

**MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) A TRAVÉS DE LA
MANIPULACIÓN DE LOS TIEMPOS DE BLANQUEO****IMPROVING THE TEXTURE OF BROCCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) THROUGH THE HANDLING OF
THE TIMES OF WHITENING**

(Entregado 16/09/2015) – (Revisado 19/02/2016)

MSc. FERNANDO CAYETANO ÁLVAREZ CALVACHE

Master en Producción Más Limpia, Docente Titular a Tiempo Completo de la Universidad Técnica de Ambato, Coordinador de Posgrados de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos.

MSc. EDWIN JAVIER SANTAMARÍA FREIRE

Master en Estadística Aplicada, Docente Titular de Estadística de la Universidad Técnica de Ambato.

MSc. EDWIN CÉSAR SANTAMARÍA DÍAZ

Master en gestión de la producción de agronegocios, Docente a Tiempo Completo de la Universidad Técnica de Ambato.

ING. JOSÉ LUIS AMORES

Ingeniero en Alimentos por la Universidad Técnica de Ambato.

¹Universidad Técnica de Ambato – Ecuadore-mail: alvarezcalvache@hotmail.com; edwinjsantamaria@uta.edu.ec;
edwinsd.05@gmail.com**RESUMEN**

El proceso de blanqueo actúa directamente en la textura del brócoli, haciendo de esta actividad crítica para la calidad y costos del producto en el mercado internacional, por ello se busca identificar el tratamiento óptimo de blanqueo para obtener una adecuada textura en el brócoli. Se estudió el brócoli mediante diseño experimental de bloques aleatorios, donde se ensayan con tiempos de blanqueo y las texturas conseguidas, para elegir el mejor tratamiento comparado con el brócoli blanqueado en tiempos habituales, la recolección de datos se realiza con Tenderometro TM-2 para el análisis sensorial y microbiológico, utilizando tres tamaños de florete (20-40, 30-50, 40-60 mm) que son los utilizados en el país para el mercado internacional. Los resultados fueron evaluados mediante diseño de un solo factor para el análisis sensorial, lo que permitió aplicar test ANOVA, encontrando evidencia estadísticamente significativa que el tiempo de blanqueo está relacionado con la textura del brócoli. Posteriormente, se evaluó con catadores dos muestras por cada tamaño de florete y valorado por test de Wilcoxon donde se demostró que la reducción del tiempo de blanqueo

**Magíster Fernando Álvarez, Magíster Edwin Santamaría F., Magíster Edwin Santamaría D. e
Ingeniero José Luis Amores. (Universidad Técnica de Ambato - Ecuador)****SATHIRI N° 10, pp: 207 – 224. ISSN 1390-6925. LATINDEX 21955. Enero – junio 2016**

no afecta a la percepción de calidad (color, sabor, olor), pero si incide en la textura del producto blanqueado. El estudio concluye determinando que el tiempo óptimo de blanqueo es de 70 segundos para el tamaño de florete 20-40 mm, 105 segundos para el tamaño de florete 30-50 mm y 40-60 mm.

Palabras Claves: Brócoli; Textura de brócoli; Tiempos de blanqueo; Tenderómetro;

ABSTRACT

The bleaching process acts directly in the texture of broccoli, making this critical activity for quality and product costs in the international market, it is to identify the optimal treatment of bleach for proper texture in broccoli. Broccoli was studied by experimental randomized block design, where tested with bleaching times and achieved textures to choose the best treatment compared with broccoli white in normal times, data collection is done with Tenderometro TM-2 for the sensory and microbiological analysis, using three sizes of foil (20-40, 30-50, 40-60 mm) which are used in the country for the international market. The results were evaluate by single factor design for sensory analysis, which allowed applying ANOVA test and found statistically significant evidence that bleaching time was relate to the texture of broccoli. Subsequently, evaluated by tasters two samples for each size of foil and valued by Wilcoxon test which showed that reducing the bleaching time does not affect the perceived quality (color, taste, smell), but if affects the texture bleaching product. The study concludes by determining the optimum bleaching time is 70 seconds to foil the size of 20-40 mm, 105 seconds to foil the size of 30-50 mm and 40-60 mm.

Keywords: Broccoli; Texture Broccoli; Bleaching; Tenderómetro;

1. INTRODUCCIÓN

El comercio de frutas y hortalizas a nivel mundial es impulsado por áreas con elevado poder adquisitivo en el mundo (Costa, Civello, Martínez, & Chaves, 2002). Por lo cual la agroproducción debe optimizar sus tiempos de trabajo y proporcionar productos de calidad. En 2008, la producción de brócoli a nivel mundial, alcanzó 17.7 millones de toneladas (Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios, 2011) de lo cual, España, Francia y Estados Unidos impulsaron más del 50% del comercio mundial, países por tradición estrictos en el comercio, mostrando la exigencia del mercado. Lo que hace necesario, presentar un producto de calidad con una precisa y clara información al consumidor. (Fruittoday, 2011)

La horticultura en el Ecuador ha crecido a partir de la década de los años 90, con el consumo y exportación entre las principales productos el brócoli, espárrago y palmito (Centro de información e Inteligencia Comercial, 2009), sin embargo, no se han estandarizado procesos productivos, con uso intensivo de mano de obra y generación de divisas, este sector exporta productos con valor agregado que en su proceso incluye: corte, calibración de tamaños, congelamiento y empaque del producto. (Organización de las Naciones Unidas, 2013). Por ello, Ecuador se encamina hacia la industrialización y agricultura orgánica, aprovechando la gran variedad de recursos renovables y no renovables con características climáticas y geográficas (Izaguirre, Peralta, & Pfister, 2009). Es decir, posee potencial para generar productos con valor agregado al mercado mundial.

MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) A TRAVÉS DE LA MANIPULACIÓN DE LOS
TIEMPOS DE BLANQUEO

El brócoli es una verdura muy apetecida por su alto valor vitamínico y mucho más si este producto fue cultivado con abonos orgánicos, lo cual eleva la calidad del producto. (Infoagro, 2010), para (Izaguirre, Peralta, & Pfister, 2000), el brócoli ecuatoriano goza de mucha aceptación en el mercado mundial por su excelente calidad. El brócoli es de gran aceptación en el mercado nacional e internacional por la calidad del producto. De esto, se establece que “la textura juega un papel importante en la apreciación que hacemos del alimento, y a menudo constituye un criterio por el cual juzgamos su calidad, que incluye una cualidad sensorial importante”. (García, García, Linares, & Villarino, 2000)

Dentro del proceso productivo se reconoce como un punto crítico el tiempo de blanqueo, que influye en la optimización de tiempo y costos de producción, por ello, se convierte en un elemento que maximiza el rendimiento económico de las empresas. De no controlar el tiempo de blanqueo se produce daños en la textura final del producto disminuyendo su apreciación de calidad. Basado en esto, se establece como inquietud investigativa: ¿Cuál es el tiempo óptimo de blanqueo en brócoli para obtener una evaluación de textura adecuada para el mercado? Y, como objetivo del estudio se plantea: identificar el tratamiento óptimo de blanqueo para obtener una adecuada textura en el brócoli.

1.1 El Brócoli

Se cree que el brócoli es originario del Mediterráneo oriental y concretamente de Medio Oriente (Asia Menor, Líbano, Siria). Los romanos ya cultivaban esta planta en su época, (Servicio de información agropecuaria, 2013).

El brócoli es una planta herbácea color verde oscuro, la raíz principal es pivotante, tallo grueso y carnoso, los pedicelos se rematan terminalmente en una masa voluminosa de yemas florales hipertrofiadas con hojas festoneadas con ligeras espículas a ambos lados del nervio central, presente en Norma INEN 976:2003 (Instituto Ecuatoriano de Normalización). La planta es similar a la coliflor, pero posee características propias como se ve en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación botánica del Brócoli

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub-clase	Dilleneidae
Orden	Capparales
Familia	Brassicaceae
Género	Brassica
Especie	Oleraceae
Variedad	Italica
Nombre científico	Brassica oleracea
Nombre vulgar	Brócoli

Fuente: (Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios, 2011)

El brócoli como se ve en tabla 2 posee propiedades nutricionales y químicas que lo hacen atractivo para el consumo humano, razón por la cual se hace atractivo para mercados internacionales.

MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) A TRAVÉS DE LA MANIPULACIÓN DE LOS
TIEMPOS DE BLANQUEO

Tabla 2. Composición química del brócoli

Agua	92%
Hidratos de carbono	3% (1, 4% fibra)
Proteínas	2, 2%
Lípidos	0, 2%
Potasio	300 mg/100 g
Sodio	20 mg/100 g
Fósforo	60 mg/100 g
Calcio	20 mg/100 g
Vitamina C	67 mg/100 g
Vitamina A	5 microgramos/100 g
Vitamina B1	0, 1 mg/100 g
Vitamina B2	0, 1 mg/100 g

Fuente: (Infoagro, 2010)

El brócoli tiene los mismos requerimientos climáticos que la coliflor, es decir, suelos ligeramente ácidos a neutros (pH de 6.5 – 7), con temperaturas bajas, suelos de textura media, soporta la salinidad en agua y suelo. (Monge, 2006) El (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Representación, 2007), menciona que se desarrolla bien en los valles interandinos de la sierra, prospera en climas moderados, frescos y húmedos con temperatura promedio de 13 a 15 °C, entre 70% y 80% de humedad relativa y de 800 a 1200 mm de precipitación (Ochoa, Echeverría-Villagómez, & González-Méndez, 2010) esto hace ideal el cultivo del brócoli en la zona andina del país, especialmente en la zona centro donde posee estas características.

Las hortalizas crecen en diferentes tipos de suelos, pero su mejor desarrollo y producción se obtiene cuando se cultivan en suelos francos y profundos. Se requiere que los suelos tengan un alto porcentaje de materia orgánica (Trejo, 2010). El brócoli es propenso a demostrar deficiencias de boro cuando la reacción del suelo está cerca de un pH neutro (Viña, 2011) propiciando el cultivo técnico para maximizar el rendimiento de producto.

1.2 Textura de los vegetales

La palabra textura originalmente se tomó en referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos. Hoy en día, la definición engloba la percepción del producto y su comportamiento al ser manipulado e ingerido. (García, García, Linares, & Villarino, 2000) De ahí, para medir el atributo de manera objetiva y normalizada (Scott-Blair, 1958) clasifica las técnicas instrumentales de medición en:

- Ensayos fundamentales: mide propiedades reológicas fundamentales, como viscosidad y modulo elástico.
- Ensayos empíricos: poseen su propia escala de medición
- Ensayos imitativos: se realiza mediante texturómetro equipado para proporcionar medidas de esfuerzo i/o deformación durante la secuencia de ensayo (Aguilera & De Dios Alvarado, 2001)

Las características mecánicas de las frutas y verduras se deben principalmente a los elementos estructurales presentes en la pared celular. Los principales polímeros que forman las paredes celulares son: celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina. (Aguilar, Reyes, & De la Garza, 1999) En el

MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) A TRAVÉS DE LA MANIPULACIÓN DE LOS TIEMPOS DE BLANQUEO

procesado térmico de las verduras se rompen la estructura de las células, y se reblandece la textura, lo que se debe a distintos factores como la pérdida de turgencia, el aire vascular y extracelular, y la desnaturalización y degradación de los componentes de la membrana celular y de otros polisacáridos (Rosenthal, 2001).

El proceso de producción del brócoli conlleva la preparación de la verdura para mantenerlo en óptimas condiciones hasta llegar al consumidor. (Díaz & Cancino, 2007). Dicho proceso inicia en la recepción del producto y termina con la preparación para exportación como muestra la figura 1 y se detalla a continuación:

- Recepción de la cosecha de brócoli.
- Preparación y selección, donde se clasifican en forma manual las verduras.
- Corte: se pueden hacer diversas dimensiones: 40-60, 30-50, 20-40, 15-30 mm.
- Clasificación y peso.
- Lavado.
- Inspección.
- Blanqueo, por medio de vapor a 90°C.
- Enfriado.
- Congelado rápido. Por proceso IQF.
- Inspección.
- Dosificación y empaque.
- Almacenamiento.

Los cambios en textura producidos durante el proceso de maduración se deben a procesos bioquímicos, al igual que los ocurridos durante el almacenamiento, mientras que los cambios producidos durante la recolección, transporte y procesamiento se deben principalmente a alteraciones en la estructura celular del producto. (Montero & Morgado, 2007). Los tratamientos térmicos son capaces de modificar el producto y afecta la percepción de calidad del producto llegando a influenciar en el precio de venta del producto.

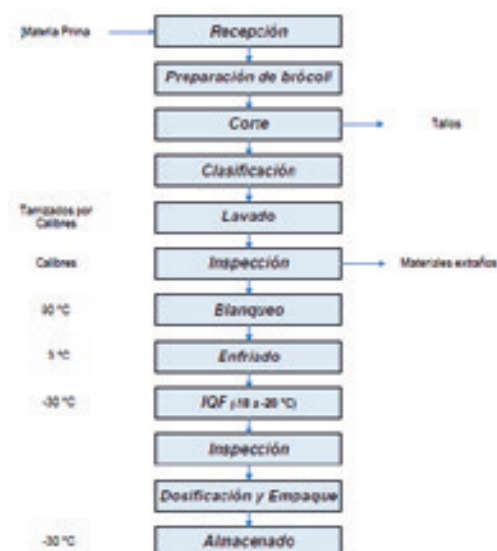


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de brócoli congelado.

Fuente: (Provefrut, 2012)

1.3 Tiempo de blanqueo del brócoli

Blanquear es una cocción de corta duración en abundante agua hirviendo o vapor de agua, va desde unos segundos a dos minutos y medio en el brócoli, esta técnica precisa a continuación de un rápido enfriamiento en agua helada para detener la cocción del alimento (Provefrut, 2012). El escaldado por vapor es normalmente el método de elección para alimentos de gran superficie relativa, ya que las pérdidas por lavado son en ellos menores, que por escaldado en agua caliente (Philip, 2005).

El sistema de escaldado rápido (IQB) consta de dos etapas: el alimento se calienta en capa única hasta una temperatura suficientemente elevada para la inactivación enzimática y posteriormente, el alimento se mantiene en capa gruesa durante el tiempo preciso para que la temperatura que se alcance en el centro de cada pieza sea suficiente para la inactivación enzimática. (Philip, 2005).

Se puede blanquear un alimento para obtener una cocción en su punto, como también prepararlo para una elaboración posterior o simplemente para desprender con mayor facilidad la piel de algunos vegetales. (Provefrut, 2012). Además, el proceso conserva las propiedades de los alimentos, y las características sensoriales (sabor, color, olor).

El proceso de blanqueo consiste en la inactivación de enzimas y suele realizarse como etapa previa a procesos de congelación, enlatado, donde los dos métodos de escaldado más empleados son: mantener durante un tiempo el alimento en una atmósfera de vapor saturado, o sumergirlo en un baño de agua caliente. (Ordoñez Pereda, 1998).

Los procesos sensoriales proveen información desde la sensación que vienen de nuestro cuerpo y las que provienen del ambiente, en mensajes con significado, los cuales nos impulsan a actuar. (Sensorysmarts, 2013). Esta apreciación la realizan los intermediarios en el mercado internacional y finalmente los consumidores. Esta evaluación es llamada calidad, apreciación que influye directamente en el precio de transferencia y disminuye costos por no conformidades de los productos. (Mercosur, 2012).

Desde la revisión teórica y considerando las características de estudio, se plantea como hipótesis: Los tiempos de blanqueo producen cambios en la textura del brócoli.

1. Materiales y Métodos

Para el desarrollo del trabajo se utiliza el enfoque positivista con el uso de diseño experimental donde se ponga a prueba diferentes tiempos de blanqueo y las texturas conseguidas. Además, se considera que la realidad es única y fragmentable en partes que se pueden manipular independientemente, y la relación sujeto–objeto es independiente. (Reichart & Cook, 1996)

Para cada uno de los tamaños de florete en estudio se aplicó el diseño experimental de diseño de bloques completamente aleatorizados. Se estudió tres tamaños de florete, se eligió el mejor tratamiento y se comparó con el brócoli blanqueado normalmente con tiempos habituales que se utilizarán en la muestra A y servirá como muestra de comparación a los trabajos realizados.

Para la obtención de información, se estudió el tiempo de blanqueo del brócoli en cuatro distintas muestras y tiempos establecidos como son para el tamaño de florete 20-40 mm, muestra A (80 seg.), muestra B (75 seg.), muestra C (70 seg.), muestra D (65 seg.), tamaño de florete 30-50 mm muestra A (115 seg.), muestra B (110 seg.), muestra C (105 seg.), muestra D (100 seg.), tamaño de florete 40-60 mm, muestra A (115 seg.), muestra B (110 seg.), muestra C (105 seg.), muestra D (100 seg.), y fueron evaluados por la textura utilizando Tenderómetro TM-2. Para complementar el estudio se

MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) A TRAVÉS DE LA MANIPULACIÓN DE LOS
TIEMPOS DE BLANQUEO

realizó un análisis sensorial y pruebas microbiológicas. Estos factores se representan en las tablas 3, 4 y 5.

Tabla 3. Factores y niveles del diseño experimental para brócoli de tamaño 20-40 mm.

Muestra	Niveles	Tiempos (seg.)
A	a0	80
B	a1	75
C	a2	70
D	a3	65

Tabla 4. Factores y niveles del diseño experimental para brócoli de tamaño 30-50 mm.

Muestra	Niveles	Tiempos (seg.)
A	a0	115
B	a1	110
C	a2	105
D	a3	100

Tabla 5. Factores y niveles del diseño experimental para brócoli de tamaño 40-60 mm.

Muestra	Niveles	Tiempos (seg.)
A	a0	115
B	a1	110
C	a2	105
D	a3	100

Los datos procesados son analizados estadísticamente, utilizando análisis de Varianza (ANOVA), considerando que los datos fueron obtenidos aleatoriamente, la varianza es igual entre las muestras y el comportamiento de los datos tiende a la normalidad.

Análisis Sensorial: se realizó la caracterización del brócoli mediante sus atributos como: olor, color, sabor, textura en una escala estructurada con valores de 1 a 5, se evaluó las diferencias y semejanzas con referencia a la muestra A establecida como patrón y la muestra C con una reducción de tiempo de blanqueo.

Para este análisis se presenta como hipótesis: la apreciación de calidad (análisis sensorial) en los consumidores no cambia por el proceso adecuado de blanqueo del brócoli. Que es comprobada con el test de Wilcoxon, prueba no paramétrica adecuada para una escala ordinal en muestras relacionadas.

Análisis microbiológico: se realiza análisis de *E. coli*, mohos - levaduras, *Listeria Ambiental*, *Enterobacterias* que son los indicadores que se deben superar para la exportación de productos agrícolas.

Se evaluó los diferentes tiempos para cada uno de los tratamientos originales tratando del estudio de la muestra A para cada uno de los diferentes tamaños de florete por un tiempo, para posteriormente disminuir de forma paulatina los tiempos de blanqueo y establecer de la siguiente manera la forma de estudio de cada uno de los tamaños de floretes, tamaño de florete 20-40 mm, muestra A, 80 segundos, muestra B, 75 segundos, muestra C, 70 segundos, muestra D, 65 segundos, tamaño de florete 30-50 mm, muestra A, 115 segundos, muestra B, 110 segundos, muestra C, 105 segundos, muestra D, 100 segundos, tamaño de florete 40-60 mm, muestra A, 115 segundos, muestra B, 110 segundos, muestra C, 105 segundos, muestra D, 100 segundos, de todas las muestras se tomaron como punto de comparación la muestra A y C, para el análisis sensorial, ya que entre estas dos existe

MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) A TRAVÉS DE LA MANIPULACIÓN DE LOS TIEMPOS DE BLANQUEO

una diferencia de 10 segundos en el blanqueo y se establece diferencia en las características organolépticas.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos se recopilaron a través de reportes, las muestras analizadas con diferentes tamaños de florete, las muestras fueron tomadas en segundos como medida de tiempo, donde, la muestra A corresponde al proceso base que se utilizó como muestra comparativa para el resto de las muestras que fueron modificadas, en base al parámetro del tiempo de blanqueo, pero se mantuvo constante la presión, promedio y tiempo de alimentación, como se muestra en Tabla 6.

Tabla 6. Parámetros medidos para determinar valores de textura.

Tamaño de florete					
Muestra	Presión (psi)	Tiem. de Alim. (seg)	Tem. Blan. (°C)	Velocidad (Hz)	Pro. Gaveta (Kg)
A	25	20	89.9	85	14,0
B	25	20	89.9	87	14,0
C	25	20	89.9	89	14,0
D	25	20	89.8	91	14,0

3.1 Análisis de textura

Los datos de textura reportados son de tres replicas, en cada réplica se tiene 3 valores debido al método del Texturómetro, esto porque el método de este equipo, para que sea válido, se debe tener 3 valores y sacar un valor promedio. Para procesar los datos y realizar los análisis se trabajó con los promedios de las réplicas cuyos valores se presentan: en la Tabla 7 los valores de las réplicas de textura (lbf) del tamaño de florete 20-40, en comparación con el testigo se encuentran los valores superiores ya que con eso se determinó que los valores de textura son inversamente proporcionales con el tiempo de blanqueo.

Tabla 7. Valores promedios de textura tamaño de florete 20-40 mm.

Muestra	Tiem. Blan.	Réplicas de Textura (lbf)		
	(seg.)	1	2	3
A	80	798	796	795
B	75	823	821	822
C	70	849	842	842
D	65	890	892	890

Los valores de las réplicas de textura (lbf) de las muestras (B, C, D) en comparación con el testigo (A) del tamaño de florete 30-50 de la tabla 8, son diferentes ya que en cada una de estas se disminuye su tiempo de blanqueo, en un intervalo de 5 segundos lo que afecta inversamente en los cambios de textura, fundamentalmente en el ablandamiento de los tejidos, así como cambios en la dureza, rigidez y cohesión.

**MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) A TRAVÉS DE LA MANIPULACIÓN DE LOS
TIEMPOS DE BLANQUEO**

Tabla 8. Valores promedios de textura tamaño de florete 30-50 mm.

Muestra	Tiem. Blan.	Réplicas de Textura (lbf)		
	(seg.)	1	2	3
A	115	717	703	709
B	110	736	730	734
C	105	764	772	781
D	100	795	799	792

Los resultados de la tabla 9, correspondientes al tamaño de florete 40-60 de las muestras (B, C, D), de igual manera se realiza una comparación con el testigo (A), son diferentes a las mismas condiciones que para los experimentos anteriores, lo que determina la variabilidad de los valores de textura, por lo que el calor desnaturaliza el citoplasma y las membranas celulares, por ende, las células ya no retienen agua, en su lugar pierden agua por difusión a través de las membranas permeables. La flacidez de las verduras cocidas, en contraste con la textura crujiente de las crudas se debe a esta pérdida de agua. La pérdida de agua de las células muertas por el calor hace que la mayoría de las verduras pesen menos que cuando estaban crudas.

Tabla 9. Valores promedios de textura tamaño de florete 40-60 mm.

Muestra	Tiem. Blan.	Réplicas de Textura (lbf)		
	(seg.)	1	2	3
A	115	711	699	705
B	110	763	750	746
C	105	799	786	799
D	100	874	882	888

Los valores promedios anteriormente, sirven para determinar que las muestras poseen comportamiento de normalidad y que poseen varianzas similares, por ello se puede aplicar análisis de varianza (ANOVA) para la comprobación de la hipótesis de trabajo. En la tabla 10 se indica el cálculo de tamaño de florete 20-40 mm., para tamaño 30-50 mm. en la tabla 11 y para tamaño 40-60 mm. en la tabla 12. De lo cual se observa que en los tres casos se obtiene un valor estadísticamente significativo con nivel de confianza de 99%, es decir, que se encontró evidencia estadística que hay diferencia en la textura del brócoli producida por el tiempo de blanqueo. Ya que, el tiempo de blanqueo produce diferentes texturas en el brócoli.

Tabla 10. Análisis de Varianza (ANOVA) para el tamaño de florete 20-40 mm.

Fuente de Varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-value
Entre grupos	15192,9	3	5064,31	613,86	0,0000
Dentro de los grupos	66,0	8	8,25		
Total (Corr.)	15258,9	11			

Tabla 11. Análisis de Varianza (ANOVA) para el tamaño de florete 30-50mm.

Fuente de Varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-value
Entre grupos	13290,0	3	4430,0	123,63	0,0000
Dentro de los grupos	286,7	8	35,8		
Total (Corr.)	13576,7	11			

MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) A TRAVÉS DE LA MANIPULACIÓN DE LOS
TIEMPOS DE BLANQUEO

Tabla 12. Análisis de Varianza (ANOVA) para el tamaño de florete 40-60mm.

Fuente de Varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-value
Entre grupos	50365,7	3	16788,6	304,32	0,0000
Dentro de los grupos	441,3	8	55,2		
Total (Corr.)	50807,0	11			

La textura es considerada como el parámetro cambiante en el estudio, ya que la modificación del tiempo de blanqueo incide inversamente en la textura del brócoli porque considera a la textura como una característica organoléptica, la cual necesariamente debe ser motivo de tener su escala hedónica, para conocer la preferencia o gustos de los consumidores o catadores.

Los resultados obtenidos para el brócoli con tamaño de florete 20-40, mediante las cataciones se encuentran en la tabla 13, donde se puede apreciar que los catadores prefieren la muestra C, ya que 15 responden que la muestra esta dura en el momento que se realizó la catación.

Tabla 13. Resultados de catación en tamaño 20-40 mm.

Textura						Total Catadores
Muestra	1	2	3	4	5	
A	0	2	11	7	0	20
C	0	1	3	15	1	20

En pruebas de catación con otros tamaños de florete, se observa inclinación hacia la muestra C (tamaño de florete 30-50 con un tiempo de blanqueo de 105 seg.) en base a la preferencia de los consumidores con respecto a la textura del producto. Y de acuerdo al tamaño de florete 40-60, se evidencia que de los 20 catadores, 15 prefieren la muestra C, con el parámetro 4, el que pertenece al aspecto duro del producto.

Después de haber procesado, analizado e interpretado los resultados obtenidos del análisis del tiempo de blanqueo sobre la textura de los diferentes floretes, se puede concluir estadísticamente que, a medida que disminuye el tiempo de blanqueo, la textura aumenta en todos los tamaños de floretes, de forma que se puede decir que la textura es inversamente proporcional al tiempo de blanqueo, mientras más tiempo de blanqueo la textura tiende a bajar los valores y mientras menos tiempo de blanqueo tiende a subir los valores, cuyos valores se los obtuvo con un Tenderometro TM-2. Esto se lo puede observar para cada uno de los tamaños estudiados de florete en las figuras 2, 3 y 4.

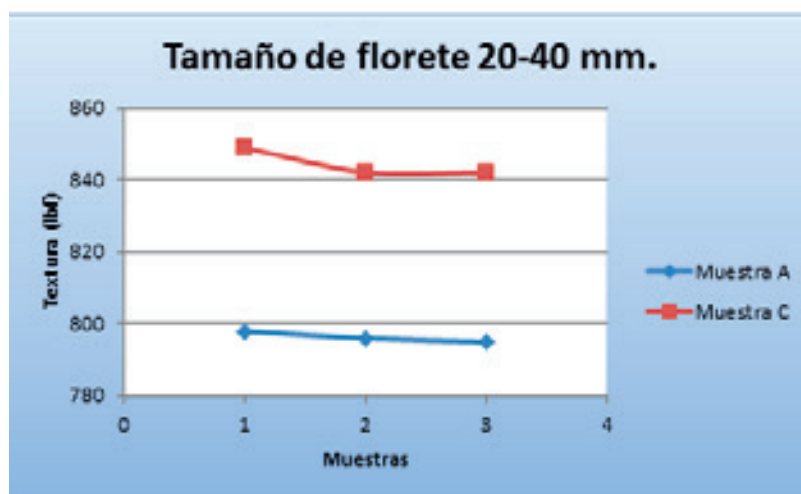
**MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) A TRAVÉS DE LA MANIPULACIÓN DE LOS
TIEMPOS DE BLANQUEO**

Figura 2. Diferencias de textura entre muestras A y C en tamaño de florete 20-40 mm.

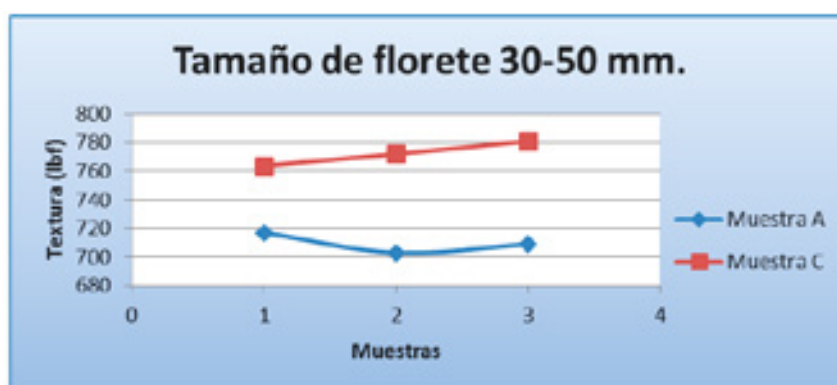


Figura 3. Diferencias de textura entre muestras A y C en tamaño de florete 30-50 mm.

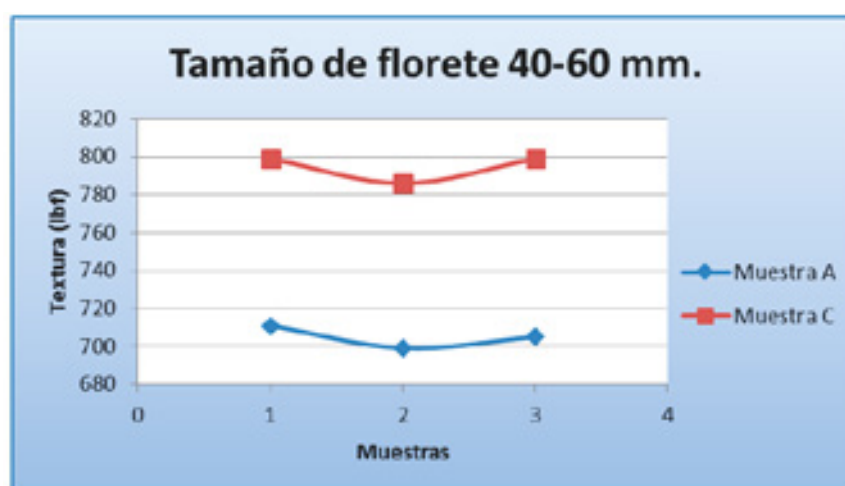


Figura 4. Diferencias de textura entre muestras A y C en tamaño de florete 40-60 mm.

Tomando en cuenta que los valores de textura luego del producto salido del blanqueamiento, tiene que ser de 800 lbf, que se establece como condición óptima para exportación, se puede observar en la figura 2, que para el tamaño de florete 20-40 mm se analizaron las muestras A y C, en la primera muestra no cumple, al disminuir el tiempo de blanqueo dejando en 70 segundos, en donde se obtiene un valor de textura promedio de 845 lbf, lo mismo sucedió en el tamaño de florete 30-50 mm donde se observa en la figura 3 el tiempo de blanqueo de 105 segundos para la muestra C, con un valor promedio de textura de 770 lbf, de igual forma se puede observar en la figura 4, para el tamaño de florete 40-60 mm, el tiempo de blanqueo es de 105 segundos en la muestra C, con un promedio de textura de 795 lbf, lo que es corroborado con las muestras de textura realizadas con el tenderómetro TM-2 cuyos valores se encuentran en los parámetros establecidos, y análisis sensorial de textura realizado por 20 catadores.

3.2 Análisis Sensorial

Se realizó el análisis sensorial de dos tratamientos (muestra A y C), y se tomó en cuenta como características: apariencia, sabor, color, olor, textura; las muestras tomadas para este análisis tienen una diferencia de 10 segundos en el tiempo de blanqueo, en los tres tamaños de florete, con escala de medición de 5 niveles:

- Figura 5. Apariencia: 5. muy bueno; 4. bueno; 3. aceptable; 2. típica; 1. mala.
- Figura 6. Color: 5. muy bueno; 4. bueno; 3. aceptable; 2. regular; 1. malo.
- Figura 7. Olor: 5. muy bueno; 4. bueno; 3. aceptable; 2. típico; 1. malo.
- Figura 8. Sabor: 5. agrada mucho; 4. agrada; 3. típico; 2. agrada poco; 1. desagrada.
- Figura 9. Textura: 5. muy dura; 4. dura; 3. aceptable/típico; 2. suave; 1. muy suave.

En las figuras 5, 6, 7, 8, 9 no se observan diferencias entre los procesos de blanqueo, y se estableció que la reducción en el tiempo de blanqueo mantiene las condiciones del producto que está en capacidad de reducir costos por tiempo de procesamiento.

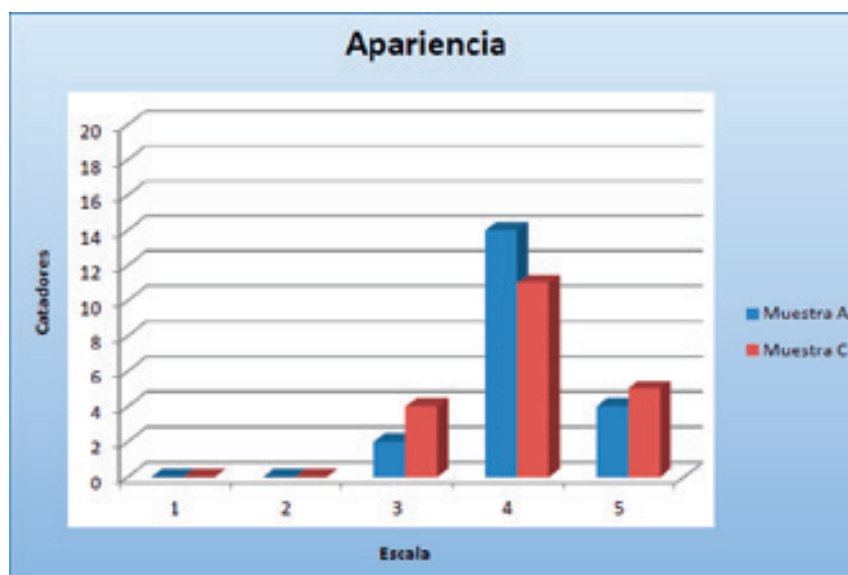


Figura 5. Característica Apariencia

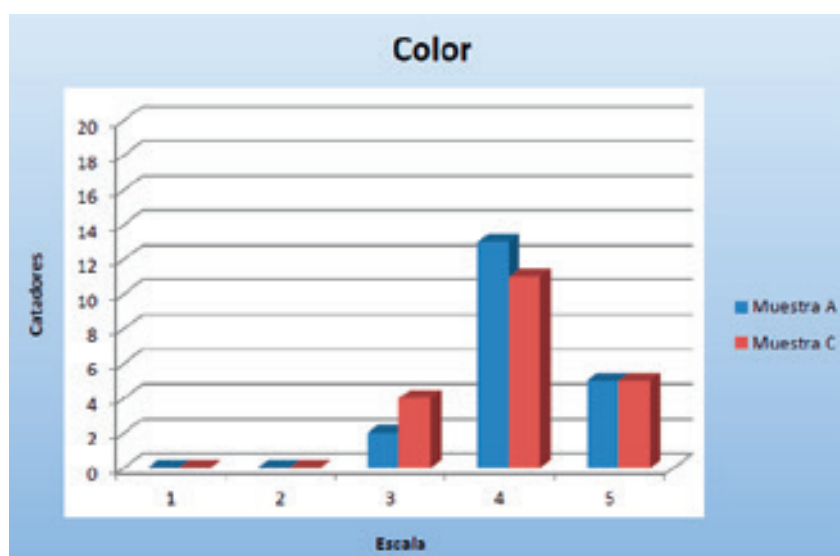
**MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) A TRAVÉS DE LA MANIPULACIÓN DE LOS
TIEMPOS DE BLANQUEO**

Figura 6. Característica Color

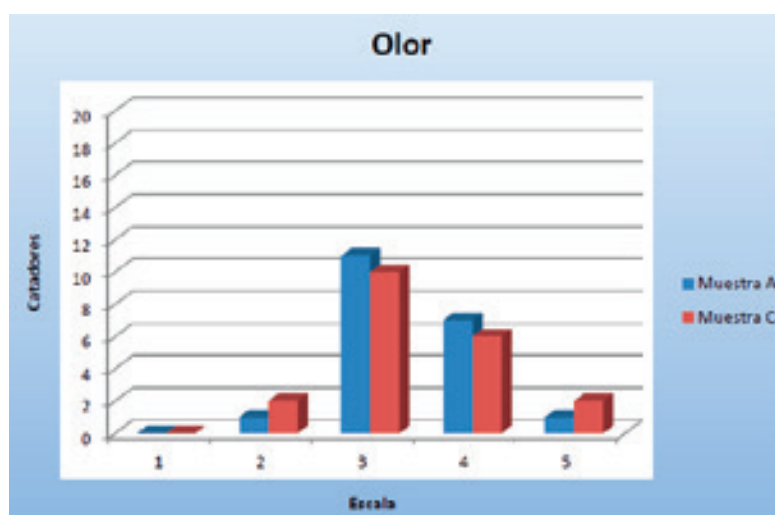


Figura 7. Característica Olor

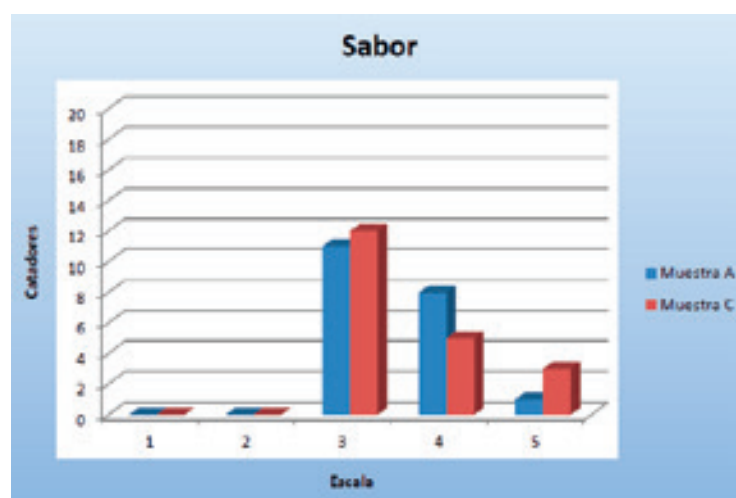


Figura 8. Característica Sabor

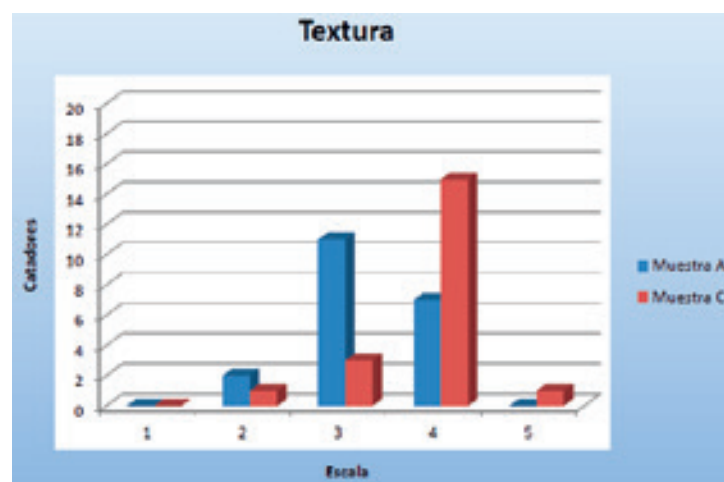


Figura 9. Característica Textura

Posteriormente, se realizó análisis para establecer si los consumidores encuentran diferencia alguna entre las muestras y comprobar la aceptabilidad de la muestra en estudio, se utilizó el test de Wilconxon para muestras relacionadas, se consideró que en cada prueba el catador comparaba la muestra A y muestra C. Esta prueba se considera adecuado considerando que se utilizó una escala ordinal para la medición.

Los resultados del test se muestran en la tabla 14, donde se utilizó aproximación a distribución normal, de ello se demuestra que no hay evidencia estadísticamente significativa de cambios en la apreciación del color, olor y sabor; mientras tanto, se encuentra evidencia estadísticamente significativa que hay cambios en la apariencia y la textura del producto. Que confirma los resultados encontrados en las pruebas realizadas previamente.

MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA*) A TRAVÉS DE LA MANIPULACIÓN DE LOS
TIEMPOS DE BLANQUEO

Tabla 14. Resultados de Prueba de Wilcoxon

	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura
Z	-2,070 ^b	-1,877 ^b	-1,136	-1,393 ^b	-5,312
Sig. asintótica (bilateral)	,038	,061	,256	,164	,000

3.3 Análisis Microbiológico

El análisis microbiológico se realiza para determinar la inocuidad del producto elaborado luego del proceso de blanqueo, en la tabla 15 se muestra el caso de Coliformes Totales (*Escherichia coli*), se obtuvo ausencia total, mientras que en el recuento total (Aeróbios Mesófilos), mohos y levaduras comparados con la norma de la empresa y la norma INEN 1 976:2003 (Instituto Ecuatoriano de Normalización), establece una cantidad que se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

Tabla 15. Análisis Microbiológico para las muestras A y C en todos los tamaños de florete.

Muestras	Tamaño de florete	Aero bacter (ufc/g)	E. coli (ufc/g)	Listeria (ufc/g)	Mohos (ufc/g)	Staphilococcus (ufc/g)	Enterobacterias (ufc/g)
A	20/40	10,8	1,8	1,8	0,0	0	4,5
C	20/40	10,8	1,8	0,0	2,7	0	6,3
A	30/50	6,3	9,0	0,0	0,0	0	5,4
C	30/50	2,7	3,6	0,9	0,9	0	0,9
A	40/60	12,6	2,7	0,0	0,0	0	5,4
C	40/60	15,3	2,7	0,0	0,9	0	8,1

3. CONCLUSIONES

El estudio del efecto que ocasiona la reducción de los tiempos de blanqueo en brócoli (*Brassica oleracea*) en la textura, realizado en los tamaños de florete 20-40, 30-50, 40-60 mm., con la reducción de tiempo en su blanqueo de 10 segundos para cada uno de estos tamaños, determinó que se optimiza la calidad en los diferentes parámetros organolépticos, microbiológicos y esencialmente en la textura del producto terminado salido del blanqueo (*blanching*), el cual por especificaciones de exportación tiene que ser de 800 lbf.

El proceso que se establece para el blanqueo del brócoli, se realiza una cocción de corta duración en vapor de agua (1 segundo a 2 minutos), a presión de 15 a 25 psi, a temperatura de 89 a 92°C, en este caso del brócoli depende del tamaño de florete a blanquear, se realiza en una cinta de transporte. Esta técnica precisa a continuación de un rápido enfriamiento en agua helada para detener la cocción del alimento

Se evaluó los diferentes tiempos para cada uno de los tratamientos originales (Muestra A) de cada uno de los tamaños de florete, para posteriormente disminuir de forma paulatina los tiempos de blanqueo, de todas las muestras se tomaron como punto de comparación la muestra A (muestra patrón) y C (muestra en estudio), para el análisis sensorial, ya que entre estas dos existe una diferencia

de 10 segundos en el blanqueo y se establece diferencia en las características del producto como en el color, en la textura, y los catadores no encontraron diferencia aparente en la apariencia y el sabor.

La relación entre el tiempo de blanqueo con la textura del brócoli, es inversamente proporcional, ya que en todos los análisis realizados en cada uno de los tamaños de floretes se puede notar que a menor tiempo de blanqueo la textura aumenta.

Se determinó el tiempo óptimo para el correcto blanqueo en el brócoli, y este fue con la reducción de 10 segundos a la muestra patrón, por lo que para el tamaño de florete 20-40 mm el tiempo de blanqueo es de 70 segundos con un valor promedio de textura de 845 lbf, para el tamaño de florete 30-50 mm el tiempo de blanqueo es de 105 segundos con un valor promedio de textura de 770 lbf, para el tamaño de florete 40-60 mm el tiempo de blanqueo es de 105 segundos con un valor promedio de textura de 795 lbf, lo que es corroborado con las muestras de textura realizadas con el tenderómetro TM-2.

4. RECOMENDACIONES

El estudio del proceso agro productivo del brócoli permite incrementar la calidad del producto principalmente para exportación, ya que hace de esto un factor de mejoramiento del rendimiento económico de las empresas dedicadas a estas actividades, por ello se considera adecuado realizar estudios del mejoramiento de otros productos de exportación. Esto permitirá contribuir con el cambio de la matriz productiva del país.

Adicionalmente, es adecuado realizar estudios acerca de la preparación de otros productos para la exportación como quinoa, papas, chochos y demás productos de la serranía ecuatoriana.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C., Reyes, M., & De la Garza, H. (1999). Aspectos bioquímicos de la relación entre el escaldado TB-TL y la textura de vegetales procesados. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 43(2), 54-62.
- Aguilera, J., & De Dios Alvarado, J. (2001). *Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Centro de información e Inteligencia Comercial. (2009). *Perfil de Brócoli*. Quito: Ecuador Exporta CORPEI.
- Costa, L., Civello, P., Martínez, G., & Chaves, A. (2002). Tratamiento térmico de alta temperatura en brócoli. Efecto sobre la degradación de clorofilas. *3° Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones - 53° Congreso Agronómico de Chile*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Díaz, J., & Cancino, K. (2007). Estudio de la cinética de degradación térmica de textura y su aplicación en el tratamiento térmico de cocona (*Solanum Sessiliflorum* Dunal) en almíbar. *Revista Ingeniería UC*, Vol. 14(N° 3), págs. 57-67.
- Fruittoday. (2011). *Fruittoday*. Obtenido de <http://www.fruittoday.com/icrono/fruittoday/>
- García, F., García, M., Linares, M., & Villarino, A. (2000). Características sensoriales y valor nutritivo de verduras y hortalizas. *Elaboración de conservas vegetales*, págs. 33-48.

- Infoagro. (2010). *Abc del agro*. Obtenido de Brócoli: <http://www.abcagro.com/hortalizas/brocoli.asp>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (s.f.). *Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN 1 976:2003, Hortalizas fresca, Brócoli o Brécol, Requisitos*. Quito: INEN.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Representación. (2007). *Guía Práctica de Exportación de Brócoli*. IICA. Managua: IICA.
- Izaguirre, A., Peralta, G., & Pfister, E. (2000). *Desarrollo del mercado de cultivos orgánicos en el Ecuador con la producción del brócoli*. Guayaquil: Espol, tesis de pregrado. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/3927>
- Izaguirre, A., Peralta, G., & Pfister, E. (2009). *Desarrollo del mercado de cultivos orgánicos en el Ecuador con la producción del brócoli*. Espol. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/368/1/666.pdf>
- Mercosur. (2012). *Reglamento Técnico Mercosur sobre las Condiciones Higiénico Sanitarias y de Buenas Prácticas de Elaboración para Establecimientos Elaboradores / Industrializadores de Alimentos*. Buenos Aires: Mercosur.
- Monge, X. (2006). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa productora procesadora y comercializadora de brócoli ubicada en la Provincia de Cotopaxi*. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.
- Montero, E., & Morgado, R. (2007). *Parámetros mecánicos y textura de los alimentos*, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. La Habana: Universidad de La Habana.
- Ochoa, B., Echeverría-Villagómez, S., & González-Méndez, A. (2010). *Análisis del sistema MNA en el sector alimentario parámetros críticos en brócoli congelado*. *Simposio de Metrología 2010*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Ordoñez Pereda, J. A. (1998). *Tecnología de alimentos. Volumen I. Componentes de los alimentos y procesos*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Organización de las Naciones Unidas. (2013). *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura*. Obtenido de El brócoli: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/BROCOLI.HTM
- Philip, R. (2005). *Tecnología térmica para el procesado de los alimentos*. Madrid: Editorial Acirbia.
- Provefrut. (2012). *Provefrut*. Obtenido de www.provefrut.com
- Reichart, & Cook. (1996). *Fundamentación Filosófica*. Madrid: Editorial Marata.
- Rosenthal, A. J. (2001). *Textura de los alimentos. Medida y percepción*. Zaragoza: Aditorial Acirbia.
- Scott-Blair, G. (1958). *Reology in food research*. *Advances in food Research*, págs. 1-56.
- Sensorysmarts. (2013). *Desarrollando Habilidades Sensoriales*. Obtenido de <http://sensorysmarts.com/spanish-handout.html>
- Servicio de información agropecuaria. (2013). *Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador*. Obtenido de El brócoli en el Ecuador:

http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%20Rizzo/nuevos%20exportables/brocoli/brocoli_ecuador.htm

- Subsecretaria de Fomento a los Agronegocios. (Julio de 2011). *Monografía de Cultivos*. Obtenido de Brócoli: www.gobiernofedera.gob.mx
- Trejo, M. (2010). Nutrición de frutos y hortalizas. *Taller Multidisciplinario de procesos tecnológicos de frutos y hortalizas* (págs. págs. 4-5). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Viña, Z. C. (2011). *Gama Tecnologías Aptas para la Conservación de Hortalizas*. Buenos Aires: Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos Facultad de Ciencias Exactas, UNLP CONICET.