

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**“CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS FENÓLICOS  
DURANTE EL PROCESAMIENTO DE ESPÁRRAGO BLANCO  
(*Asparagus officinalis*) ENCURTIDO POR MÉTODO DIRECTO”**

**Presentada por:**

**ELMER OBED VÉLIZ BERMEO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Lima - Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**“CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS FENÓLICOS  
DURANTE EL PROCESAMIENTO DE ESPÁRRAGO BLANCO  
(*Asparagus officinalis*) ENCURTIDO POR MÉTODO DIRECTO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAESTRO MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**ELMER OBED VÉLIZ BERMEO**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Dra. Rosana Chirinos Gallardo  
**PRESIDENTE**

Dr. Américo Guevara Pérez  
**PATROCINADOR**

Mg.Sc. Gloria Pascual Chagman  
**CO - PATRICINADORA**

Dra. Bettit Salvá Ruiz  
**MIEMBRO**

Mg.Sc. Carlos Elías Peñafiel  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

**A Dios**, por haberme permitido llegar hasta este punto de lograr realizar mi objetivo, además de su infinita bondad, fuerza y paciencia durante los días de trabajo.

### **A mi madre Nilda.**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, su amor, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

### **A mi padre Elmer.**

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

### **A mis familiares**

Por sus consejos, motivación, aprendizajes y colaboración directamente con la elaboración de esta tesis.

### **A mis amigos**

Por su apoyo incondicional y su motivación durante el desarrollo de la tesis.

Finalmente a los maestros que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Gran parte de esta tesis no hubiese sido lograda sin el apoyo directa o indirectamente de personas a las cuales estoy totalmente agradecido.

Quiero expresar mi gratitud primeramente Dios por acompañarme y bendecirme durante todo mi trabajo de investigación, por brindarme las fuerzas necesarias para culminar acertadamente mis días.

A mis padres y familiares por su soporte anímico y absoluta confianza puesta para lograr mis objetivos.

Al Dr. Américo Guevara, por la oportunidad brindada en desarrolla esta tesis, por su asesoría y apoyo permanente. Por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad.

A la Ing Keidy Cancino Chávez, por sus aportes y sugerencias en el desarrollo de la investigación

Al Ing. Elias Peñafiel y a la Dr. Betitt Salvá que como comité consejero me otorgaron su confianza, asesoría y tiempo para la ejecución de este trabajo.

Al Ing. Joel Coaquira, con el que estaré eternamente agradecido por su incondicional amistad, apoyo y facilidades ofrecidas en llevar a cabo cada análisis y evaluación pertinente y al Dr. Reynaldo Silva, por la oportunidad manifestada para llevar a cabo las diferentes evaluaciones y por aportar sus conocimientos en la mejora de este trabajo.

A Andrés Corimayhua, por brindarme un grato ambiente de trabajo, por su apoyo otorgado durante cada día de trabajo y sobre todo su amistad.

A Zarela, por su desinteresado apoyo, el cual fue indispensable para la realización de este trabajo. Por disponer de su tiempo y brindarme la motivación necesaria.

## INDICE GENERAL

### RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1 Generalidades .....	5
a. Descripción del espárrago .....	5
b. Clasificación taxonómica .....	6
c. Origen del espárrago .....	6
d. Morfología.....	7
e. Composición química.....	8
2.2 Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante .....	9
a. Antioxidantes primarios .....	9
b. Antioxidantes secundarios.....	10
c. Antioxidantes terciarios.....	10
2.3 Compuestos fenólicos.....	11
a. Capacidad antioxidante de compuestos fenólicos .....	13
b. Capacidad antioxidante de la vitamina C .....	13
2.4 Degradación química del ácido ascórbico.....	14

2.5	Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos .....	15
a.	Medición de la capacidad antioxidante .....	15
b.	Ensayo ABTS <sup>•+</sup> (Acido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazoin-6-sulfónico).....	17
c.	Ensayo del DPPH <sup>•</sup> (1,1-difenil-Ensayo 2-picril-hidrazilo .....	18
d.	Contenido de fenoles totales por el reactivo de Folin - Ciocalteu (F-C).....	18
2.6	Efecto del tratamiento térmico en los compuestos bioactivos .....	19
a.	Efecto del tratamiento térmico en los compuestos fenólicos .....	20
b.	Efecto del tratamiento térmico por blanqueado .....	21
c.	Pasteurizado.....	22
d.	Inactivación microbiana .....	23
e.	Forma de las curvas de inactivación microbiana.....	24
f.	Letalidad del proceso o Unidad de Pasteurizado (U.P.).....	25
g.	Método general.....	25
h.	Método matemático .....	26
III.	METODOLOGÍA.....	30
3.1.	Lugar de ejecución .....	30
3.2.	Materia prima .....	30
3.3.	Materiales, equipos y reactivos .....	30
3.4.	Métodos de análisis .....	32
a.	Análisis físicos y químicos.....	32
b.	Análisis microbiológicos .....	34
c.	Determinación de parámetros cinéticos de vitamina C .....	34
d.	Análisis sensorial.....	35

3.5. Metodología experimental.....	35
3.6. Parte experimental.....	39
a. Selección y clasificación .....	41
b. Pelado y cortado .....	41
c. Blanqueado y enfriado.....	41
d. Estandarizado .....	41
e. Tratamiento térmico .....	41
f. Evaluación del producto obtenido.....	43
3.7. Análisis estadístico .....	43
a. Análisis sensorial para determinar la mejor formulación.....	43
b. Análisis estadístico para el efecto del proceso en los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y vitamina C.....	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	45
V. CONCLUSIONES.....	68
VI. RECOMENDACIONES .....	69
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	86

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional del espárrago .....	9
Tabla 2. Clasificación de compuestos fenólicos.....	12
Tabla 3. Clasificación de los modelos de ensayo in vitro según su modo de reacción ET o HAT .....	16
Tabla 4. Criterios microbiológicos permisibles.....	43
Tabla 5. Composición fisicoquímica del espárrago blanco .....	46
Tabla 6. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago fresco.....	47
Tabla 7. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago pelado y cortado.....	48
Tabla 8. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago blanqueado y enfriado.....	49
Tabla 9. Matriz de correlación (Spearman) .....	50
Tabla 10. Tabla de penalidades o efectos sobre la media.....	51
Tabla 11. Tabla de penalidades o efectos sobre la media.....	52
Tabla 12. Características microbiológicas del producto.....	55
Tabla 13. Valores de velocidades de enfriamiento y calentamiento .....	55
Tabla 14. Tabla de valores cinéticos .....	57
Tabla 15. Parámetros cinéticos de degradación de la vitamina C en el espárrago .....	58
Tabla 16. Contenido de vitamina c a temperaturas de 65, 75 y 85°C .....	59
Tabla 17. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago pasteurizado .	61
Tabla 18. Composición fisicoquímica del espárrago encurtido .....	62
Tabla 19. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago encurtido.....	63



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Degradación química de la vitamina C .....	15
Figura 2. Estructura del ABTS <sup>•+</sup> antes y después de la reacción con el antioxidante .....	17
Figura 3. Estructura del DPPH <sup>•</sup> antes y después de la reacción con el antioxidante .....	18
Figura 4. Curvas de inactivación microbiana .....	24
Figura 5. Flujo de operaciones para obtener encurtidos con espárrago blanco ( <i>Asparagus officinalis</i> ).....	36
Figura 6. Esquema experimental para obtener el encurtido de espárrago blanco .....	40
Figura 7. Frecuencia de aceptación para los tres niveles JAR.....	51
Figura 8. Efecto sobre las medias de los 3 niveles JAR de cada atributo .....	53
Figura 9. Efectos de caída media y el porcentaje de opinión de los encuestados .....	53
Figura 10. Retención de ácido ascórbico a distintas temperaturas y tiempos .....	57
Figura 11. Modelo de Arrhenius de la degradación de vitamina C del espárrago .....	58
Figura 12. Curva de tiempo de muerte térmica mostrando la definición del valor Z.....	60
Figura 13. Dispersión del contenido de antioxidantes por los métodos ABTS <sup>•+</sup> y DPPH <sup>•</sup> .....	64
Figura 14. Dispersión del contenido de compuestos antioxidantes (método DPPH <sup>•</sup> ) y fenólicos .....	65
Figura 15. Dispersión del contenido de compuestos antioxidantes (método ABTS <sup>•+</sup> ) y fenólicos .....	65
Figura 16. Dispersión del contenido de compuestos antioxidantes (método DPPH <sup>•</sup> ) y vitamina C .....	66
Figura 17. Dispersión del contenido de compuestos antioxidantes (método ABTS <sup>•+</sup> ) y vitamina C .....	67

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 8.1. Boletín de evaluación sensorial .....	86
Anexo 8.2. Estandarización del encurtido de espárrago en función del pH y contenido de sal (Análisis sensorial).....	87
Anexo 8.3. Determinación del tiempo de reacción del ABTS <sup>•+</sup> .....	109
Anexo 8.4. Degradación de la vitamina C.....	112
Anexo 8.5 Determinación del tiempo y la Unidad de Pasteurizado (U.P.).....	114
Anexo 8.6. Curvas patrón para antioxidantes métodos ABTS <sup>•+</sup> y DPPH <sup>•</sup> .....	116
Anexo 8.7. Análisis estadístico .....	124
Anexo 8.8. Determinación del tiempo de extracción para la determinación de compuestos antioxidantes .....	129
Anexo 8.9 Determinación del tiempo de reacción radical ATBS <sup>•+</sup> para la determinación de compuestos antioxidantes .....	130
Anexo 8.10. Contenido de vitamina C durante el tiempo de tratamiento térmico .....	131
Anexo 8.11. Degradación de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante .....	131

## RESUMEN

Se estudió la influencia del proceso en la obtención de espárrago blanco (*Asparagus officinalis*) en forma de encurtido sobre la actividad antioxidante total, compuestos bioactivos (compuestos fenólicos totales y vitamina C); el tratamiento térmico y los parámetros de estandarización porcentaje de sal (1, 1,5 y 2 por ciento) y pH (3,4; 3,6 y 3,8). Los compuestos bioactivos se vieron significativamente influenciado ( $p < 0.05$ ) por efecto del proceso, encontrándose pérdida de: 0,71  $\mu$ moles Trolox/g de capacidad antioxidante por el método DPPH $\bullet$  y 1,60  $\mu$ moles Trolox/g por el método ABTS $\bullet^+$ ; 12,50 mg ac as 100g de vitamina C; 1,38 meq AG/g de compuestos fenólicos, en el producto final. Las evaluaciones sensoriales (método JAR con el criterio «JUSTO COMO ME GUSTA» con un nivel de significancia de 95%), indicaron que la mejor formulación fue utilizando 1 por ciento de sal y 3,8 de pH. De la evaluación del tratamiento térmico por los métodos de Stumbo y Simpson se determinó.

**Palabras clave:** Espárrago, encurtido, compuestos bioactivos, capacidad antioxidante, tratamiento térmico.

## ABSTRACT

The influence of the process in obtaining white asparagus (*Asparagus officinalis*) in the form of pickling on the total antioxidant activity, bioactive compounds (total phenolic compounds and vitamin C) was studied; the heat treatment and standardization parameters salt percentage (1, 1,5 and 2 percent) and pH (3,4; 3,6 and 3,8). The bioactive compounds were affected by the impact ( $p < 0.05$ ) due to the effect of the process, finding a loss of: 0.71  $\mu\text{mol Trolox / g}$  of antioxidant capacity by the DPPH<sup>•</sup> method and 1.60  $\mu\text{mol Trolox / g}$  by the ABTS<sup>•+</sup> method; 12.50 mg of mg ac as /100 g of vitamin C; 1.38 meq AG / g of phenolic compounds, in the final product. The sensory evaluations (JAR method with the criterion "JUST AS I LIKE" with a level of significance of 95%), indicated that the best formulation is to use 1 percent of salt and 3,8 of pH. The evaluation of the heat treatment by the Stumbo and Simpson methods was determined.

Keywords: Asparagus, pickling, bioactive compounds, antioxidant capacity, heat treatment

## I. INTRODUCCIÓN

Los vegetales siempre han sido de vital importancia para el hombre, supliendo necesidades básicas como alimento, medicina u otras necesidades basadas en el aprovechamiento de sus características funcionales o componentes naturales. Por tal razón, se han estudiado desde hace muchos años, demostrando sus grandes efectos biológicos, como reguladores, inhibidores enzimáticos, conservantes y agentes bioactivos (Raskin *et al.*, 2002). Diversos compuestos presentes en productos vegetales tienen la propiedad de actuar como antirradicales o antioxidantes (Pietta y Simonetti, 1998); los alimentos vegetales proporcionan una mezcla óptima de antioxidantes naturales; destacando los compuestos fenólicos, tocoferoles y carotenoides, vitaminas, entre otros compuestos bioactivos (Sun *et al.*, 2007).

El espárrago (*Asparagus officinalis*) es un vegetal con una alta actividad antioxidante entre los vegetales comúnmente consumidos (Vinson *et al.*, 1998). Los antioxidantes en los espárragos incluyen ácido ascórbico, flavonas, fenoles, glutatión, etc. (Shao *et al.*, 1997). Este vegetal presenta una alta actividad antioxidante que actúa antes o durante una reacción en cadena neutralizando los radicales libres; ya sea en la etapa de iniciación, propagación, terminación, descomposición o en la subsecuente oxidación de estos, protegiendo al cuerpo humano del estrés oxidativo, que es la principal causa de algunos cánceres y enfermedades cardíacas y degenerativas (Verlangieri *et al.*, 1985). Sin embargo, el espárrago es un vegetal fácilmente perecedero que se caracteriza por una vida poscosecha limitada, es por ello que en ocasiones se someten a procesos de conservación con la finalidad de extender su vida útil. Los espárragos se pueden encontrar como productos encurtidos, envasados, secos o congelados, sin embargo los procesos de obtención causan un impacto en la reducción de la calidad fisicoquímica, el contenido de compuestos fitoquímicos y en las propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud que poseen los frutos en su estado fresco (Sánchez *et al.*, 2007).

Muchos investigadores han observado el efecto de la temperatura, pH, luz, actividades mecánicas, etc. sobre la degradación del contenido de nutrientes y antioxidantes de ciertos vegetales, pero pocos han evaluado el efecto de estos agentes externos sobre los compuestos fitoquímicos en espárragos, considerando que para obtenerlos en forma de encurtido pasan por etapas que conllevan a la degradación de sus metabolitos secundarios. A fin de contrarrestar a futuro las pérdidas cuantitativas de sus compuestos bioactivos durante el procesamiento industrial, la investigación en referencia se centraliza en los objetivos de:

- Determinar la variación de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y vitamina C del espárrago blanco durante el procesamiento en forma de encurtido.
- Determinar los parámetros de procesamiento en la estandarización y tratamiento térmico, para obtener encurtido a partir de espárrago blanco.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades

#### a. Descripción del espárrago

El espárrago es una planta herbácea comestible; compuesta por los turiones o vástagos, que son las yemas, bastante carnosas y tiernas (Collazos *et al.*, 2001).

- **Características ecológicas ideales para el cultivo según Infoagro son:**

Estructura de suelos: Franco arenosos.

pH: de 6.5 a 8.

Humedad: 60 a 70 %

Temperatura ideal: de 18 a 25 °C.

Existe un amplio rango de clasificación de variedades de los espárragos, entre los cuales la coloración de los brotes es uno de los factores más importantes a considerar. Existen variedades que se utilizan para obtener espárragos blancos, que se cultivan sin recibir luz directa, espárragos verdes y espárragos violetas (Delgado, 2007).

- **Espárrago Blanco:** Se cultiva bajo la tierra sin recibir la luz del sol. Se recolecta cuando la tierra se eleva ligeramente antes de que la yema entre en contacto con la luz.

- **Espárrago morado:** Se cultiva igual que el blanco, pero se recolecta cuando la yema ha traspasado la superficie de la tierra y ha entrado en contacto con la luz solar. Su sabor es algo más intenso.
- **Espárrago verde:** Se cultiva al aire libre y recibe su color de la luz solar. Se recolecta cuando sobresale 20 a 25 cm. De la tierra, su sabor es más aromático y parecido al espárrago silvestre, contiene más cantidad de vitaminas debido a la clorofila.

## b. Clasificación taxonómica

Según Infoagro (1997). El espárrago tiene la siguiente clasificación:

- Reino: Plantae
- Clase: Magnoliopsidae
- Superorden: Liliales
- Orden: Asparagales
- Familia: Liliaceae
- Género: Asparagus
- Especie: officinalis
- Nombre científico: Asparagus officinalis L.

## c. Origen del espárrago

El espárrago (*Asparagus Officinalis*) se desarrolló posiblemente en la zona del Mediterráneo, y se expandió hacia el noroeste de Europa en la época de los Romanos (Fehér, 1992). Actualmente se cultiva en forma comercial en al menos 61 países, con un superficie total estimada de 218,335 ha. (Benson, 1999). Se adapta a una gran diversidad de ambientes, tales climas desérticos (norte de México, Perú), mediterráneos (Chile central, California) marinos (Nueva Zelanda, Inglaterra), templados fríos (Polonia) entre otros.



#### **d. Morfología**

La plata de espárrago está formada por tallos aéreos ramificados, y una parte subterránea constituida por raíces y yemas. Es una planta herbácea permanente, cuyo cultivo dura bastante tiempo en el suelo, entre 8 a 10 años, desde el punto de vista de vida económica rentable (Delgado, 2007).

La planta de espárrago está formada según Infoagro (1997) por:

- **Raíces**

Nacen directamente del tallo subterráneo y son cilíndricas, gruesas y carnosas teniendo la facultad de acumular reservas, base para la próxima producción de turiones; de estas raíces principales nacen las raicillas o pelos absorbentes cuya función es la de absorción de agua y elementos nutritivos.

Las raíces principales tienen una vida de 2 a 3 años; cuando estas raíces mueren son sustituidas por otras nuevas, que se sitúan en la parte superior de las anteriores, con ello las yemas van quedando más altas; de esta forma la parte subterránea va acercándose a la superficie del suelo a medida que pasan los años de cultivo

- **Tallo**

Es único, subterráneo y modificado en un rizoma. En el terreno se desarrolla horizontalmente en forma de base o plataforma desde la cual se producen, según su tropismo, otros órganos de la planta

- **Yemas**

Son los órganos de donde brotan los turiones, parte comestible y comercializable de este producto, que cuando se dejan vegetar son los futuros tallos ramificados de la planta.

- **Flores**

Son pequeñas, generalmente solitarias, campanuladas y con la corola verde amarillenta. Su polinización es cruzada con un elevado porcentaje de alogamia.

- **Fruto**

Es una baya redondeada de 0.5 cm. de diámetro; son de color verde al principio y rojo cuando maduran. Cada fruto tiene aproximadamente de 1 a 2 semillas.

- **Semillas**

Son de color pardo oscuro o negras, y con forma entre poliédrica y redonda, teniendo un elevado poder germinativo. La planta de espárrago es dioica; es decir, hay plantas hembras que solamente dan flores femeninas y plantas machos que únicamente dan flores masculinas.

Las plantas macho son más productivas, más precoces y longevas que las hembras; esto es lógico que ocurra, ya que las plantas hembras en la formación de flores, frutos y semillas utilizan buena parte de las reservas, que en el caso de las plantas macho acumulan en las raíces las reservas para la próxima producción de turiones. Las plantas macho son, también, más precoces y longevas que las hembras.

#### **e. Composición Química**

La composición química del espárrago se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1. Valor nutricional del espárrago**

<b>Espárrago fresco (100g)</b>		<b>Espárrago Cocido (100g)</b>	
<b>Factores nutricionales</b>	<b>Contenido</b>	<b>Factores nutricionales</b>	<b>Contenido</b>
Calorías	23 unid.	Calorías	25 unid.
Proteínas	2,5 gr.	Proteínas	3,3 gr.
Carbohidratos	4,3 gr	Carbohidratos	5 gr
Fósforo	62 mg.	Fósforo	61,4 mg
Vitamina A	900 U.I.	Vitamina A	833 U.I.
Riboflavina	0,2 mg.	Riboflavina	0,11 mg.
Ácido Ascórbico	33 mg	Ácido Ascórbico	26,6 mg
Agua	91,7 %	Agua	92%
Calcio	22 mg.	Calcio	23,3 mg.
Hierro	1 mg.	Hierro	0,7 mg.
Tiamina	0,18 mg	Tiamina	0,10 mg.
Niacina	1,5 mg	Niacina	1 mg.
Fibra	0,7 gr	Potasio	310 mg.

**Fuente: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (1992)**

## **2.2 Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante**

Según Martínez–Navarrete *et al.* (2008), los alimentos además de aportar nutrientes, contienen una serie de sustancias no nutritivas que intervienen en el metabolismo secundario de los vegetales: sustancias colorantes (pigmentos), aromáticas, reguladoras del crecimiento, protectoras naturales, que no tienen una función nutricional clásicamente definida, o no son considerados esenciales para la salud humana, pero pueden tener un impacto significativo en el curso de alguna enfermedad, son los fitoquímicos o sustancias bioactivas.

### **a. Antioxidantes primarios**

Los llamados antioxidantes primarios previenen la formación de nuevas ERO (especies reactivas del oxígeno).

Esto se consigue convirtiendo las ERO en moléculas menos perjudiciales, antes de que puedan reaccionar, o evitando su producción a partir de otras moléculas. En este grupo destacan enzimas como las tioredoxinas, las glutatión peroxidases, las superóxido dismutasas y proteínas como la ferritina (Katalinic *et al.*, 2005).

### **b. Antioxidantes secundarios**

Los antioxidantes secundarios capturan los radicales y evitan las reacciones en cadena. Ejemplos de ellos son la vitamina E y C,  $\beta$ -caroteno y sustancias endógenas con capacidad antioxidante, entre las cuales se encuentran glutatión urato, bilirrubina y ubiquinona (Doria *et al.*, 2012).

La vitamina C, presenta muchas actividades biológicas en el cuerpo humano; se ha encontrado que esta puede reducir los niveles de proteína C-reactiva, un marcador de la inflamación y posiblemente un anunciador de enfermedades del corazón (Podsdek, 2007).

La vitamina E pertenece a los antioxidantes liposolubles, su actividad biológica incluye tocoferoles, tocotrienoles, especialmente  $\alpha$ -tocoferol. La reacción predominante responsable de la capacidad antioxidante del tocoferol es la donación de átomos de hidrógeno, donde se forma el radical tocoperóxil (Podsdek, 2007).

### **c. Antioxidantes terciarios**

Los antioxidantes terciarios son los encargados de la reparación de las biomoléculas dañadas. En este grupo se incluyen las enzimas endonucleasa, apurinica/apirimidínica y polimerasa  $\beta$ , reparadoras del ADN (Page *et al.*, 2009) y la metionina sulfóxido reductasa.

Los antioxidantes juegan un papel importante previniendo o aliviando afecciones crónicas, incluyendo cáncer, alteraciones cardiovasculares, cataratas, arteriosclerosis, diabetes, asma, hepatitis, artritis e inmunodeficiencia (Siddhuraju y Becker, 2007).

Estos reducen el daño oxidativo a los componentes celulares causados por las ERO. El uso de los antioxidantes sintéticos en alimentos está bajo estricta regulación, debido a la incertidumbre sobre su seguridad. Por esta razón hay un interés creciente en los antioxidantes naturales para atenuar el daño oxidativo (Jaitak *et al.*, 2010) puesto que estos antioxidantes derivados de plantas funcionan como captadores de oxígeno singlete y triplete, eliminadores de peróxidos e inhibidores de enzimas (Choi *et al.*, 2002).

Durante muchos años las plantas han sido usadas en muchos campos, incluyendo medicina, nutrición, saborizantes, bebidas, repelentes, fragancias, cosméticos, cigarrillos y otros propósitos industriales. Desde épocas remotas las plantas han sido la base para casi todas las terapias medicinales, hasta cuando las drogas sintéticas se desarrollaron en el siglo XIX (Djeridane *et al.*, 2006) ya que estas contienen una amplia variedad de moléculas con capacidad antioxidante, como flavonoides, antocianinas, carotenoides, vitaminas, metabolitos endógenos, y productos naturales con capacidad antioxidante.

### **2.3 Compuestos fenólicos**

Un gran número de moléculas que tienen una estructura fenólica (grupos hidroxilo unido a anillos aromáticos) han sido identificadas en las plantas superiores, y varios de esos compuestos se encuentran en vegetales (Manach *et al.*, 2005). Estas moléculas son llamadas compuestos fenólicos o polifenoles, son metabolitos secundarios de las plantas que, por lo general, participan en la defensa contra radiación ultravioleta o daños fisiológicos por patógenos (Denny y Buttriss, 2007).

Los compuestos fenólicos pueden clasificarse en diferentes grupos (Tabla 2), en función del número de anillos fenol que poseen y de los elementos estructurales que unen a estos anillos entre sí (Manach *et al.*, 2005).

Según Martínez–Valverde *et al.* (2000), los compuestos fenólicos presentan un anillo benceno hidroxilo como elemento común en sus estructuras moleculares, las cuales pueden incluir grupos funcionales como ésteres, metil ésteres, glicósidos, etc. Entre los principales grupos se encuentran los flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos y lignanos. Los compuestos fenólicos poseen además una amplia gama de efectos biológicos como antibacterianos, antivirales, antiinflamatorios y acciones vasodilatadoras (Di Carlo *et al.*, 1999); están presentes generalmente en forma de glucósidos en los extractos de las frutas, hierbas, vegetales, cereales y otros materiales de plantas ricas en polifenoles lo que ha permitido su utilización por la industria (Muñoz *et al.*, 2007).

**Tabla 2. Clasificación de compuestos fenólicos**

Número de átomos de carbono	Estructura básica	Clase	Ejemplo
6	$C_6$	Fenoles simples Benzoquinonas	Catecol, hidroxiquinona 2,6dimetilhidroxiquinona
7	$C_6 - C_1$		Ácido gálico y salicílico
8	$C_6 - C_2$	Acetofenonas Derivados de la tirosina Ácidos fenilacéticos	3-Acetyl-6- methoxybenzaldehido Tirosol p-Hidroxifeilacético
9	$C_6 - C_3$	Ácidos hidroxicinámicos Fenil propenos Cumarinas Isocumarinas Cromones	Ácido cafeico, Ácido ferúlico Eugenol Umbeliferona, aesculetin Eugenin
10	$C_6 - C_4$	Naftoquinonas	Juglone,plumbagin
13	$C_6 - C_1 - C_6$	Xantonas	Magniferin
14	$C_6 - C_2 - C_6$	Estilbenos Antroquinonas	Resveratol Emodin
15	$C_6 - C_3 - C_6$	Flavonoides Isoflavoniodes	Quercetin Ginistein
18	$(C_6 - C_3)_2$	Lignanos Neolignanos	Pinoresinol
30	$(C_6 - C_3 - C_6)''$	Biflavoniodes	Amentoflavona
n	$(C_6 - C_3)_n (C_6)_n (C_6 - C_3 - C_6)_n$	Ligninas Taninos	

**Fuente: Harbone (1989)**

### **a. Capacidad antioxidante de compuestos fenólicos**

La capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos se debe sobre todo a las propiedades redox, que les permite actuar como agentes reductores, donadores de hidrogeno, bloqueantes del oxígeno singlete y captadores de radicales OH. Retrasan la degradación oxidativa de los lípidos y por tanto mejoran la calidad y el valor nutricional de los alimentos (Pokorny *et al.*, 2001).

Una de las principales propiedades de los compuestos fenólicos es su capacidad antioxidante, considerado como la actividad biológica responsable de inhibir la oxidación de biomoléculas importantes promoviendo un efecto preventivo sobre determinadas enfermedades (Soobratte *et al.*, 2005). Esta actividad de los compuestos fenólicos parece estar relacionada con su capacidad quelante, inhibición de la lipoxigenasa y captura de radicales libres (Alamed *et al.*, 2009). Entre los compuestos fenólicos con un reconocido potencial antioxidante destacan los flavonoides (quercitina, kaemferol, miricetina; los cuales constituyen la fracción polifenólica de una gran diversidad de alimentos de origen vegetal (Manach *et al.*, 2004).

La capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos varía en función del grupo de compuestos estudiado y de su solubilidad. Sin embargo, en general se puede decir que esta propiedad va a depender de la estructura química de los compuestos y de la presencia de grupos hidroxilo presentes en la molécula. Además, la capacidad de ejercer el potencial antioxidante de los compuestos fenólicos va a depender de su bioaccesibilidad en el alimento y su biodisponibilidad en el tracto gastrointestinal (Saura-Calixto, 2010).

### **b. Capacidad antioxidante de la vitamina C**

Según Badui (2006), la vitamina C, hidrosoluble, es una cetona cíclica que corresponde a la forma enólica de la  $\beta$ -ceto-1gulofuranolactona, contiene un enol entre los carbonos 2 y 3 que lo hace un agente ácido y muy reductor, por lo que se oxida fácilmente. Osborne y Voogt (1986) indican que esta vitamina es el agente reductor más activo conocido que se encuentra naturalmente en los tejidos vivos.

La vitamina C se requiere extensamente en el metabolismo. El hombre por la falta de enzimas necesarias para convertir el ácido L-gulánico a ácido ascórbico, requiere esta vitamina en sus alimentos. Las mejores fuentes de vitamina C son las frutas cítricas, melones, col cruda y vegetales de hojas verdes (Murray, 2004).

Badui (2006) indica que la deficiencia de esta vitamina C en la dieta provoca la enfermedad llamada escorbuto, que vuelve al individuo muy susceptible de contraer diversas infecciones como inflamación articular, hemorragias subcutáneas, etc.

#### **2.4 Degradación química de la vitamina C**

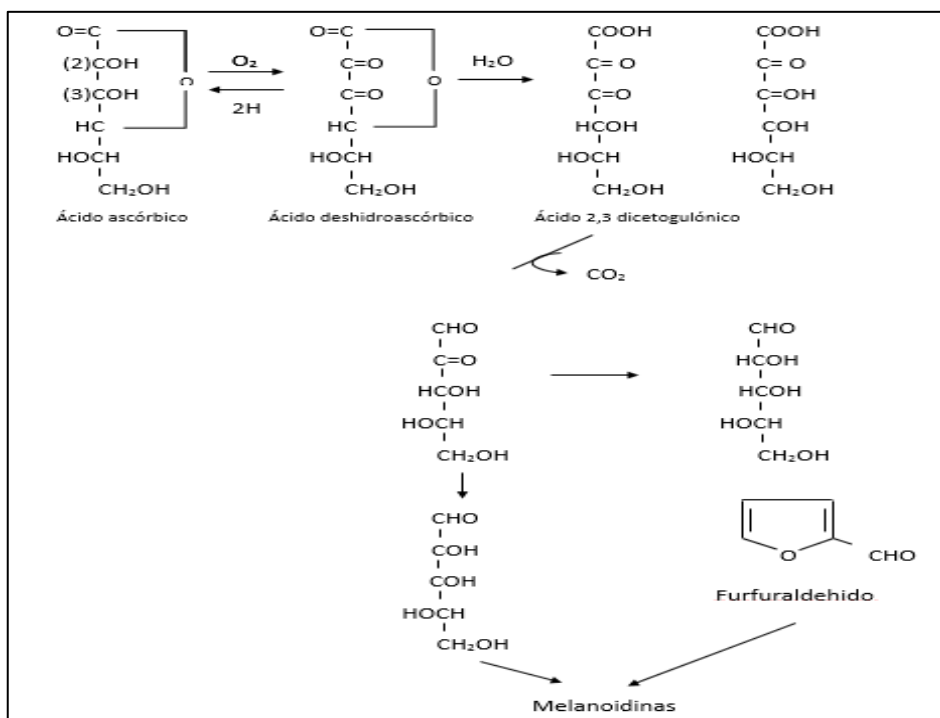
Fennema (2000) indica que la vitamina C es soluble en agua, se pierde fácilmente por lixiviación en las superficies cortadas o trituradas de los alimentos. Sin embargo, en los alimentos elaborados las pérdidas más importantes después de la manipulación se debe a la degradación química y a agentes externas debido al procesamiento. En los alimentos ricos en vitamina C, como los vegetales, generalmente la pérdida va asociada al pardeamiento no enzimático. La vía exacta de degradación de la vitamina C es muy variable y depende de cada sistema.

Al ser tan numerosos los factores susceptibles de influir en la degradación del ácido ascórbico, resulta imposible establecer relaciones precursores - producto claramente definidas, salvo para los primeros productos de reacción (Manayayay, 1992).

Coultate (1985); citado por Manayayay (1992) refiere que en presencia de aire la degradación de la vitamina C tiene lugar principalmente, por la formación del ácido dehidroascórbico, menos estable. El ácido dehidroascórbico, una vez formado, experimenta un aserie de reacciones irreversibles de apertura del anillo que conducen a la formación del ácido dicetogulónico, el cual no presenta actividad vitamínica.

Según Badui (2006), el ácido 2,3 dicetogulónico se cicla y produce anhídrido carbónico que se polimeriza y forma melanoidinas de manera semejante a las del oscurecimiento no enzimático (Figura 1).





**Figura 1. Degradación química del ácido ascórbico**

**Fuente: Badui (2006).**

Manayayay (1992) también manifiesta que la oxidación es bastante rápida a elevadas temperaturas, incluso en ausencia del catalizador. La formación del ácido dicetogulónico es prácticamente instantáneo a pH alcalino, rápida a pH neutro y lenta a condiciones ácidas.

Manayayay (1992) manifiesta que la estabilidad de la vitamina C aumenta por la presencia de citrato y de flavonoides ya que estos forman complejos con los cationes metálicos, pero es necesario mantener la ausencia de aire como sea posible. A temperaturas elevadas y en condiciones anaeróbicas, la vitamina C también experimenta una degradación por la vía similar a la del resto de los azúcares, excepto en que se forma  $\text{CO}_2$ .

## 2.5 Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos

### a. Medición de la capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante no puede ser medida directamente, pero puede determinarse por los efectos del compuesto antioxidante en un proceso de oxidación controlado.

Según Clarkson (1995), la medición de una muestra oxidante, pueden usarse intermediarios o productos finales para valorar la capacidad antioxidante.

La capacidad antioxidante de una muestra no puede ser determinada basándose solo en un ensayo de prueba. En la práctica se realizan muchos modelos de test *in vitro* (Tabla 3) para evaluar la capacidad antioxidante de la muestra de interés; sin embargo, es necesario considerar que los modelos presenten diferentes variaciones puede dificultar un poco la comparación de los resultados entre un método y otro.

Con base a las reacciones químicas, la gran mayoría de los ensayos para determinar la capacidad antioxidante pueden ser divididos en dos categorías: Ensayos basados en la reacción por transferencia de átomos de hidrógeno (HAT) y ensayos basados en la reacción por transferencia de electrones (ET) (Huang *et al.*, 2005).

**Tabla 3. Clasificación de los modelos de ensayo *in vitro* según su modo de reacción ET o HAT**

ENSAYO	CATEGORIA
Acido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico (ABTS <sup>•+</sup> ) 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH <sup>•</sup> ) Poder de reducción antioxidante del hierro (FRAP) N,N- dimetil-p-fenilendiamina (DMPD) Capacidad de reducción antioxidante del cobre (CUPRAC)	Ensayos basados en la transferencia de electrones (ET)
Capacidad de absorción del radical oxígeno (ORAC) Parámetro antioxidante de captura de radicales (TRAP) Inhibición de la oxidación del ácido linoleico Inhibición de la oxidación de los lípido de baja densidad (LDL)	Ensayos basados en la transferencia de átomos de hidrógeno (HAT)

**Fuente: Huang *et al.* (2005)**

Últimamente se han adoptado ensayos espectrofotométricos para medir la capacidad antioxidante de los alimentos, muestras biológicas y extractos vegetales. Entre los ensayos de captación de radicales libres, el método DPPH<sup>•</sup> es el más rápido, es simple (no incluye muchos pasos) y de menor costo en comparación con otros modelos.

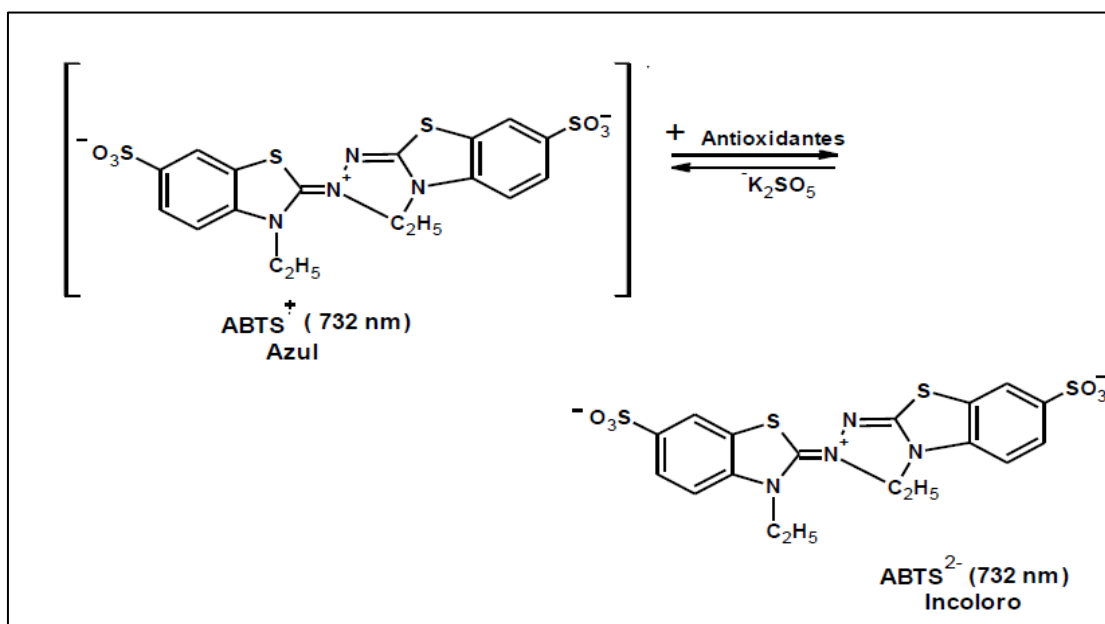
Por otro lado, el ensayo de decoloración  $ABTS^{\bullet+}$  se puede aplicar a antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos (Alam *et al.*, 2012). Por lo anterior, estos dos métodos son los más utilizados.

Según las categorías de reacción ya mencionadas, los ensayos de transferencia de electrones se llevan a cabo mediante la siguiente reacción (Ecuación 1).



### b. Ensayo $ABTS^{\bullet+}$ (Acido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazoin-6-sulfónico)

La generación del radical  $ABTS^{\bullet+}$  constituye la base de uno de los métodos espectrométricos que han sido aplicados para medir la capacidad antioxidante total de soluciones o sustancias puras y mezclas acuosas (Figura 2). Oxidante (prueba). Conlleva a una reacción rápida de los antioxidantes, contribuye a la reducción del radical ferrilmioglobina. Un formato más apropiado para el ensayo consiste en la técnica de decoloración, en la cual el radical es generado directamente en una forma estable antes de la reacción con los antioxidantes (Re *et al.*, 1999).



**Figura 2. Estructura del  $ABTS^{\bullet+}$  antes y después de la reacción con el antioxidante**

**Fuente: Zuleta *et al.* (2009)**

### c. Ensayo del DPPH• (1,1-difenil-Ensayo 2-picril-hidrazilo)

Este método fue propuesto por Blois (1958) en el cual se demostró por primera vez la capacidad del radical libre DPPH• para aceptar un átomo de hidrógeno (H•) proveniente de una molécula de cisteína. La molécula 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH•) es conocida como un radical libre estable debido a la deslocalización de un electrón desapareado sobre la molécula completa, por lo cual la molécula no se dimeriza, como es el caso de la mayoría de los radicales libres. La deslocalización del electrón también intensifica el color violeta intenso típico del radical, el cual absorbe en metanol a 517 nm. Cuando la solución de DPPH reacciona con el sustrato antioxidante que puede donar un átomo de hidrógeno como se muestra en la Figura 3, el color violeta se desvanece.

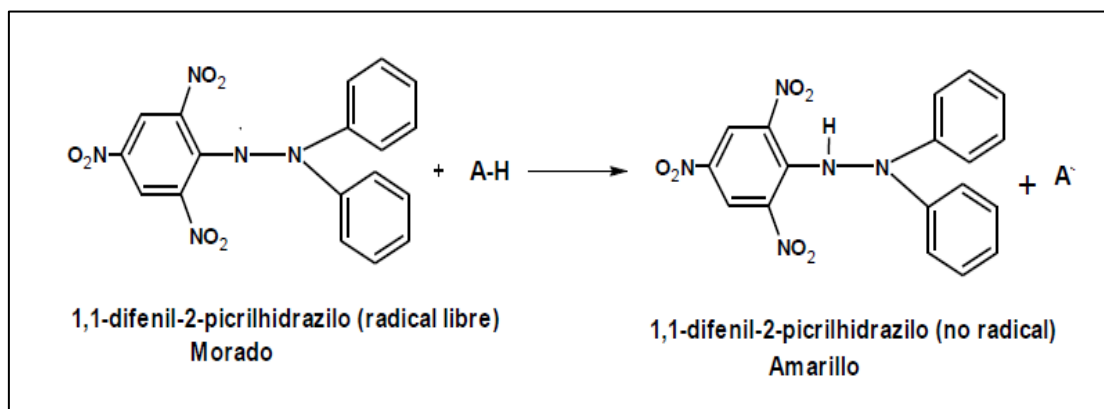


Figura 3. Estructura del DPPH• antes y después de la reacción con el antioxidante

Fuente: Alam *et al.* (2012)

### d. Contenido de fenoles totales por el reactivo de Folin - Ciocalteu (F-C)

El ensayo de Folin-Ciocalteu es un método comúnmente utilizado en el área de agroquímica e industrias alimenticias, por su simplicidad, por la disponibilidad comercial del reactivo y por ser un procedimiento ya estandarizado (Singleton *et al.*, 1999).

Inicialmente, fue aplicado al análisis de proteínas tomando como ventaja la actividad del reactivo frente al residuo de proteína, tirosina (que contiene un grupo fenol). Muchos años después este ensayo se extendió al análisis de fenoles totales en vino y desde entonces se le ha encontrado muchas aplicaciones.

El reactivo de Folin - Ciocalteu utiliza un mecanismo de reacción de oxidación/reducción, que no es específico para fenoles. De hecho, el ensayo de Folin - Ciocalteu mide la capacidad para reducir el reactivo de ácido fosfomolibdico/fosfotungstico a un complejo azul que es monitoreado espectrofotométricamente (Huang *et al.*, 2005). El método implica la oxidación de fenoles en solución alcalina por el heteropolianión molibdotungstosfosfórico amarillo y la medición colorimétrica del molibdotungstosfosfato azul resultante. Este complejo azul tiene su máxima absorción dependiendo de su composición fenólica, además del pH de las soluciones implicadas (Cicco *et al.*, 2009).

Según el ensayo Folin - Ciocalteu, el molibdeno es reducido en el complejo y se da la reacción de transferencia de electrones entre el Mo (iv) y el reductor como se muestra en la Ecuación 2.



En el ensayo Folin - Ciocalteu original, se usa el buffer de carbonato para ajustar el pH y el punto final de reacción se alcanza a los 120 min aproximadamente a temperatura ambiente. Aunque es un tiempo demasiado extenso y dificulta la implementación de un análisis de rutina, aún es utilizado por algunos investigadores.

Magalhães *et al.* (2010) adaptaron el método, en el cual se varía la alcalinidad, al reemplazar el buffer de carbonato por una solución de hidróxido de sodio logrando disminuir el tiempo de reacción a 4 min y conseguir resultados altamente confiables. Al final se debe tener muy presente la concentración alcohólica en la mezcla, puesto que según Singleton *et al.* (1999) el incluir solventes diferentes al agua en las muestras, algunas veces puede interferir la formación de la solución azul.

## 2.6 Efecto del tratamiento térmico en los compuestos bioactivos

La mayor parte de los alimentos son malos conductores del calor. Los procesos de calentamiento o enfriamiento pueden acortarse reduciendo el tamaño de partícula.

La conductividad térmica de un alimento está fuertemente influenciada por la composición, al igual que por el calor específico, siendo el agua la que ejerce la mayor influencia. La conductividad térmica disminuye a medida que el alimento se va secando (Lewis *et al.*, 1993).

En términos generales, Nicoli *et al.* (1999) señalan que los posibles efectos en la capacidad antioxidante que pueden llevarse a cabo consecutiva o simultáneamente durante el procesamiento de alimentos, son los siguientes:

- La pérdida de antioxidantes naturales.
- Mejora de las propiedades antioxidantes de los compuestos naturales.
- Formación de nuevos compuestos con capacidad antioxidante (es decir, productos de la reacción de Maillard).
- Formación de nuevos compuestos con capacidad prooxidante (es decir, productos de la reacción de Maillard).
- Las interacciones entre los diferentes compuestos (por ejemplo, los lípidos antioxidantes naturales, los lípidos y los productos de la reacción de Maillard).

Como ejemplo de pérdida de compuestos con capacidad antioxidante en los alimentos, Nicoli *et al.* (1999) señalan a la vitamina C como susceptible a la oxidación química y/o a la degradación térmica durante el blanqueado, cocción, pasteurización, esterilización y congelación.

#### **a. Efecto del tratamiento térmico en los compuestos fenólicos**

Pérez–Conesa *et al.* (2009) mencionan que el contenido de fenoles totales disminuye significativamente durante el tratamiento térmico. Sin embargo, también se puede dar el aumento en el contenido de éstos compuestos durante el proceso térmico, y se explica, por la formación de productos de la reacción de Maillard (MRPs), como el hidroximetilfurfural (HMF), con estructuras tipo fenólicas (Sahin *et al.*, 2009; citados por Jing *et al.*, 2010 y Dueñas *et al.*, 2005; citados por Boateng *et al.*, 2008).

Así también, el aumento de compuestos fenólicos debido al tratamiento térmico podría deberse a la liberación de ácidos fenólicos unidos a los constituyentes celulares, seguido de alguna polimerización y oxidación de éstos constituyentes fenólicos (Boateng *et al.*, 2008 y Randhir *et al.*, 2008).

Randhir *et al.* (2008) señalan que la aglicosilación también puede ser causa del aumento de la capacidad antioxidante; así como los efectos aditivos y sinérgicos entre fitoquímicos y fenólicos alterados térmicamente. Cabe señalar que en el caso del maíz dulce sometido a tratamiento térmico, el aumento de la capacidad antioxidante total se explica por el aumento de los ésteres del ácido ferúlico solubilizado y la liberación de compuestos fenólicos ligados a la matriz de la célula (Dewanto *et al.*, 2002; citados por Randhir *et al.*, 2008).

#### **b. Efecto del tratamiento térmico por blanqueado**

Por lo general, el blanqueado se lleva a cabo sometiendo al vegetal al vapor o agua caliente de 1 a 10 min. A 75 – 95 °C, estando la combinación tiempo/temperatura en función del tipo de vegetal (Cano, 1996; citado por Patras *et al.*, 2011).

Según Wen *et al.* (2010) después del blanqueado por ebullición, el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante aumenta o disminuye en función del tipo de hortalizas. Por un lado, tenemos que Prochaska *et al.* (2000); citados por Patras *et al.* (2011), mencionan que el blanqueado puede tener efecto negativo en los nutrientes, como vitaminas y compuestos fenólicos que son relativamente inestables cuando se someten a tratamientos térmicos.

También se puede señalar, que durante el blanqueado en agua, la pérdida de las vitaminas aumenta con el tiempo de contacto. La vitamina C y algunas de las vitaminas del complejo B (tiamina y ácido fólico) son las más susceptibles a la pérdida en el blanqueado (Selman, 1994). Además de las vitaminas, Joubert (1990); citado por Kuljarachanan *et al.* (2009), también mencionan que el blanqueado causa la solubilización de compuestos fenólicos, lo cual conduce a la pérdida de éstos compuestos en el producto final.

Nicoli *et al.* (1999) y Pokorny *et al.* (2001) indican que el blanqueado también puede tener efectos positivos en los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante, debido a que representa una herramienta útil en la prevención de oxidación enzimática, al desactivar las enzimas que podrían catalizar y cuyos productos primarios pueden destruir parcialmente los antioxidantes naturales. En efecto las frutas y vegetales sometidos al blanqueamiento retienen mejor sus capacidades antioxidantes originales.

Para los procesos por encima de 70 °C, Agüero *et al.* (2008) mencionan que la fracción lábil al calor de la enzima peroxidasa se inactivada rápidamente. Petras *et al.* (2011) no observaron cambios significativos en la actividad antioxidante de brócoli, zanahoria y vainitas blanqueadas y congeladas. Por el contrario, el tratamiento sin blanquear de éstos mismos vegetales, causó una disminución significativa en la capacidad antioxidante y el contenido de ácido ascórbico.

### **c. Pasteurización**

Según Fellow (1994), la pasteurización es un tratamiento térmico relativamente suave que se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos hasta varios meses. Éste método conserva los alimentos por inactivación de sus enzimas y destrucción de los microorganismos relativamente termosensibles como bacterias no esporuladas, levadoras y mohos. La intensidad del tratamiento térmico y el grado de prolongación de su vida útil se hallan determinados principalmente por el pH del alimento, siendo los alimentos con pH inferior a 4,5 los más alterados por estos microorganismos.

Según Brennan *et al.* (1998), para productos ácidos como hortalizas (pH 3,7 a pH 4,5), se utilizan procesos de tratamiento hasta los 100 °C. Es necesario conocer las cinéticas de penetración de calor en el producto, de destrucción de los microorganismos presentes y de las reacciones secundarias (destrucción de enzimas, vitaminas, pardeamiento, etc.).

Se conoce que existe una relación lineal entre logaritmo del número de células vegetativas o de esporas supervivientes y la destrucción del tratamiento térmico (Mafart, 1994).



#### **d. Inactivación microbiana**

Stumbo (1973) establece que la muerte o inactivación bacteriana se refiere a la pérdida de la habilidad de las bacterias para producirse. El número de células viables se reduce exponencialmente con el tiempo de exposición a una temperatura letal, consecuentemente si el logaritmo del número de sobrevivientes se grafica contra el tiempo de exposición, se obtiene un línea recta, por lo tanto se trata de una inactivación de orden logaritmo, lo cual permite determinar la velocidad de muerte o inactivación. Según Toledo (1999), cuando una suspensión de microorganismos es calentada a temperatura constante, el decrecimiento en el número viable de organismos sigue una reacción de primer orden mediante la Ecuación 3:

$$-\frac{dN}{dt} = kN \quad \text{(Ecuación 3)}$$

#### **Donde:**

N: número viable de microorganismos

K: constante de velocidad de primer orden para la inactivación microbiana

T: tiempo

Integrando la Ecuación 3 y usando la siguiente condición,  $N = N_0$  a  $t = 0$  obtenemos:

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -kt \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Transformado la Ecuación 4 a forma semi-logarítmica lineal de N contra t; se obtiene:

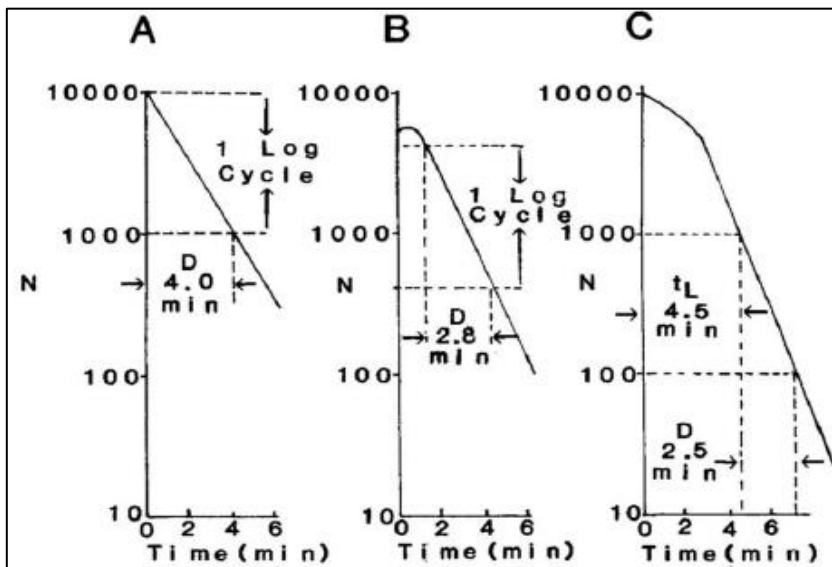
$$\log\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{t}{D} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

**Donde:**

D:  $2,303/k$  (tiempo de reducción decimal, requerido para reducir una población viable por un factor de 10) y  $N_0$ : población inicial de microorganismos y N: población sobreviviente de microorganismos

**e. Forma de las curvas de inactivación microbiana**

La inactivación microbiana produce una función logarítmica con el tiempo (Ecuación 5). Sin embargo, aunque la curva de inactivación más común es la semi-logarítmica lineal que se muestra en la Figura 4 - A, varias otras formas se encuentran en la práctica. La Figura 4 - B muestra un aumento inicial de números seguidos por la inactivación de primer orden. Se ha observado con esporas muy resistentes al calor y puede ser atribuido a la activación de algunas esporas que no germinan y forman colonias antes que el tratamiento térmico alcance la severidad necesaria para causar la muerte del organismo. La Figura 4 - C muestra una curva de inactivación que exhibe un periodo de retraso o la inducción inicial.



**Figura 4. Curvas de inactivación microbiana.**

**Fuente: Toledo (1999).**

Según Mafart (1994), D es el tiempo de reducción decimal (la proporción de células destruidas es del 90%). Varía con la naturaleza físico química del medio en el que se

desarrollan los microorganismos y estos son menos termo resistentes en medio ácido (pH menor a 4,5), mientras los valores Z generalmente que están asociados a la destrucción de microorganismos son menores comparados con valores débiles de destrucción en vitaminas. Mafart (1994) recomienda el uso de altas temperaturas con cortos tiempo de proceso.

Según Fellow (1994), la resistencia térmica estaría dada por el tipo de microorganismos, la condiciones de incubación durante su crecimiento (temperatura y medio), así como las condiciones durante el tratamiento térmico, el pH, la actividad de agua, la composición y el estado físico del alimento. La sacarosa a concentraciones elevadas, el envase y los parámetros empleados en el tratamiento también influyen en la termo resistencia. Se emplean como referencia mohos y levaduras termo resistente para calcular los tiempos y temperaturas del tratamiento térmicos de pasteurizado.

#### **f. Letalidad del proceso o Unidad de Pasteurización (U.P)**

Cuando se trata térmicamente un alimento envasado y la temperatura interna cambia en el tiempo, debe calcularse la letalidad integrada. Esto puede ser realizado mediante varios métodos: el método general, que se basa en la integración gráfica, o por los métodos fórmula, los cuales utilizan parámetros y ecuaciones para determinar el tiempo de proceso y la letalidad requerida. La letalidad puede ser expresada como el valor logrado en un punto determinado como el punto más frío o como una letalidad integrada (Toledo, 1999).

#### **g. Método General**

El método es esencialmente un método gráfico que integra los efectos letales de varios puntos de relación tiempo-temperatura existentes en algún punto del alimento que está siendo sometido a tratamiento térmico. Generalmente este punto donde se miden los efectos letales es el punto de calentamiento más lento. En cada temperatura representada por un punto en las curvas, se considera que esa posee un valor esterilizante o letal (Stumbo, 1973). A otras temperaturas, el tiempo de procesamiento puede ajustarse a un tiempo equivalente con la siguiente Ecuación 6:

$$F_{T_{ref}} = F_T \cdot 10^{(T-T_{ref})/z}$$

(Ecuación 6)

**Donde:**

$F_T = UP =$  minutos de procesamiento a  $T$  °C.

$F_{T_{ref}} = UP =$  minutos de procesamiento a  $T_{referencia}$ .

$10[(T-T_{ref})/z] = L =$  Velocidad letal: convierte el tiempo real de calentamiento de un proceso a una temperatura específica, en el tiempo que se requeriría a la temperatura de referencia para lograr la misma destrucción de microorganismos que la del proceso que se estudia.

$T_{Ref} =$  temperatura de referencia

$z =$  Grados de temperatura requeridos para que la curva de destrucción térmica atraviese un ciclo logarítmico.

**h. Método matemático**

Consiste en utilizar los parámetros de penetración de calor para diseñar o evaluar un proceso. El diseño implica determinar el tiempo que se necesita para alcanzar cierta letalidad. La evaluación incluye determinar la letalidad alcanzada por el proceso. El problema con el método general, mencionado antes, es que para cada nueva situación se necesitan datos experimentales. Si se utiliza una autoclave nueva, cambia la temperatura inicial del producto o bien cambia el tamaño del envase, se necesita una nueva serie de datos experimentales (Sharma *et al.*, 2003).

Ball ha propuesto una fórmula para calcular la letalidad en una nueva situación utilizando los valores de  $f$  (velocidad de penetración de calor durante el calentamiento y enfriamiento) y  $j$  (tiempo que transcurre antes que la velocidad de penetración de calor alcance  $f$ ) obtenidos experimentalmente para un producto en particular. Este método utiliza la misma serie de valores  $f$  y  $j$ , los cuales pueden utilizarse con distintas temperaturas iniciales y temperaturas del medio de calentamiento sin necesidad de experimentación adicional. Además se cuenta con fórmulas para convertir valores “ $f$ ” a fin de que se ajusten a diferentes tamaños del envase (Sharma *et al.*, 2003).

Este es un procedimiento de prueba y error y muchas veces fue llamado método de prueba y error (Stumbo, 1973). Contribuciones de Ball y Stumbo resultaron en un método general mejorado.

- **Método de Stumbo**

Este método encontró que aunque las relaciones  $f_h/U$  vs.  $g$  eran aparentemente independientes del proceso, tales como la temperatura de la retorta, las dimensiones del recipiente, la temperatura inicial del alimento, la temperatura del agua de enfriamiento y el valor de  $j$  de la curva de calentamiento, eran grandemente dependientes del valor de  $j$  de la curva de enfriamiento

Mediante este método se calcula una serie de parámetros que describen las características de penetración de calor del sistema: parámetros de respuesta a la temperatura “ $f_h$ ” y “ $f_c$ ”, factores de retraso “ $j_h$ ” y “ $j_c$ ” y tiempo de calentamiento “ $t_c$ ”. Reconociendo esto, Stumbo (1973), publicó tablas de relaciones  $f_h/U:g$  que tomaban en cuenta el valor de  $j$  de las curvas de enfriamiento.

La principal diferencia de los valores UP ( $T \leq 100$ ) con los valores  $F_0$ , está en que mientras que los valores  $F_0$  suelen tener una temperatura estándar de referencia de 121,1 °C y  $z = 10$  °C, los valores UP carecen de una temperatura estándar de referencia y de valor  $z$ . En su lugar, se utiliza la temperatura de referencia que es apropiada para cada tratamiento en particular y un valor  $z$  apropiado para el microorganismo que se desea controlar. En el caso de los alimentos ácidos ( $pH < 4,5$ ), es sumamente improbable el riesgo de multiplicación y formación de toxina por *C. botulinum*, pero si microorganismos que forman esporas como los mohos que originan con mayor frecuencia alteraciones en productos ácidos conservados por el calor son las especies *Bissochlamys fulva* y *B. nivea*. La alteración se manifiesta con visibles de formación de micelos fúngicos (Rees y Bettinson, 1994).

- **Curvas de reducción decimal o valor D**

Cuando las bacterias o las esporas bacterianas se exponen al calor, se inactivan a una velocidad exponencial que es posible determinar a partir de una gráfica semilogarítmica (Ecuación 7). El tiempo que se requiere para cruzar un ciclo logarítmico se conoce como valor D (reducción decimal) y su recíproco es la pendiente. Cuanto más pequeño es el valor D, indica una mayor velocidad de destrucción, llevando a un subíndice para indicar la temperatura a la que se midió (Sharma *et al.*, 2003).

$$\log (N) = \log (N_0) - t / D \quad \text{(Ecuación 7)}$$

- **Curva de resistencia térmica o valor Z**

Sharma *et al.* (2003) indican que si existe un aumento en la temperatura del tratamiento, el valor D disminuye de forma logarítmica. Por tanto, representando el logaritmo de los valores  $D_T$  frente a la temperatura de tratamiento, obtendremos una línea recta denominada gráfica de termodestrucción. La gráfica de termodestrucción permite conocer la termoresistencia que presentará el microorganismo a cualquier temperatura de tratamiento y su pendiente indica la termodependencia de las reacciones que conducen a su destrucción. A partir de la gráfica de termodestrucción se define el valor “z” como el número de grados celsius que hay que aumentar a la temperatura de tratamiento para reducir el valor  $D_T$  a la décima parte, es decir, para que la línea de termodestrucción atraviese un ciclo logarítmico, el valor Z se calcula mediante la siguiente Ecuación 8:

$$\log (D) = \log (D_{ref}) - \frac{1}{Z} (T - T_{ref}) \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Casp y Abril (1999) indican que la diferencia entre los datos D y Z para un mismo microorganismo o factor de calidad, se debería a la concentración inicial, las condiciones previas, la composición del sustrato en el que se produce el tratamiento térmico, así como la fase de crecimiento en la que se encuentren los microorganismos.

Así mismo la termo resistencia es mayor cuanto menor sea la actividad de agua del medio o el pH se próximo al neutral.

- **Curvas de tiempo de muerte térmica**

Stumbo (1973) explica que la gráfica semilogarítmica de calentamiento y temperatura es denominada curva del tiempo de muerte y está representada por la siguiente Ecuación 9:

$$\log (F) = \log (D_T) + \frac{1}{z}(T - T_{ref}) \quad \text{(Ecuación 9)}$$

**Donde:**

$D_T$  = tiempo a una determinada temperatura T, equivalente a F a una temperatura de referencia  $T_{ref}$ .

Para las esporas mesófilas se considera suficiente un tratamiento 5D. Los motivos por los cuales se puede tolerar un riesgo mayor de deterioro (por supervivencia, germinación y proliferación de esporas termófilas) son dos. Primero, porque si se aplican temperaturas de almacenamiento razonables (por ejemplo, 35°C), los sobrevivientes no germinarán; segundo, porque incluso si se produce descomposición del producto ésta no representa un peligro para la salud pública (Warne, 1989).

Los vegetales en forma de conservas (productos con pH menor de 4,5) consideran el *Bysoschlamys fulva* como microorganismo de referencia con un valor  $D_{93,3}^{\circ C}$  de un minuto y un valor  $Z = 8,9^{\circ C}$ . Los tratamientos de calor calculan el tiempo de muerte térmica de este microorganismo necesario para reducir la población inicial entre 3D a 5D (Ranganna, 1977; citado por Encina y Carpio, 2011).

Según Brennan *et al.* (1998), para la determinación de UP, se debe asumir una temperatura de referencia adecuada, aproximadamente igual a la máxima alcanzada por la suspensión.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en planta piloto y los laboratorios de Análisis Instrumental, fisicoquímica de la facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

#### **3.2. Materia prima**

Se utilizó 50 kg de espárrago blanco frescos (*Asparagus officinalis*) variedad UC 157 proveniente de campos de cultivo Agro Industrial UPAO- Trujillo Región La Libertad.

#### **3.3. Materiales, equipos y reactivos**

##### **a. Reactivos**

- Acido 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzotiazolina-6-sulfonico) (ABTS<sup>++</sup>) (Sigma-Aldrich)
- Reactivo de Folin – Ciocalteu 2N (Sigma-Aldrich)
- DPPH (2,2 difenil-1-picrilhidrazil) (Sigma-Aldrich)
- Trolox (Sigma-Aldrich)
- Metanol 99%
- Ácido gálico 1,1567 mg/ml
- 2,6-diclorofenolindofenol
- Persulfato de potasio
- Solución estándar de ácido ascórbico (1mg/ml)
- Ácido oxálico al 4%



- Carbonato de sodio 1N
- Agua destilada
- Cloruro de Sodio (JTBaker)
- Difco Plate Count Agar / Standar methods Agar (Becton, Dickinson and Co.)
- Bacto Peptona / Enzymatic Digest of Proteín (Becton, Dickinson and Co.)
- Caldo Verde Brillante 2% (Broth) (Oxoid Ltd)

## **b. Materiales**

- Erlenmeyer de 100 ml, 250 ml
- Fiolas de 1000 ml, 500 ml, 50 ml
- Beackers de 100 ml, 250 ml y 500 ml
- Pipetas de 1 ml, 2ml, 5 ml y 10ml
- Probetas de 10 ml, 20ml, 50 ml, 100 ml y 250 ml
- Micropipetas de 20 - 200  $\mu$ l y 100 – 1000  $\mu$ l
- Cubetas para mediciones espectrofotométricas
- Tubos de ensayo de 5 y 10 ml
- Tubos de centrífuga 100 ml (Falcon)
- Bombilla de succión
- Placas Petri
- Termómetros
- Gradillas
- Colador de acero inoxidable de diámetro 1 mm, 300 x 210 mm
- Cuchillos de acero inoxidable
- Bandejas plásticas con capacidad de 4 litros.
- Envases de vidrio con tapa

## **c. Equipos**

- Balanza analítica marca OHAUS Traveler TA 3001, sensibilidad  $\pm 0,0001$ g.
- Espectrofotómetro Spectronic Génesis 10. Milton Roy.

- Agitador magnético VELP ARE. Velocidad 1500 rpm. Vol. Agitación: 15 litros
- Potenciómetro digital HANNA HI221. Rango: 0.00 a 14.00 ph
- Refrigerador FKG 370. 50Hz. 300w
- Sensor de temperatura Data Trace Standard (Data Logger). Rango -40 a 140 °C
- Centrifuga ( Hettich Zentrifugen)
- Estufa eléctrica Memmert INB 500 de 108 lts. RANGO 30 °C - 70 °C.
- Cámara de flujo laminar Esco AHC - 4D2. Flujo de Aire Laminar: 0.45 m/s (90 fpm)
- Mufla eléctrica LMIM modelo LP-402. Rango 0 °C – 1200 °C
- Refractómetro Eclipse 45-07. Rango 0 – 32 °Brix
- Congelador BDF-40V268. Rango -30°C a -40 °C
- Exhauster Marca MEFISA (Perú), 3.16 m de largo. Motor Ringcone Modelo MT400 4Rtype.
- Autoclave vertical de vapor. Longitud 92 cm, diámetro 60 cm. Termómetro Marca TAYLOR USA. Rango: 170 a 270° F. Manómetro Marca ASHCROFT 1850 USA. Rango 0 a 60 psi.
- Seward Stomacher 400 Circulator
- Centrífuga Labotec H-2050R. Velocidad máx. 20.500 rpm. Temperatura -20 a 40°C.
- Balanza OHAUS MB35. Capacidad 35 g, sensibilidad 0,001g. Rango 0,01% a 100%

### 3.4. Métodos de análisis

#### a. Análisis físicos y químicos

- **Acidez titulable:** Método de titulación visual con NaOH 0,1 N y expresada como porcentaje de ácido cítrico. Por el método 942.15 de la AOAC (2005).
- **Determinación de humedad:** Se determinó la pérdida de masa, de la muestra hasta masa constante en estufa de aire. Por el método gravimétrico porcentual 930.04 sugerido por AOAC (1995).

- **Análisis del pH:** Método potenciómetro a través del uso del potenciómetro y medida directa. Por el método potenciométrico 981.12 sugerido por la AOAC (2005).
- **Fibra cruda:** Se determinó mediante hidrólisis por acción de ácidos y álcalis. La fibra cruda se determinó eliminando carbohidratos solubles por hidrólisis mediante la acción de ácidos y álcalis en caliente, y las cenizas por diferencia de peso después de ignición de la materia fibrosa obtenida. Según el método de la AOAC (2005).
- **Sólidos Solubles:** Mediante un refractómetro a 20 °C y expresada en grados Brix. Sugerido por el método 932.12 de la AOAC (2005).
- **Vitamina C (ácido ascórbico):** Se determinó espectrofotométricamente a una longitud de onda de 520 nm. El método volumétrico recomendado por la AOAC es la reducción del indicador redox 2,6-diclorofenolindofenol por medio de una solución de ácido ascórbico. Los resultados se expresaron como mg de ácido ascórbico/100g de muestra según el método 967.21 propuesto por la AOAC (2005).
- **Capacidad antioxidante ABTS<sup>•+</sup>:** Se empleó el método espectrofotométrico basado en la decoloración del radical ABTS<sup>•+</sup> que se produce por la reacción de Acido 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzotiazolina-6-sulfónico) con persulfato de potasio en presencia de compuestos antioxidantes. Medido a 734 nm, se expresó en µg eq trolox/g tejido. Método propuesto por Arnao *et al.* (2001).
- **Capacidad antioxidante DPPH<sup>•</sup>:** Se empleó el método espectrofotométrico basado en la disminución en la absorbancia a una longitud de onda característica. En su forma de radical libre, el DPPH<sup>•</sup> absorbe a 515 nm cuando sufre reducción por un antioxidante, esta absorción desaparece. Esta disminución proporciona un índice para estimar la capacidad del compuesto de prueba para atrapar radicales. Se expresó en µg eq trolox /g tejido. Método propuesto por Brand- Williams *et al.* (1995).

- **Compuestos fenólicos:** El contenido de compuestos fenólicos totales se determinó utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu, usando el ácido gálico como estándar. Se basa en la reacción de oxidación que ocurre entre los compuestos fenólicos y el reactivo. La intensidad del color formado es proporcional al contenido de compuestos fenólicos totales presentes en la muestra analizada. Medido a 725 nm, se expresó en mg eq. de ácido gálico/100g de muestra. Procedimiento de Folin-Ciocalteu, según Swain y Hillis (1959), adaptado por Cevallos-Casals y Cisneros Cevallos (2003).

#### **b. Análisis microbiológico**

- Recuento de mohos y levaduras: Por el método recomendado por la ICMSF (2000).
- Recuento de coliformes totales: Por el método recomendado por la ICMSF (2000).
- Numeración de las bacterias aerobios mesófilos viables: Por el método recomendado por la ICMSF (2000).

#### **c. Determinación de parámetros cinéticos de la vitamina C**

Se trató térmicamente muestras de espárrago a temperaturas de 65, 75 y 85°C, la cuales fueron evaluadas en intervalos de 5 minutos para la determinación de ácido ascórbico final. Mediante el modelo de Bigelow se obtuvieron curvas de degradación que determinaron el orden de degradación. Con estos valores y el uso del modelo de Arrhenius, se determinó los valores de velocidad de degradación ( $k_0$ ), siguiendo las recomendaciones de Labuza (1996), en la que indica que los valores de ( $k_0$ ) están disponibles en las diferentes temperaturas y  $\ln(k_0)$  se grafica contra la temperatura absoluta recíproca,  $1/T$ , obteniéndose una línea recta con una pendiente de  $-E_a/R$  ( $R=1.987\text{cal/mol}$ , constante gas universal). Finalmente se determinó los parámetros cinéticos  $D$  ( $D = 2,303/K$  de la Ecuación 5) y  $Z$  (Ecuación 8) por el modelo Bigelow.

#### **d. Análisis sensorial**

Se realizó en la etapa de estandarización. Se trabajó con 100 jueces no entrenados (público en general), a quienes se les solicitó evaluar las muestras de espárrago blanco encurtido de aproximadamente 15 gramos.

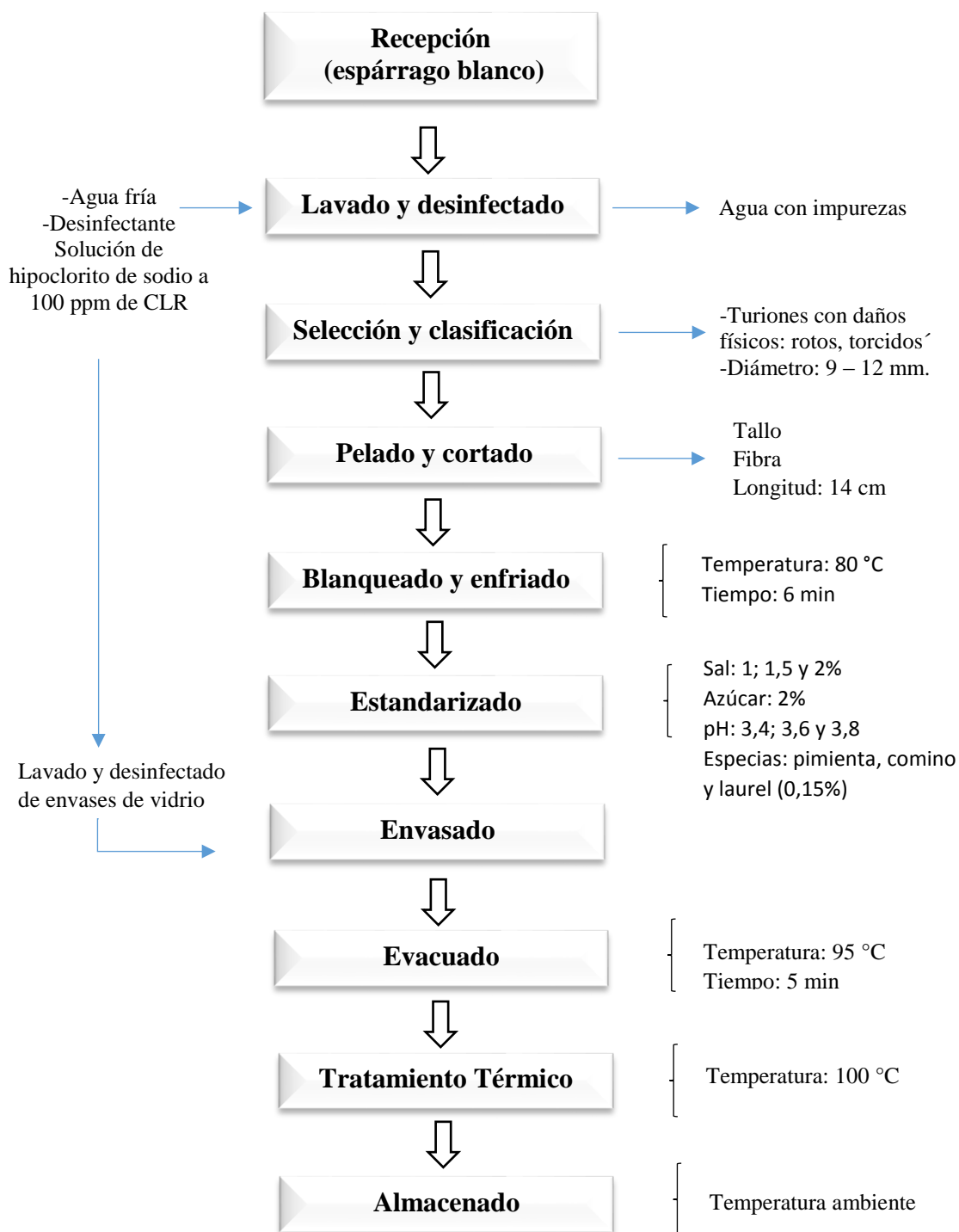
La presentación de las muestras se realizó en bandejas plásticas pequeñas. Las muestras fueron codificadas aleatoriamente y presentadas en un orden diferente para cada juez hasta completar las combinaciones posibles, repitiéndose las veces necesarias. Se les proporcionó anticipadamente un vaso con agua para que se enjuaguen la boca antes de probar cada muestra y un formato preestablecido de evaluación.

Con el objeto de determinar la escala sensorial más adecuada para consumidores, se ensayó dos escalas sensoriales diferentes.

En un primer momento se aplicó la prueba de aceptación (JAR) que determinó los niveles óptimos de seis atributos específicos (color, olor, sabor, textura, pH y contenido de sal) mediante una escala sensorial de 5 puntaje (Varela y Ares, 2014), cada consumidor colocó un número comprendido entre 1 y 5, donde 1 representó “insuficiente en absoluto”, 2 “insuficiente”, 3 “justo como me gusta o JAR”, 4 “demasiado” y 5 “excesivo”. Posteriormente se evaluó la aceptabilidad de los atributos mencionados (identificando con precisión como afecta principalmente los puntajes hedónicos del atributo de pH y contenido de sal); teniendo en cuenta la recomendación de Anzaldúa-Morales (1994), la escala hedónica fue estructurada en función a 9 puntos: cada consumidor marcó con una cruz su grado de aceptabilidad teniendo en cuenta que el extremo izquierdo de la escala representó “me disgusta muchísimo” y el extremo derecho “me gusta muchísimo”.

### **3.5. Metodología experimental**

En la Figura 5 se muestra el flujo de operaciones, para la obtención del espárrago blanco encurtido.



**Figura 5. Flujo de operaciones para obtener encurtidos con espárrago blanco (*Asparagus officinalis*)**

#### **a. Recepción**

Se trabajó con 50 kg. de espárrago banco recolectados en la empresa Agroindustrial UPAO en la ciudad de Trujillo, región La Libertad.

#### **b. Lavado**

Se realizó con agua potable fría por método de inmersión, de manera que se eliminaron la suciedad y partículas extrañas adheridas.

#### **c. Desinfectado**

Se realizó por el método de inmersión (sumergiendo los espárragos en agua fría de 2 a 5 °C) en agua con hipoclorito de sodio a 100 ppm de CLR, por espacio de 5 a 10 minutos, con el fin de reducir gran número de microorganismos (Toledo, 1991).

#### **d. Selección**

La selección consistió en la eliminación manual de turiones defectuosos (rotos, torcidos, manchados, etc.) en forma visual con el fin de uniformizar las condiciones en las operaciones de procesamiento (Herrera, 1992).

#### **e. Clasificación**

La clasificación consistió en agrupar por calibres de acuerdo a las exigencias de clasificación de la conserva en tipos comerciales (Ordoñez, 1997). Se trabajó con calibres comprendidos entre 9 a 12 mm de diámetro.

#### **f. Pelado y cortado**

El pelado tuvo por objetivo eliminar la parte externa del turión cuando éste presenta manchas, defectos externos o excesiva fibra, causas que disminuyen su comestibilidad por la astringencia. Puede suprimirse o reducirse a un simple raspado, cuando los turiones son muy tiernos o están recién recolectados (García, 1992). El tamaño considerado fue de 14 cm.

#### **g. Blanqueado y enfriado**

Se realizó por inmersión en agua caliente a 80 °C por seis minutos (Downing, 1996). Posteriormente se enfriaron rápidamente por inmersión en agua fría (García, 1992). El objetivo fue inactivar enzimas y evitar el enfibramiento, el que se forma mucho más lento cuando menos corte recibe, menos tiempo transcurre y si se almacena a temperaturas entre los 1 y 3 °C.

#### **h. Preparación del líquido de gobierno**

Se preparó la solución juntando agua potable, especias: pimienta, comino y laurel todas al 0,15 por ciento, azúcar al 2 por ciento, la sal y el vinagre en diferentes proporciones, con la finalidad de obtener un producto de características sensoriales apropiadas. A esta solución se llevó a calentamiento con fines de pasteurización.

#### **i. Envasado**

Se llenaron los frascos con los turiones hasta alcanzar el peso mínimo escurrido 530 g, establecido por las normas de calidad (NTP N° 209.406.2008), evitando que estén excesivamente apretados, para que no dificulte la penetración de calor (García, 1992). Este procedimiento se realizó manualmente, colocando los turiones clasificados en los frascos de vidrio (Hayes, 1995). Se usaron frascos de vidrio transparentes de 580 ml, 17,2 cm de alto y 8,1 cm de diámetro.



Una vez que acondicionado los turiones en los frascos, se adicionó el líquido de gobierno a una temperatura de 85 °C a fin de contribuir con el vacío correspondiente.

#### **j. Evacuado**

Los envases que contenían al producto fueron pasados por un túnel de vapor (exhauster) para lograr el vacío correspondiente. El equipo trabajó a 95 °C por 5 min de permanencia de los envases. Los frascos fueron cerrados manualmente con tapas metálicas inmediatamente después del llenado en caliente para la formación del vacío en el espacio de cabeza.

#### **k. Tratamiento térmico**

El encurtido de espárrago fue pasteurizado a 100 °C en autoclave con los propósitos de inactivar la posible carga microbiana y lograr su conservación por un largo periodo de almacenado. El producto envasado fue enfriado rápidamente dentro de la autoclave (con agua) hasta que la temperatura dentro del envase de aproximadamente 40 °C. Luego se enfrió fuera de la autoclave hasta temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C).

#### **l. Almacenado**

El producto final elaborado se acopió a condiciones normales de luz y temperatura ambiente. Posteriormente se procedió a caracterizarlos mediante una evaluación proximal y análisis de compuestos bioactivos como producto terminado.

### **3.6. Parte experimental**

En la Figura 6 se presenta el esquema experimental donde se aplicó el análisis de la variable independiente.

ETAPAS DE PROCESO	LAVADO – DESINFECTADO SELECCIÓN - CLASIFICACIÓN	PELADO CORTE	BLANQUEADO ENFRIADO	ESTANDARIZADO			TRATAMIENTO TÉRMICO	ALMACENADO
TRATAMIENTOS	Espárrago blanco			<pre> graph LR     A[Azúcar 2 %] --&gt; B[3,4]     C[Laurel 0,15 %] --&gt; B     D[Pimienta 0,15 %] --&gt; B     B --&gt; B1[1 %]     B --&gt; B2[1,5 %]     B --&gt; B3[2 %]     E[3,6] --&gt; E1[1 %]     E --&gt; E2[1,5 %]     E --&gt; E3[2 %]     F[3,8] --&gt; F1[1 %]     F --&gt; F2[1,5 %]     F --&gt; F3[2 %] </pre>				
VARIABLES	Diámetro (mm)	Longitud (cm)	Temperatura (°C) Tiempo (min)	Ingredientes (%)	pH	Sal (%)	UP (min) Temperatura (°C)	
CONTROLES	pH Acidez titulable Sólidos solubles Fibra bruta Vitamina C Compuestos fenólicos Capacidad antioxidantes	Vitamina C Compuestos fenólicos Capacidad antioxidantes	Vitamina C Compuestos fenólicos Capacidad antioxidantes	Evaluación sensorial Prueba afectiva para determinar grado de aceptación y/o satisfacción			Microbiológico: Evaluación de mohos y levaduras Coliformes totales Bacterias aerobias mesófilas Vitamina C Compuestos fenólicos Capacidad antioxidantes	pH Acidez titulable Sólidos solubles Fibra bruta Vitamina C Compuestos fenólicos Capacidad antioxidantes

**Figura 6. Esquema experimental para obtener el encurtido de espárrago blanco.**

### **a. Selección y clasificación**

En esta etapa se realizaron los siguientes análisis: proximal, pH, acidez titulable, sólidos solubles, fibra bruta, contenido de vitamina C, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante como punto de control inicial en la investigación.

### **b. Pelado y corte**

En esta etapa se llevó a cabo la evaluación del contenido de vitamina C, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

### **c. Blanqueado y enfriado**

Se realizaron los siguientes análisis: vitamina C, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

### **d. Estandarizado**

Se elaboró soluciones de cubierta para los espárragos blancos buscando mantener el color natural y condiciones sensoriales aceptables. Se preparó una solución con agua potable, experimentando con tres porcentajes de sal (1, 1,5 y 2 por ciento), cada concentración de sal fue sometida a tres pH (3,4, 3,6 y 3,8), con vinagre blanco, obteniendo 9 formulaciones; manteniendo como parámetros: azúcar al 2 por ciento y especias (pimienta, comino y laurel) cada una al 0,15 por ciento. Para decidir sobre la mejor formulación se siguió lo indicado en el ítem 3.5.

### **e. Tratamiento térmico**

Para determinar el punto de más lento calentamiento dentro de los envases de vidrio se utilizó el Data Trace Temp System®.

El monitoreo se realizó en tres puntos: a 6.5 cm desde la base del envase (3/8), a 3,4 cm (1/5) y a 10,5 cm (3/5) de distancia desde la base, el procedimiento se describe en el anexo 10.5.

Se calculó el valor de las unidades de pasteurización (UP) requerida para las reducciones decimales de la población microbiana inicial del espárrago (aerobios mesófilos, mohos y levaduras) y llegar a un nivel aceptable de microorganismos en el producto. Tomando como referencia al *Byssochlamys fulva* (moho de mayor termoresistencia), a una temperatura de referencia de 93.3 °C, con un tiempo de reducción decimal (D) de un minuto y con un cambio de temperatura necesaria para reducir D a la décima parte (Z de 8.9 °C), teniendo en cuenta las recomendaciones de Toledo (1999). Al respecto Rees y Bettinson (1994), mencionan que el *Byssochlamys fulva* es el moho que con mayor frecuencia, origina alteraciones en productos ácidos conservados por el calor. Stumbo (1973) ratifica que *Bissochlamys fulva* es uno de los microorganismos más termorresistentes en alimentos ácidos (pH<4.0), que fermenta a la pectina, cuyas ascosporas pueden resistir tratamientos térmicos causando alteraciones en alimentos envasados.

Siguiendo la metodología de Stumbo, con los datos generados de las curvas de calentamiento (fh) y enfriamiento (fc) se obtuvo el tiempo de procesamiento; y siguiendo la metodología de Simpson, se determinó la letalidad (UP) acumulada, a intervalos de 30 segundos (ítem 2.6).

Para validar el tratamiento térmico, las muestras de espárrago fueron sometidas a un análisis microbiológico de: aerobios mesófilos, mohos, levaduras y coliformes totales, los resultados fueron comparados con lo establecido por MINSA (2008).

La Tabla 4 muestra los niveles mínimos y máximos permisibles para garantizar la seguridad sanitaria.

**Tabla 4. Criterios microbiológicos permisibles**

Agente microbiológico	Límite por gramo (UFC/g)	
	Mínimo	Máximo
Levadura	$10^3$	$10^4$
Aerobios mesófilos	$10^4$	$10^6$
Mohos	$10^2$	$10^3$

**Fuente: MINSA (2008)**

Finalmente, los productos tratados con los parámetros de calor establecidos en la investigación, se evaluaron el contenido de vitamina C, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

#### **f. Evaluación del producto obtenido**

- **Análisis de compuestos bioactivos**

Las muestras de espárrago blanco obtenidas fueron evaluadas en: vitamina C, compuestos fenólicos y capacidad antioxidantes. Adicionalmente se llevó a cabo los análisis: humedad, pH, acidez titulable, sólidos solubles y fibra bruta.

### **3.7. Análisis estadístico**

Los análisis fueron calculados y determinados por el programa estadístico STATISTICA 13.1.

#### **a. Análisis sensorial para determinar la mejor formulación**

Los datos obtenidos en el análisis sensorial se analizaron en base a la prueba de escala Just About Right (JAR); usando el programa Penalty Analysis XLSTAT. Las respuestas de los de los panelistas fueron evaluadas con el objeto de eliminar el posible efecto de valores muy bajos o muy altos presente en el producto.

Estos valores fueron comparados mediante la prueba múltiple de TUCKEY con un nivel de confianza de 95%, logrando identificar el punto ideal en función a los atributos brindados.

#### **b. Análisis estadístico para el efecto del proceso en los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y vitamina C**

Los resultados de los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante obtenidos en cada etapa del proceso de elaboración del encurtido de espárrago se expresaron como media y comparados entre sí, donde las diferencias significativas entre las medias, se analizaron en base a un diseño completo al azar (DCA), con un factor (proceso de producción), cinco niveles (etapas del proceso) y el nivel de confianza de 95%, se realizó el análisis de varianza y las pruebas de comparación múltiple DLS por pares.

Se estableció la correlación Pearson entre los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y vitamina C en base a coeficientes de determinación y de correlación obteniéndose modelos matemáticos que describan la relación entre dichas variables ( $p < 0.05$ ).

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **4.1. Caracterización del espárrago blanco fresco**

#### **a. Evaluación fisicoquímica del espárrago blanco fresco**

En la Tabla 5 se presentan los resultados de pH, humedad, sólidos solubles, acidez titulable y fibra cruda, del espárrago blanco en poscosecha.

El contenido de fibra cruda fue 0,705g/100g, valor cercano a 0,81 g/100g reportado por Infoagro (1997) para espárrago verde y 0,9g/100g indicado por Fuentes (2009) para espárragos blancos.

El porcentaje de humedad obtenido fue 93%, similar a los reportados por Larrazábal (2000), quien encontró valores de 90,46 a 93,45 % y 90,43 a 93,15 % para los cultivares UC-72 y UC-157, respectivamente; y levemente cercanos al valor promedio de 92% señalado por Krarup (1998).

Se obtuvo 5 °Brix, muy similar al reportado 5,3 por Larrazabal (2000), para el ápice y tallo de espárragos verde cultivar UC- 157.

La acidez titulable encontrada fue 0,1152 g ácido cítrico/100g, valor cercano 0,12 por ciento a los informados por Chandía (2000), y 0,104 por ciento encontrado por Larrazábal (2000) para espárragos verdes del cultivar UC – 157.

El pH fue 5,58, cercano al reportado 5,95 por Larrazábal (2000), para espárragos verdes del cultivar UC 157 y levemente inferior al reportado (6,28) por Krarup (1987).

**Tabla 5. Composición fisicoquímica del espárrago fresco**

<b>Análisis</b>	<b>Base húmeda*</b>	<b>Base seca*</b>
Sólidos solubles (°Brix)	± 5	-
Acidez total (g ácido cítrico/100g)	± 0,1152	-
pH	± 5,58	-
Fibra (g/100g)	± 0,71	± 10,07
Humedad (%)	± 93	-

\* Análisis realizado por triplicado

### **b. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago fresco**

En la Tabla 6 se presentan los resultados de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago blanco en poscosecha.

El contenido de vitamina C fue 16,04 mg /100g (Anexo 8.11), valor menor al 20 mg/100g, presentado por Souci *et al.* (2008) y mayor al 15,64 mg/100g de vitamina C, publicado por Salvatore (2005); además estudios revelan gran variabilidad en el contenido de vitamina C en espárragos crudos, influenciado por la fecha, lugar de recolección, labores culturales y ambientales; esta variación va desde 8 mg/100g según lo informado por Hudson y Lachance (1986) a 89,16 mg/100g indicado por Fernández *et al.* (2001).

El contenido de compuestos fenólicos fue 2,38 mg AGE/g, menor a los 7,17 mg AGE/g reportado por Fan *et al.* (2015) en compuestos extraídos con metanol al 90%. Según Gobbo-Neto y Lopes (2007), varios factores como la estacionalidad, la temperatura, la disponibilidad de agua, la radiación UV, los nutrientes del suelo pueden afectar el contenido de metabolitos secundarios en los vegetales, como los compuestos fenólicos.

La capacidad antioxidante por el método DPPH• fue 15,94 μmol Trolox eq./g b.s, siendo cercano a 15,8 μmol Trolox eq./ g b.s reportado por Tiveron *et al.* (2012) y a los 17,4 μmol Trolox eq./g b.s reportado por Sun *et al.* (2007), para espárrago verde extraído con metanol.



El extracto fresco extraído a 90 minutos (Anexo 8.8) presentó una capacidad antioxidante por el método ABTS<sup>•+</sup> (Anexo 8.9) de 34,49  $\mu\text{mol Trolox eq./g b.s}$ , siendo menor al 37,5  $\mu\text{mol Trolox eq./g b.s}$  reportado por Tiveron *et al.* (2012) y mayor al 26,4  $\mu\text{mol Trolox eq./g b.s}$  reportado por Sun *et al.* (2007) para espárragos extraídos con metanol.

Cabe mencionar que la fecha de cosecha y las labores culturales y efectos ambientales, afectan la calidad del turión, es por ello que Shou *et al.* (2007) demostraron que las variaciones estacionales influyen en los componentes bioactivos y nutricionales del espárrago verde variedad UC 157.

**Tabla 6. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago fresco**

<b>Análisis</b>	<b>Base húmeda*</b>	<b>Base seca*</b>
<u>Compuestos bioactivos</u>		
Vitamina C (mg ac as/100g)	$\pm 16,04$	$\pm 213,17$
Compuestos fenólicos totales (mgAGE/g)	$\pm 2,38$	$\pm 31,64$
<u>Capacidad antioxidante hidrofílica (<math>\mu\text{ml Trolox eq./g}</math>)</u>		
Capacidad antioxidante ( $\mu\text{ml ABTS}^{\bullet+}$ Trolox eq./g)	$\pm 2,60$	$\pm 34,49$
Capacidad antioxidante ( $\mu\text{ml DPPH}^{\bullet}$ Trolox eq./g)	$\pm 1,20$	$\pm 15,94$

\* Análisis realizado por triplicado

## 4.2. Evaluación en la etapa de pelado – corte

### a. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago pelado y cortado

En la Tabla 7, se presentan los resultados de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago para esta etapa de proceso.

El extracto obtuvo 17,39 mg/100g de vitamina C, presentando un incremento respecto al estado fresco, posiblemente por efecto del pelado, que extrae la capa externa (con mayor fibra) y libera los ácidos orgánicos presentes en los tejidos vegetales internos.

El contenido de compuestos fenólicos fue 2,13 mg AGE/g, representando un 89,5% de retención después del pelado. Siomos *et al.* (2008), reportaron una retención del 95% de fenoles en espárragos blancos de la variedad “Grolim” después del pelado. Al respecto Lipton (1990), menciona que las paredes celulares de los tejidos externos del turión (cáscara) contienen más lignina que las de los tejidos internos.

La capacidad antioxidante por el método ABTS<sup>•+</sup> fue 2,33 µml Trolox eq./g y por el método DPPH<sup>•</sup>, 1,16 µml Trolox eq./g (96,6% de retención). La retención fue mayor al indicada 89,7% por Siomos *et al.* (2008), en espárragos blancos de la variedad “Dariana” después del pelado. Al respecto este último autor, no encontró diferencias significativas entre los turiones de espárragos blancos peladas y sin pelar con respecto a la actividad de eliminación de radicales DPPH<sup>•</sup>, así como para los fenoles solubles totales.

**Tabla 7. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago pelado y cortado**

Análisis	Base húmeda*	Base seca*
<u>Compuestos bioactivos</u>		
Vitamina C (mg ac as/100g)	± 17,39	± 230,99
Compuestos fenólicos totales (mgAGE/g)	± 2,13	± 28,26
<u>Capacidad antioxidante hidrofílica (µml Trolox eq./g)</u>		
Capacidad antioxidante (µml ABTS <sup>•+</sup> Trolox eq./g)	± 2,33	± 30,97
Capacidad antioxidante (µml DPPH <sup>•</sup> Trolox eq./g)	± 1,16	± 15,41

\* Análisis realizado por triplicado

### 4.3. Evaluación en la etapa de blanqueado – enfriado

#### a. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago blanqueado y enfriado

La Tabla 8, presenta los resultados obtenidos de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago para esta etapa de proceso.

El contenido de compuestos fenólicos presentó pérdidas de 17,8% con respecto a la etapa anterior. Al respecto Ismail *et al.* (2004), mencionan que la espinaca, col rizada y de pantano tenían pérdidas de 12 a 26% de compuestos fenólicos totales después del blanqueo durante un minuto en agua a casi 100°C; adicionalmente informaron que los espárragos al ser cortados y pelados, presentan mayor área de exposición, estando más expuestos a sufrir reacciones degradativas por oxígeno, calor, así como pérdida por lixiviación de sustancias hidrosolubles con capacidad antioxidante. De igual manera Lu *et al.* (2010), reportan pérdidas del 14,9% en espárragos blanqueados a 90°C durante 10 minutos.

La reducción de vitamina C fue 3,25 mg/100g (18,70%) con respecto a la etapa anterior; atribuyéndose a la solubilidad en agua del ácido ascórbico así como la inestabilidad a altas temperaturas (termolábil). Al respecto Garrote *et al.* (1986) observaron que la pérdida de vitamina C durante la operación de escaldado son por lixiviación y degradación inducida por la temperatura. Además Lu *et al.* (2010), reportaron pérdidas de vitamina C después del blanqueo de 29,48%, 38,06% y 37,58% después de someterlas a temperaturas de 65, 75 y 85 °C, durante 35, 25 y 15 minutos, respectivamente.

La capacidad antioxidante por el método DPPH• fue 0,85 µmol Trolox eq./g y 2,02 µmol Trolox eq./g por el método ABTS•+. Al respecto Pellegrini *et al.* (2010) mencionan que los métodos de escaldado (vapor, ebullición y microondas) en brócoli congelado ocasionaron pérdidas en la capacidad antioxidante total. Los contenidos antioxidantes en las diferentes etapas evaluados por el método DPPH• se representaron en el anexo 8.11.

**Tabla 8. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago blanqueado y enfriado**

<b>Análisis</b>	<b>Base húmeda*</b>	<b>Base seca*</b>
<u>Compuestos bioactivos</u>		
Vitamina C (mg ac as/100g)	± 14,13	± 1887,78
Compuestos fenólicos totales (AGE/g)	± 1,75	± 23,28
<u>Capacidad antioxidante hidrofílica (µml Trolox eq./g)</u>		
Capacidad antioxidante (µml ABTS•+ Trolox eq./g)	± 2,02	± 26,87
Capacidad antioxidante (µml DPPH• Trolox eq./g)	± 0,85	± 11,34

\* Análisis realizado por triplicado

#### 4.4. Evaluación en el proceso de estandarizado

##### a. Evaluación sensorial de los diferentes líquidos de gobierno estandarizados

Como resultado de la evaluación sensorial, aplicando el método JAR, se determinó que la mejor formulación fue 1 por ciento de sal y 3,8 de pH, identificado por los atributos que afectaron más a los puntajes hedónicos de los encurtidos estandarizados. Al respecto Gacula *et al.* (2009), mencionan que usando este modelo estadístico, se puede inferir la formulación que maximiza la aceptación con gran precisión.

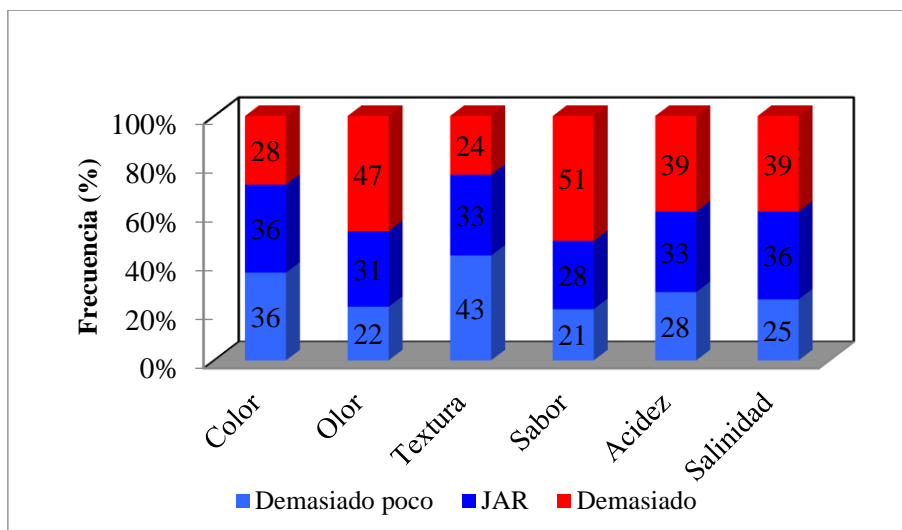
En la Tabla 9 se muestran las correlaciones entre variables no ordinales, evidenciando correlación fuertemente negativa de la acidez (-0,597) y la salinidad (-0,663) con respecto a la aceptación de los consumidores, indicando que la escala “demasiado poco” tuvo un impacto menor que la escala “demasiado” y viceversa, para las correlaciones positivas. Además se determinó que la correlación fue significativamente diferente de cero, lo que significa que la variable JAR tuvo bajo impacto en la salinidad y acidez.

**Tabla 9. Matriz de correlación (Spearman)**

<b>Variables</b>	<b>Aceptabilidad</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
<b>Aceptabilidad</b>	1	0,260	-0,387	0,414	-0,463	-0,597	-0,663
<b>Color</b>	0,260	1	-0,309	0,163	-0,216	-0,366	-0,267
<b>Olor</b>	-0,387	-0,309	1	-0,173	0,491	0,362	0,389
<b>Textura</b>	0,414	0,163	-0,173	1	-0,397	-0,282	-0,424
<b>Sabor</b>	-0,463	-0,216	0,491	-0,397	1	0,408	0,522
<b>Acidez</b>	-0,597	-0,366	0,362	-0,282	0,408	1	0,569
<b>Salinidad</b>	-0,663	-0,267	0,389	-0,424	0,522	0,569	1

Los valores son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa = 0,05

La frecuencia de elección de los panelistas considerando las variables de acidez y salinidad fueron las más relevantes para determinar el adecuado estandarizado del encurtido. De las 5 categorías evaluadas, el programa las agrupó en tres: a = 1 y 2, b = 3, c = 4 y 5, representadas como tres nuevos niveles: "demasiado poco", "JAR" y "demasiado", respectivamente. En la Figura 7 se muestra los porcentajes de cada atributo con respecto a la escala JAR de la solución de gobierno de 1 por ciento de sal y 3,8 de pH.



**Figura 7. Frecuencia de aceptación para los tres niveles JAR**

Al respecto Moskowitz (2001) menciona que el rendimiento idóneo del atributo se da con tres escalas: "demasiado poco", "demasiado" o "JAR"; estimando de mejor manera la desviación de la calificación del panelista desde el punto central de la escala (JAR), es decir que la intensidad del atributo se puede aumentar si se percibe como "demasiado poco" o disminuir si se percibe como "demasiado".

La prueba de Tuckey determinó la relación entre los tres niveles de escala JAR, encontrando significancia en las puntuaciones de aceptabilidad. La Tabla 10 y Tabla 11 presenta las penalidades (cuántos puntos de gusto se perdieron por no ser lo esperado por el panelista).

**Tabla 10. Tabla de penalidades o efectos sobre la media**

Variable	Nivel	Frecuencia	%	Suma (Aceptabilidad)	Media (Aceptabilidad)	Efectos sobre la media	valor-p	Significativo
<b>Color</b>	Poco blanco	36	36	152,0	4,222	1,000	0,060	No
	JAR	36	36	188,0	5,222			
	Muy blanco	28	28	155,0	5,536	-0,313	0,778	No
<b>Olor</b>	Poco olor	22	22	120,0	5,455	0,255	0,866	No
	JAR	31	31	177,0	5,710			
	Mucho olor	47	47	198,0	4,213	1,497	0,001	Sí
<b>Textura</b>	Poco firme	43	43	175,0	4,070	1,476	0,001	Sí
	JAR	33	33	183,0	5,545			
	Mucho firme	24	24	137,0	5,708	-0,163	0,937	No
<b>Sabor</b>	Poco sabor	21	21	125,0	5,952	-0,238	0,882	No
	JAR	28	28	160,0	5,714			
	Mucho sabor	51	51	210,0	4,118	1,597	0,000	Sí

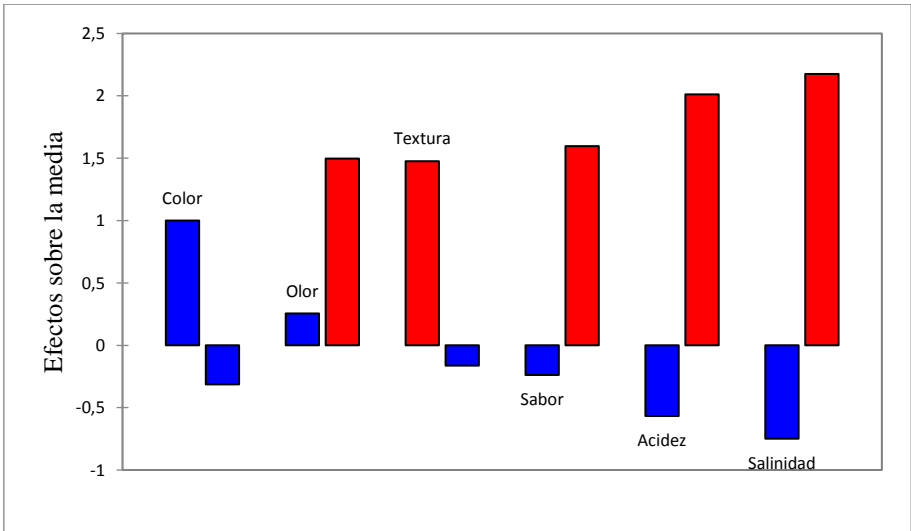
**Tabla 11. Tabla de penalidades o efectos sobre la media**

Variable	Nivel	Frecuencia	%	Suma (Aceptabilidad)	Media (Aceptabilidad)	Efectos sobre la media	valor-p	Significativo
<b>Acidez</b>	Poco ácido	28	28	172	6,143	-0,567	0,333	No
	JAR	33	33	184	5,576			
	Muy ácido	39	39	139	3,564	2,012	< 0,0001	Sí
<b>Salinidad</b>	Poca salinidad	25	25	159	6,36	-0,749	0,124	No
	JAR	36	36	202	5,611			
	Mucha salinidad	39	39	134	3,436	2,175	< 0,0001	Sí

Para el atributo de salinidad, se observó que los panelistas penalizaron fuertemente al producto con 2,175 puntos por considerarlo suficiente salado (“muchísima salinidad”) y para el atributo de acidez, la penalización fue significativa con un descenso medio de 2,012 puntos, por considerarlo suficiente ácido (“muy ácido”). Tanto la acidez como la salinidad fueron importantes para la evaluación, siendo la encuesta lo suficientemente potente como para detectar el descenso medio específico (poca salinidad y/o mucha salinidad; así como poca acidez y/o mucha acidez). Como el producto es lo suficientemente salado y/o ácido, el producto fue muy penalizado, es por ello que el proceso de ajuste y optimizado estará dado por un leve disminución en la concentración de sal y la acidez hasta lograr la aceptación JAR.

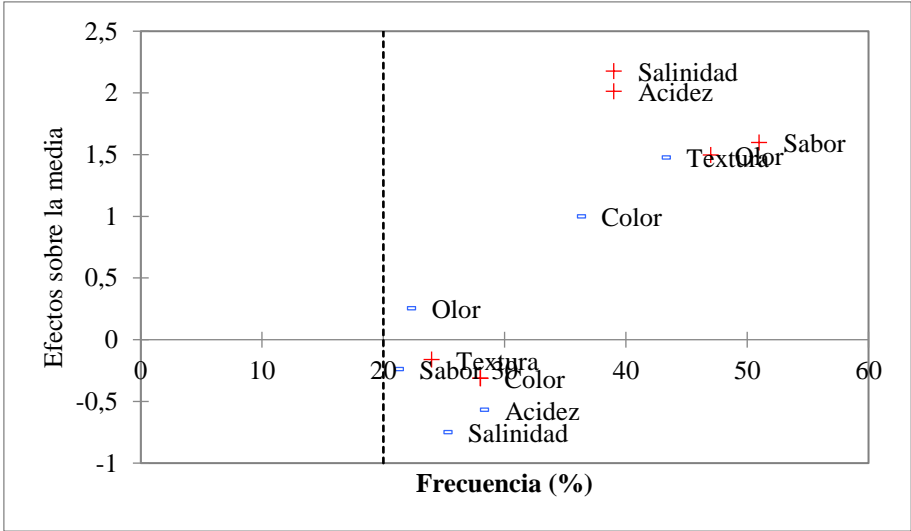
El atributo de textura, sabor y olor presentaron significancia con penalidades de 1,476, 1,597 y 1,497 puntos para “poca firmeza”, “mucho sabor” y “mucho olor” respectivamente. La textura podría deberse a la degradación de ligninas y pectinas de la pared celular durante los tratamientos térmicos, el sabor al alto contenido de especias y el olor al alto contenido de la mezcla de ácido acético y especias. El proceso de ajuste y optimizado estará dado por un leve disminución en el sabor, olor y aumento en la textura hasta lograr la aceptación JAR. El atributo color, para esta muestra, no mostró significancia tanto para “mucho color” y “poco color”. La baja penalidad estuvo asumida a que se mantuvo el color claro característico del espárrago y a los pocos rasgos de oxidación a causa de posibles sistemas enzimáticos que aún permanecen activos.

La Figura 8 resume los resultados descritos anteriormente en la Tabla 10. Las barras rojas indican diferencia significativa; las azules, diferencia no significativa.



**Figura 8. Efecto sobre las medias de los 3 niveles JAR de cada atributo**

Las penalizaciones (o caídas medias) se representaron gráficamente frente al porcentaje de la frecuencia de elección que da cada atributo para la solución de gobierno determinada 1 por ciento de sal y 3,8 de pH (Figura 9).



**Figura 9. Efectos de caída media y el porcentaje de opinión de los encuestados**

Los atributos acidez y contenido de sal ubicados en el cuadrante superior derecho, presentaron valores con mayor caída o penalización por parte de los consumidores. Al respecto Plaehn (2012), menciona que las medias negativas (cuadrante superior derecho) tienen mayor importancia que las medias negativas (cuadrante inferior izquierdo).

Los atributos con el mayor impacto negativo en la aceptación, deberán reducir los puntos de penalización para salir del cuadrante crítico, quiere decir aumentar sabor, olor, sal y acidez y reducir textura. Se usó un umbral mínimo de 20% de los encuestados, los cuales causaron caídas de más de un punto. Al respecto, Plaehn (2012) menciona que un producto de alta aceptabilidad tendría una baja disminución media y un bajo porcentaje de no JAR, además el análisis de penalización utiliza la teoría de corte del 20% sobre el porcentaje de consumidores no JAR basado en el principio de Pareto (es decir, el principio de Pareto reconoce que "el 80% de los efectos ocurren desde el 20% de las causas"). Por lo tanto, el límite del 20% se usó como una regla general para el análisis de penalizaciones.

#### **4.5. Evaluación del tratamiento térmico**

##### **a. Determinación del punto más frío**

El punto de calentamiento más lento se ubicó aproximadamente a 6,5 cm, medido desde la base (Anexo 8.5), ubicándose por debajo del centro geométrico del envase. Al respecto Fellows (1994) señala que los alimentos calentados por convección, la situación exacta del punto varían de acuerdo al alimento y debe determinarse experimentalmente. Sharma *et al.* (2003), señalan que en el caso de alimentos convectivos que no se agitan, este punto podría localizarse un poco debajo del centro geométrico, de igual manera, Stumbo (1973), hace referencia que en productos que se calientan por convección el punto de calentamiento más frío, se encuentra ligeramente más abajo del centro geométrico.

El tratamiento realizado a 100°C, evidenció variación característica de temperatura en los espárragos blancos encurtidos, tanto para la retorta como para el punto más frío (Anexo 8.5). Brennan *et al.* (1998), mencionan que para productos ácidos pH entre 3.7 a 4.5, se deben utilizar tratamientos térmicos de 100°C.

##### **b. Validación del tratamiento térmico**

En la Tabla 12 se muestra la evaluación microbiológica encontrada en espárragos térmicamente tratados a 100 °C.



**Tabla 12. Características microbiológicas del producto**

Microorganismos	Contenido
Coliformes totales	< 3 NMP/g
Mohos y levaduras	< 10 UFC/g
Mesófilos aeróbios	< 10 UFC/g

Los valores fueron menores a los límites permisibles por la NTS 071-Minsa/Digesa para alimentos ácidos (MINSA, 2008). Al respecto, Rees y Bettinson (1994) mencionan que cuando el pH es inferior a 3,7 el tratamiento debe orientarse hacia el control de mohos, levaduras y bacterias no esporuladas, asimismo indica que estos microorganismos pueden ser controlados con temperaturas incluso inferiores a 100°C. Por su lado, Hull (1993) indica que las ascosporas del moho *Byssoschlamys fulva*, mueren a partir de 90°C.

### c. Determinación de los factores de las curvas de calentamiento y enfriamiento

La Tabla 13 muestra los factores a partir de las curvas de calentamiento y enfriamiento. La velocidad de penetración de calor fue 11,94 minutos, ya que la temperatura inicial del producto (después del exhausting) influyó debido al diferencial de temperatura, conllevando a la reducción del tiempo de proceso. Los factores de retraso fueron  $j_h = 1,32$  y  $j_c = 1,20$ . Stumbo (1973) reporta que en alimentos, donde la transferencia de calor se da por convección pura,  $j_c$  es 1, y en el caso de conducción pura,  $j_c$  es 2; por consiguiente la transferencia de calor obtenida en esta investigación evidencia un calentamiento convectivo respecto al factor de retraso calculado.

**Tabla 13. Valores de velocidades de enfriamiento y calentamiento.**

Calentamiento			Enfriamiento		
fh	11,94	min	fc	14,57	min
jh	1,32		jc	1,20	
Tref	199,94	°F	Tref	199,94	°F
Tr	212,00	°F	Tr	212,00	°F
Ti	100,94	°F	Tg	200,95	°F
log (jh(Tr-Ti))	2,17		Tw	77,00	°F
fh/U	117,10		log (jc(Tg-Tw))	2,17	
z	16,00	°F	z	16,00	°F
Fi	0,18		Fi	0,18	

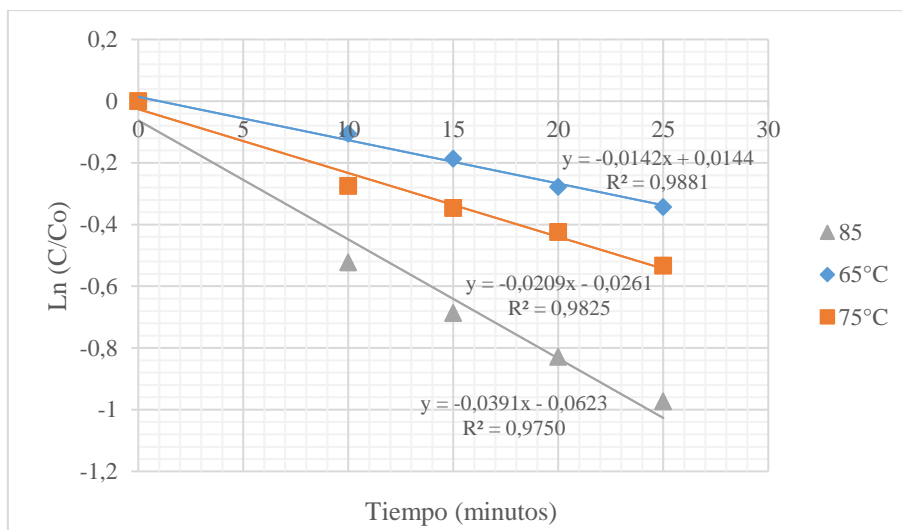
#### **d. Determinación del tiempo de procesamiento y unidad de pasteurizado**

La unidad de pasteurizado considerando la reducción de carga microbiana inicial de  $(1,92 \times 10^4 \text{ ufc/g})$  a  $10 \text{ ufc/g}$ , fue  $UP_{100^\circ\text{C}}$  0,691 minutos por el método General y 0,578 minutos por el método Stumbo a una temperatura equivalente a  $100^\circ\text{C}$  ( $UP_{100^\circ\text{C}}$ ) (Anexo 8.5). A ello Stumbo (1973), afirma que las temperaturas altas y tiempos cortos producen letalidades equivalentes a los procesos a temperaturas bajas y tiempos largos. El tiempo de proceso a  $100^\circ\text{C}$ , calculado mediante Ball fue de 7,3 minutos y por método general de 6,0 minutos. Al respecto Sharma *et al.* (2003) mencionan que la rapidez de calentamiento de los alimentos depende de la del medio de calentamiento (temperatura, agitación, características del equipo, etc), temperatura inicial del producto, coeficiente de conductividad térmica del envase (geometría y material) y el alimento (composición).

#### **e. Cinética de degradación de la vitamina C**

Los extractos expuestos a temperaturas de  $65^\circ\text{C}$ ,  $75^\circ\text{C}$  y  $85^\circ\text{C}$ , perdieron contenido de ácido ascórbico, obteniéndose concentraciones finales de 10,91 mg ac as/100g; 9,01 mg ac as/100g y 5,75 mg ac as/100g, respectivamente con respecto al contenido inicial (15,42 mg ac as/100g) durante los primeros 25 minutos de tratamiento (Anexo 8.10), lo cual concuerda con lo indicado por Garrote *et al.* (1986), quienes observaron que uno de los principales mecanismos de pérdida de ácido ascórbico es inducida por tratamientos térmicos.

La Figura 10 muestra una relación lineal entre el logaritmo natural de las concentraciones en el tiempo, para cada temperatura de calentamiento.



**Figura 10. Retención de vitamina C a distintas temperaturas y tiempos**

Las curvas exponenciales muestran que a medida que la temperatura aumenta, la velocidad de degradación de la vitamina C es mayor; obteniendo una ecuación característica a una reacción de primer orden. Al respecto Frias y Oliveira (2001); Johnson *et al.* (1995), indican que los modelos cinéticos de primer orden se aplican para evaluar la degradación de ácido ascórbico en materiales biológicos del sistema alimentario.

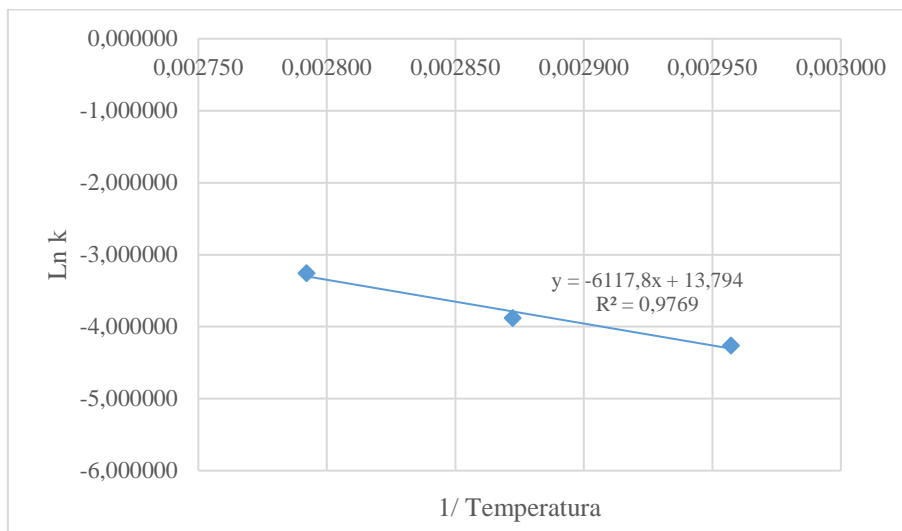
En la Tabla 14 se muestran los valores cinéticos para la degradación del ácido ascórbico para los tres tratamientos térmicos, obtenidos mediante el modelo de Bigelow.

**Tabla 14. Tabla de valores cinéticos**

Orden	k (m <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	Temp. (°C)	Temp. (°K)	1/Temp. (°K)	Ln k
1	0,0142	0,9881	65	338,15	0,002957	-4,254513
	0,0209	0,9825	75	348,15	0,002872	-3,868006
	0,0391	0,9750	85	358,15	0,002792	-3,241633

Las constantes de velocidad de reacción (K), influenciadas por un cambio en la temperatura, tuvieron valores de 0,0142 m<sup>-1</sup>, 0,0209 m<sup>-1</sup> y 0,0391 m<sup>-1</sup> a 65, 75 y 85°C, respectivamente. Zheng *et al.* (2011) reportaron valores K de 0,0102 m<sup>-1</sup> a 75°C y 0,0362 m<sup>-1</sup> a 85°C en segmentos medios de turiones de espárragos verdes, además valores de 0,0139 m<sup>-1</sup> a 75 °C y 0,459 m<sup>-1</sup> a 85°C en segmentos inferiores de turiones de espárragos verdes.

La Figura 11 muestra la velocidad de reacción Ln k vs. 1/Temperatura en una escala semilogarítmica, que sirvió para calcular los parámetros cinéticos de Arrhenius, los que son presentados en la Tabla 15.



**Figura 11. Modelo de Arrhenius de la degradación de vitamina C del espárrago**

**Tabla 15. Parámetros cinéticos de degradación de la vitamina C en espárrago blanco**

R	8,314 J/mol.K		
Ln k <sub>0</sub>	13,7940 °K		
E <sub>a</sub> /R	-6117,8288		
E <sub>a</sub>	50863,629	=	12,16 kcal/mol
k <sub>0</sub>	978734,63	=	16,31 x (10 <sup>-3</sup> ) s <sup>-1</sup>

El valor de la energía de activación (E<sub>a</sub>) del ácido ascórbico fue 12,16 kcal /mol; valor cercano a 12,3 kcal/mol para espárragos verdes reportado por Esteve *et al.* (1998). Así mismo, Blaug y Hajratwala (1972) reportaron valores dependiendo del pH de entre 7,8 y 12,2 kcal/mol, en soluciones acuosas de ácido ascórbico calentados entre 70 y 85 °C y para jugo de tomate E<sub>a</sub> = 10.9 kcal/mol. La variabilidad de la E<sub>a</sub>, pueden ser consecuencia de factores como el rango de temperatura, composición biológica (fibra), la geometría de la muestra, la concentración de oxígeno, la humedad, y el pH, factores que han sido investigados previamente en otros estudios de degradación cinética de vitamina C (Bineesh *et al.*, 2005).

#### f. Determinación de valores cinéticos D y Z en la degradación de vitamina C

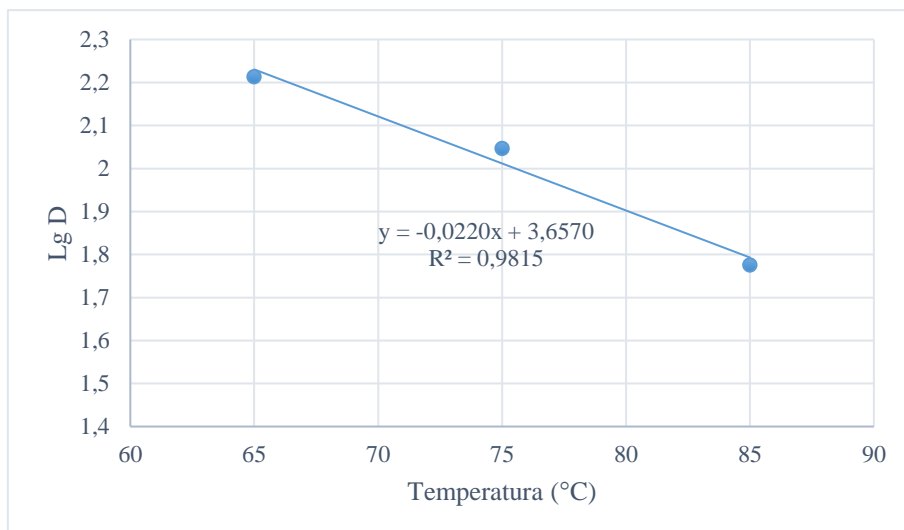
Los valores cinéticos de reducción decimal (D) fueron 162,18, 110,19 y 58,90 minutos para 65, 75 y 85°C, respectivamente; al respecto Zheng *et al.* (2011), encontraron 123,46 minutos a 65°C y 61,35 minutos a 75°C, para los segmentos superiores de turiones de espárragos verdes; valores menores a los experimentados en esta investigación, diferencias que deben a las variaciones de la energía de activación, velocidad de degradación y factores ya mencionados.

En la Tabla 16 y Figura 12 se presentan los parámetros cinéticos y la variación de vitamina C en espárragos blancos sometidos a 65, 75 y 85°C por tiempos de 0, 10, 15, 20 y 25 minutos.

**Tabla 16. Contenido de vitamina C a temperaturas de 65, 75 y 85 °C**

Tiempo (min)	Vitamina C (mg ac as/100g)		
	65 °C	75 °C	85 °C
0	15,42	15,42	15,42
10	13,86	11,69	9,09
15	12,78	10,87	7,71
20	11,65	10,05	6,66
25	10,91	9,01	5,75
Valor D	162,18	110,19	58,90
Valor Z	45,45 °C		

Se aprecia una relación lineal entre el logaritmo del tiempo de reducción decimal de la vitamina C y las temperatura de 65, 75 y 85 °C. El valor Z encontrado fue 45.45 °C (obtenido mediante la pendiente de la recta). Esteve *et al.* (1998) y Lathrop y Leung (1980), investigaron la degradación del ácido ascórbico y obtuvieron  $Z = 20$  °C (experimentando a 110 y 125 °C en espárrago verdes) y  $Z = 18,9$ °C (trabajando entre 110 y 132°C en guisantes). El valor de resistencia encontrado, es mayor que el asumido para *Byssochlamys fulva* ( $Z = 8.9$  °C), confirmando lo indicado por Stumbo (1973), quien menciona que la estabilidad térmica de la mayoría de los factores de calidad termolábiles están caracterizados por valores Z mucho más altos que los que caracterizan la resistencia de las bacterias.



**Figura 12. Curva de tiempo de muerte térmica mostrando la definición del valor Z**

### **g. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del encurtido espárrago y pasteurizado**

La Tabla 17, muestra los resultados obtenidos en la evaluación de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago para esta etapa de tratamiento térmico. Se obtuvo 8,44 mg/100g de vitamina C. Al respecto Hagen *et al.* (1979) y Fernández *et al.* (1991), mencionan que los espárragos en conserva concentran ácido ascórbico entre 10 mg/100g y 33 mg/100g, dependiendo de la concentración inicial de vitamina C y el método de procesamiento. Además Castillo y Miranda (1995), indican que la vitamina C es altamente lábil y gran parte se pierde en el procesamiento de alimentos, de igual manera Fellows (1994), menciona que las frutas y vegetales producen pérdidas importantes de vitaminas hidrosolubles durante tratamientos térmicos. Yuan y Chen (1998) indicaron que existen efectos significativos del pH en la degradación de ácido ascórbico con temperaturas de 100°C.

La capacidad antioxidante fue 0,81  $\mu$ moles Trolox/g por el método DPPH $\bullet$  y 1,49  $\mu$ moles Trolox/g, equivalente a retención de 73,66% por el método ABTS $\bullet^{+}$  (Anexo 8.11). (Toor y Savage, 2006) mencionan que la retención está apoyada por la posible formación de compuestos como melanoideas (compuesto con efectos antioxidantes) causados por la reacción de Maillard. Además Zhang y Hamazu (2004) evaluando en brócoli cocinados durante 5 min determinaron que conservaron 35% la capacidad antioxidante total.

El contenido de compuestos fenólicos fue 1,48 mg AGE/g. Al respecto Crozier *et al.* (1997) indican que existe degradación de los compuestos fenólicos durante procesos térmicos.

**Tabla 17. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago pasteurizado**

<b>Análisis</b>	<b>Base húmeda*</b>	<b>Base seca*</b>
<u>Compuestos bioactivos</u>		
Vitamina C (mg ac as/100g)	± 8,44	± 112,17
Compuestos fenólicos totales (AGE/g)	± 1,48	± 19,68
<u>Capacidad antioxidante hidrofílica (µml Trolox eq./g)</u>		
Capacidad antioxidante (µml ABTS <sup>•+</sup> Trolox eq./g)	± 1,49	± 19,76
Capacidad antioxidante (µml DPPH <sup>•</sup> Trolox eq./g)	± 0,81	± 10,80

\* Análisis realizado por triplicado

#### **4.6. Evaluación del producto obtenido**

##### **a. Caracterización fisicoquímica del encurtido de espárrago**

En la Tabla 18 se presentan los resultados de la caracterización del producto obtenido.

El contenido de fibra cruda fue 13,48 g/100g b.s. Representó un aumento de 3,41g/100g b.s. con relación al espárrago fresco. Phillips y Palmer (1991) encontraron en zanahorias cocidas un aumento en la fibra por formación de almidón resistente que se cuantifica como fibra insoluble. Adicionalmente Saura-Calixto *et al.* (1992), mencionaron que durante el calentamiento se generan bandas de hidrógeno que interactúan entre las cadenas de amilosa producto de la retrogradación, además las proteínas, taninos y almidones interactúan con los carbohidratos después de su cocción, causando en ambos casos un aumento en la fibra.

Se obtuvo 6 °Brix, reportando un incremento de azúcar con respecto al inicial, debió a la adición de sacarosa durante la etapa de estandarizado.

La acidez fue 0,672 g ácido cítrico/100g, este aumento de acidez estuvo fuertemente influenciado por los mecanismos de proceso y el medio de gobierno utilizado en el encurtido.

El pH final fue 4,21, clasificándose como un producto ácido por lo que el tratamiento térmico requerido sólo es una pasteurización. Según la (NTP N° 209.406.2008), las conservas para ser pasteurizadas su pH máximo deberá ser 4,6.

**Tabla 18. Composición fisicoquímica del espárrago encurtido**

Análisis	Base húmeda*	Base seca*
Sólidos solubles (°Brix)	± 6	-
Acidez total (g ácido cítrico/100g)	± 0,672	-
pH	± 4,21	-
Fibra (g/100g b.s.)	± 0,94	± 13,48

\* Análisis realizado por triplicado

#### **b. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del encurtido de espárrago**

La Tabla 19 presenta los resultados de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del encurtido de espárrago, realizado después de una semana de almacenamiento.

Se obtuvo 3,58 mg ac as/100g de vitamina C. Al respecto Rojas y Gerschenson (2001) mencionan que la degradación del ácido ascórbico depende de factores como el oxígeno, temperatura, luz, etc. Además (Lund, 1975) atribuyen la actividad oxidativa a la inactivación completa de polifenol oxidasas y enzimas durante el tratamiento de blanqueo (isoenzimas polifenol oxidasas, resistentes al calor).

El contenido de compuestos fenólicos fue 1,00 mg AGE/g. Al respecto Fuleki (1999), demostró que el proceso de encurtido con vinagre del espárrago verde tiene una gran influencia sobre las concentraciones de flavonoidos y rutina. Estas pérdidas se deben a la precipitación de este compuesto bioactivo a bajos pH (3.6 - 4.3).



Además Stapleton y Walbot (1994), mencionan que la radiación UV tiene un efecto significativo sobre la biosíntesis de fenoles, flavonoides, incluyendo la rutina.

La capacidad antioxidante por el método DPPH• fue 0,49 µmol Trolox eq./g y 1,0 µmol Trolox eq./g por el método ABTS•+. Munyaka *et al.* (2010) mencionan que los antioxidantes son reducidos significativamente durante el procesamiento de las frutas y hortalizas, por acción de la temperatura, el oxígeno, la luz, los iones metálicos, los azúcares reductores y el pH.

**Tabla 19. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del espárrago encurtido**

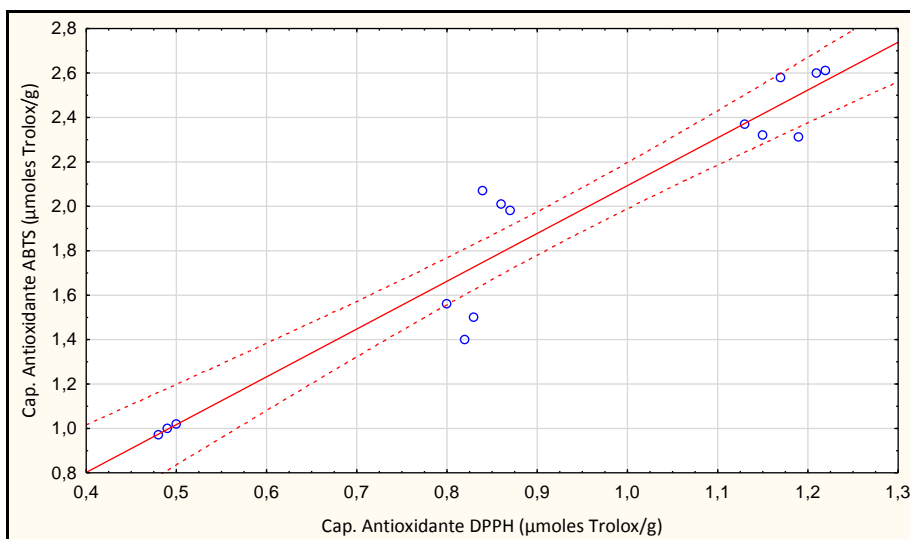
<b>Análisis</b>	<b>Base húmeda*</b>	<b>Base seca*</b>
<u>Compuestos bioactivos</u>		
Vitamina C (mg ac as/100g)	± 3,48	± 46,28
Compuestos fenólicos totales (AGE/g)	± 1,00	± 13,28
<u>Capacidad antioxidante hidrofílica (µml Trolox eq./g)</u>		
Capacidad antioxidante (µml ABTS•+ Trolox eq./g)	± 1,00	± 13,25
Capacidad antioxidante (µml DPPH• Trolox eq./g)	± 0,49	± 6,49

#### **4.7. Correlación entre el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante**

##### **a. Correlación de la capacidad antioxidante por ensayos ABTS•+ y DPPH•**

La Figura 13 muestra una alta relación entre los ensayos de antioxidante DPPH• y ABTS•+, demostrando que tuvieron una capacidad predictiva similar para la medición de la capacidad antioxidante. Con un nivel del 95% de confianza, se obtuvo un  $R^2 = 0,9595$ , en las etapas del proceso de elaboración de encurtido de espárragos; así mismo presentó una ecuación lineal:

$$\text{Capacidad antioxidante ABTS}^{\bullet+} (\mu\text{moles Trolox/g}) = - 0,0585 + 2,1517 * \text{Capacidad Antioxidante DPPH}^{\bullet} (\mu\text{moles Trolox/g}).$$



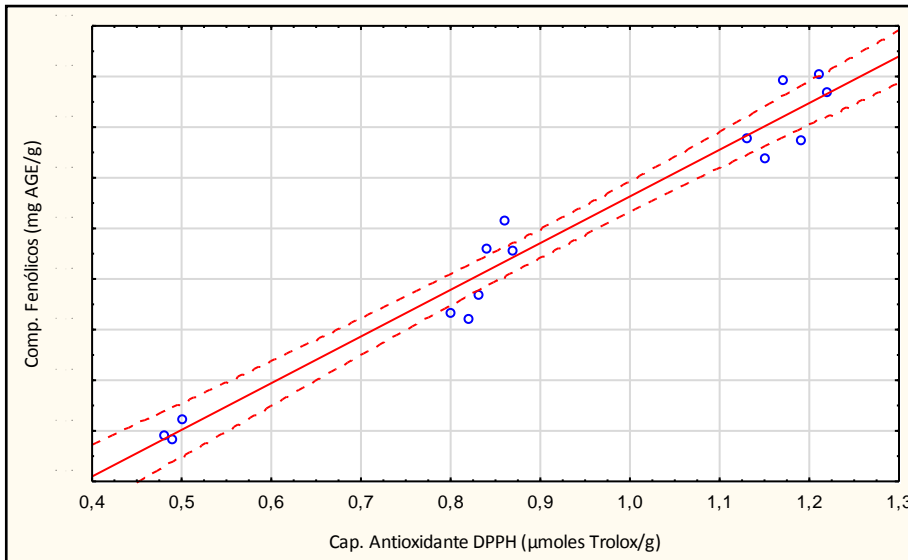
**Figura 13. Dispersión de la capacidad antioxidante por los métodos ABTS<sup>•+</sup> y DPPH<sup>•</sup>**

Thaipong *et al.* (2006) sugieren el uso de ambos métodos ya que existe fuerte correlación entre ellos. Ante las variaciones, Fernández-Pachón *et al.* (2006) y Roginsky y Lissi (2005) sustentan que la diferencia entre estos métodos se debe al mecanismo de acción de los componentes presentes en el alimento, es decir hay compuestos antioxidantes que no reaccionan con determinadas especies oxidantes y sí con otras (por ejemplo los flavonoides carentes de grupos hidroxilos en el anillo B y los ácidos aromáticos que contengan un solo grupo hidroxilo no reaccionan con el DPPH<sup>•</sup>, pero sí con el ABTS<sup>•+</sup>), además el método ABTS<sup>•+</sup> tiene baja selectividad ya que reacciona con cualquier compuesto aromático hidroxilado independientemente de su potencial antioxidante.

#### **b. Correlación entre la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos**

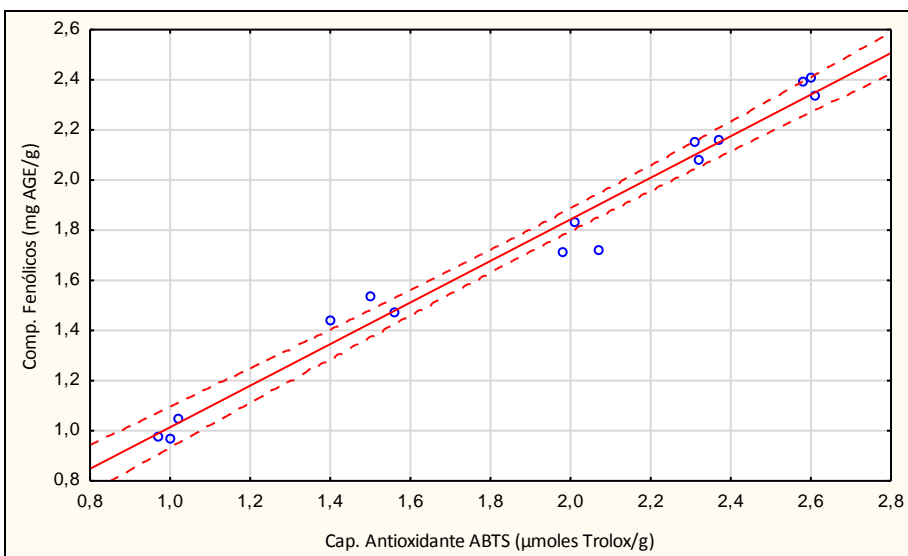
Las Figuras 14 y 15 muestran una alta relación entre los resultados de las evaluaciones de capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos. Se observa que a mayor capacidad antioxidante hay mayor contenido de compuestos fenólicos. Los valores otorgaron buena correlación entre la capacidad antioxidante y los compuestos fenólicos. Con un nivel del 95% de confianza, se obtuvo un  $R^2 = 0,98051$ , en las etapas del proceso de elaboración de encurtido de espárragos; así mismo presentó una ecuación lineal:

Compuestos fenólicos (mgAGE/g) = 0,0816 + 1,845 \*Capacidad Antioxidante DPPH•  
(μmolesTrolox/g).



**Figura 14. Dispersión de la capacidad antioxidante (método DPPH•) y compuestos fenólicos**

Sun y Ho (2005) indican que la capacidad antioxidante se origina principalmente de los compuestos fenólicos, existiendo una relación positiva significativa entre el contenido fenólico total y la capacidad antioxidante.



**Figura 15. Dispersión de la capacidad antioxidante (método ABTS•+) y compuestos fenólicos**

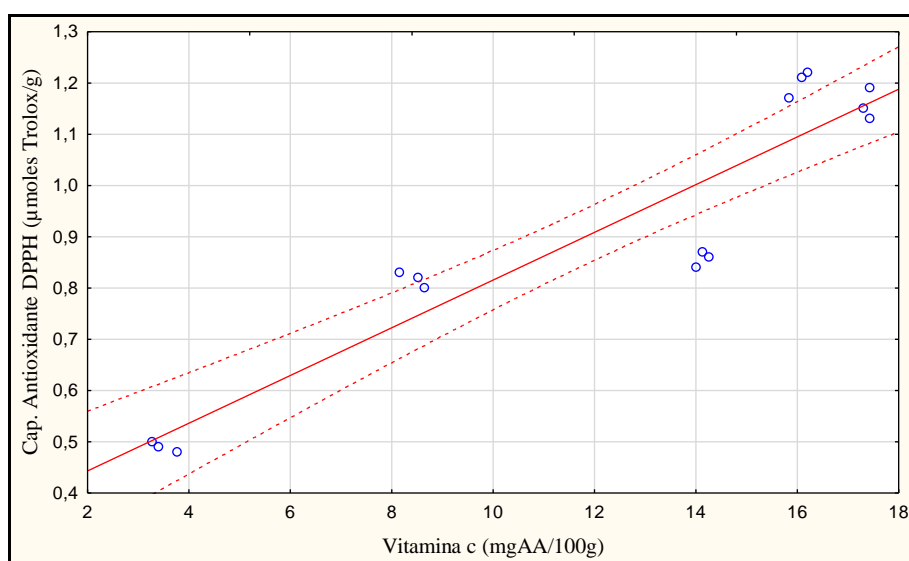
Con un nivel del 95% de confianza, se obtuvo un  $R^2 = 0,9882$ , en las etapas del proceso de elaboración de encurtido de espárragos; así mismo presentó una ecuación lineal:

Compuestos fenólicos (mgAGE/g) =  $0,1851 + 0,829 * \text{Capacidad Antioxidante ABTS}^{\bullet+}$  ( $\mu\text{moles Trolox/g}$ ).

El contenido de compuestos fenólicos contribuyó a la capacidad antioxidante del producto. Zheng y Wang (2001) comprobaron que los flavonoides y ácidos fenólicos brindan actividad antioxidante, además establecieron la existencia de una correlación lineal positiva entre el contenido fenólico y la capacidad antioxidante.

### c. Correlación entre la capacidad antioxidante y vitamina C

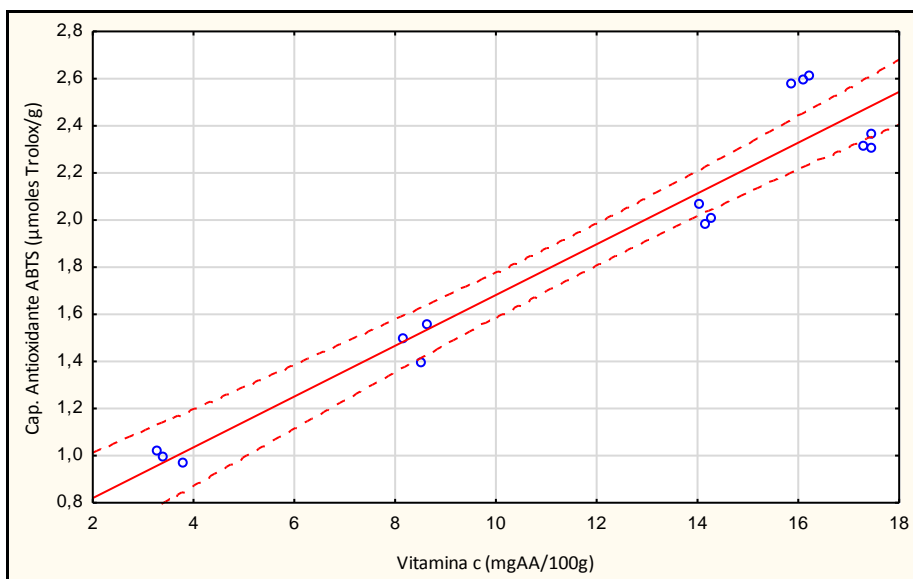
Las Figuras 16 y 17 muestran alta correlación entre los ensayos de capacidad antioxidante y el contenido de vitamina C. Reátegui *et al.* (2008) indican que es posible sugerir que existe relación entre el contenido de vitamina C y la capacidad antioxidante. Por lo expuesto, se concluye que el contenido de vitamina C en el encurtido de espárrago blanco contribuyó en la capacidad antioxidante. Kuskoski *et al.* (2005) mencionan que la correlación no solo depende de la concentración y la capacidad antioxidante, sino también de su interacción con otros compuestos y la metodología aplicada.



**Figura 16. Dispersión de la capacidad antioxidantes (método DPPH $\bullet$ ) y vitamina C**

Con un nivel del 95% de confianza, se obtuvo un  $R^2 = 0,9365$ , en las etapas del proceso de elaboración de encurtido de espárragos; así mismo presentó una ecuación lineal:

Contenido de vitamina C (mg ac as/100g) =  $0,350 + 0,466$  \*Capacidad Antioxidante ABTS $^{\bullet+}$  ( $\mu$ molesTrolox/g).



**Figura 17. Dispersión de la capacidad antioxidantes (método ABTS $^{\bullet+}$ ) y vitamina C**

Con un nivel del 95% de confianza, se obtuvo un  $R^2 = 0,9662$ , en las etapas del proceso de elaboración de encurtido de espárragos; así mismo presentó una ecuación lineal:

Contenido de vitamina C (mg ac as/100g) =  $0,6049 + 0,1078$  \*Capacidad Antioxidante ABTS $^{\bullet+}$  ( $\mu$ molesTrolox/g).

## V. CONCLUSIONES

1. La mejor formulación en la estandarización del encurtido de espárrago blanco, de acuerdo al análisis sensorial, es la que se obtiene procesando con sal al 1 por ciento y pH 3,8, regulado con ácido acético.
2. Los parámetros de procesamiento térmico determinados en función *Byssochlamys fulva*, fueron: letalidad ( $U.P_{100^{\circ}C}$ ) 0,578 y 0,691 minutos, para el método matemático Stumbo y el método general, respectivamente.
3. El contenido de vitamina C presentó valores de 16,04 mg ac as/100g en espárrago fresco, 17,39 mg ac as/100g en la etapa de pelado y corte, representando un aumento de 1,34 mg ac as/100g con respecto a la etapa inicial; Los reportes en las etapas de blanqueado, tratamiento térmico y caracterizado, fueron de 14,13, 8,44 y 3,48 mg ac as/100g, respectivamente.
4. El contenido de compuestos fenólicos fue de 2,38 AGE/g en espárragos fresco, para las etapas posteriores se evidenció una disminución de 2,13, 1,75 g, 1,48 y 1,00 AGE/g en el pelado, blanqueado, tratamiento térmico y caracterizado, respectivamente.
5. La capacidad antioxidante determinada por los métodos  $ABTS^{\bullet+}$  y  $DPPH^{\bullet}$ , reportaron una disminución en todas las etapas de procesamiento. Por  $ABTS^{\bullet+}$  se obtuvo 2,60, 2,33, 2,02, 1,49 y 1,00  $\mu\text{ml } ABTS^{\bullet+}$  Trolox eq./g y por  $DPPH^{\bullet}$  1,20, 1,16, 0,85, 0,81 y 0,49  $\mu\text{ml } DPPH^{\bullet}$  Trolox eq./g, para las etapas de pelado, blanqueado, tratamiento térmico y caracterizado, respectivamente.
6. La cinética de degradación incrementó con el aumento de temperatura, obteniendo valores de velocidad de degradación  $K_o = 16,31 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  y  $E_a = 12,16 \text{ Kcal/mol}$ .

## VI. RECOMENDACIONES

1. Estudiar la composición química de la fibra y de sus fracciones constituyentes generadas después de la cocción del espárrago, con la finalidad de ampliar los conocimientos y determinar su aporte como fibra insoluble lo que podría beneficiar a los consumidores de este vegetal cocido.
2. Evaluar la estabilidad del producto en almacenaje a fin de determinar la influencia de los componentes de la conserva en la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos.
3. Caracterizar los tipos de compuestos fenólicos y antioxidantes presentes en el espárrago blanco (*Asparagus officinalis L.*).
4. Mediante la aplicación de métodos de optimización, maximizar el contenido de compuestos fenólicos y antioxidantes en la etapa de tratamiento térmico, ya sea para procesos de pasteurizado o esterilizado.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis microbiology of Association the Official Agricultural Chemists. 16 ed. Washington, USA. AOAC International. 2 v.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis microbiology of Association the Official Agricultural Chemists. 18 ed. Virginia, USA. Gaithersburg, Md. AOAC International. 2 v.

AGÜERO, M.; ANSORENA, M.; ROURA, S. y DEL VALLE, C. 2008. Thermal inactivation of peroxidase during blanching of butternut squash. LWT-Food Science and Technology, 41(3): 401 - 407.

ALAM, M.; BRISTI, N. y RAFIQUZZAMAN, M. 2012. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. Saudi Pharmaceutical Journal; 21:143-152.

ALAMED, J.; CHAIYASIT, W.; McCLEMENTS; D. y DECKER, E. 2009. Relationships between free radical scavenging and antioxidant activity in foods. Journal of agricultural and food chemistry, 57(7): 2969-2976.

AL-ANI, M.; LINUS, O. AL-BAHRI, D. y AL-RAHBI, N. 2007. Spectrophotometric quantification of ascorbic acid contents of fruits and vegetables using the 2,4 dinitrofenilhidrazina method. Journal of Food Agriculture and Environment, 5(3): 165-168.

ANZALDÚA-MORALES, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Ciencia y tecnología de los alimentos. Zaragoza, ES. Acribia. 220 p.



ARNAO, M.; CANO, A. y ACOSTA, M. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*, 73: 239-244.

BADUI, D. 2006. *Química de los Alimentos*. 4 ed. s.l., MX. Pearson. 736 p.

BENSON, B. 1999. World asparagus production areas and production periods. *Acta Horticulturae*, 479: 43 – 50.

BINEESH, N.; SINGHAL, R. y PANDIT, A. 2005. A study on degradation kinetics of ascorbic acid in drumstick (*Moringa olifera*) leaves during cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1953-1958.

BLAUG, S. y HAJRATWALA, B. 1972. Kinetics of aerobic oxidation of ascorbic acid. *J. Pharm. Sci.*, 6:556-562.

BLOIS, M. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200.

BOATENG, J.; VERGHESE, M.; WALKER, L. y OGUTU, S. 2008. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus spp. L.*). *LWT-Food Science and Technology*, 41(9): 1541-1547.

BRENNAN, J.; BUTTERS, J. y COWELL, N. 1998. *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. Zaragoza, ES. Acribia. 549 p.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. y BERSET, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.

CASTILLO, P. y MIRANDA, L. 1995. Cinética de degradación de la vitamina c en el concentrado y congelado de maracuyá. Universidad de Campinas. Sao Paulo, Br.

CHANDÍA, V. 2000. Modelo Bifásico para la determinación de los Parámetros Termocinéticos de la Desactivación de las Enzimas Peroxidasa y Lipoxigenasa en zanahorias (*Daucus carota*), Brócoli (*Brassica oleracea* cultivar itálica) y Espárragos verdes (*Asparagus officinalis* L.) sometidos a diversos tratamientos de escaldado. Tesis para optar al título de Licenciado en Ingeniería en Alimentos. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 98p.

CEVALLOS-CASALS, B. y CISNEROS-ZEVALLOS, L. 2003. Stoichiometric and Kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweetpotato. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51: 3313-3319.

CHOI, C.; KIM, S.; HWANG, S.; CHOI, B.; AHN, H.; LEE, M.; PARK, S. y KIM, S.; 2002. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. *Plant science*, 163(6): 1161-1168.

CICCO, N.; LANORTE, M.; PARAGGIO, M.; VIGGIANO, M. y LATTANZIO, V. 2009. A reproducible, rapid and inexpensive Folin–Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical journal*, 91(1): 107-110.

CLARKSON, P. 1995. Antioxidants and physical performance. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 35(1-2), 131-141.

COLLAZOS, F.; ESCOBAR, L.; LÓPEZ, J.; ACOSTA, N. y CARVAJAL, P. 2001. Manejo de Cosecha poscosecha y comercialización del Espárrago. s.l., CO. Servicio Nacional de Aprendizaje.

CROZIER, A., LEAN, M.; MCDONALD, M. y BLACK, C. 1997. Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce, and celery. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 590–595.

DELGADO, A. 2007. Producción y comercialización de espárrago en el valle de Virú. Tesis M.Sc. Escuela de Administración de empresas. Universidad peruana de ciencias aplicadas (UPC). Lima, PE.

DENNY, A. y BUTTRIS, J. 2007. Plant foods and health: focus on plant bioactives. Synthesis report, 1(4): 1- 64.

DI CARLO, G.; MASCOLO, N.; IZZO, A. y CAPASSO, F. 1999. Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. Life sciences, 65(4): 337-353.

DJERIDANE, A.; YOUSFI, M.; NADJEMI, B.; BOUTASSOUNA, D.; STOCKER, P. y VIDAL, N. 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. Food Chemistry, 97(4): 654-660.

DORIA, E.; BUONOCORE, D.; FOCARELLI, A. y MARZATICO, F. 2012. Relationship between human aging muscle and oxidative system pathway. Oxidative medicine and cellular longevity.

DOWNING, D. 1996. Canning Operation In: A Complete Course in Canning and Related Processes. 3 ed. New York, USA. CTI Publication. v.2 p. 263 - 292.

ENCINA, CH. y CARPIO, L. 2011. Determinación de la máxima retención de ácido ascórbico, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tumbo (*Passiflora mollissima* H. B. K., Bailey). Ingeniería Industrial, 29, 225-245.

ESTEVE, M.; FRIGOLA, A.; MARTORELL, L. y RODRIGO, C. 1998. Kinetics of ascorbic acid degradation in green asparagus during heat processing. Journal of food protection, 61(11), 1518-1521.

FAN, R.; YUAN, F.; WANG, N.; GAO, Y. y HUANG, Y. 2015. Extraction and analysis of antioxidant compounds from the residues of *Asparagus officinalis* L. *Journal of food science and technology*, 52(5), 2690-2700.

FEHÉR, E. 1992. *Asparragus*. Budapest, HUN. Akadémiai Kiado. 161 p.

FELLOW, A. 1994. *Tecnología del procesado de alimentos: Principios y prácticas*. Zaragoza, ES. Acribia. 548 p.

FENNEMA, O. 2000. *Química de los Alimentos*. 2 ed. Zaragoza, ES. Acribia. 1258 p.

FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.; VILLANO, D.; TRONCOSO, A. y GARCÍA-PARRILA, M. 2006. Determination of the phenolic composition of sherry and table white wines by liquid chromatography and their relation with antioxidant activity. *Analytica Chimica Alta*, 563, 101-108.

FERNÁNDEZ, M.; LLANOS, E.; MARTIN, O. y ANCIN, M. 1991. Variaciones en el contenido de vitaminas BI, B2, B6 and C del espárrago en función de la zona de producción, época de recolección, elaboración and almacenamiento de su conserva. *Rev. Agroquim. Technol. Aliment.*, 31:532-538.

FRIAS, J. y OLIVEIRA, J. 2001. Kinetic models of ascorbic acid termal degradation during hot air drying of maltodextrin solutions. *Journal of Food Engineering*, 47, 255-262.

FULEKI, T. 1999. Rutin, the main component of surface deposits on pickled green asparagus. *J. Food Sci*, 64, 252–254.

FUENTES, J. 2009. *Caracterización de compuestos bioactivos del espárrago verde: obtención de ingredientes funcionales a partir de los subproductos generados durante su transformación industrial*. Tesis para optar al grado de Doctorado en Ciencia y Tecnología

de los Alimentos. Universidad de Córdoba. Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Córdoba, Col.

GARCÍA, R. 1992. Transformación industrial del espárrago. Madrid, ES. Extensión Agraria Corazón de María – Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación de Madrid.

GARROTE, R., SILVA, R. y BERTONE, R. 1986. Losses by diffusion of ascorbic acid during water blanching of potato tissue. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 19, 263-265.

GOBBO-NETO, L. y LOPES, N. 2007. Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Quim. Nova*, 30, 374–381.

HAGEN, R.; ELKINS, E. y FARROW, R. 1979. Nutrient variations in canned fruits and vegetables. *HortScience*, 14:251-256.

HARBONE, J. 1989. General procedures and measurement of total phenolics. *Methods in plant biochemistry*. London, UK. Academic Press. p. 1-28.

HAYES, P. 1995. *Food microbiology and hygiene*. 2 ed. London, UK. Springer US. p. 106-183.

HERRERA, G. 1992. Elaboración y almacenaje de pulpa de ciruela (*Spondias purpurea*). Tesis para optar al grado de Licenciado en Industria de Alimentos. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, PE.

HUANG, D.; OU, B. y PRIOR, R. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(6): 1841-1856.

HUDSON, D. y LACHANCE, P. 1986. Ascorbic acid and riboflavin content of asparagus during marketing. *J. Food Quality*, 9:217-224.

HULL, R. 1939. Study of *Byssochlamys fulva* and control measure in processed fruits. *Annals of Applied Biology*. Londres, UK., 26(4): 800-820.

INFOAGRO. 1997. El cultivo del espárrago. Lima, PE. Infoagro.com. disponible en: [http://www.infoagro.com/hortalizas/esparrago\\_verde.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/esparrago_verde.htm).

INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR (ICBF). 1992. Composición de alimentos. 6 ed. Bogotá, CO. Santa Fe de Bogotá. 134 p.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL (IDECOPÍ). NTP N°209.406.2008. Norma Técnica que establece los requisitos del espárrago en conserva. Resolución Ministerial 001 (02-01-2008). Lima, PE.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF). 2000. Microbiología de los alimentos. 2 ed. Zaragoza, ES. Acribia. v.1, 440p.

JAITAK, V.; SHARMA, K.; KALIA, K.; KUMAR, N.; SINGH, H.; KAUL, V. y SINGH, B. 2010. Antioxidant activity of *Potentilla fulgens*: An alpine plant of western Himalaya. *Journal of food composition and analysis*, 23(2): 142-147.

JOHNSON, J., BRADDOCK, R. y CHEN, C. 1995. Kinetics of ascorbic acid loss and nonenzymatic browning in orange juice serum: Experimental rate constants. *Journal of Food Science*, 60(3), 502-505.

JING, J.; CHEN, J.; ZHAO, Y. y MAO, L. 2010. Effects of drying processes on the antioxidant properties in sweet potatoes. *Agricultural Sciences in China*, 9(10): 1522-1529.  
KATALINIC, V.; MODUN, D.; MUSIC, I. y BOBAN, M. 2005. Gender differences in antioxidant capacity of rat tissues determined by 2, 2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline 6-

sulfonate; ABTS) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 140(1): 47-52.

KRARUP, J. 1987. Rendimiento y parámetros de calidad en espárragos (*Asparagus officinalis*) verdes y blancos bajo dos sistemas de cosecha. Tesis Lic. Ing. Agronomía. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 122 p.

KRARUP, C. 1998. Espárragos congelados: requerimientos para la agroindustria y variedades. *Agroeconómico*, 45: 28-33.

KULJARACHANAN, T.; DEVAHASTIN; S. y CHIEWCHAN, N. 2009. Evolution of antioxidant compounds in lime residues during drying. *Food Chemistry*, 113 (4): 944-949.

KUSKOSKI, M.; ASUERO, A.; TRONCOSO, A.; MANCINI-FILHO, J. y FETT, R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciênc Tecnol Aliment. Campinas*, 25(4):726-732.

LABUZA, P. 1996. The Effect of Water Activity on Reaction Kinetics of Food Degradation. *Food Technology*. p. 36-41.

LARRAZÁBAL, M. 2000. Estudio experimental de la desactivación de las enzimas peroxidasa y lipoxigenasa durante el proceso combinado escaldado – hidrogenado en zanahorias, espárragos verdes y arvejas verdes. Tesis para optar al grado de Licenciada en Ingeniería en Alimentos. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 121 p.

LATHROP, P. y LEUNG, H. 1980. Rates of ascorbic acid degradation during thermal processing of canned peas. *J. Food Sci.*, 45:152-153.

LEWIS, M.; ZAPICO, J. y BARRIO, J. 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas procesados. Zaragoza, ES. Acribia. 514p.

LIPTON, W. 1990. Postharvest biology of fresh asparagus. *Hortic. Rev.* 12, 69–115.

LU, H; ZHENG, H.; JIANG, L.; CHEN, Y.; y FAN, S. 2010. Using Neural Networks to Estimate the Losses of Ascorbic Acid, Total Phenols, Flavonoid, and Antioxidant Activity in Asparagus during Thermal Treatments. *Journal of agricultural and food Chemistry*, 58(5), 2995-3001.

LUND, D. 1975. Heat processing. In *Principles of Food Science. Part IZ. Physical Principles of Food Preservation*. Marcel Dekker, New York. USA. p. 32-91.

MAGALHÃES, L.; SANTOS, F.; SEGUNDO, M.; REIS, S. y LIMA, J. 2010. Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta*; 83: 441–447.

MAFART, P. 1994. *Ingeniería industrial alimentaria. Procesos físicos de conservación*. Zaragoza, ES. Acribia. 286 p.

MANACH, C.; MORAND, C.; SCALBET, A. y REMESY, C. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5): 727-747.

MANACH, C.; WILLIAMSON, G.; MORAND, C.; SCALBET, A. y REMESY, C. 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *The American journal of clinical nutrition* 81(Supl.) S230-S242.

MANAYAYAY, D. 1992. Simulación de la variación de vitamina c, en almacenaje de confitado de piña (*Ananas comosus*) de humedad intermedia. Tesis M.Sc. Escuela de Post Grado. Especialidad en Tecnología de alimentos. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, PE.

MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; VIDAL, M. y LAHUERTA, J. 2008. Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. *Actividad Dietética*, 12(2): 64-68.



MARTINEZ – VALVERDE, I.; PERIAGO, M. y ROS, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Arch. Latinoam. Nutr, 50(1): 5-18.

MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ (MINSA). NTS N°071.2008 MINSA/DIGESA-V.01. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Resolución Ministerial 591 (27-08-2008). Lima, PE.

MOSKOWITZ, H. 2001. Sensory directionals for pizza: A deeper analysis. Journal of Sensory Studies, 16(6), 583-600.

MUNYAKA, A.; MAKULE, E.; OEY, I.; VAN LOEY, A. y HENDRICKX, M. 2010. Thermal Stability of L-Ascorbic Acid and Ascorbic Acid Oxidase in Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). J Food Sci, 75 (4), C336-C340.

MUÑOZ, A.; RAMOS - ESCUDERO, D.; ALVARADO - ORTIZ, C. y CASTAÑEDA; B. 2007. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. Revista de la Sociedad Química del Perú, 73(3): 142-149.

MURRAY, R. 2004. Bioquímica Ilustrada de Harper. 16 ed. s.l., USA. Manual Moderno. 751p.

NICOLI, M.; ANESE, M. y PARPINEL, M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. Trends in Food Science & Technology, 10(3): 94-100.

ORDOÑEZ, P. 1997. Manejo de pre – cosecha y post – cosecha del espárrago. Tesis Lic. Universidad Agraria La Molina. Lima, PE.

OSBORNE, D. y VOOGT, P. 1986. Análisis de los alimentos. Zaragoza, ES. Acribia. 258 p.

PAGE, H.; SALMON, A.; LEISER, S.; ROBB, E.; BROWN, M.; MILTER, R. y STUART, J. 2009. Mechanisms of stress resistance in Snell dwarf mouse fibroblasts: enhanced antioxidant and DNA base excision repair capacity, but no differences in mitochondrial metabolism. *Free Radical Biology and Medicine*, 46(8): 1109-1118.

PATRAS, A.; TIWARI, B. y BRUNTON, N. 2011. Influence of blanching and low temperature preservation strategies on antioxidant activity and phytochemical content of carrots, green beans and broccoli. *LWT-Food Science and Technology*, 44(1): 299-306.

PELLEGRINI, N.; CHIAVARO, E.; GARDANA, C.; MAZZEO, T.; CONTINO, D.; GALLO, M.; RISO, P.; FOGLIANO, V. y PORRINI, M. 2010. Effect of Different Cooking Methods on Color, Phytochemical Concentration, and Antioxidant Capacity of Raw and Frozen Brassica Vegetables. *Journal Agriculture and Food Chemistry*. 58. 4310-4321.

PÉREZ – CONESA, D.; GARCÍA – ALONSO, J.; GARCÍA – VALVERDE, V.; INIESTA, M.; JACOB, K.; SÁNCHEZ – SILES, L. y PARIAGO, M. 2009. Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of tomato puree. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 10(2): 179-188.

PHILLIPS, K. y PALMER, J. 1991. Effect of freeze-drying and heating during analysis on dietary fiber in cooking and raw carrots. *J Agri Food Chem*, 39:1216-1221.

PIETTA, P. y SIMONETTI, P. 1998. Dietary flavonoids and interaction with endogenous antioxidants *biochemistry and molecular biology international*, 44(5): 1069-1074.

PLAEHN, D. 2012. CATA Penalty/Reward. *Food Qual. Prefer.* 24:141–152.

PODSEDEK, A. 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT - Food Science and Technolog*, 40: 1–11.

POKORNY, J.; YANISHIEVA; N. y GORDON; M. 2001. Antioxidantes de los alimentos. Aplicaciones prácticas. 2 ed. Zaragoza, ES. Acribia. 357p.

RANDHIR, R.; KWON, Y. y SHETTY, K. 2008. Effect of thermal processing on phenolics, antioxidant activity and health-relevant functionality of select grain sprouts and seedlings. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(3): 355-364.

RASKIN, L., RIBNICKY, D., KOMARNYTSKY, S., LLIC, N., POULEV, A., BORISJUK, N., BRINKER, A., MORENO, D., RIPOLL, C. y YAKOBY, N. 2002. Plants and human health in the twenty-first century. *TRENDS in Biotechnology*, 20(12): 522-531.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M. y RICE-EVANS, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237.

REÁTEGUI, O.; GUIJA, E.; SOLDEVILLA, P.; CASTILLO, M. y PÉREZ, S. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante de néctares de frutas. *Revista Científica*, 5(6):19-26.

REES, J. y BETTINSON, J. 1994. *Procesado térmico y envasado de alimentos*. Zaragoza, ES. Acribia. 287 p.

ROGINSKY, V. y LISSI, E. 2005 Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chemistry*, 92, 235-254.

ROJAS, A y GERSCHENSON, L. 2001. Ascorbic acid in food system: an additional discussion. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 81(15), 1433.

SALVATORE, S.; PELLEGRINI, N.; BRENNNA, O.; DEL RIO, D.; FRASCA, G.; BRIGHENTI, F: y TUMIMO, R. 2005. Antioxidant Characterization of Some Sicilian Edible Wild Greens. *Journal Agriculture of Food Chemistry*, 53, 9465G9471.

SÁNCHEZ, M.; GORINSTEIN, S.; BELLOSO, O.; AGUILAR, G. y VALENZUELA, R. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: Potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América* 32(4): 227-232.

SAURA-CALIXTO, F.; GOÑI, I.; BRAVO, L. y MAÑAS, E. 1992. Formation of resistant starch in deproteinized and no deproteinized beans. *Eur J Clin Nutr*, 46 (2):109-111.

SAURA-CALIXTO, F. 2010. Dietary fiber as a carrier of dietary antioxidants: an essential physiological function. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(1): 43-49.

SELMAN, J. 1994. Vitamin retention during blanching of vegetables. *Food chemistry*, 49(2): 137-147.

SHAO, Y.; POOBRASERT, O.; KENNELLY, E.; CHIN, C.; HO, C.; HUANG, M.; GARRISON, S. y CORDELL, G. 1997. Steroidal saponins from *Asparagus officinalis* and their cytotoxic activity. *Planta Med*, 63 (3), 258–262.

SHARMA, S.; MULVANEY, S. y RIZVI, S. 2003. *Ingeniería de alimentos. Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*. New York, USA. Limusa. 348 p.

SHOU, S.; LU, G. y HUANG, X. 2007. Seasonal variations in nutritional components of green asparagus using the mother fern cultivation. *Sci. Horticulturae*, 112, 251–257.

SIDDHURAJU, P. y BECKER, K. 2007. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* L.x Walp.) seed extracts. *Food Chemistry*, 101(1): 10-19.

SINGLETON, V.; ORTHOFER, R. y LAMUELA-RAVENTOS, R. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*, 1(1): 152–178.

SIOMOS, A.; GERASOPOULOS, D.; TSOUVALTZIS, P. y KOUKOUNARAS, A. 2008. Peeling has no effect on respiration and ethylene production and only minimal effect on quality of fresh white asparagus spears. *Postharvest biology and technology*, 50(2), 224-227.

SOUCI, S.; FACHMANN, W. y KRAUT, H. 2008. *Food Composition and Nutrition Tables*. Medpharm, Stuttgart. Germany.

SOOBRATTEE, M.; VAN NEERGHEEN, A.; LUXIMON-RAMMA, A.; ARUOMA O. y BAHORUN, T. 2005. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 579(1): 200-213.

STAPLETON, A. Y WALBOT, V. 1994. Flavonoids can protect maize DNA from the induction of ultraviolet radiation damage. *Plant Physiol*, 105: 881–889.

STUMBO, C. 1973. *Thermobacteriology in food processing*. New York, USA y London, UK. Academic Press. 236 p.

SUN, T. y HO, C. 2005. Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chemistry*, 90(4), 743–749.

SUN, T.; POWERS, J. y TANG, J. 2007. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. *Food chemistry*, 105(1), 101-106.

SUN, T.; XU, Z.; WU, C.; JANES, M.; PRINYAWIWATKUL, W. y NO, H. 2007. Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science*, 72 (Suple.): S98-S102.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. y BYRNE, D. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (6–7), 669-675.

TIVERON, A.; MELO, P.; BERGAMASCHI, K.; VIEIRA, T.; REGITANO-D'ARCE, M. y ALENCAR, S. 2012. Antioxidant activity of Brazilian vegetables and its relation with phenolic composition. *International journal of molecular sciences*, 13(7), 8943-8957.

TOLEDO, J. 1991. Cosecha y poscosecha de espárrago fresco para exportación. Instituto de Comercio Exterior, Folleto Banco Continental. Lima, PE. 56 p.

TOLEDO, R. 1999. Fundamentals of food process engineering. 2 ed. Gergia, USA. Ruth Bloom. 602 p.

TOOR, R. y SAVAGE, G. 2006. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. *Food Chemistry*, 94: 90 - 97.

VARELA, P. y ARES, G. 2014. Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling. Florida, USA. CRC Press. p. 137 – 156.

VERLANGIERI, A.; KAPEGHIAN, J.; EL-DEAN, S. y BUSH, M. 1985. Fruit and vegetable consumption and cardiovascular mortality. *Medical Hypotheses*, 16(1), 7–15.

VINSON, J.; HAO, Y.; SU, X. y ZUBIK, L. 1998. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Vegetables. *J. Agric. Food Chem*, 46, 3630–3634.

WARNE, D. 1989. Manual sobre envasado de pescado en conserva. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.

WEN, T.; PRASSAD, K.; YANG, B. e ISMAIL, A. 2010. Bioactive substance contents and antioxidant capacity of raw and blanched vegetables. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(3): 464-469.

YUAN, J. y CHEN, F. 1998. Degradation of ascorbic acid in aqueous solution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), 5078-5082.

ZHANG, D. y HAMAUZU, Y. 2004. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, 88, 503–509.

ZHENG, W. y WANG, S. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 49, 5165 – 5170.

ZHENG, H.; FANG, S.; LOU, H.; CHEN, Y.; JIANG, L. y LU, H. 2011. Neural network prediction of ascorbic acid degradation in green asparagus during thermal treatments. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5591-5602.

ZULETA, A.; ESTEVE, M.; y FRIGOLA, A. 2009. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. *Food Chemistry*, 114(1): 310-316.

## VIII. ANEXOS

### 8.1. Boletín de evaluación sensorial

#### Instrucciones:

Usted recibirá nueve muestras aleatorias de espárragos encurtidos.

Por favor, pruebe las muestras en el orden que Ud. desee y marque cada ítem según considere, enjuáguese la boca con un poco de agua antes de probar cada muestra brindada.

Muestras N°: \_\_\_\_\_

Marque la respuesta que considere adecuada para cada espárrago.

¿Cuánto le gusta el espárrago?

	Excesivo	Demasiado	JAR	Insuficiente	Insuficiente en absoluto
Color (blanco)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Olor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Suave (suave)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sabor (Especies)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acidez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Salinidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### ESCALA

Me gusta muchísimo = 9      Ni me gusta, ni me disgusta = 5      Me disgusta mucho = 2  
Me gusta mucho = 8      Me disgusta muy poco = 4      Me disgusta muchísimo = 1  
Me gusta moderadamente = 7      Me disgusta moderadamente = 3  
Me gusta muy poco = 6



## 8.2. Estandarización del encurtido de espárrago en función del pH y contenido de sal (Análisis sensorial)

### ❖ Etiquetas para los 3 niveles JAR para el líquido de gobierno (1% sal y 3,4 pH)

Umbral para el tamaño de la población: 20 %

Nivel de significación: 5 %

Comparaciones múltiples: Tukey (HSD)

#### • Estadísticos descriptivos

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Aceptabilidad	100	0	100	2,000	9,000	4,880	1,799
Color	100	0	100	1,000	5,000	3,050	0,757
Olor	100	0	100	1,000	5,000	3,440	0,914
Textura	100	0	100	1,000	5,000	2,940	1,003
Sabor	100	0	100	1,000	5,000	3,320	1,043
Acidez	100	0	100	1,000	5,000	3,230	1,004
Salinidad	100	0	100	1,000	5,000	3,050	0,968

#### • Matriz de correlación Spearman

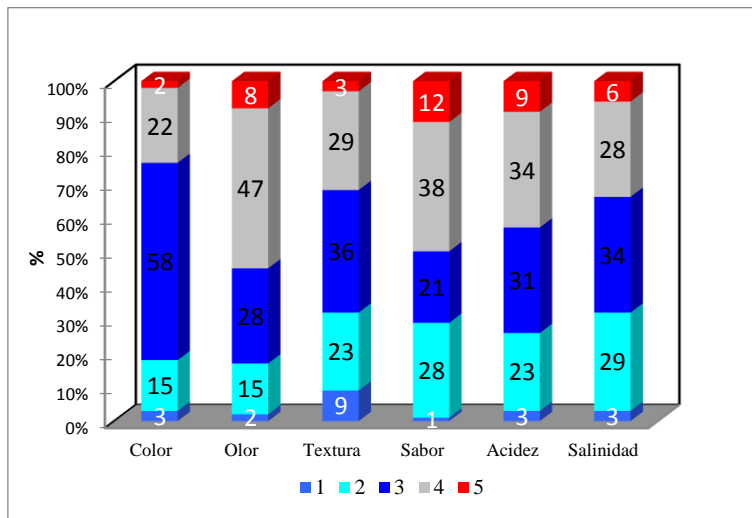
Variables	Aceptabilidad	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
Aceptabilidad	<b>1</b>	0,131	<b>-0,374</b>	<b>0,378</b>	<b>-0,530</b>	<b>-0,476</b>	<b>-0,564</b>
Color	0,131	<b>1</b>	-0,174	0,133	-0,015	-0,081	-0,181
Olor	<b>-0,374</b>	-0,174	<b>1</b>	<b>-0,210</b>	<b>0,274</b>	<b>0,329</b>	<b>0,250</b>
Textura	<b>0,378</b>	0,133	<b>-0,210</b>	<b>1</b>	<b>-0,355</b>	<b>-0,323</b>	-0,165
Sabor	<b>-0,530</b>	-0,015	<b>0,274</b>	<b>-0,355</b>	<b>1</b>	<b>0,554</b>	<b>0,442</b>
Acidez	<b>-0,476</b>	-0,081	<b>0,329</b>	<b>-0,323</b>	<b>0,554</b>	<b>1</b>	<b>0,398</b>
Salinidad	<b>-0,564</b>	-0,181	<b>0,250</b>	-0,165	<b>0,442</b>	<b>0,398</b>	<b>1</b>

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

#### • Frecuencia para los distintos niveles

Nivel	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
<b>1</b>	3	2	9	1	3	3
<b>2</b>	15	15	23	28	23	29
<b>3</b>	58	28	36	21	31	34
<b>4</b>	22	47	29	38	34	28
<b>5</b>	2	8	3	12	9	6

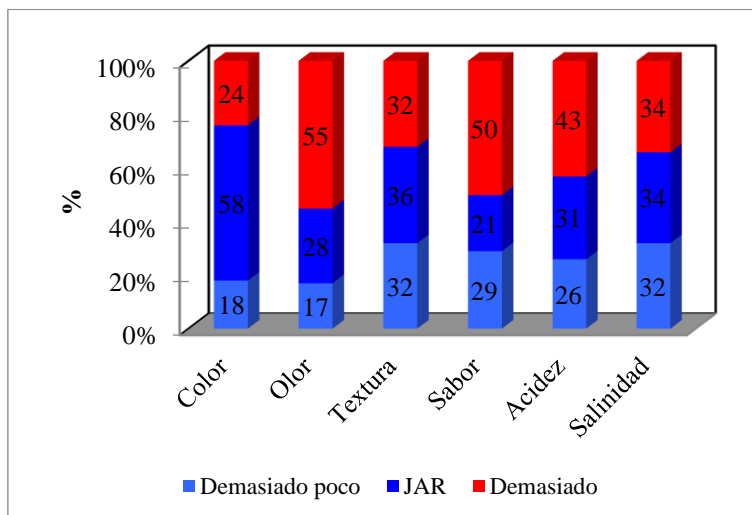
- **Porcentajes para los niveles JAR**



- **Frecuencias para los niveles JAR (agregados)**

Nivel	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
Demasiado poco	18	17	32	29	26	32
JAR	58	28	36	21	31	34
Demasiado	24	55	32	50	43	34

- **Porcentajes para los niveles JAR (agregados)**



• **Tabla de penalidades**

Variable	Nivel	Frecuencias	%	Suma Aceptabilidad	Media Aceptabilidad	Efectos sobre la media	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo	Penalidad	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo
Color	Poco blanco	18	18	72,000	4,000	1,190							
	JAR	58	58	301,000	5,190					0,737	2,055	0,043	Sí
	Muy blanco	24	24	115,000	4,792	0,398	0,933	0,353	No				
Olor	Poco olor	17	17	95,000	5,588	0,162							
	JAR	28	28	161,000	5,750					1,208	3,148	0,002	Sí
	Poco olor	55	55	232,000	4,218	1,532	4,131	< 0,0001	Sí				
Textura	Poco firme	32	32	124,000	3,875	1,292	3,184	0,005	Sí				
	JAR	36	36	186,000	5,167					0,448	1,197	0,234	No
	Muy firme	32	32	178,000	5,563	-0,396	-0,976	0,594	No				
Sabor	Poco sabor	29	29	172,000	5,931	-0,407	-0,901	0,641	No				
	JAR	21	21	116,000	5,524					0,815	1,868	0,065	No
	Mucho sabor	50	50	200,000	4,000	1,524	3,717	0,001	Sí				
Acidez	Poco ácido	26	26	150,000	5,769	-0,285	-0,671	0,781	No				
	JAR	31	31	170,000	5,484					0,875	2,297	0,024	Sí
	Muy ácido	43	43	168,000	3,907	1,577	4,186	0,000	Sí				
Salinidad	Poca salinidad	32	32	190,000	5,938	-0,820	-2,156	0,084	No				
	JAR	34	34	174,000	5,118					0,360	0,947	0,346	No
	Mucha salinidad	34	34	124,000	3,647	1,471	3,928	0,000	Sí				

❖ **Etiquetas para los 3 niveles JAR para el líquido de gobierno (1% sal y 3,6 pH)**

Umbral para el tamaño de la población: 20 % con nivel de significación del 5%

Comparaciones múltiples: Tukey (HSD)

• **Estadísticos descriptivos**

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Aceptabilidad	100	0	100	1,000	9,000	4,700	1,630
Color	100	0	100	1,000	4,000	2,980	0,864
Olor	100	0	100	1,000	5,000	3,550	1,009
Textura	100	0	100	1,000	5,000	2,740	1,125
Sabor	100	0	100	1,000	5,000	3,450	1,175
Acidez	100	0	100	1,000	5,000	3,350	1,058
Salinidad	100	0	100	1,000	5,000	3,250	1,132

- **Matriz de correlación Spearman**

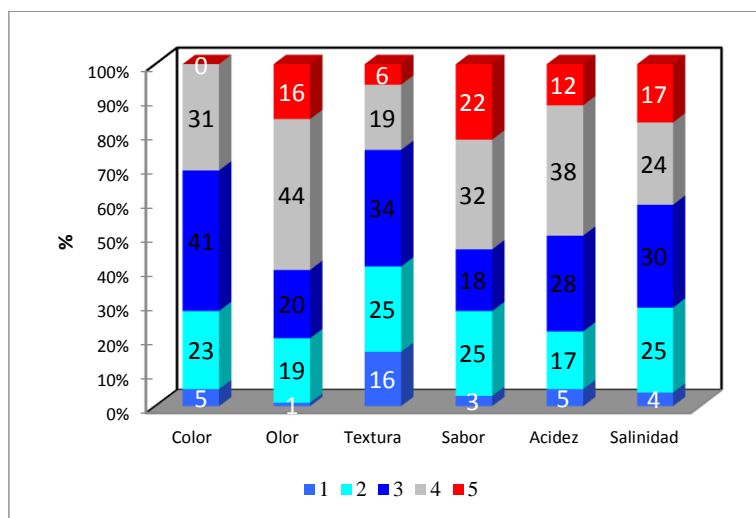
<b>Variables</b>	<b>Aceptabilidad</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
Aceptabilidad	1	<b>0,349</b>	<b>-0,360</b>	<b>0,318</b>	<b>-0,435</b>	<b>-0,628</b>	<b>-0,483</b>
Color	<b>0,349</b>	1	-0,161	0,145	-0,148	<b>-0,231</b>	-0,141
Olor	<b>-0,360</b>	-0,161	1	-0,153	<b>0,390</b>	<b>0,338</b>	<b>0,368</b>
Textura	<b>0,318</b>	0,145	-0,153	1	<b>-0,431</b>	<b>-0,330</b>	<b>-0,239</b>
Sabor	<b>-0,435</b>	-0,148	<b>0,390</b>	<b>-0,431</b>	1	<b>0,558</b>	<b>0,339</b>
Acidez	<b>-0,628</b>	<b>-0,231</b>	<b>0,338</b>	<b>-0,330</b>	<b>0,558</b>	1	<b>0,572</b>
Salinidad	<b>-0,483</b>	-0,141	<b>0,368</b>	<b>-0,239</b>	<b>0,339</b>	<b>0,572</b>	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

- **Frecuencia para los distintos niveles**

<b>Nivel</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
1	5	1	16	3	5	4
2	23	19	25	25	17	25
3	41	20	34	18	28	30
4	31	44	19	32	38	24
5	0	16	6	22	12	17

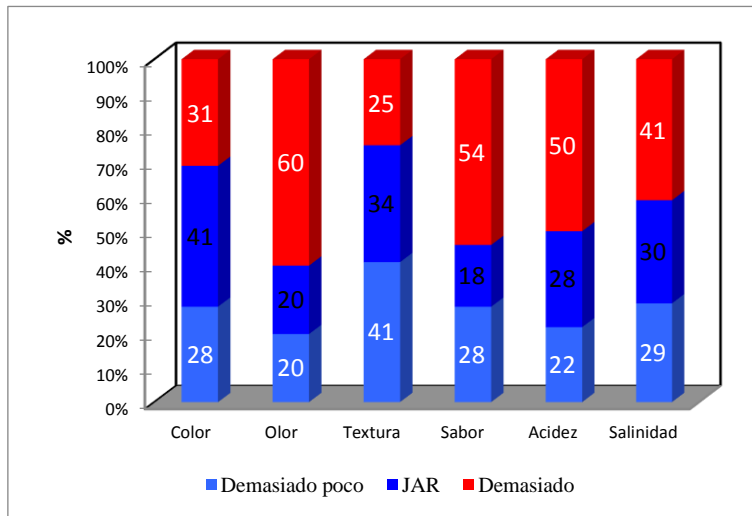
- **Porcentajes para los niveles JAR**



- **Frecuencia para los niveles agregados**

<b>Nivel</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
<b>Demasiado poco</b>	28	20	41	28	22	29
<b>JAR</b>	41	20	34	18	28	30
<b>Demasiado</b>	31	60	25	54	50	41

• **Porcentajes para los niveles JAR (agregados)**



• **Tabla de penalidades**

Variable	Nivel	Frecuencia	%	Suma Aceptabilidad	Media Aceptabilidad	Efectos sobre la media	Diferencia estandarizada	Valor -p	Significativo	Penalidad	Diferencia estandarizada	Valor -p	Significativo
Color	Poco blanco	28	28	109,00	3,893	0,912	2,398	0,048	Sí				
	JAR	41	41	197,00	4,805					0,178	0,534	0,594	No
	Muy blanco	31	31	164,00	5,290	-0,485	-1,315	0,391	No				
Olor	Poco Olor	20	20	105,00	5,250	0,200	0,407	0,913	No				
	JAR	20	20	109,00	5,450					0,938	2,353	0,021	Sí
	Mucho Olor	60	60	256,00	4,267	1,183	2,948	0,011	Sí				
Textura	Poco Firme	41	41	167,00	4,073	0,927	2,571	0,031	Sí				
	JAR	34	34	170,00	5,000					0,455	1,326	0,188	No
	Muy Firme	25	25	133,00	5,320	-0,320	-0,782	0,715	No				
Sabor	Poco sabor	28	28	146,00	5,214	0,841	1,966	0,126	No				
	JAR	18	18	109,00	6,056					1,653	4,213	< 0,0001	Sí
	Mucho Sabor	54	54	215,00	3,981	2,074	5,380	< 0,0001	Sí				
Acidez	Poco Ácido	22	22	137,00	6,227	-1,120	-3,001	0,010	Sí				
	JAR	28	28	143,00	5,107					0,565	1,569	0,120	No
	Muy ácido	50	50	190,00	3,800	1,307	4,226	0,000	Sí				
Salinidad	Poca salinidad	29	29	158,00	5,448	-0,148	-0,399	0,916	No				
	JAR	30	30	159,00	5,300					0,857	2,471	0,015	Sí
	Mucha salinidad	41	41	153,00	3,732	1,568	4,574	< 0,0001	Sí				

❖ **Etiquetas para los 3 niveles JAR para el líquido de gobierno (1% sal y 3,8 pH)**

Umbral para el tamaño de la población: 20 %

Nivel de significación: 5 %

Comparaciones múltiples: Tukey (HSD)

• **Estadísticos descriptivos**

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Aceptabilidad	100	0	100	1,000	9,000	4,950	1,909
Color	100	0	100	1,000	4,000	2,900	0,835
Olor	100	0	100	1,000	5,000	3,350	1,086
Textura	100	0	100	1,000	5,000	2,750	0,957
Sabor	100	0	100	1,000	5,000	3,450	1,077
Acidez	100	0	100	1,000	5,000	3,180	0,989
Salinidad	100	0	100	1,000	5,000	3,190	1,061

• **Matriz de correlación Spearman**

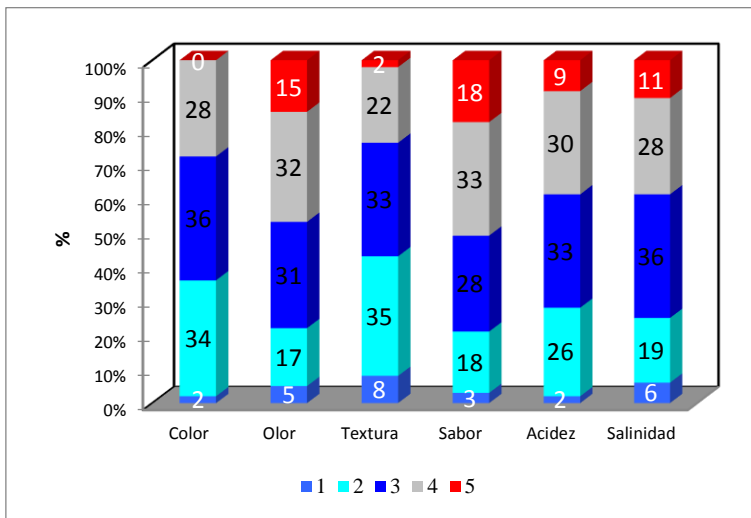
Variables	Aceptabilidad	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
Aceptabilidad	<b>1</b>	<b>0,260</b>	<b>-0,387</b>	<b>0,414</b>	<b>-0,463</b>	<b>-0,597</b>	<b>-0,663</b>
Color	<b>0,260</b>	<b>1</b>	<b>-0,309</b>	0,163	<b>-0,216</b>	<b>-0,366</b>	<b>-0,267</b>
Olor	<b>-0,387</b>	<b>-0,309</b>	<b>1</b>	-0,173	<b>0,491</b>	<b>0,362</b>	<b>0,389</b>
Textura	<b>0,414</b>	0,163	-0,173	<b>1</b>	<b>-0,397</b>	<b>-0,282</b>	<b>-0,424</b>
Sabor	<b>-0,463</b>	<b>-0,216</b>	<b>0,491</b>	<b>-0,397</b>	<b>1</b>	<b>0,408</b>	<b>0,522</b>
Acidez	<b>-0,597</b>	<b>-0,366</b>	<b>0,362</b>	<b>-0,282</b>	<b>0,408</b>	<b>1</b>	<b>0,569</b>
Salinidad	<b>-0,663</b>	<b>-0,267</b>	<b>0,389</b>	<b>-0,424</b>	<b>0,522</b>	<b>0,569</b>	<b>1</b>

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

• **Frecuencia para los distintos niveles**

Nivel	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
<b>1</b>	2	5	8	3	2	6
<b>2</b>	34	17	35	18	26	19
<b>3</b>	36	31	33	28	33	36
<b>4</b>	28	32	22	33	30	28
<b>5</b>	0	15	2	18	9	11

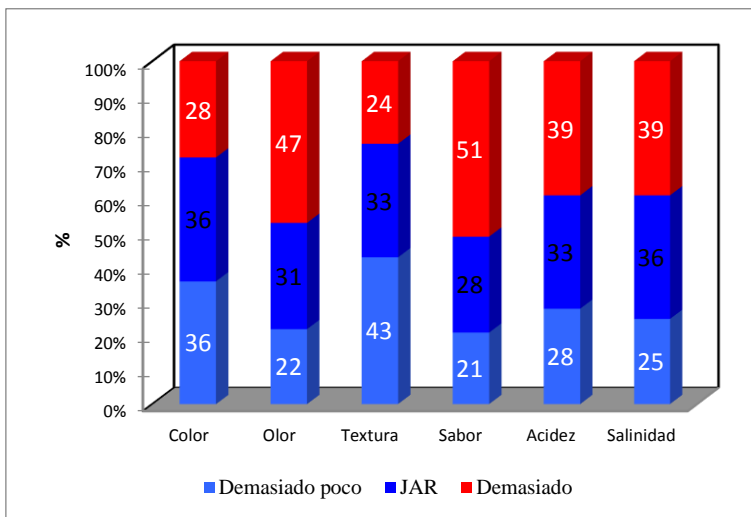
- **Porcentajes para los niveles JAR**



- **Frecuencia para los niveles agregados**

Nivel	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
Demasiado poco	36	22	43	21	28	25
JAR	36	31	33	28	33	36
Demasiado	28	47	24	51	39	39

- **Porcentajes para los niveles JAR (agregados)**



• **Tabla de penalidades**

Variable	Nivel	Frecuencia	%	Suma Aceptabilidad	Media Aceptabilidad	Efectos sobre la media	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo	Penalidad	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo
Color	Poco blanco	36	36	152,000	4,222	1,000	2,302	0,060	No				
	JAR	36	36	188,000	5,222					0,425	1,070	0,287	No
	Muy blanco	28	28	155,000	5,536	-0,313	-0,675	0,778	No				
Olor	Poco olor	22	22	120,000	5,455	0,255	0,511	0,866	No				
	JAR	31	31	177,000	5,710					1,101	2,755	0,007	Sí
	Mucho olor	47	47	198,000	4,213	1,497	3,609	0,001	Sí				
Textura	Poco firme	43	43	175,000	4,070	1,476	3,614	0,001	Sí				
	JAR	33	33	183,000	5,545					0,889	2,233	0,028	Sí
	Muy firme	24	24	137,000	5,708	-0,163	-0,344	0,937	No				
Sabor	Poco Sabor	21	21	125,000	5,952	-0,238	-0,479	0,882	No				
	JAR	28	28	160,000	5,714					1,062	2,566	0,012	Sí
	Mucho sabor	51	51	210,000	4,118	1,597	3,940	0,000	Sí				
Acidez	Poco ácido	28	28	172,000	6,143	-0,567	-1,424	0,333	No				
	JAR	33	33	184,000	5,576					0,934	2,353	0,021	Sí
	Muy ácido	39	39	139,000	3,564	2,012	5,487	< 0,0001	Sí				
Salinidad	Poco salinidad	25	25	159,000	6,360	-0,749	-1,974	0,124	No				
	JAR	36	36	202,000	5,611					1,033	2,677	0,009	Sí
	Muy salinidad	39	39	134,000	3,436	2,175	6,460	< 0,0001	Sí				

❖ **Etiquetas para los 3 niveles JAR para el líquido de gobierno (1,5% sal y 3,4 pH)**

Umbral para el tamaño de la población: 20 %

Nivel de significación: 5 %

Comparaciones múltiples: Tukey (HSD)

• **Estadísticos descriptivos**

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Aceptabilidad	100	0	100	1,000	9,000	4,530	1,648
Color	100	0	100	1,000	4,000	2,930	0,820
Olor	100	0	100	2,000	5,000	3,600	0,921
Textura	100	0	100	1,000	5,000	2,690	1,098
Sabor	100	0	100	1,000	5,000	3,400	1,035
Acidez	100	0	100	1,000	5,000	3,390	1,034
Salinidad	100	0	100	1,000	5,000	3,230	1,053



- **Matriz de correlación Spearman**

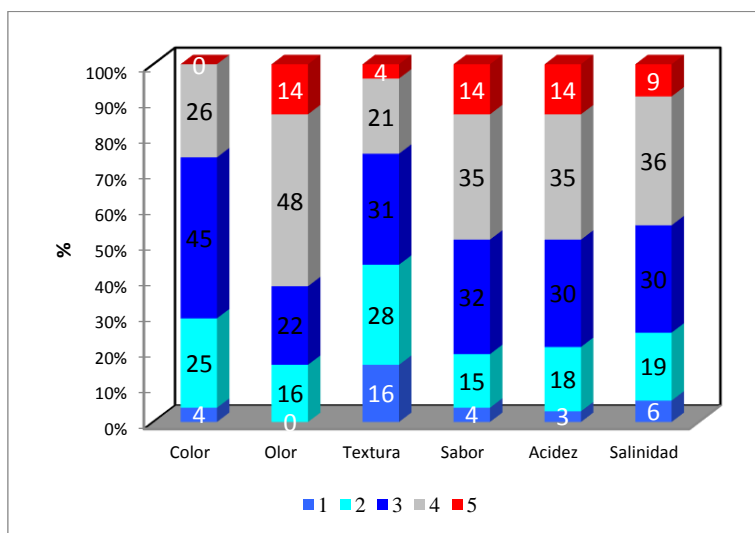
Variables	Aceptabilidad	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
Aceptabilidad	1	<b>0,255</b>	<b>0,433</b>	<b>0,417</b>	<b>-0,630</b>	<b>-0,527</b>	<b>-0,426</b>
Color	<b>0,255</b>	1	0,122	0,158	<b>-0,256</b>	<b>-0,274</b>	-0,034
Olor	<b>-0,433</b>	-0,122	1	<b>-0,359</b>	<b>0,371</b>	<b>0,368</b>	0,170
Textura	<b>0,417</b>	0,158	<b>0,359</b>	1	<b>-0,364</b>	<b>-0,401</b>	<b>-0,232</b>
Sabor	<b>-0,630</b>	<b>-0,256</b>	<b>0,371</b>	<b>-0,364</b>	1	<b>0,467</b>	<b>0,376</b>
Acidez	<b>-0,527</b>	<b>-0,274</b>	<b>0,368</b>	<b>-0,401</b>	<b>0,467</b>	1	<b>0,515</b>
Salinidad	<b>-0,426</b>	-0,034	0,170	<b>-0,232</b>	<b>0,376</b>	<b>0,515</b>	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

- **Frecuencia para los distintos niveles**

Nivel	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
1	4	0	16	4	3	6
2	25	16	28	15	18	19
3	45	22	31	32	30	30
4	26	48	21	35	35	36
5	0	14	4	14	14	9

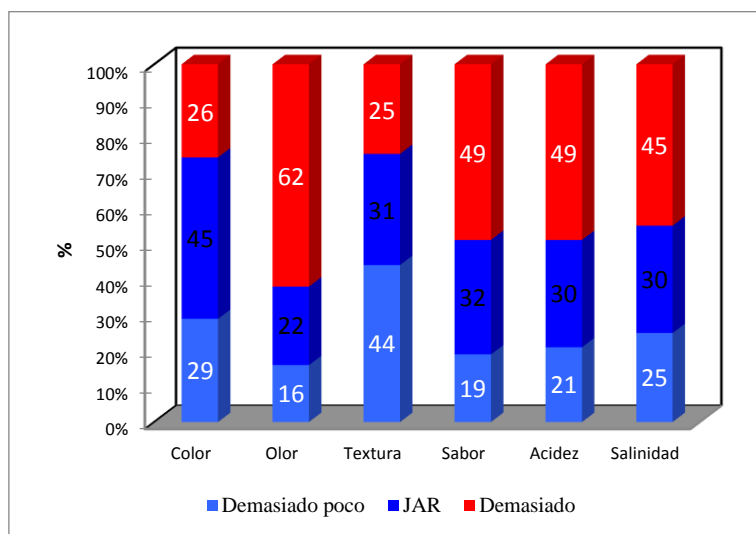
- **Porcentajes para los niveles JAR**



- **Frecuencia para los niveles agregados**

Nivel	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
Demasiado poco	29	16	44	19	21	25
JAR	45	22	31	32	30	30
Demasiado	26	62	25	49	49	45

• **Porcentajes para los niveles JAR (agregados)**



• **Tabla de penalidades**

Variable	Nivel	Frecuencia	%	Suma Aceptabilidad	Media Aceptabilidad	Efectos sobre la media	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo	Penalidad	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo
Color	Poco Blanco	29	29	109,000	3,759	1,086	2,871	0,014	Sí				
	JAR	45	45	218,000	4,844					0,572	1,743	0,084	No
	Muy blanco	26	26	126,000	4,846	-0,002	-0,004	1,000	No				
Olor	Poco olor	16	16	87,000	5,438	-0,256							
	JAR	22	22	114,000	5,182					0,836	2,138	0,035	Sí
	Mucho olor	62	62	252,000	4,065	1,117	2,997	0,004	Sí				
Textura	Poco Firme	44	44	163,000	3,705	1,424	4,078	0,000	Sí				
	JAR	31	31	159,000	5,129					0,868	2,500	0,014	Sí
	Muy firme	25	25	131,000	5,240	-0,111	-0,277	0,959	No				
Sabor	Poco sabor	19	19	110,000	5,789	-0,508							
	JAR	32	32	169,000	5,281					1,105	3,277	0,001	Sí
	Muy sabor	49	49	174,000	3,551	1,730	6,062	< 0,0001	Sí				
Acidez	Poco ácido	21	21	115,000	5,476	-0,143	-0,358	0,932	No				
	JAR	30	30	160,000	5,333					1,148	3,352	0,001	Sí
	Muy ácido	49	49	178,000	3,633	1,701	5,224	< 0,0001	Sí				
Salinidad	Poca salinidad	25	25	135,000	5,400	-0,500	-1,221	0,444	No				
	JAR	30	30	147,000	4,900					0,529	1,478	0,142	No
	Mucha salinidad	45	45	171,000	3,800	1,100	3,086	0,007	Sí				

❖ **Etiquetas para los 3 niveles JAR para el líquido de gobierno (1,5% sal y 3,6 pH)**

Umbral para el tamaño de la población: 20 %

Nivel de significación: 5 %

Comparaciones múltiples: Tukey (HSD)

• **Estadísticos descriptivos**

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Aceptabilidad	100	0	100	1,000	9,000	4,270	1,797
Color	100	0	100	1,000	5,000	3,050	0,869
Olor	100	0	100	2,000	5,000	3,550	0,957
Textura	100	0	100	1,000	4,000	2,760	0,955
Sabor	100	0	100	1,000	5,000	3,620	1,108
Acidez	100	0	100	2,000	5,000	3,450	1,029
Salinidad	100	0	100	1,000	5,000	3,460	1,105

• **Matriz de correlación Spearman**

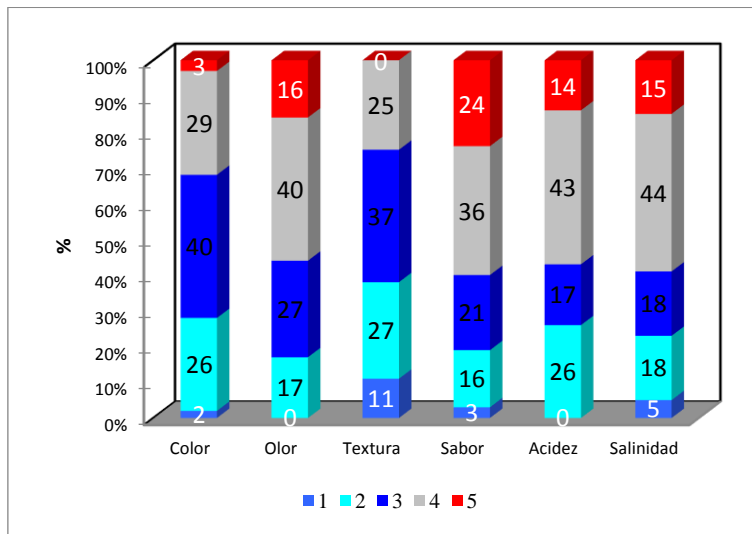
Variables	Aceptabilidad	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
Aceptabilidad	<b>1</b>	<b>0,347</b>	<b>-0,422</b>	<b>0,384</b>	<b>-0,613</b>	<b>-0,577</b>	<b>-0,523</b>
Color	<b>0,347</b>	<b>1</b>	<b>-0,253</b>	<b>0,204</b>	-0,130	-0,195	-0,157
Olor	<b>-0,422</b>	<b>-0,253</b>	<b>1</b>	<b>-0,235</b>	<b>0,274</b>	<b>0,368</b>	<b>0,367</b>
Textura	<b>0,384</b>	<b>0,204</b>	<b>-0,235</b>	<b>1</b>	<b>-0,262</b>	-0,191	<b>-0,277</b>
Sabor	<b>-0,613</b>	-0,130	<b>0,274</b>	<b>-0,262</b>	<b>1</b>	<b>0,472</b>	<b>0,540</b>
Acidez	<b>-0,577</b>	-0,195	<b>0,368</b>	-0,191	<b>0,472</b>	<b>1</b>	<b>0,757</b>
Salinidad	<b>-0,523</b>	-0,157	<b>0,367</b>	<b>-0,277</b>	<b>0,540</b>	<b>0,757</b>	<b>1</b>

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

❖ **Frecuencia para los distintos niveles**

Nivel	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
<b>1</b>	2	0	11	3	0	5
<b>2</b>	26	17	27	16	26	18
<b>3</b>	40	27	37	21	17	18
<b>4</b>	29	40	25	36	43	44
<b>5</b>	3	16	0	24	14	15

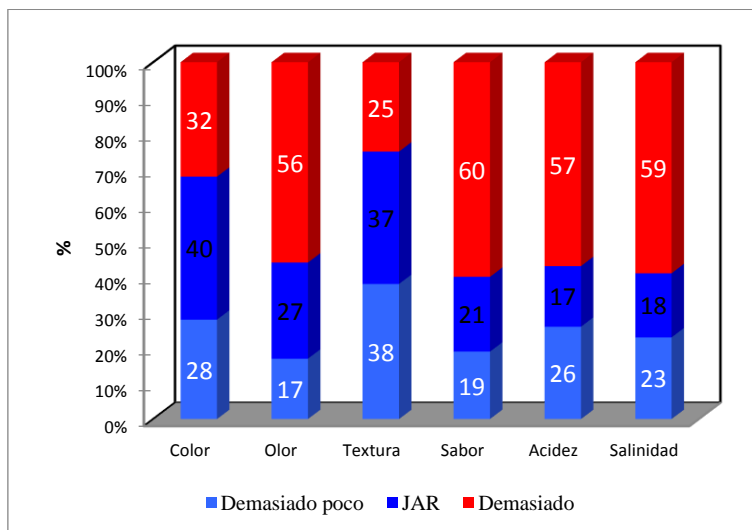
### ❖ Porcentajes para los niveles JAR



### ❖ Frecuencia para los niveles agregados

Nivel	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
Demasiado poco	28	17	38	19	26	23
JAR	40	27	37	21	17	18
Demasiado	32	56	25	60	57	59

### ❖ Porcentajes para los niveles JAR (agregados)



## ❖ Tabla de penalidades

Variable	Nivel	Frecuencias	%	Suma Aceptabilidad	Media Aceptabilidad	Efectos sobre la media	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo	Penalidad	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo
Color	Poco blanco	28	28	101	3,607	0,518	1,220	0,445	No				
	JAR	40	40	165	4,125					-0,242	-0,657	0,513	No
	Muy blanco	32	32	161	5,031	-0,906	-2,217	0,073	No				
Olor	Poco olor	17	17	86	5,059	0,015							
	JAR	27	27	137	5,074					1,1015	2,8147	0,0059	Sí
	Mucho olor	56	56	204	3,643	1,431	3,651	0,000	Sí				
Textura	Poco firme	38	38	128	3,368	1,442	3,744	0,001	Sí				
	JAR	37	37	178	4,811					0,8584	2,3589	0,0203	Sí
	Muy firme	25	25	121	4,840	-0,029	-0,068	0,997	No				
Sabor	Poco sabor	19	19	105	5,526	-0,241							
	JAR	21	21	111	5,286					1,2857	3,0323	0,0031	Sí
	Mucho sabor	60	60	211	3,517	1,769	4,606	< 0,0001	Sí				
Acidez	Poco Ácido	26	26	134	5,154	0,611	1,299	0,399	No				
	JAR	17	17	98	5,765					1,8009	4,0459	0,0001	Sí
	Muy ácido	57	57	195	3,421	2,344	5,627	< 0,0001	Sí				
Salinidad	Poca salinidad	23	23	124	5,391	-0,058	-0,118	0,992	No				
	JAR	18	18	96	5,333					1,2967	2,8720	0,0050	Sí
	Mucha salinidad	59	59	207	3,508	1,825	4,343	0,000	Sí				

## ❖ Etiquetas para los 3 niveles JAR para el líquido de gobierno (1,5% sal y 3,8 pH)

Umbral para el tamaño de la población: 20 %

Nivel de significación: 5 %

Comparaciones múltiples: Tukey (HSD)

## ❖ Estadísticos descriptivos

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Aceptabilidad	100	0	100	1,000	9,000	4,590	1,736
Color	100	0	100	1,000	5,000	2,920	0,961
Olor	100	0	100	1,000	5,000	3,280	1,111
Textura	100	0	100	1,000	5,000	2,930	1,018
Sabor	100	0	100	1,000	5,000	3,510	0,969
Acidez	100	0	100	1,000	5,000	3,350	0,999
Salinidad	100	0	100	1,000	5,000	3,550	1,104

❖ **Matriz de correlación Spearman**

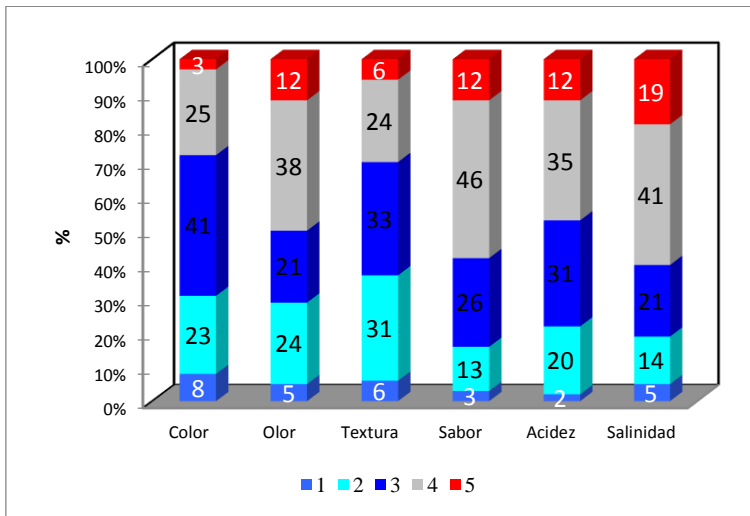
<b>Variables</b>	<b>Aceptabilidad</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
Aceptabilidad	1	0,196	<b>-0,414</b>	<b>0,244</b>	<b>-0,512</b>	<b>-0,548</b>	<b>-0,595</b>
Color	0,196	1	<b>-0,326</b>	<b>0,297</b>	-0,148	0,067	-0,022
Olor	<b>-0,414</b>	<b>-0,326</b>	1	<b>-0,328</b>	<b>0,541</b>	<b>0,207</b>	<b>0,326</b>
Textura	<b>0,244</b>	<b>0,297</b>	<b>-0,328</b>	1	<b>-0,420</b>	-0,033	-0,005
Sabor	<b>-0,512</b>	-0,148	<b>0,541</b>	<b>-0,420</b>	1	<b>0,310</b>	<b>0,428</b>
Acidez	<b>-0,548</b>	0,067	<b>0,207</b>	-0,033	<b>0,310</b>	1	<b>0,666</b>
Salinidad	<b>-0,595</b>	-0,022	<b>0,326</b>	-0,005	<b>0,428</b>	<b>0,666</b>	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

❖ **Frecuencia para los distintos niveles**

<b>Nivel</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
1	8	5	6	3	2	5
2	23	24	31	13	20	14
3	41	21	33	26	31	21
4	25	38	24	46	35	41
5	3	12	6	12	12	19

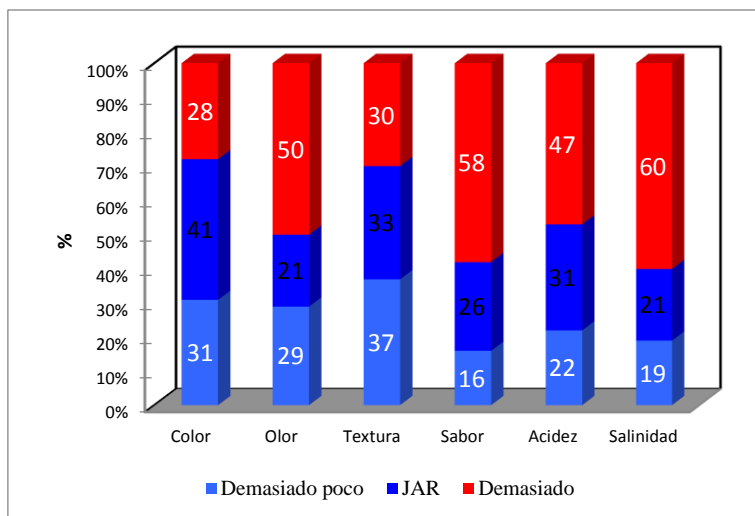
❖ **Porcentajes para los niveles JAR**



❖ **Frecuencia para los niveles agregados**

<b>Nivel</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
<b>Demasiado poco</b>	31	29	37	16	22	19
<b>JAR</b>	41	21	33	26	31	21
<b>Demasiado</b>	28	50	30	58	47	60

## ❖ Porcentajes para los niveles JAR (agregados)



## ❖ Tabla de penalidades

Variable	Nivel	Frecuencias	%	Suma Aceptabilidad	Media Aceptabilidad	Efectos sobre la media	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo	Penalidad	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo
Color	Poco blanco	31	31	125	4,032	0,748	1,838	0,1628	No				
	JAR	41	41	196	4,780					0,3229	0,9142	0,3629	No
	Mucho blanco	28	28	138	4,929	-0,148	-0,353	0,9336	No				
Olor	Poco olor	29	29	159	5,483	-0,530	-1,153	0,4839	No				
	JAR	21	21	104	4,952					0,4587	1,0774	0,2839	No
	Mucho olor	50	50	196	3,920	1,032	2,474	0,0397	Sí				
Textura	Poco Firme	37	37	149	4,027	0,731	1,803	0,1739	No				
	JAR	33	33	157	4,758					0,2501	0,6758	0,5008	No
	Muy firme	30	30	153	5,100	-0,342	-0,802	0,7026	No				
Sabor	Poco sabor	16	16	96	6,000	-0,962							
	JAR	26	26	131	5,038					0,6060	1,5423	0,1262	No
	Muy sabor	58	58	232	4,000	1,038	2,797	0,0064	Sí				
Acidez	Poco ácido	22	22	134	6,091	-1,284	-3,105	0,0070	Sí				
	JAR	31	31	149	4,806					0,3137	0,8347	0,4059	No
	Muy ácido	47	47	176	3,745	1,062	3,092	0,0073	Sí				
Salinidad	Poca salinidad	19	19	117	6,158	-0,825							
	JAR	21	21	112	5,333					0,9409	2,2533	0,0265	Sí
	Mucha salinidad	60	60	230	3,833	1,500	4,045	0,0001	Sí				

❖ **Etiquetas para los 3 niveles JAR para el líquido de gobierno (2% sal y 3,4 pH)**

Umbral para el tamaño de la población: 20 %

Nivel de significación: 5 %

Comparaciones múltiples: Tukey (HSD)

• **Estadísticos descriptivos**

<b>Variable</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Obs. con datos perdidos</b>	<b>Obs. sin datos perdidos</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. típica</b>
Aceptabilidad	100	0	100	1,000	8,000	4,170	1,864
Color	100	0	100	1,000	4,000	2,880	0,902
Olor	100	0	100	1,000	5,000	3,680	1,034
Textura	100	0	100	1,000	5,000	2,600	1,082
Sabor	100	0	100	1,000	5,000	3,660	1,017
Acidez	100	0	100	1,000	5,000	3,710	1,028
Salinidad	100	0	100	1,000	5,000	3,620	1,237

• **Matriz de correlación Spearman**

<b>Variables</b>	<b>Aceptabilidad</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
Aceptabilidad	<b>1</b>	<b>0,376</b>	<b>-0,577</b>	<b>0,427</b>	<b>-0,711</b>	<b>-0,624</b>	<b>-0,603</b>
Color	<b>0,376</b>	<b>1</b>	<b>-0,147</b>	<b>0,241</b>	<b>-0,243</b>	<b>-0,237</b>	<b>-0,207</b>
Olor	<b>-0,577</b>	<b>-0,147</b>	<b>1</b>	<b>-0,359</b>	<b>0,485</b>	<b>0,448</b>	<b>0,386</b>
Textura	<b>0,427</b>	<b>0,241</b>	<b>-0,359</b>	<b>1</b>	<b>-0,396</b>	<b>-0,272</b>	<b>-0,369</b>
Sabor	<b>-0,711</b>	<b>-0,243</b>	<b>0,485</b>	<b>-0,396</b>	<b>1</b>	<b>0,627</b>	<b>0,506</b>
Acidez	<b>-0,624</b>	<b>-0,237</b>	<b>0,448</b>	<b>-0,272</b>	<b>0,627</b>	<b>1</b>	<b>0,667</b>
Salinidad	<b>-0,603</b>	<b>-0,207</b>	<b>0,386</b>	<b>-0,369</b>	<b>0,506</b>	<b>0,667</b>	<b>1</b>

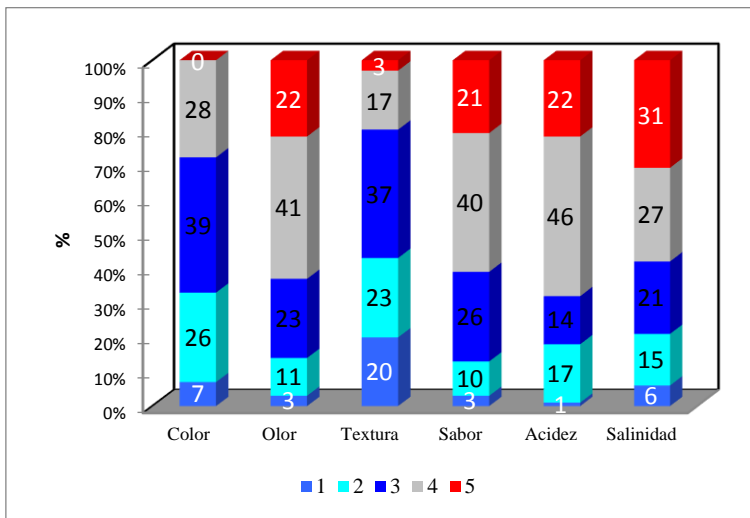
Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

• **Frecuencia para los distintos niveles**

<b>Nivel</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
<b>1</b>	7	3	20	3	1	6
<b>2</b>	26	11	23	10	17	15
<b>3</b>	39	23	37	26	14	21
<b>4</b>	28	41	17	40	46	27
<b>5</b>	0	22	3	21	22	31



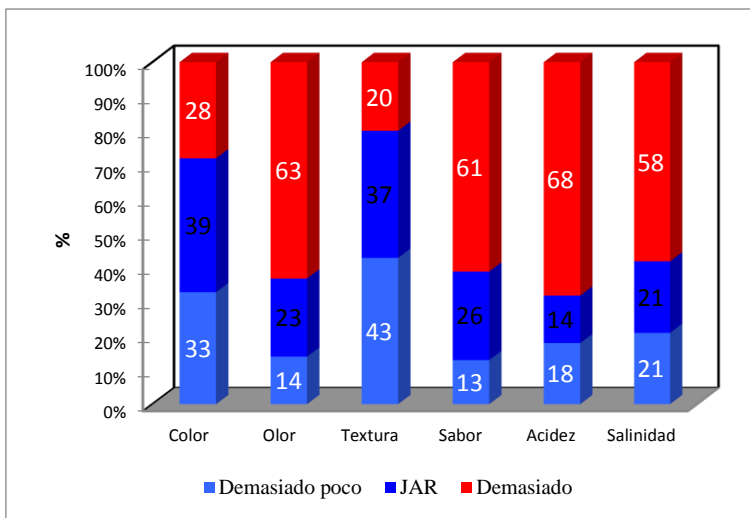
- **Porcentajes para los niveles JAR**



- **Frecuencia para los niveles agregados**

Nivel	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
Demasiado poco	33	14	43	13	18	21
JAR	39	23	37	26	14	21
Demasiado	28	63	20	61	68	58

- **Porcentajes para los niveles JAR (agregados)**



- **Tabla de penalidades**

Variable	Nivel	Frecuencias	%	Suma Aceptabilidad	Media Aceptabilidad	Efectos sobre la media	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo	Penalidad	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo
Color	Poco blanco	33	33	110	3,333	0,821	1,998	0,118	No				
	JAR	39	39	162	4,154					-0,026	-0,069	0,945	No
	Muy blanco	28	28	145	5,179	-1,025	-2,382	0,050	Sí				
Olor	Poco olor	14	14	83	5,929	-0,755							
	JAR	23	23	119	5,174					1,304	3,065	0,003	Sí
	Mucho olor	63	63	215	3,413	1,761	4,502	< 0,0001	Sí				
Textura	Poco Firme	43	43	152	3,535	0,681	1,746	0,194	No				
	JAR	37	37	156	4,216					0,073	0,189	0,850	No
	Muy firme	20	20	109	5,450	-1,234	-2,554	0,032	Sí				
Sabor	Poco sabor	13	13	82	6,308	-0,923							
	JAR	26	26	140	5,385					1,641	4,169	< 0,0001	Sí
	Mucho sabor	61	61	195	3,197	2,188	6,771	< 0,0001	Sí				
Acidez	Poco Ácido	18	18	113	6,278	-1,492							
	JAR	14	14	67	4,786					0,716	1,338	0,184	No
	Muy ácido	68	68	237	3,485	1,300	2,836	0,006	Sí				
Salinidad	Poca salinidad	21	21	123	5,857	-0,857	-1,837	0,163	No				
	JAR	21	21	105	5,000					1,051	2,347	0,021	Sí
	Mucha salinidad	58	58	189	3,259	1,741	4,523	< 0,0001	Sí				

- **Etiquetas para los 3 niveles JAR para el líquido de gobierno (2% sal y 3,6 pH)**

Umbral para el tamaño de la población: 20 %

Nivel de significación: 5 %

Comparaciones múltiples: Tukey (HSD)

- **Estadísticos descriptivos**

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Aceptabilidad	100	0	100	1,000	9,000	4,360	1,649
Color	100	0	100	1,000	4,000	2,770	0,897
Olor	100	0	100	1,000	5,000	3,470	1,039
Textura	100	0	100	1,000	5,000	2,660	1,066
Sabor	100	0	100	1,000	5,000	3,550	1,086
Acidez	100	0	100	2,000	5,000	3,530	1,020
Salinidad	100	0	100	1,000	5,000	3,690	1,042

- **Matriz de correlación Spearman**

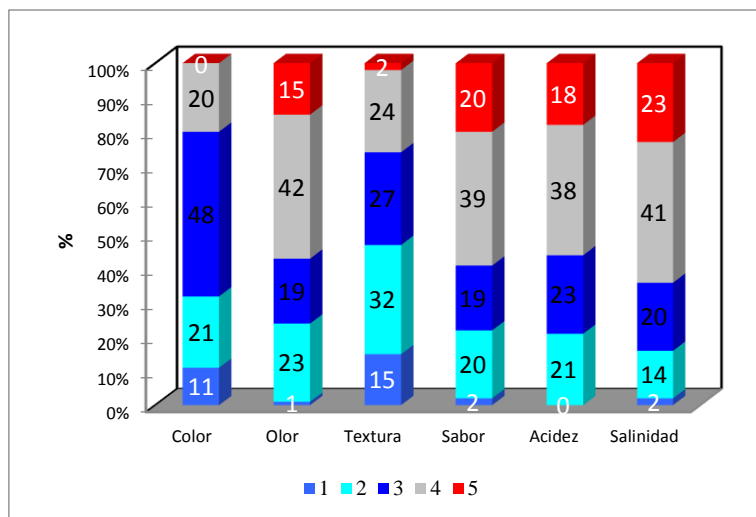
<b>Variables</b>	<b>Aceptabilidad</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
Aceptabilidad	1	0,495	-0,462	0,379	-0,562	-0,608	-0,447
Color	0,495	1	-0,304	0,351	-0,231	-0,254	-0,122
Olor	-0,462	-0,304	1	-0,318	0,504	0,374	0,407
Textura	0,379	0,351	-0,318	1	-0,304	-0,502	-0,358
Sabor	-0,562	-0,231	0,504	-0,304	1	0,590	0,454
Acidez	-0,608	-0,254	0,374	-0,502	0,590	1	0,588
Salinidad	-0,447	-0,122	0,407	-0,358	0,454	0,588	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

- **Frecuencia para los distintos niveles**

<b>Nivel</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
1	11	1	15	2	0	2
2	21	23	32	20	21	14
3	48	19	27	19	23	20
4	20	42	24	39	38	41
5	0	15	2	20	18	23

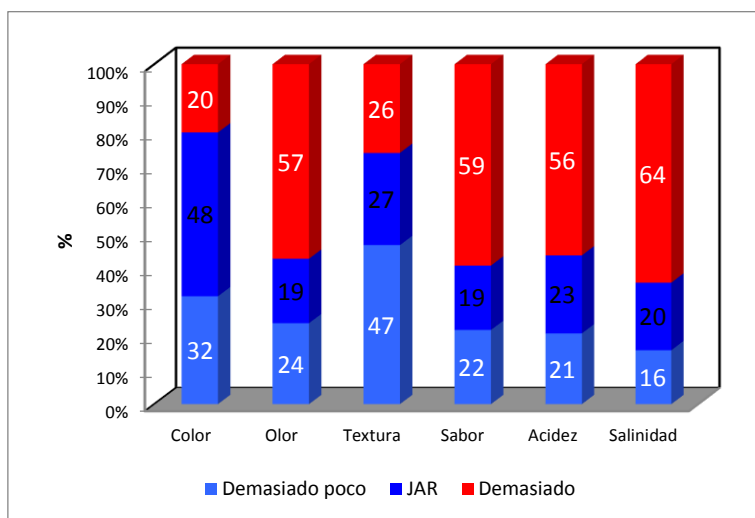
- **Porcentajes para los niveles JAR**



- **Frecuencia para los niveles agregados**

<b>Nivel</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
<b>Demasiado poco</b>	32	24	47	22	21	16
<b>JAR</b>	48	19	27	19	23	20
<b>Demasiado</b>	20	57	26	59	56	64

• **Porcentajes para los niveles JAR (agregados)**



• **Tabla de penalidades**

Variable	Nivel	Frecuencias	%	Suma Aceptabilidad	Media Aceptabilidad	Efectos sobre la media	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo	Penalidad	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo
Color	Poco blanco	32	32	105	3,281	1,323	4,008	0,0004	Sí				
	JAR	48	48	221	4,604				No	0,470	1,431	0,156	No
	Muy blanco	20	20	110	5,500	-0,896	-2,327	0,0568	No				
Olor	Poco olor	24	24	135	5,625	-0,941	-2,106	0,0939	No				
	JAR	19	19	89	4,684				No	0,400	0,952	0,343	No
	Mucho olor	57	57	212	3,719	0,965	2,504	0,0368	Sí				
Textura	Poco firme	47	47	178	3,787	0,583	1,581	0,2587	No				
	JAR	27	27	118	4,370				No	0,014	0,038	0,970	No
	Muy firme	26	26	140	5,385	-1,014	-2,417	0,0458	Sí				
Sabor	Poco sabor	22	22	120	5,455	0,019	0,044	0,9989	No				
	JAR	19	19	104	5,474				No	1,375	3,447	0,001	Sí
	Mucho sabor	59	59	212	3,593	1,880	5,170	< 0,0001	Sí				
Acidez	Poco ácido	21	21	119	5,667	-0,449	-1,103	0,5144	No				
	JAR	23	23	120	5,217				No	1,113	2,951	0,004	Sí
	Muy ácido	56	56	197	3,518	1,700	5,086	< 0,0001	Sí				
Salinidad	Poca salinidad	16	16	89	5,563	-0,313			No				
	JAR	20	20	105	5,250				No	1,113	2,790	0,006	Sí
	Mucha salinidad	64	64	242	3,781	1,469	3,906	0,0002	Sí				

- **Etiquetas para los 3 niveles JAR para el líquido de gobierno (2% sal y 3,8 pH)**

Umbral para el tamaño de la población: 20 %

Nivel de significación: 5 %

Comparaciones múltiples: Tukey (HSD)

- **Estadísticos descriptivos**

<b>Variable</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Obs. con datos perdidos</b>	<b>Obs. sin datos perdidos</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. típica</b>
Aceptabilidad	100	0	100	1,000	9,000	4,380	1,884
Color	100	0	100	1,000	5,000	2,810	0,861
Olor	100	0	100	1,000	5,000	3,320	1,024
Textura	100	0	100	1,000	5,000	2,900	0,916
Sabor	100	0	100	1,000	5,000	3,580	0,997
Acidez	100	0	100	1,000	5,000	3,530	1,010
Salinidad	100	0	100	1,000	5,000	3,580	1,130

- **Matriz de correlación Spearman**

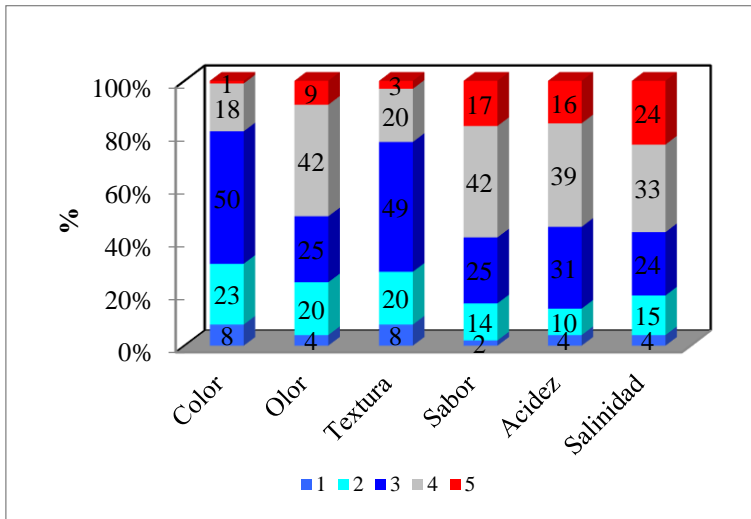
<b>Variables</b>	<b>Aceptabilidad</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
Aceptabilidad	<b>1</b>	0,220	<b>-0,567</b>	<b>0,359</b>	<b>-0,703</b>	<b>-0,647</b>	<b>-0,628</b>
Color	0,220	<b>1</b>	-0,165	0,047	<b>-0,242</b>	-0,098	-0,022
Olor	<b>-0,567</b>	-0,165	<b>1</b>	<b>-0,388</b>	<b>0,620</b>	<b>0,527</b>	<b>0,388</b>
Textura	<b>0,359</b>	0,047	<b>-0,388</b>	<b>1</b>	<b>-0,469</b>	<b>-0,250</b>	<b>-0,267</b>
Sabor	<b>-0,703</b>	<b>-0,242</b>	<b>0,620</b>	<b>-0,469</b>	<b>1</b>	<b>0,543</b>	<b>0,548</b>
Acidez	<b>-0,647</b>	-0,098	<b>0,527</b>	<b>-0,250</b>	<b>0,543</b>	<b>1</b>	<b>0,720</b>
Salinidad	<b>-0,628</b>	-0,022	<b>0,388</b>	<b>-0,267</b>	<b>0,548</b>	<b>0,720</b>	<b>1</b>

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

- **Frecuencia para los distintos niveles**

<b>Nivel</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Acidez</b>	<b>Salinidad</b>
<b>1</b>	8	4	8	2	4	4
<b>2</b>	23	20	20	14	10	15
<b>3</b>	50	25	49	25	31	24
<b>4</b>	18	42	20	42	39	33
<b>5</b>	1	9	3	17	16	24

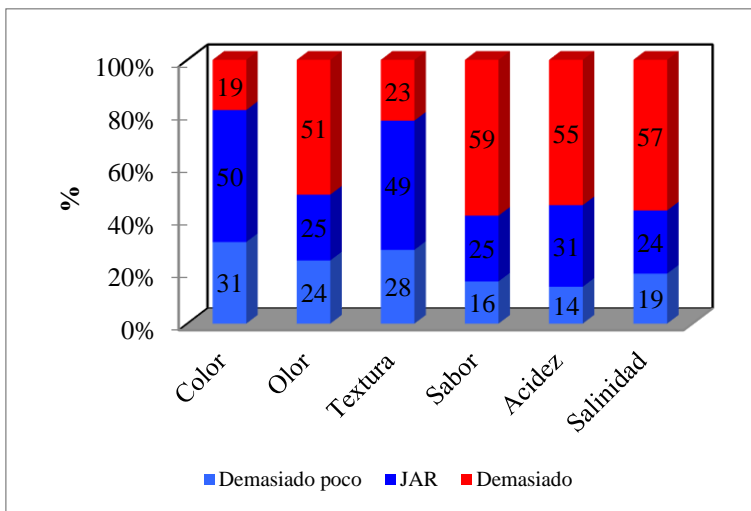
- **Porcentajes para los niveles JAR**



- **Frecuencia para los niveles agregados**

Nivel	Color	Olor	Textura	Sabor	Acidez	Salinidad
<b>Demasiado poco</b>	31	24	28	16	14	19
<b>JAR</b>	50	25	49	25	31	24
<b>Demasiado</b>	19	51	23	59	55	57

- **Porcentajes para los niveles JAR (agregados)**



• **Tabla de penalidades**

Variable	Nivel	Frecuencia	%	Suma Aceptabilidad	Media Aceptabilidad	Efectos sobre la media	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo	Penalidad	Diferencia estandarizada	valor-p	Significativo
Color	Poco blanco	31	31	121	3,903	0,457	1,0609	0,2920	No				
	JAR	50	50	218	4,360					-0,040	-0,106	0,916	No
	Muy blanco	19	19	99	5,211	-0,851							
Olor	Poco olor	24	24	131	5,458	-0,058	-0,1282	0,9910	No				
	JAR	25	25	135	5,400					1,360	3,275	0,001	Sí
	Mucho olor	51	51	172	3,373	2,027	5,2158	< 0,0001	Sí				
Textura	Poco Firme	28	28	97	3,464	1,026	2,4228	0,0451	Sí				
	JAR	49	49	220	4,490					0,215	0,569	0,571	No
	Muy firme	23	23	121	5,261	-0,771	-1,7074	0,2076	No				
Sabor	Poco sabor	16	16	104	6,500	-1,260							
	JAR	25	25	131	5,240					1,147	2,719	0,008	Sí
	Mucho sabor	59	59	203	3,441	1,799	5,1305	< 0,0001	Sí				
Acidez	Poco ácido	14	14	92	6,571	-1,571							
	JAR	31	31	155	5,000					0,899	2,250	0,027	Sí
	Muy ácido	55	55	191	3,473	1,527	4,4103	< 0,0001	Sí				
Salinidad	Poca salinidad	19	19	117	6,158	-0,908							
	JAR	24	24	126	5,250					1,145	2,674	0,009	Sí
	Mucha salinidad	57	57	195	3,421	1,829	5,0881	< 0,0001	Sí				

**8.3. Determinación del tiempo de reacción del ABTS<sup>•+</sup>**

Reactivos (W)		Dilución 1/2		Extracción
78,4 mg	ABTS	Extracto de espárrago	20 gr	1000 rpm
13,2 mg	Persulfato de potasio	Solvente (metanol)	40 mL	

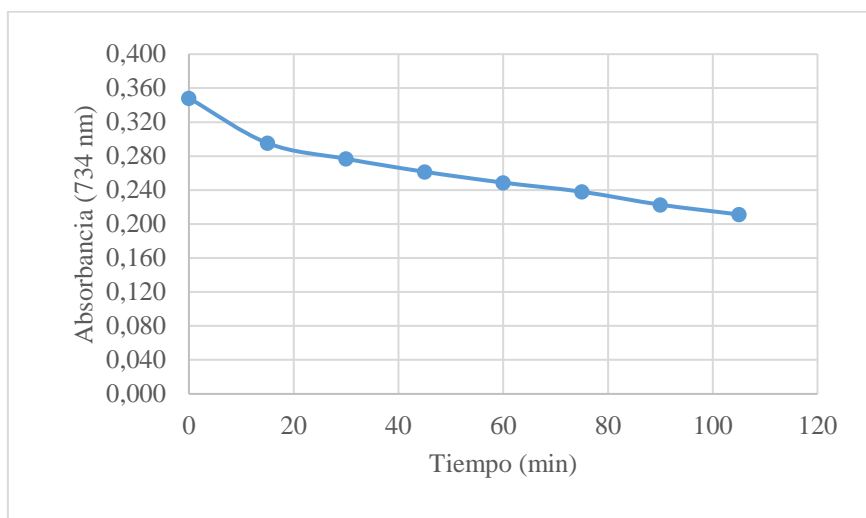
• **Valores de absorbancias en el tiempo de reacción**

Tiempo extracción			
Tiempo reacción	60 min	75 min	90 min
	0,519	0,387	0,349
	0,514	0,384	0,336
	0,516	0,389	0,354
<b>Coef. desviación estándar</b>	<b>0,011</b>	<b>0,008</b>	<b>0,024</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,514</b>	<b>0,388</b>	<b>0,348</b>
15 min	0,476	0,323	0,307
	0,475	0,326	0,295
	0,477	0,325	0,290

	0,476	0,329	0,289
<b>Coef. desviación estándar</b>	<b>0,002</b>	<b>0,008</b>	<b>0,028</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,476</b>	<b>0,326</b>	<b>0,295</b>
30 min	0,451	0,307	0,270
	0,454	0,306	0,276
	0,451	0,301	0,281
	0,455	0,307	0,280
<b>Coef. desviación estándar</b>	<b>0,005</b>	<b>0,009</b>	<b>0,018</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,453</b>	<b>0,305</b>	<b>0,277</b>
45 min	0,433	0,292	0,266
	0,439	0,285	0,265
	0,425	0,290	0,255
	0,427	0,293	0,260
<b>Coef. desviación e estándar</b>	<b>0,015</b>	<b>0,012</b>	<b>0,019</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,431</b>	<b>0,290</b>	<b>0,262</b>
60 min	0,411	0,278	0,254
	0,410	0,276	0,246
	0,416	0,271	0,240
	0,413	0,276	0,255
<b>Coef. desviación estándar</b>	<b>0,006</b>	<b>0,011</b>	<b>0,028</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,413</b>	<b>0,275</b>	<b>0,249</b>
75 min	0,398	0,268	0,236
	0,396	0,263	0,241
	0,402	0,264	0,230
	0,401	0,261	0,245
<b>Coef. desviación estándar</b>	<b>0,007</b>	<b>0,011</b>	<b>0,027</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,399</b>	<b>0,264</b>	<b>0,238</b>
90 min	0,389	0,251	0,220
	0,383	0,253	0,224
	0,389	0,257	0,220
	0,385	0,253	0,227
<b>Coef. desviación estándar</b>	<b>0,008</b>	<b>0,010</b>	<b>0,015</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,387</b>	<b>0,254</b>	<b>0,223</b>
105 min	0,376	0,238	0,214
	0,379	0,232	0,210
	0,373	0,239	0,209
	0,380	0,239	0,212
<b>Coef. desviación estándar</b>	<b>0,008</b>	<b>0,014</b>	<b>0,010</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,377</b>	<b>0,237</b>	<b>0,211</b>
120 min	0,368	0,231	0,203
	0,362	0,233	0,205
	0,361	0,229	0,200
	0,366	0,232	0,204
<b>Coef. desviación estándar</b>	<b>0,009</b>	<b>0,007</b>	<b>0,011</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,364</b>	<b>0,231</b>	<b>0,203</b>



- Tiempo de reacción del radical ABTS<sup>•+</sup> con los antioxidantes en espárrago blanco



- Curva patrón de ácido ascórbico

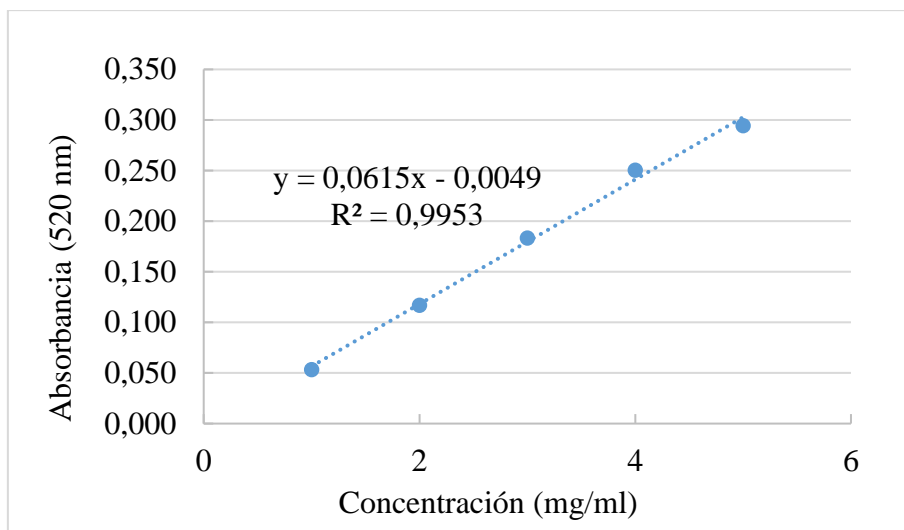
Ácido oxálico 4%	
Ácido oxálico	4 g
Agua destilada	1000 mL

2,6 DFIF	
2,6 DFIF	12 mg
Agua destilada	500 ml

- ❖ Valores de absorbancia a concentración de 1 mL a 5 mL

**Ácido ascórbico 0.1%**

N° Rep.	Ácido oxálico Absorbancia	1 mL	2 mL	3 mL	4 mL	5 mL
		Absorbancia				
1	0,305	0,248	0,198	0,123	0,053	0,010
2	0,305	0,254	0,189	0,122	0,054	0,010
3	0,304	0,252	0,176	0,119	0,056	0,011
<b>Promedio</b>	<b>0,305</b>	<b>0,251</b>	<b>0,188</b>	<b>0,121</b>	<b>0,054</b>	<b>0,010</b>
<b>Desv. Est.</b>	0,001	0,003	0,011	0,002	0,002	0,001
<b>Coef. Variación</b>	0,002	0,012	0,059	0,017	0,028	0,056
<b>Absorbancia NETA ( [ ] ácido ascórbico )</b>						
N° Rep	1	2	3	4	5	
1	0,057	0,107	0,182	0,252	0,295	
2	0,051	0,116	0,183	0,251	0,295	
3	0,052	0,128	0,185	0,248	0,293	
<b>Promedio</b>	<b>0,053</b>	<b>0,117</b>	<b>0,183</b>	<b>0,250</b>	<b>0,294</b>	
<b>Desv. Est.</b>	0,003	0,011	0,002	0,002	0,001	
<b>Coef. Variación</b>	0,060	0,090	0,008	0,008	0,004	



Ecuación curva patrón:  $Y = 0,0615x - 0,0049$

#### 8.4. Degradación de la vitamina C

- Valores de absorbancia (520 nm) a diferentes tratamientos térmicos

Absorbancia Ácido oxálico	Inicial (Espárrago fresco)	ABSORBANCIA OBTENIDA EN ESPECTROFOTÓMETRO											
		65°C				75°C				85°C			
		10min	15min	20min	25min	10min	15min	20min	25min	10min	15min	20min	25min
0,307	0,193	0,204	0,211	0,224	0,228	0,221	0,227	0,234	0,241	0,245	0,255	0,259	0,267
0,308	0,196	0,206	0,217	0,221	0,227	0,224	0,229	0,235	0,242	0,242	0,254	0,261	0,270
0,307	0,192	0,207	0,214	0,223	0,230	0,222	0,230	0,236	0,246	0,240	0,250	0,263	0,267
<b>0,307</b>	0,194	0,206	0,214	0,223	0,228	0,222	0,229	0,235	0,243	0,242	0,253	0,261	0,268
<b>Desv. S.</b>	0,011	0,007	0,014	0,007	0,007	0,007	0,007	0,004	0,011	0,010	0,010	0,008	0,006

Repetición	Inicial (Espárrago fresco)	ABSORBANCIA NETA											
		65°C				75°C				85°C			
		10min	15min	20min	25min	10min	15min	20min	25min	10min	15min	20min	25min
1	0,114	0,103	0,096	0,083	0,079	0,086	0,08	0,073	0,066	0,062	0,052	0,048	0,04
2	0,112	0,102	0,091	0,087	0,081	0,084	0,079	0,073	0,066	0,066	0,054	0,047	0,038
3	0,115	0,100	0,093	0,084	0,077	0,085	0,077	0,071	0,061	0,067	0,057	0,044	0,04
Promedio	0,114	0,102	0,093	0,085	0,079	0,085	0,079	0,072	0,064	0,065	0,054	0,046	0,039
Coef. Variación	0,013	0,015	0,027	0,025	0,025	0,012	0,019	0,016	0,045	0,041	0,046	0,045	0,029
mg A.A./100ml	1,928	1,733	1,597	1,456	1,364	1,462	1,359	1,256	1,126	1,137	0,963	0,833	0,719

❖ **Contenido de vitamina C**

• **Valores de absorbancia de vitamina C 520 nm**

N° Rep.	Ácido oxálico Absorbancia	Longitud de onda (nm)	Peso muestra (g)	Vol. Solvente (ml)
1	0,316	520	20	40
2	0,320			
3	0,318			
<b>Promedio</b>	0,318			

$$N = volumen * F.d * [ ]$$

Donde:

N = Contenido de Vitamina C

F.d.= Factor de dilución

[ ] = Concentración

Volumen = (Peso muestra + volumen)/ peso muestra

N° Rep.	Absorbancia				
	Selección corte	Pelado	Escaldado	Pasteurizado	Caracterizado
1	0,193	0,181	0,206	0,256	0,292
2	0,190	0,180	0,207	0,252	0,296
3	0,191	0,180	0,208	0,253	0,295
<b>Promedio</b>	0,191	0,180	0,207	0,254	0,294
<b>Desv. Est.</b>	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002
<b>Coef. Variación</b>	0,008	0,003	0,005	0,008	0,007

N° Rep.	Absorbancia neta				
	Selección corte	Pelado	Escaldado	Pasteurizado	Caracterizado
-	0,127	0,138	0,110	0,064	0,024

• **Contenido Vitamina C**

	[ ]	Vol.	F.d.	mg A.A./100g
<b>Vitamina c en espárrago</b>	2,139	3	2,5	16,04
	2,318	3	2,5	17,39
	1,885	3	2,5	14,13
	1,126	3	2,5	8,44
	0,464	3	2,5	3,48

### 8.5. Determinación del punto más frío, tiempo y la Unidad de Pasteurizado (U.P.)

- **Letalidad equivalente**

- $F_0 = D_0 \times \text{Log} (N_0/N)$
- $F = F_0 \times 10^{((T_x-T_0)/z)}$

- $F_0$  = Es el efecto letal considerados a 93,3 °C expresados en minutos.
- $D_0$  = Valor de D a la temperatura de referencia de 93,3 °C para *Bysosschlamys fulva*.
- $T_0$  = Temperatura de referencia, 93,3 °C.
- $F$  = Letalidad equivalente en minutos a la temperatura de referencia.
- $T_x$  = Temperatura a evaluar en el medio de calentamiento para realizar la pasteurización.
- $Z = 8,9$  °C, parámetro cinético del *Bysosschlamys fulva*.
- $N_0 = 1,92 \times 10^4$  ufc /g y  $N_f = 10$  ufc/g

$$F_{0 \text{ } 100 \text{ } ^\circ\text{C}} = 0,58 \text{ min}$$

- **Cálculo del tiempo de muerte térmica letal (U.P.) utilizando el método general con integración numérica**

$$F = \int_0^t 10^{\frac{T-T_R}{z}} dt \approx \sum_0^t 10^{\frac{T-T_R}{z}} \Delta t$$

$T_R = 93,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ $Z = 8,9 \text{ } ^\circ\text{C}$		TR	$\Delta t$	Tasa letal	Tasa letal promedio	Letalidad (U.P.) (Tasa letal promedio* $\Delta t$ )
Tiempo (min)	Temperatura (°C)					
0	0	38,30	24,18	0,5	0,0000	0,000
0,5	0,5	41,81	37,24	0,5	0,0000	0,000
1	1	43,27	48,12	0,5	0,0000	0,000
1,5	1,5	44,64	56,42	0,5	0,0000	0,000
2	2	46,76	62,90	0,5	0,0000	0,000
2,5	2,5	49,26	75,43	0,5	0,0000	0,000

3	3	52,11	81,65	0,5	0,0000	0,000
3,5	3,5	55,29	86,87	0,5	0,0000	0,000
4	4	58,42	90,25	0,5	0,0000	0,000
4,5	4,5	60,90	93,84	0,5	0,0000	0,000
5	5	63,57	95,35	0,5	0,0001	0,000
5,5	5,5	66,65	98,87	0,5	0,0002	0,000
6	6	69,41	100,14	0,5	0,0004	0,000
6,5	6,5	72,25	100,38	0,5	0,0008	0,001
7	7	75,18	100,54	0,5	0,0016	0,001
7,5	7,5	77,68	100,76	0,5	0,0031	0,002
8	8	80,22	100,34	0,5	0,0060	0,005
8,5	8,5	82,46	100,16	0,5	0,0107	0,008
9	9	84,63	100,04	0,5	0,0188	0,015
9,5	9,5	86,52	100,27	0,5	0,0306	0,025
10	10	88,36	100,56	0,5	0,0492	0,040
10,5	10,5	90,09	100,42	0,5	0,0770	0,063
11	11	91,47	100,34	0,5	0,1100	0,093
11,5	11,5	92,62	100,54	0,5	0,1480	0,129
12	12	93,41	100,60	0,5	0,1819	0,165
12,5	12,5	94,12	97,72	0,5	0,2184	0,200
13	13	93,86	92,34	0,5	0,2042	0,211
13,5	13,5	92,22	82,94	0,5	0,1336	0,169
14	14	89,67	78,47	0,5	0,0691	0,101
14,5	14,5	87,59	67,35	0,5	0,0404	0,055
15	15	86,76	62,82	0,5	0,0326	0,036
15,5	15,5	85,93	59,76	0,5	0,0262	0,029
16	16	83,77	50,48	0,5	0,0150	0,021
16,5	16,5	77,98	46,32	0,5	0,0034	0,009
17	17	71,83	42,65	0,5	0,0007	0,002
17,5	17,5	66,51	38,52	0,5	0,0002	0,000
18	18	62,37	36,85	0,5	0,0001	0,000
18,5	18,5	59,09	34,86	0,5	0,0000	0,000
19	19	56,46	32,73	0,5	0,0000	0,000
19,5	19,5	55,84	30,54	0,5	0,0000	0,000
20	20	53,24	30,61	0,5	0,0000	0,000
20,5	20,5	50,74	29,13	0,5	0,0000	0,000
21	21	49,10	28,39	0,5	0,0000	0,000
21,5	21,5	47,83	28,14	0,5	0,0000	0,000
22	22	45,93	27,62	0,5	0,0000	0,000
22,5	22,5	43,19	27,18	0,5	0,0000	0,000
23	23	42,03	26,71	0,5	0,0000	0,000
23,5	23,5	40,82	26,05	0,5	0,0000	0,000
24	24	39,81	25,88	0,5	0,0000	0,000
24,5	24,5	38,31	25,27	0,5	0,0000	0,000
25	25	36,53	25,19	0,5	0,0000	0,000
25,5	25,5	35,72	25,15	0,5	0,0000	0,000
26	26	34,46	25,12	0,5	0,0000	0,000

- Cálculo del tiempo de muerte térmica letal utilizando el método Stumbo

<b>fh</b>	11,94 min
<b>jh</b>	1,32
<b>z</b>	16 °F
<b>Fi</b>	0,18
<b>Temp. referencia</b>	199,94 °F
<b>Temp. inicial</b>	212,00 °F
<b>Temp. retorta</b>	100,94 °F
<b>CUT</b>	6 min

- Usando tablas de Stumbo se determinó los valores fh/U

Interpolación para hallar gj para fh/U = 100

<b>Z</b>	<b>fh/U</b>	<b>g</b>	<b>Δg/Δj</b>	<b>gj</b>
14,00	100,00	17,60	5,20	18,63
16,00	100,00	19,95	6,50	21,24
18,00	100,00	22,30	7,80	23,84

Interpolación para hallar gj,22 para fh/U = 150

<b>Z</b>	<b>fh/U</b>	<b>g</b>	<b>Δg/Δj</b>	<b>gj</b>
14,00	150,00	19,50	6,10	20,71
16,00	150,00	<b>22,35</b>	<b>7,25</b>	<b>23,78</b>
18,00	150,00	25,20	8,40	26,86

Interpolación para hallar gj para fh/U = 127,41

<b>Z</b>	<b>gj</b>	<b>fh/U</b>
16,00	100,00	21,24
16,00	<b>117,10</b>	<b>22,11</b>
16,00	150,00	23,78

- Tiempo de proceso mediante Stumbo:

Tiempo Ball:  $fh \cdot \log \left( \frac{jh \cdot (Tr - ti)}{g} \right)$

Tiempo Ball: 9,82 minutos

Tiempo proceso: T Ball – (0,42\*CUT)

Tiempo proceso: 7,30 minutos

• **Letalidad mediante Stumbo:**

$$F_0 = U.P. = fh / ((fh/U)*Fi)$$

$$U.P. 100\text{ }^\circ\text{C} = 0,578 \text{ min}$$

**8.6. Curvas patrón para antioxidantes métodos ABTS<sup>•+</sup> Y DPPH<sup>•</sup>**

• **Curva patrón y contenido antioxidantes (ABTS<sup>•+</sup>)**

**Absorbancia Solución ABTS<sup>•+</sup> y metanol 1,102**

<b>Trolox (W)</b>		<b>Reactivos (W)</b>	
25	mg	78,4 mg	ABTS
0,025	g	13,2 mg	Persulfato de potasio
P.M.Trolox	250,294 g/mol		
<b>Metanol (V)</b>		<b>Sol. Madre</b>	
25	mL	0,0039953 mol/L	
0,025	L	4 μmol/mL	

$$N = volumen * F.d * [ ]$$

$$M = \frac{\left( \frac{\text{Peso soluto (g)}}{\text{Masa molar } \left( \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} \right)}{\text{Litros solución}}$$

Donde:

N = Contenido de Antioxidante ABTS

F.d.= Factor de dilución

[ ] = Concentración

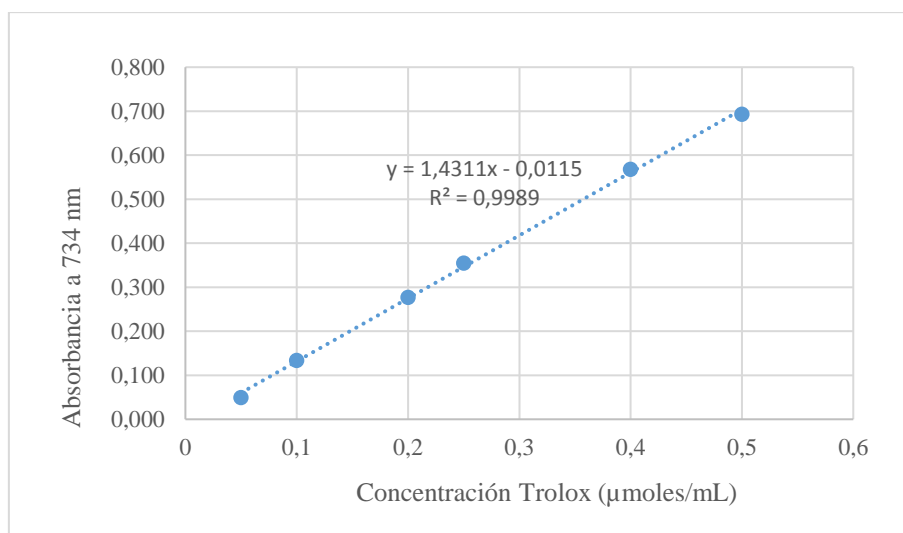
Volumen = (Peso muestra + volumen)/ peso muestra

<b>Blanco</b>	0,958	0,969	0,964	<b>Promedio</b>	0,964
---------------	-------	-------	-------	-----------------	-------

- Solución madre diluida hasta una absorbancia de 0.9 a 734 nm

Dilución	[ ] μmol/mL	Concentración		Promedio	Δ ABTS	Coefficiente de variación
80	0,05	C1	0,907	0,914	0,050	0,0064
		C1	0,916			
		C1	0,918			
40	0,1	C2	0,828	0,830	0,134	0,0025
		C2	0,829			
		C2	0,832			
20	0,2	C3	0,686	0,687	0,277	0,0044
		C3	0,684			
		C3	0,690			
16	0,25	C4	0,608	0,609	0,355	0,0019
		C4	0,610			
		C4	0,608			
10	0,4	C5	0,396	0,396	0,568	0,0190
		C5	0,388			
		C5	0,403			
8	0,5	C6	0,276	0,270	0,694	0,0873
		C6	0,290			
		C6	0,244			

- Regresión lineal concentración vs absorbancia (ABTS<sup>•+</sup>)



Ecuación curva patrón:  $Y = 1,4311x - 0,0115$



• Valores de absorbancia de antioxidantes a 734 nm (ABTS<sup>•+</sup>)

	Blanco (1,114 nm)	Longitud de onda (nm)	Peso muestra (g)	Vol. Solvente (ml)
	1,007 1,009 1,011	734	20	40
<b>Promedio</b>	1,009			
<b>Desv. Est.</b>	0,002			
<b>Coef. Variación</b>	0,002			

N° Rep.	Absorbancia				
	Selección, corte	Pelado	Escaldado	Pasteurizado	Caracterizado
<b>1</b>	0,198	0,282	0,380	0,544	0,711
<b>2</b>	0,191	0,287	0,389	0,524	0,696
<b>3</b>	0,194	0,267	0,362	0,574	0,703
<b>Promedio</b>	0,194	0,279	0,377	0,547	0,703
<b>Desv. Est.</b>	0,004	0,010	0,014	0,025	0,008
<b>Coef. Variación</b>	0,018	0,037	0,036	0,046	0,011

N° Rep.	Absorbancia neta				
	Selección, corte	Pelado	Escaldado	Pasteurizado	Caracterizado
<b>1</b>	0,815	0,730	0,632	0,462	0,306

• Contenido Antioxidantes (método ABTS<sup>•+</sup>).

	[ ]	Vol.	F.d.	µmoles Trolox/g
<b>Antioxidantes totales en espárrago</b>	0,577	3	1,5	2,60
	0,518	3	1,5	2,33
	0,450	3	1,5	2,02
	0,331	3	1,5	1,49
	0,222	3	1,5	1,00

• Curva patrón y contenido antioxidantes (DPPH<sup>•</sup>)

Trolox (W)		DPPH (W)	
10	mg	6	mg
0,01	g	0,006	g

P.M.Trolox 250,294 g/mol

Metanol (V)	
25	mL
0,025	L

Sol. Madre
0,0039953 mol/L
4 μmol/mL

$$M = \frac{\left( \frac{\text{Peso soluto (g)}}{\text{Masa molar } \left( \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} \right)}{\text{Litros solución}}$$

$$N = \text{volumen} * F.d * [ ]$$

Donde:

N = Contenido de Antioxidante DPPH

F.d.= Factor de dilución

[ ] = Concentración

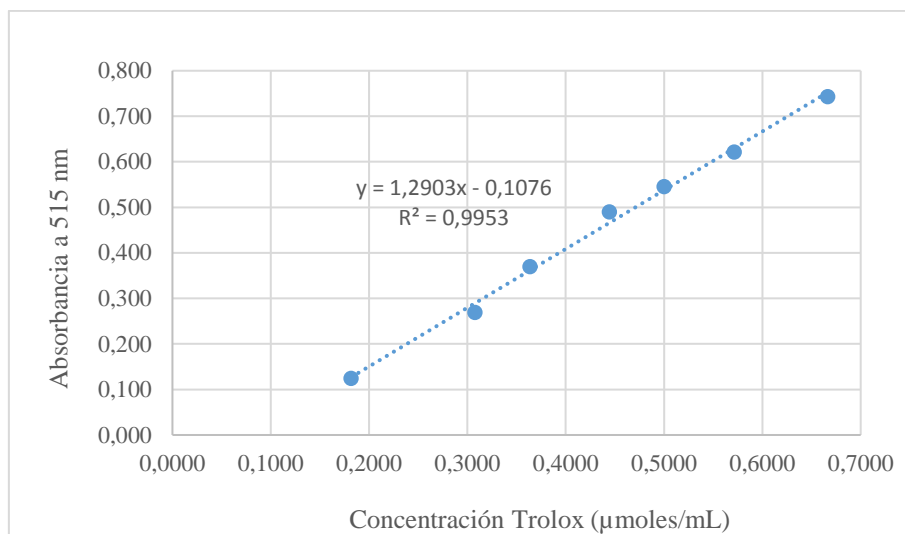
Volumen = (Peso muestra + volumen)/ peso muestra

<b>Blanco</b>	1,04	1,02	1,03	<b>Promedio</b>	1,030
---------------	------	------	------	-----------------	-------

- Solución madre diluida hasta una absorbancia de 0.9 a 515 nm

Dilución	[ ] μmol/mL	Concentración			Δ DPPH	Coefficiente de variación
22	0,1818	C1	0,904	0,906	0,124	0,0042
		C1	0,910			
		C1	0,903			
13	0,3076	C2	0,761	0,761	0,269	0,0086
		C2	0,767			
		C2	0,754			
11	0,3636	C3	0,658	0,660	0,370	0,0030
		C3	0,660			
		C3	0,662			
9	0,4444	C4	0,534	0,540	0,490	0,0121
		C4	0,539			
		C4	0,547			
8	0,5000	C5	0,464	0,485	0,545	0,0482
		C5	0,480			
		C5	0,510			
7	0,5714	C6	0,410	0,409	0,621	0,0198
		C6	0,416			
		C6	0,400			
6	0,6666	C7	0,290	0,287	0,743	0,0181
		C7	0,290			
		C7	0,281			

- **Regresión lineal concentración vs absorbancia (método DPPH<sup>•</sup>)**



**Ecuación curva patrón:  $Y = 1,2903x - 0,1076$**

- **Valores de absorbancia a 515nm (método DPPH<sup>•</sup>)**

N° Rep.	Blanco	Longitud de onda (nm)	Peso muestra (g)	Vol. Solvente (ml)
1	1,058	515	20	40
2	1,058			
3	1,056			
<b>Promedio</b>	1,057			

N° Rep.	Absorbancia				
	Selección, corte	Pelado	Escaldado	Pasteurizado	Caracterizado
1	0,664	0,669	0,795	0,81	0,960
2	0,640	0,652	0,793	0,822	0,953
3	0,643	0,678	0,805	0,814	0,956
<b>Promedio</b>	0,649	0,666	0,798	0,815	0,956
<b>Desv. Est.</b>	0,013	0,013	0,006	0,006	0,004
<b>Coef. Variación</b>	0,020	0,020	0,008	0,007	0,004

N° Rep.	Absorbancia neta				
	Selección, corte	Pelado	Escaldado	Pasteurizado	Caracterizado
1	0,408	0,391	0,260	0,242	0,101

• **Contenido antioxidantes (método DPPH<sup>•</sup>)**

	[ ]	Vol.	F.d.	µmoles Trolox/g
<b>Antioxidantes totales en espárrago</b>	0,400	3	1	1,20
	0,386	3	1	1,16
	0,285	3	1	0,85
	0,271	3	1	0,81
	0,162	3	1	0,49

❖ **Curva patrón y contenido compuestos fenólicos**

<b>Carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)</b>	
Peso (w)	2,663 g
Peso molecular (PM)	105,99
Normalidad	1 N

<b>Folin Ciocalteu</b>	
Normalidad	1N

<b>Ácido Gálico (A. G.)</b>	
11,56	mg
0,01156	g

[Sol. Madre Ácido gálico = 1,1567 mg/mL]

$$M = \frac{\left( \frac{\text{Peso soluto (g)}}{\text{Masa molar } \left( \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} \right)}{\text{Litros solución}}$$

$$N = \text{volumen} * F. d * [ ]$$

Donde:

N = Contenido de compuestos fenólicos

F.d.= Factor de dilución

[ ] = Concentración

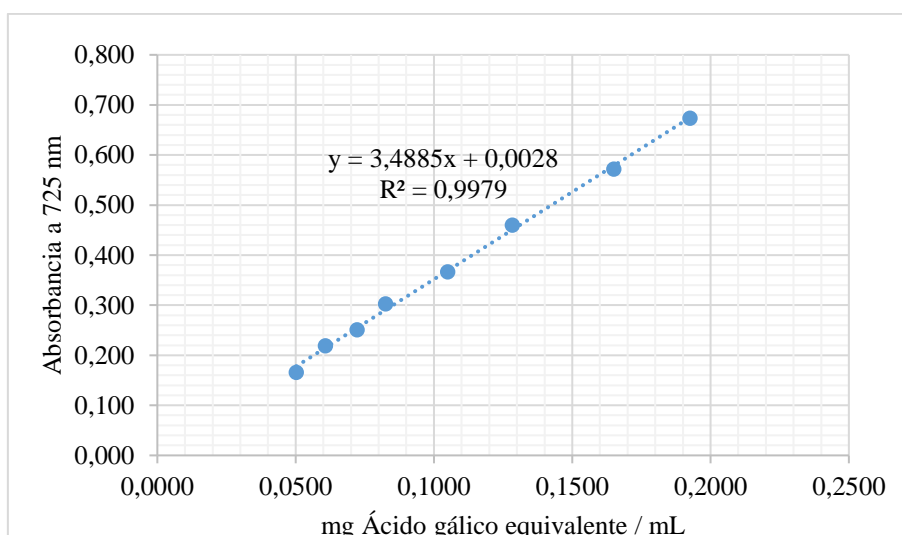
Volumen = (Peso muestra + volumen)/ peso muestra

<b>Blanco</b>	0,025	0,020	0,022	Promedio	0,022
---------------	-------	-------	-------	----------	-------

- Valores de absorbancia a 725 nm (Compuestos fenólicos)

Dilución	Ácido gálico [mg/mL]	Absorbancia			Absorbancia Corregida			Promedio	Coeficiente de variación
		1	2	3	1	2	3		
23	0,0502	0,193	0,185	0,187	0,171	0,163	0,165	0,166	0,0221
19	0,0608	0,244	0,241	0,240	0,222	0,219	0,218	0,219	0,0086
16	0,0722	0,276	0,274	0,270	0,254	0,252	0,248	0,251	0,0112
14	0,0825	0,328	0,324	0,324	0,306	0,302	0,302	0,303	0,0071
11	0,1050	0,389	0,386	0,393	0,367	0,364	0,371	0,367	0,0090
9	0,1284	0,484	0,484	0,479	0,462	0,462	0,457	0,460	0,0060
7	0,1651	0,592	0,594	0,596	0,570	0,572	0,574	0,572	0,0034
6	0,1926	0,698	0,697	0,693	0,676	0,675	0,671	0,674	0,0038

- Regresión lineal concentración vs absorbancia a 725 nm



Ecuación curva patrón:  $Y = 3,4885x + 0,0028$

- Valores de absorbancia a 725 nm

	Blanco (nm)	Longitud de onda (nm)	Peso muestra (g)	Vol. Solvente (g)
	0,005	725	20	40
	0,004			
	0,004			
<b>Promedio</b>	0,004			
<b>Desv. Est.</b>	0,001			
<b>Coef. Variación</b>	0,133			

N° Rep.	Absorbancia				
	Selección corte	Pelado	Escaldado	Pasteurizado	Caracterizado
1	0,564	0,490	0,432	0,365	0,235
2	0,552	0,507	0,405	0,348	0,251
3	0,568	0,509	0,407	0,342	0,232
<b>Promedio</b>	0,561	0,502	0,415	0,352	0,239

N° Rep.	Absorbancia neta				
	Selección corte	Pelado	Escaldado	Pasteurizado	Caracterizado
-	0,557	0,498	0,410	0,347	0,235

- **Contenido de compuestos fenólicos**

	[ ]	Vol.	F.d.	meq AGE/g
<b>Fenoles totales en espárrago</b>	0,159	3	5	2,38
	0,142	3	5	2,13
	0,117	3	5	1,75
	0,099	3	5	1,48
	0,067	3	5	1,00

### 8.7. Análisis estadístico

- **Prueba de varianzas iguales: Compuestos bioactivos y antioxidantes vs. Etapas de proceso**

**Hipótesis:** H<sub>0</sub>: Todas las varianzas son iguales

H<sub>1</sub>: Por lo menos una varianza es diferente

Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante	Cochran C	Barlett	Gl	Valor -p
Vitamina C (mgAA/100g)	0,34965159	2,836273	4	0,585587
Comp. Fenólicos (mg AGE/g)	0,36438356	0,738060	4	0,946554
Cap. Antioxidante DPPH• (µmoles Trolox/g)	0,42424242	2,556541	4	0,634541
Cap. Antioxidante ABTS•+ (µmoles Trolox/g)	0,62025316	4,976559	4	0,289711

p- valor mayor a  $\alpha > 0,05$  para todos los casos, entonces aceptamos la hipótesis nula

Conclusión: A un nivel de significancia de 0,05, no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto no se puede rechazar que las varianzas de los contenidos de compuestos bioactivos y antioxidantes en las diferentes etapas de proceso son homogéneos. Por consiguiente se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas.

- **Análisis de varianza para cada variable (compuestos bioactivos y capacidad antioxidante) (ANOVA)**

Modelo lineal general: Contenido de vitamina C vs Etapas de proceso.

**Hipótesis:**  $H_0: \mu_1 = \mu \quad \forall_{i=1,2,3} \text{ etapas de proceso}$   
 $H_1: \mu_1 \neq \mu \quad \text{para al menos alguna etapa de proceso}$

Efectos	Suma cuadrados	Grados libertad	Suma medias	F	p
Intercepto	2123,6740	1	2123,6	56914,615	0
Etapas	405,22484	4	101,30	2715,0136	3,9968E-15
Error	0,3731333	10	0,0373		

**Conclusión:** A un nivel de significancia 0,05, se puede afirmar que las cinco etapa de proceso (Selección – corte, pelado, blanqueado, tratamiento térmico y caracterizado) aplicadas en la producción de espárrago blanco en encurtido difieren al analizar las diferencias de vitamina C.

## ❖ Prueba de comparación múltiple DLS

LSD test; variable Vitamina C (mg ac as/100g)

Error entre suma medias = 0.03731, GI = 10.0

Etapas	(1) 16,047	(2) 17,387	(3) 14,133	(4) 8,4433	(5) 3,4833
Selección - corte		0,0000069256	0,00000026372	0,000000000000 0356	2,33146835E-15
Pelado	0,0000069255		0,00000000159	7,06101844E- 14	8,88178420E-16
Escaldado	0,0000002637	0,0000000016		0,000000000000 64	1,23234756E-14
Pasteurizado	0,000000000000 035	7,06101844E-14	0,000000000000 636		0,000000000024 8
Caracterizado	2,33146835E- 15	8,88178420E-16	1,23234756E- 14	0,00000000002 48	

A un nivel de significancia de 0,05 se puede afirmar que existe diferencia significativa entre las cinco etapas de proceso al analizar la reducción de vitamina C.

### • Modelo lineal general: Compuestos fenólicos vs Etapas de proceso

**Hipótesis:**  $H_0: \mu_1 = \mu \quad \forall_{i=1,2 \text{ y } 3} \text{ etapas de proceso}$

$H_1: \mu_1 \neq \mu \quad \text{para al menos alguna etapa de proceso}$

Efectos	Suma cuadrad os	Grados libertad	Suma medias	F	Valor- p
<b>Intercepto</b>	45,90251	1	45,903	18864,044	0
<b>Etapas</b>	3,52476	4	0,8812	362,13288	0,0000000000904
<b>Error</b>	0,024333	10	0,0024		

**Conclusión:** A un nivel de significancia 0,05, se puede afirmar que las cinco etapa de proceso (Selección – corte, pelado, blanqueado, tratamiento térmico y caracterizado) aplicadas en la producción de espárrago blanco en encurtido difieren al analizar las diferencias de compuestos fenólicos.



### ❖ Prueba de comparación múltiple DLS

LSD test; variable Comp. Fenólicos (mg AGE/g)

Error entre suma medias = 0.00243, GI = 10.000

Etapas	(1) 2,380	(2) 2,13	(3) 1,7533	(4) 1,4833	(5) 1,000
Selección - corte		0,000100524491	0,00000002459	0,000000000751	0,000000000011
Pelado	0,000100524491		0,00000292713	0,000000018158	0,000000000077
Escaldado	0,000000024586	0,000002927134		0,000053405803	0,000000004127
Pasteurizado	0,000000000751	0,000000018158	0,00005340580		0,000000292076
Caracterizado	0,000000000011	0,000000000077	0,00000000413	0,000000292076	

A un nivel de significancia de 0,05 se puede afirmar que existe diferencia significativa entre las cinco etapas de proceso al analizar la reducción de compuestos fenólicos.

### • Modelo lineal general: Capacidad antioxidantes (método DPPH•) vs Etapas de proceso

**Hipótesis:** H<sub>0</sub>:  $\mu_1 = \mu$   $\forall_{i=1,2 \text{ y } 3}$  etapas de proceso

H<sub>1</sub>:  $\mu_1 \neq \mu$  para al menos alguna etapa de proceso

Efectos	Suma cuadrados	Grados libertad	Suma medias	F	Valor- p
Intercepto	12,25824	1	12,258	27859,636	0
Etapas	0,99816	4	0,2495	567,13636	0,0000000000097
Error	0,0044	10	0,0004		

**Conclusión:** A un nivel de significancia 0,05, se puede afirmar que las cinco etapa de proceso (Selección – corte, pelado, blanqueado, tratamiento térmico y caracterizado) aplicadas en la producción de espárrago blanco en encurtido difieren al analizar las diferencias de la capacidad antioxidantes por el método DPPH•.

## ❖ Prueba de comparación múltiple DLS

LSD test; variable Capacidad antioxidante DPPH• (µmoles Trolox/g)

Error entre suma medias = 0.00044, Gl = 10.000

Etapas	(1) 1,200	(2) 1,1567	(3) 0,85667	(4) 0,81667	(5) 0,4900
Selección - corte		0,0298646748	0,00000000209	0,000000000713	0,000000000002
Pelado	0,0298646748		0,000000000781	0,000000002308	0,000000000003
Escaldado	0,000000002098	0,0000000007813		0,0416581169	0,000000001102
Pasteurizado	0,000000000713	0,000000002308	0,0416581169		0,000000003411
Caracterizado	0,000000000002	0,000000000003	0,00000000110	0,000000003411	

A un nivel de significancia de 0,05 se puede afirmar que existe diferencia significativa entre las cinco etapas de proceso al analizar la reducción de la capacidad antioxidante por el método DPPH•.

### • Modelo lineal general: Capacidad antioxidantes (ABTS<sup>•+</sup>) vs Etapas de proceso

**Hipótesis:** H<sub>0</sub>:  $\mu_1 = \mu$   $\forall_{i=1,2 \text{ y } 3}$  etapas de proceso

H<sub>1</sub>:  $\mu_1 \neq \mu$  para al menos alguna etapa de proceso

Efectos	Suma cuadrad os	Grados libertad	Suma medias	F	Valor- p
<b>Intercepto</b>	53,39267	1	53,393	25344,620	0
<b>Etapas</b>	5,020467	4	1,2551	595,78321	0,0000000000076
<b>Error</b>	0,021067	10	0,0021		

**Conclusión:** A un nivel de significancia 0,05, se puede afirmar que las cinco etapa de proceso aplicadas en la producción de espárrago blanco en encurtido difieren al analizar las diferencias de la capacidad antioxidantes por el método ABTS<sup>•+</sup>.

## ❖ Prueba de comparación múltiple DLS

LSD test; variable Capacidad antioxidante ABTS<sup>•+</sup> (μmoles Trolox/g)

Error entre suma medias = 0.00211, GI = 10.000

Etapas	(1) 2,5967	(2) 2,3333	(3) 2,0200	(4) 1,4867	(5) 0,99667
Selección - corte		0,000035978476	0,00000002735	0,000000000045	0,000000000001
Pelado	0,000035978477		0,00000798375	0,000000000649	0,000000000007
Escaldado	0,000000027354	0,000007983758		0,000000057899	0,000000000100
Pasteurizado	0,000000000045	0,000000000649	0,00000005789		0,000000129857
Estandarizado	0,000000000001	0,000000000007	0,00000000010	0,000000129857	

A un nivel de significancia de 0,05 se puede afirmar que existe diferencia significativa entre las cinco etapas de proceso al analizar la reducción de la capacidad antioxidante por el método ABTS<sup>•+</sup>.

### 8.8. Determinación del tiempo de extracción para la determinación de compuestos antioxidantes

El tiempo de extracción estuvo condicionado por la obtención de la menor absorbancia con radical ATBS<sup>•+</sup> obtenida a tiempos de exposición de 60, 75 y 90 minutos y se llevó a cabo anticipadamente para determinar el tiempo de reacción de la solución con el radial ATBS<sup>•+</sup> en las próximas determinaciones de contenido de antioxidantes a analizar.

Tiempo reacción	Tiempo extracción *		
	60 min	75 min	90 min
ABSORBANCIA	0,506	0,391	0,354
	0,519	0,387	0,349
	0,514	0,384	0,336
	0,516	0,389	0,354
	0,514	0,388	0,348

\* Análisis realizado por triplicado

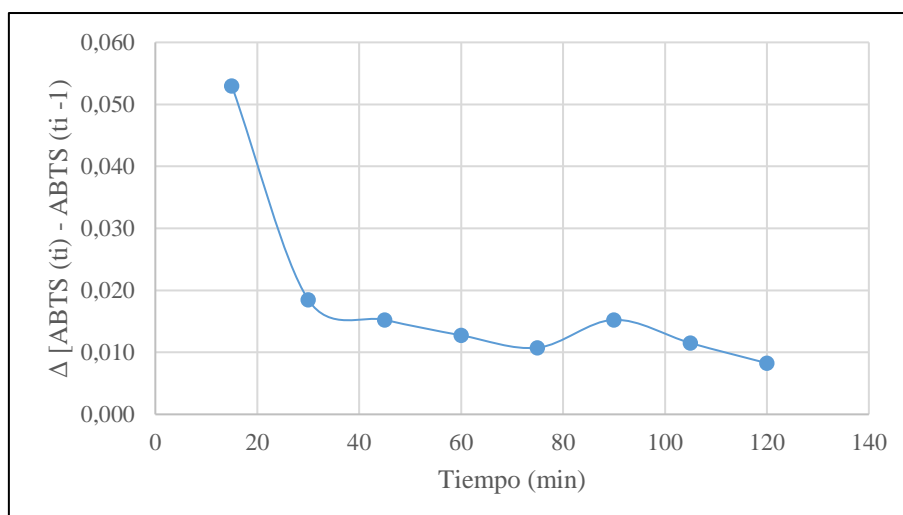
Se determinó que a 90 minutos presentó menor absorbancia, por consiguiente el contenido de compuestos antioxidantes es mayor debido a la alta reducción del radical.

### 8.9. Determinación del tiempo de reacción radical ATBS<sup>•+</sup> para la determinación de compuestos antioxidantes

Se evaluó la reducción de la absorbancia durante el tiempo. Se determinó que el tiempo adecuado de reacción es de un mínimo de 60 minutos y un máximo de 75 minutos.

Tiempo reacción (min)	Extractos obtenidos a 90 minutos	
	Absorbancia neta	
	Promedio absorbancia	$\Delta$ [ABTS (ti) - ABTS (ti -1)]
0	0,348	0,053
15	0,295	0,018
30	0,277	0,015
45	0,262	0,013
60	0,249	0,011
75	0,238	0,015
90	0,223	0,012
105	0,211	0,008
120	0,203	

Las diferenciales de absorbancia durante el lapso de 15 minutos determinaron el punto de quiebre, representado por la pérdida de estabilidad al haberse reducido casi en su totalidad el radical ATBS<sup>•+</sup>; determinado la mayor cantidad de antioxidantes presentes en la muestra.

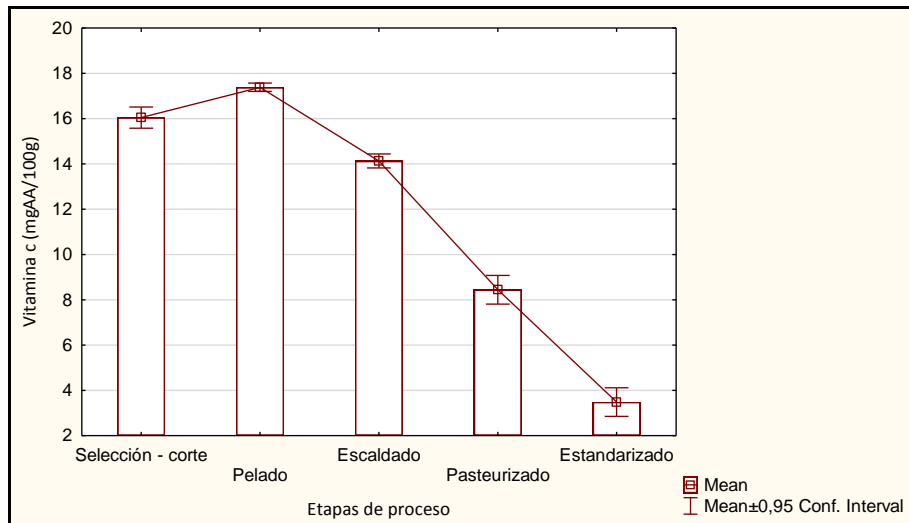


### 8.10. Contenido de vitamina C durante el tiempo de tratamiento térmico

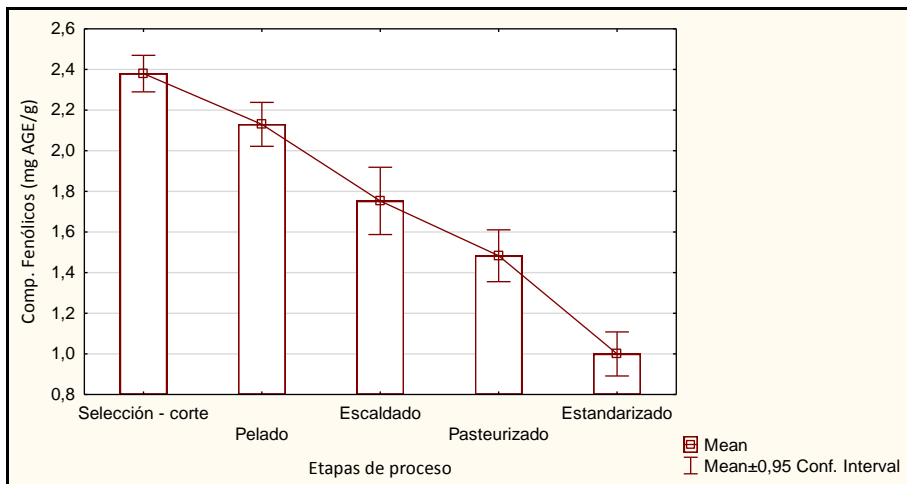
T (°C)	t (min)	mg ac as /100 g
Esp. Fresco	0	15,42
65	10	13,86
	15	12,78
	20	11,65
	25	10,91
Esp. Fresco	0	15,42
75	10	11,69
	15	10,87
	20	10,05
	25	9,01
Esp. Fresco	0	15,42
85	10	9,09
	15	7,71
	20	6,66
	25	5,75

### 8.11. Degradación de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante

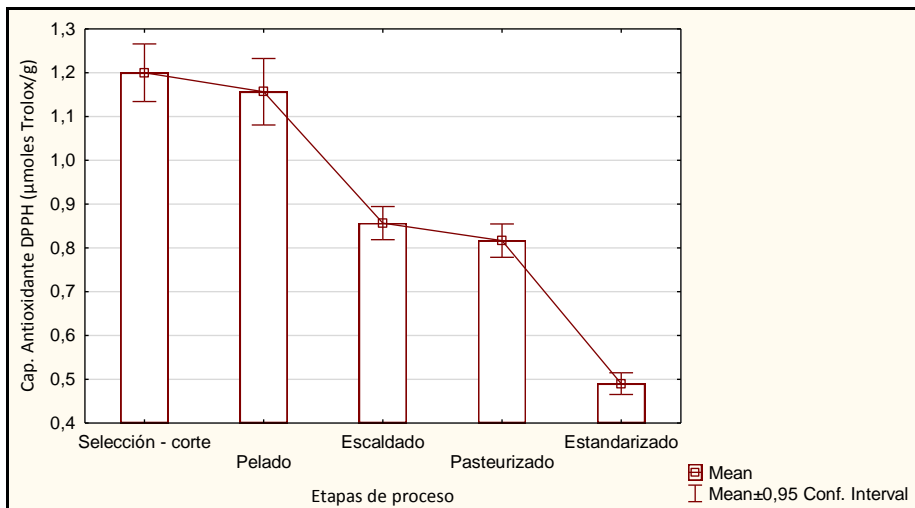
- Contenido de vitamina C durante el procesamiento



- **Contenido de compuestos fenólicos totales durante el procesamiento**



- **Contenido de antioxidantes por el método DPPH<sup>•</sup> durante el procesamiento**



- **Contenido de antioxidantes por el método ABTS<sup>•+</sup> durante el procesamiento**

