongos como Ramularia cynarae y Peronospora gangliformis.	SI	NO	SI	SI	NO	Hay una etapa posterior que reduce o elimina el peligro potencial de desarrollo de hongos.
LAVADO	<b>Físico</b> No se encuentra	-	-	-	-	-	
	<b>Químico</b> No se encuentra	-	-	-	-	-	
	<b>Biológico</b> No se encuentra.	-	-	-	-	-	
DESINFECCION	<b>Físico</b> Persistencia de objetos extraños (espinas, vidrio, astillas)	SI	NO	NO	-	NO	Este posible peligro es controlado



<b><u>Biológico</u></b> Crecimiento de microorganismos no deseados.	SI	NO	SI	NO	SI	No existe procedimientos posteriores que garantice la eliminación o reducción de los potenciales microorganismos (mohos)
------------------------------------------------------------------------	----	----	----	----	----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 29

Análisis de PCC1 para harina de alcachofa

**PUNTO CRITICO DE CONTROL:** Recepción PCC1

- **PELIGRO QUE CONTROLAR:** Presencia de pesticidas (Cyromazine, Cyprodinil, Pirimicarb, Spiritetramat, Dimethomorph, Chlorantraniliprole y Azoxystrobin) por encima del LMR permitido

Límite Crítico	Monitoreo					Registro
	Qué	Cómo	Donde	Cuando	Quien	
Cyromazine < 3 mg/kg						
Cyprodinil < 4mg/kg						
Pirimicarb < 5mg/kg	Cantidad de pesticidas	Lectura directa a través de pruebas de residuos de pesticidas	En el área de recepción	En cada recepción	Jefe de calidad	Reporte de pruebas de residuos de pesticidas.
Spiritetramat < 1mg/kg						
Dimethomorph < 2mg/kg						
Chlorantraniliprole < 2mg/kg						
Azoxystrobin < 5mg/kg						

Tabla 30  
Análisis de PCC2 para harina de alcachofa

<b>PUNTO CRITICO DE CONTROL: ___Almacenado PCC2___</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>PELIGRO QUE CONTROLAR:</b> Crecimiento de microorganismos no deseados (mohos).</li> </ul>						
Límite Crítico	Monitoreo					Registro
	Qué	Cómo	Donde	Cuando	Quien	
Aw < 0.7	aw	Lectura directa a través medidor de actividad de agua.	En el área de almacenamiento	semanalmente	Encargado de área	Reporte de aw.

Tabla 31  
Punto crítico de control para extracto

Tabla 32  
Análisis de PCC1 para extracto

<b>PUNTO CRITICO DE CONTROL: ___Envasado PCC1___</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>PELIGRO QUE CONTROLAR:</b> Crecimiento de microorganismos patógenos.</li> </ul>						
Límite Crítico	Monitoreo					Registro
	Qué	Cómo	Donde	Cuando	Quien	

ETAPA	PELIGRO	P1	P2	P3	P4	PCC?	BASES DE LA DECISION
RECEPCION DE HARINA	<b><u>Físico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-		
	<b><u>Químico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-		
	<b><u>Biológico</u></b> No se encuentra.	-	-	-	-		
RECEPCION DE ENVASES	<b><u>Físico</u></b> Presencia de objetos extraños (vidrio, etc.)	SI	NO	NO	-	NO	Existe un proceso posterior en el que se elimina este peligro.
	<b><u>Químico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-	
	<b><u>Biológico</u></b> No se encuentra.	-	-	-	-	-	
PESADO	<b><u>Físico</u></b> Contaminación con objetos extraños.	SI	NO	NO	-	NO	Existe un proceso posterior con el que se evita este peligro (filtrado).
	<b><u>Químico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-	
	<b><u>Biológico</u></b> No se encuentra.	-	-	-	-	-	
EXTRACCION	<b><u>Físico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-	Este posible peligro es controlado mediante inspección.
	<b><u>Químico</u></b> Contaminación con productos químicos	SI	NO	NO	-	NO	

	<b><u>Biológico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
	<b><u>Físico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
<b>CENTRIFUGADO</b>	<b><u>Químico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
	<b><u>Biológico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
	<b><u>Físico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
<b>FILTRADO</b>	<b><u>Químico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
	<b><u>Biológico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
	<b><u>Físico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
<b>DESOLVENTIZADO</b>	<b><u>Químico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
	<b><u>Biológico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
	<b><u>Físico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
<b>DESINFECCION DE ENVASES</b>	<b><u>Químico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
	<b><u>Biológico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
	<b><u>Físico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-
<b>ENVASADO</b>	<b><u>Químico</u></b> No se encuentra	-	-	-	-	-

		<b><u>Biológico</u></b>	SI	NO	SI	NO	SI	No existe procedimientos posteriores que garantice la eliminación o reducción de microorganismos.
		Crecimiento de microorganismos patógenos.						
T° de almacenado T°: 4-6°C	Temperatura	Lectura de temperatura de la cámara de refrigeración.	En el área de almacenamiento.		Diario.	Encargado de área.	Registros de temperatura diario del almacén	

### e. Evaluación Resultados Finales

Se obtuvieron los resultados expresados en la Tabla 33.

Tabla 33

*Fenoles totales y capacidad antioxidante en brácteas, antes y después de la desolventización*

Tipo de elaboración	Brácteas- Método de extracción III		
	Momento	FT (mg AGE/g harina)	CA (mg muestra/ml)
Brácteas no escaldadas	Inicial	13.0056	29.6173
	Final	5.2288	41.7623

AGE: Ácido gálico equivalente  
CA expresado como IC50

La cantidad cuantificada de fenoles totales después de la desolventización resulto tener una pérdida del 59.7967 % (7.7772 mg/g) con respecto al contenido de fenoles totales en la muestra inicial (antes de la desolventización) como se puede evidenciar en la Figura 23. Según Skrede et al. (2000) “los compuestos fenólicos son susceptibles a daños térmicos lo cual causa su perdida durante varias operaciones de proceso”.

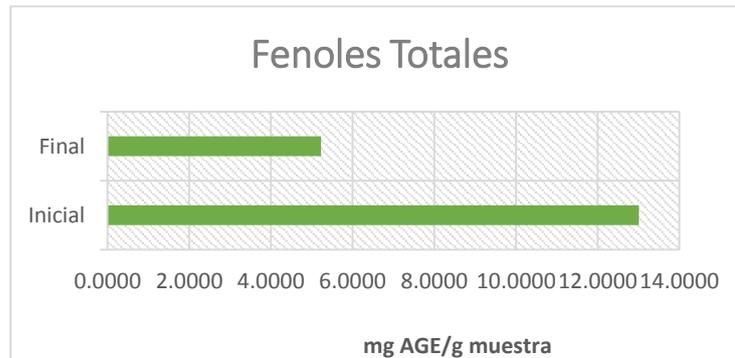


Figura 23. Fenoles totales antes y después de la desolventización.

Según Fratianni et al., (2007) “la capacidad antioxidante de la alcachofa se debe principalmente a la presencia de compuestos fenólicos (ácidos hidroxicinámicos y flavonoides) los cuales están en diferentes partes del vegetal”

Es importante conocer que Según Balasundram et al. (2006) “la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos depende de su estructura, de la posición y el número de los grupos hidroxilo y la naturaleza de las sustancias en los anillos aromáticos”.

Así en los resultados para capacidad antioxidante, inicialmente se obtuvo un valor de CI50 a una concentración de 29.6 mg/ml con condiciones de toma de tiempo durante 30 minutos y una concentración de DPPH de 0.043 mg/ml, es decir se observó que la muestra inicial consumió el 50 % del reactivo DPPH a una concentración de 0.0751 mM/ml, mientras que para la muestra final se obtuvo un valor de CI50 a una concentración de 41.762 mg/ml con condiciones de toma de tiempo durante 30 minutos y concentración de 0.0751mM/ml de DPPH. Al comparar ambos resultados se observa que la capacidad antioxidante se reduce después de la desolventización, ya que para obtener un mismo grado de inhibición se necesita una mayor concentración. En el anexo 3 y 4 se adjunta la recta concentración vs. % de inhibición que se utilizó para determinar el CI50.

Con el fin de corroborar los datos se procedió a realizar un análisis estadístico. Se utilizó el programa Minitab 17.

Tabla 34

*Resultado de fenoles por triplicado obtenido antes y después del proceso de desolventización*

REPETICIONES	TRATAMIENTO	
	ANTES DE ROTAVAPOR	DESPUES DE ROTAVAPOR
1	13.080	5.2528
2	13.006	5.2289
3	12.931	5.2048

Nota: Cantidad expresada en (mg AGE/g harina)

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Cantidad de fenoles obtenidos en los tratamientos aplicados en el j-ésimo de muestras.

$\mu$  = Efecto del promedio general de los tratamientos.

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo de tratamientos.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental en el i-ésimo de los tratamientos y el j-ésimo de muestras.

### Normalidad

$H_0$ : Las cantidades se distribuyen normalmente.

$H_1$ : Las cantidades no se distribuyen normalmente.

$\alpha = 0.05$

p-valor: 0.722 > 0.05

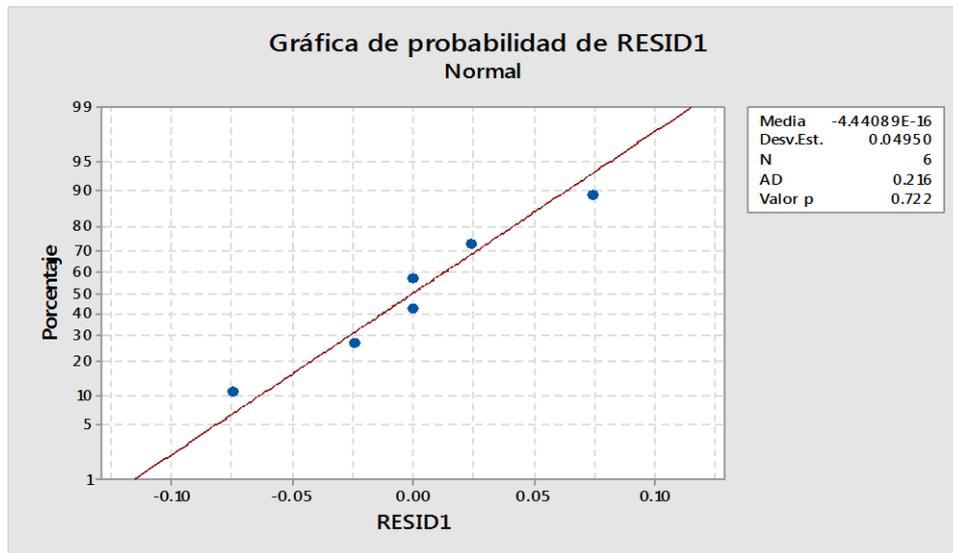


Figura 24. Distribución normal de los fenoles obtenidos en los tratamientos antes y después de la desolventización.

No se rechaza  $H_0$

Se puede afirmar que con una significancia del 5%, se cumple el supuesto de normalidad.

### Homogeneidad de varianzas

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$$

$H_1$ : al menos una varianza es diferente.

$$\alpha = 0.05$$

$$p\text{-valor: } 0.188 > 0.05$$

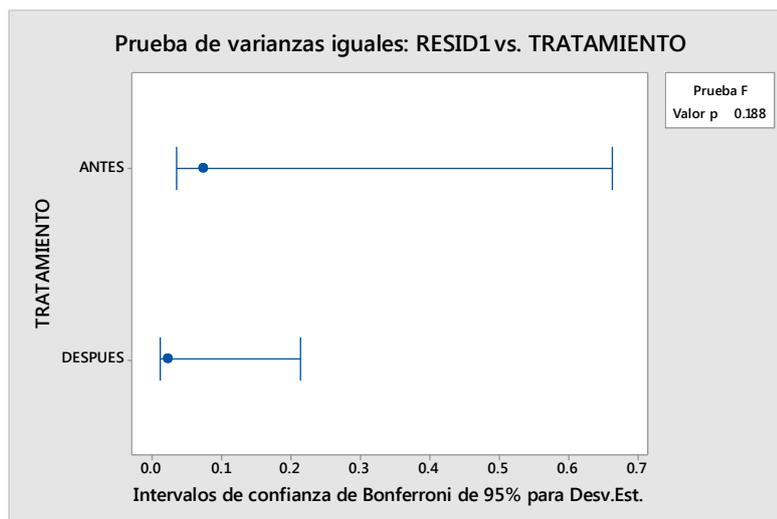


Figura 25. Prueba de varianza para cantidad de fenoles y tratamientos aplicados antes y después de la desolventización.

No se rechaza  $H_0$

Con una significancia del 5%, se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas.

### Prueba para la igualdad de medias

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ para al menos un par (i, j)}$$

$$\alpha = 0.05$$

Tabla 35

*Análisis de varianza (ANOVA) para la prueba de igualdad de medias*

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado
Tratamiento	1	90.7187	90.7187	29622.43265
Error	4	0.01225	0.0030625	
Total	5	90.7309		

Como  $F_{calculado} > F_{tabulado}$

Rechazo  $H_0$

Con un nivel de significancia de 5%, existe evidencia estadística para pensar que al menos uno de los tratamientos (antes o después) es diferente.

### Prueba de comparación de TUKEY

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
ANTES	3	13.0057	A
DESPUES	3	5.2288	B

Figura 26. Media de los tratamientos antes y después de la desolventización.

A un nivel de significancia del 5%, se concluye que el Tratamiento (antes de rota vapor) es el más efectivo por que tiene mayor promedio y difiere significativamente del tratamiento (después de Rotavapor).

**i. Estudio de tiempo de vida definitivo.**

- Nombre Del Producto: Extracto De Alcachofa
- Tipo De Procesamiento: Tratamiento térmico por calor
- Tipo De Envase: Botella De Vidrio De 125 ml
- Tipo De Envasado: Envasado no aséptico
- Condiciones De Almacenamiento: Refrigerado a 4 °C

Tabla 36

*Estudio de tiempo de vida del extracto de alcachofa.*

Factores para evaluar		Tipo de prueba	Tipo de muestreo
Composición	Ambientales		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fisicoquímica:</b> pH: 5.40</li> <li><b>Parámetro Crítico:</b> Capacidad antioxidante y fenoles totales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de refrigeración 4°C</li> <li>• Intensidad de luz que afecta el extracto.</li> <li>• Temperatura del Rotavapor a la que es sometida el extracto (75 °C).</li> </ul>	Estabilidad/ acelerada.	<p>Se realizó un muestreo simple semanal.</p> <p>Se evaluará la cantidad de fenoles totales del extracto que se pierden en dicha semana además de eso se evaluara la disminución de la capacidad antioxidante del extracto.</p>

## f. Ficha técnica del producto o proceso

Tabla 37

*Ficha técnica del extracto de alcachofa*

	<b>FICHA TÉCNICA EXTRACTO DE ALCACHOFA</b>	<b>Versión 01</b>
		Página 1 de 1
		Fecha: 24-11-19
<b>Descripción</b>	<b>Líquido verde oscuro que se obtuvo después de un proceso de desolventización, al evaporar el alcohol de grado alimentario.</b>	
<b>Área de aplicación</b>	Sector alimentario, en alimentos de cuarta gama como antioxidante.	
<b>Beneficios</b>	Agente antioxidante que sirve para evitar el pardeamiento enzimático en alimentos mínimamente procesados.	
<b>Dosis</b>	Según el producto a elaborar y su superficie específica.	
<b>Composición nutricional</b>	Fenoles totales: 110 mg. Capacidad antioxidante expresado como IC50: 41.7623 mg de muestra/ml	
<b>Empaque y presentación</b>	Botella de vidrio de 125 ml	
<b>Almacenamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar en lugar alejado de la luz solar directa.</li> <li>• Cerrar bien el envase después de su uso</li> <li>• Mantener y conservar a una temperatura de 4 °C.</li> </ul>	
<b>País de origen</b>	Perú	

### g. Prototipo Validado

Nuestro prototipo del extracto desolventizado se muestra en la figura 27, su validación como antioxidante se dio a través de la aplicación superficial del extracto en palta (concebida para su consumo como un alimento mínimamente procesado) empleando una evaluación sensorial (color), las condiciones que se dieron en el proceso de validación fueron las siguientes: temperatura de 4-6 °C y almacén en oscuridad, esto se muestra en la Figura 28.



*Figura 27.* Extracto desolventizado.



Figura 28. Cambios de color en la pulpa de palta en horas

Tabla 33

Evaluación sensorial del pardeamiento enzimático durante el almacenamiento con o sin extracto de pulpa de palta

Tiempo (h)	Pardeamiento pulpa (%)	
	Sin extracto	Con extracto
0	0%	0%
5	50%	10%
10	60%	20%
15	70%	30%
20	90%	50%
25	100%	55%
30	100%	60%

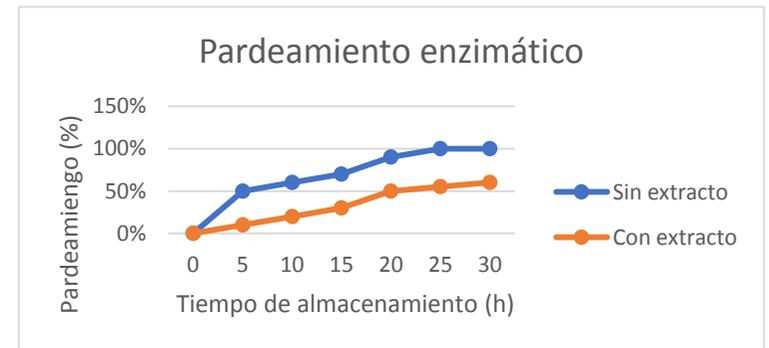


Figura.29 Evaluación cualitativa del pardeamiento enzimático durante el almacenamiento con o sin extracto

## VI. CONCLUSIONES

La cantidad obtenida de fenoles totales en brácteas no escaldadas donde se utilizó etanol: agua (60:40 V/V) como solvente de extracción resultó ser el doble de la cantidad obtenida usando agua como solvente de extracción, todo esto para la variedad de alcachofa Green Globe.

El contenido de fenoles totales para brácteas escaldadas resultó ser 89% menor que lo encontrado en brácteas no escaldadas, por lo cual se concluye que el proceso de escaldado afecta el contenido de fenoles totales.

El agua de escaldado en donde se utilizó corazones y tallos en contacto directo con el agua resultó con mayor contenido fenólico que el agua de escaldado donde se colocó alcachofas enteras debido a que la mayor parte de compuestos fenólicos se encuentra en el corazón la cual tuvo una mejor interacción con el agua.

El proceso de desolventización disminuyó el 59 % los fenoles totales obtenidos en el extracto inicial, así también aumentó la concentración requerida para un IC50 del reactivo DPPH (capacidad antioxidante).

El estudio de validación del extracto, el cual se basó en la evaluación del color de la palta, demostró que la palta con extracto conservó su color 10 horas más que la palta sin extracto.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar futuras investigaciones en donde el proceso de desolventización se realice a temperaturas  $< 70^{\circ}\text{C}$ .

Evaluar la capacidad antioxidante del extracto de alcachofa en mayores concentraciones en otros productos.

Evaluación económica y financiera para la comercialización e industrialización para el producto propuesto.

## VII. ANEXOS

Anexo 1. Datos para la curva de calibrado para solución agua.

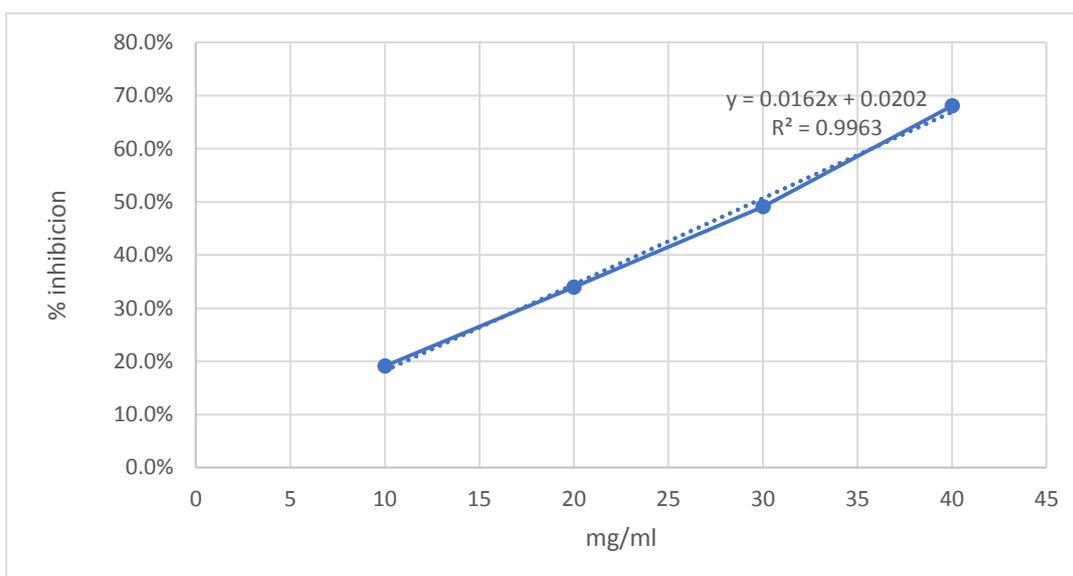
Concentración ( $\mu\text{g/ml}$ )	Abs			Promedio
	I	II	III	
0.3125	0.03	0.031	0.031	0.031
0.625	0.075	0.075	0.075	0.075
2.5	0.221	0.221	0.221	0.221
4.375	0.369	0.369	0.368	0.369
6.25	0.505	0.506	0.506	0.506

Anexo 2. Datos para la curva de calibrado para solución etanol/agua.

Concentración ( $\mu\text{g/ml}$ )	Abs			Promedio
	I	II	III	
0.3125	0.062	0.061	0.062	0.062
0.625	0.111	0.112	0.111	0.111
2.5	0.329	0.329	0.329	0.329
4.375	0.52	0.52	0.521	0.520
6.25	0.702	0.703	0.703	0.703

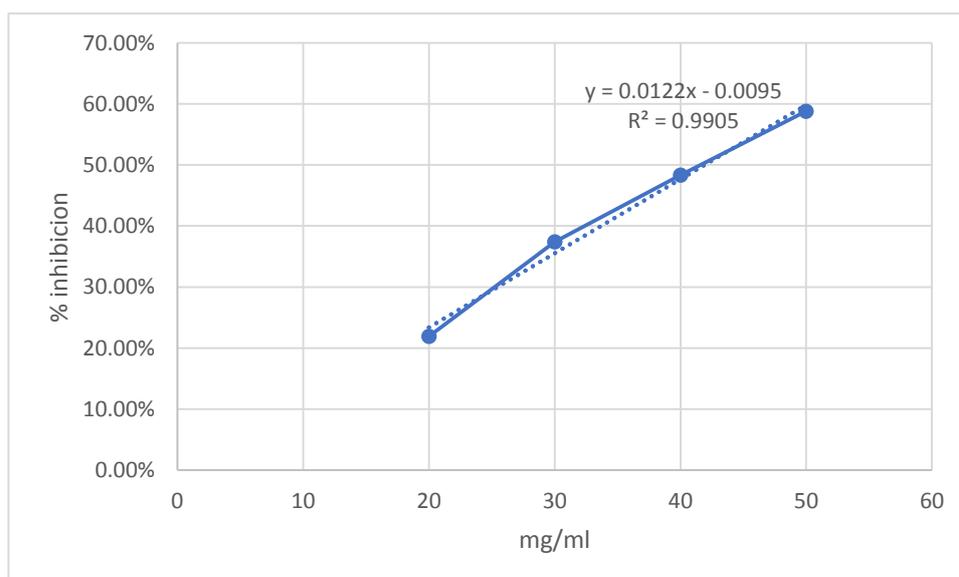
Anexo 3. Curva para IC50 en muestra antes de desolventizar.

Concentración ( $\text{mg/ml}$ )	Abs promedio	% inhibición
40	0.284	68.1%
30	0.453	49.1%
20	0.588	33.9%
10	0.72	19.1%

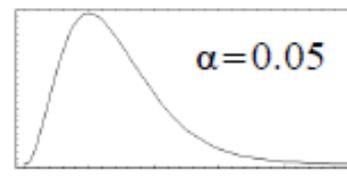


#### Anexo 4. Curva para IC50 en muestra desolventizado

Concentración (mg/ml)	Abs promedio	% inhibición
50	0.41	58.79%
40	0.514	48.34%
30	0.623	37.39%
20	0.777	21.91%



## Anexo 5. Tabla de distribución F de Fisher

Tabla N°5: DISTRIBUCION F DE FISHER –  $\alpha = 0.05$ 

F(n <sub>1</sub> ,n <sub>2</sub> )		GRADOS DE LIBERTAD DEL NUMERADOR (n <sub>1</sub> )																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	40	
GRADOS DE LIBERTAD DEL DENOMINADOR (n <sub>2</sub> )	1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.4	246.5	247.3	248.0	249.3	250.1	251.1	
	2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.42	19.43	19.44	19.45	19.46	19.46	19.47	
	3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.71	8.69	8.67	8.66	8.63	8.62	8.59	
	4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.87	5.84	5.82	5.80	5.77	5.75	5.72	
	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.64	4.60	4.58	4.56	4.52	4.50	4.46	
	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.96	3.92	3.90	3.87	3.83	3.81	3.77	
	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.53	3.49	3.47	3.44	3.40	3.38	3.34	
	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.24	3.20	3.17	3.15	3.11	3.08	3.04	
	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.03	2.99	2.96	2.94	2.89	2.86	2.83	
	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.86	2.83	2.80	2.77	2.73	2.70	2.66	
	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.74	2.70	2.67	2.65	2.60	2.57	2.53	
	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.64	2.60	2.57	2.54	2.50	2.47	2.43	
	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.55	2.51	2.48	2.46	2.41	2.38	2.34	
	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.48	2.44	2.41	2.39	2.34	2.31	2.27	
	15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.42	2.38	2.35	2.33	2.28	2.25	2.20	
	16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.37	2.33	2.30	2.28	2.23	2.19	2.15	
	17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.33	2.29	2.26	2.23	2.18	2.15	2.10	
	18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.29	2.25	2.22	2.19	2.14	2.11	2.06	
	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.26	2.21	2.18	2.16	2.11	2.07	2.03	
	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.22	2.18	2.15	2.12	2.07	2.04	1.99	
	21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.20	2.16	2.12	2.10	2.05	2.01	1.96	
	22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.17	2.13	2.10	2.07	2.02	1.98	1.94	
	23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.00	1.96	1.91	
	24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.13	2.09	2.05	2.03	1.97	1.94	1.89	
	25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.96	1.92	1.87	
	26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.09	2.05	2.02	1.99	1.94	1.90	1.85	
	27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.08	2.04	2.00	1.97	1.92	1.88	1.84	
	28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.06	2.02	1.99	1.96	1.91	1.87	1.82	
	29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.89	1.85	1.81	
	30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.04	1.99	1.96	1.93	1.88	1.84	1.79	
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.04	1.99	1.94	1.91	1.88	1.82	1.79	1.74		
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.95	1.90	1.87	1.84	1.78	1.74	1.69		
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	1.97	1.92	1.87	1.84	1.81	1.75	1.71	1.66		
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.95	1.89	1.85	1.81	1.78	1.73	1.69	1.63		

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ADEX data trade (2019). Exportaciones. [Base de datos]. Recuperado de <http://www.adexdatatrade.com/>
- Agrowaste. (2013). Disponible en [http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/Report\\_ARTICHOKE\\_interesting-compounds.pdf](http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/Report_ARTICHOKE_interesting-compounds.pdf)
- Angelov et al. (2015). Optimizing the extraction of globe artichoke wastes. Institute of Chemical Engineering Bulgarian Academy of Sciences, 68(10), 1235-1240.
- Artés, F. 2004b. Mejora de la calidad hortofrutícola mediante la conservación en atmósfera modificada. Innovaciones recientes y experiencia de España. Cong. Brasileiro Engenharia Agrícola. Sao Pedro. Brasil. CD Rom. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81370202.pdf>
- Balasundram et al. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry, 90 (1), 191–203. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- Béjar, M. (2014). Obtención de aceites de orujo de oliva. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=PMOfAgAAQBAJ&pg=PT37&lpg=PT37&dq=desolventizacion+que+es&source=bl&ots=KrZlSldKcn&sig=ACfU3U2DIBJoi8jg48xc-6yqZthrwr50OA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjrluexr4PmAhXis1kKHfwZBC84ChDoATAAegQIChA#v=onepage&q=desolventizacion%20que%20es&f=false>
- Boncún et al. (2013). Capacidad antioxidante in vitro de los extractos acuosos e hidroetanólicos de las hojas de *Cynara scolymus* L. “alcachofa” frente al 2, 2-difenil-1- picrilhidrazilo. Trujillo, Perú. Recuperado de: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/farmabioq/article/download/169/176>
- Bonilla, D., Lavalle, J., & Tandazo, E. (2007). Obtenido de Recuperado de <https://issuu.com/milagros2009/docs/alcachofa>
- Brand, W. Cuvelier, M. and Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. Lebensm. - Wiss. Technol.

- Cerezo, J. (2015). Practica 1. Recuperado de: <https://georgiusm.files.wordpress.com/2015/03/1-prc3a1ctica-1.pdf>
- Cimminelli, M. (2018). "Análisis de compuestos fenólicos en residuos de alcachofa". Departamento de Ciencias de la Universidad Pública de Navarra. Recuperado de: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/31371/TFM%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Colantuono et al. (2017). Development and functional characterization of new antioxidant dietary fibers from pomegranate, olive and artichoke by-products. *Food Research International*, 101, 155–164. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.001>.
- Conidi C., Cassano A. and Garcia-Castello E. (2014). Valorization of artichoke wastewaters by integrated membrane process. *Water Research* 48, 363-374.
- Cruzado, M., Pastor, A., Castro, N. y Cedrón, J (2013). Determinación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos de alcachofa (*Cynara scolymus* L.). *Revista de la Sociedad Química del Peru*, 79,. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2013000100008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000100008)
- Dabbou et al. (2015). In vitro antioxidant activities and phenolic content in crop residues of Tunisian globe artichoke. *Scientia Horticulturae*, 190, 128–136. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.014>.
- Duran y Padilla, 1993. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos Instituto de la Grasa y sus Derivados (C.S.I.C). Apartado 1078. 41012 - Sevilla. España.
- Durand (2015). *Evaluación de la capacidad antioxidante en pulpa fresca y pulpa pasteurizada de guanábana (Annona Muricata L.) producida en la provincia de Chanchamayo* (Tesis para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial). Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de:
- FAOSTAT. (2015). Food and Agricultural Commodities Production. Data. Roma, Italia.
- Fратиани, F., Tucci, M., De Palma, M., Pepe, R., & Nazzaro, F. (2007) Polyphenolic composition in different parts of some cultivars of globe artichoke (*Cynara*

- scolymusL.,) leaf extract compounds. *European Food Research and Technology*, 251(2),149-157.
- Garbetta et al. (2014). Antioxidant activity induced by main polyphenols present in edible artichoke heads: Influence of in vitro gastro-intestinal digestion. *Journal of Functional Foods*, 10, 456–464. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.07.019>.
- Hernández, E. y Briceño, L. (2009). Evaluación del pardeamiento enzimático durante el almacenamiento en congelación del puré de palta (*Persea americana* Mill) Var. Hass. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6171104.pdf>
- Kader, A.A. 1990. Modified atmospheres during transport and storage of fresh fruits and vegetables. I Int. Cong. Food Technol. Develop. Murcia. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81370202.pdf>
- Kader, A.A. 2002. Modified atmospheres during transport and storage. En: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Third edition. Ed. A.A. Kader. University of California. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81370202.pdf>
- Kuljarachanan, T., Devahastin, S. y Chiewchan, N. (2009). Evolution of antioxidant compounds in lime residues during drying. *Food Chemistry*, 113 (4):944-949.
- Larrosa, A., Comitre, A., Vaz, I., Pinto, I. (2016). Influence of air temperature on physical characteristics and bioactive compounds in vacuum drying of arthrospira spirulina. *Journal of Food Process Engineering*, 1745–4530.
- Lattanzio, V. Kroon, A. Linsalata, V. & Cardinali, A. (2009). Globe artichoke: A functional food and source of nutraceutical ingredients. *Journal of Functional Foods*, 1(2), 131–144. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2009.01.002>.
- Lombardo et al. (2010). Influence of genotype, harvest time and plant part on polyphenolic composition of globe artichoke [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori]. *Food Chemistry*, 119(3), 1175–1181. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.033>.
- Maroto, J. (1992). *Horticultura herbácea especial*. Ediciones Mundi-Prensa. Tercera edición, Madrid, España. 568 p.
- Martínez Tapia, M. (2016). *Residuos De Alcachofa (Cynara Scolymus L.) Variedad ‘Lorca’ Como Fuente De Compuestos Fenólicos Y Su Aplicación Como Antioxidantes* (Tesis

Para Optar El Grado De Magister Scientiae En Ciencias Ambientales). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2713/Q52-M3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martinez, C. (2015). *Proceso de elaboracion de alcachofa en conserva*. Obtenido de Recuperado de <https://georgiusm.files.wordpress.com/2015/03/1-prc3a1ctica-1.pdf>

Minsa/Digesa-V.01., 2008. Normas Sanitarias que establecen los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Recuperado de: [https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf)

Muedas, G., La Rosa, A., & Robles, J. (2008). Evaluación electroquímica de la actividad antioxidante del extracto alcohólico de la *Bauhinia guianensis* var. *Kuntiana* Aubl. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(4), 233-246.

Namiki, M. (1990). Antioxidants/antimutagens in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 29(4), 273–300. <https://doi.org/10.1080/10408399009527528>.

Navarro, R. (2018). Determinación de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante de extractos de orujo (epicarpo) de *Vitis vinífera* L. var. Italia y Negra criolla de residuos vitivinícolas como fuente de principios bioactivos aprovechables. Arequipa, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5005/BItoesa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pandino et al. (2011). Characterization of phenolic acids and flavonoids in leaves, stems, bracts and edible parts of globe artichokes. *Acta Horticulturae*, 942, 413–418. Recuperado de: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.942.61>.

Pandino et al. (2013a). Flavonoids content of *Cynara cardunculus* L. wild and cultivated germplasm accessions. *Acta Horticulturae*, 983, 81–86.

Rodríguez, J. (2009). Aprovechamiento de residuos de alcachofa. Recuperado de: <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/6303/1/Aprovechamiento%20de%20Residuos%20de%20Alcachofa-Aspectos%20Teoricos.pdf>

- Ros, M; Pascual, J; Ayuso, M; Morales, A; Miralles, J, Solera, C. (2012). Salidas valorizables de los residuos y subproductos orgánicos de la industria de los transformados de fruta y hortalizas: proyecto Life + Agrowaste. Recuperado de <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/03/agrowaste6.pdf>
- SENASA. (2004). Manual de procedimientos de desinfección. Recuperado de: [http://www.intranet.senasa.gov.ar/intranet/imagenes/archivos/dnsa/manuales\\_de\\_procedimiento/02%20Desinfeccion.pdf](http://www.intranet.senasa.gov.ar/intranet/imagenes/archivos/dnsa/manuales_de_procedimiento/02%20Desinfeccion.pdf)
- Skrede, G., Wrolstad, R., Durst, R. (2000). Changes in Anthocyanins and Polyphenolics During Juice Processing of Highbush Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Journal of food science*, 65, 2.
- Suárez et al. (2015). Evaporación. Recuperado de: <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Evaporizaci%C3%B3n.pdf/d8e51741-e013-5202-966d-251a21f26726>
- Swain, T. y Hills, WE. (1959). The phenolic constituents of *Prunus doméstica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*10(1): 63-68.
- UNIDO-UNEP (1998). Volumen de agua residual y carga contaminante por unidad de producción en transformación de hortalizas y frutas. Recuperado de: <http://www.istas.coo.es/descargas/Gu%C3%ADa%20MTD%20transformados%20vegetales.pdf>
- Wang et al. (2003). Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(3): 601-608.
- Zuorro, A. 2014. Response surface methodology analysis of polyphenol recovery from artichoke waste. *American Journal of Applied Science* 11(9): 1463-1471. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v43n3/v43n3a06.pdf>