



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**EFFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE LA  
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN EL TOMATE DE ÁRBOL  
AMARILLO Y MORADO (*Cypomandra betacea*)**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO DE ALIMENTOS**

**ANDREA ESTEFANÍA BUSTOS BARRAGÁN**

**DIRECTOR: ING. ELENA BELTRÁN**

**Quito, Mayo 2015**

©Universidad Tecnológica Equinoccial, 2015

Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo, **ANDREA ESTEFANIA BUSTOS BARRAGÁN**, declaro que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Andrea Estefanía Bustos Barragán

CI: 1719141291

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo lleva por título “**Efecto de la deshidratación osmótica sobre la capacidad antioxidante del tomate de árbol amarillo y mora (*Cypomandra betacea*)**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero de Alimentos**, fue desarrollado por **Andrea Estefanía Bustos Barragán**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad Ciencias de la Ingeniería y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículo 18 y 25.

---

Ing. Elena Rosario Beltrán Sinchiguano

**DIRECTORA DEL TRABAJO**

C.I.1710472125

## DEDICATORIA

A mi Dios, por hacerme a su imagen y semejanza y permitir que tenga una vida plena por enseñarme a forjar mi camino y llegar a ser quien soy hoy en día.

A mi Paty Ortiz, el ángel que ha caminado conmigo desde que nací, la persona que me ha dado los valores y el apoyo incondicional para que logre todas mis metas el pilar fundamental de mi vida.

A mis tíos los hermanos Durango, Nancy, por haber creído en mí y brindarme la oportunidad de obtener el conocimiento que ahora poseo; Carlos más bien conocido como Charlie, por ser mi compañía nunca abandonarme por ser ejemplo de vida y vivencia diaria por estar cuando más lo necesito.

A mi primo Esteban pero más que mi primo mi hermano del alma por siempre confiar en mí y apoyarme en este camino.

A mi Dany Molina por ser mi hermana mi amiga mi compañera, por escucharme y nunca abandonarme

A mi madre Patricia Barragán, a su esposo Walter Jiménez y a mis hermanos por creer en mí y formar parte de este gran triunfo.

En fin a todos los que confiaron en mí y de cierta forma han sido parte de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Dios padre amado y mi madre por darme la vida.

Agradezco infinitamente a mi madre Patricia Ortiz por haberme guiado hasta aquí por este camino de fé y constancia, por nunca decaer, por apoyarme para culminar cada meta que me propongo por ser padre y madre en mi vida, gracias por aquellos valores inculcados, gracias por nunca abandonarme, gracias por creer en mí a pesar de cualquier situación.

A mi increíble familia Carlos, Nancy y Esteban gracias por ser parte de mi vida y haber forjado parte de lo que soy ahora.

Agradezco a mi Doctor de cabecera Fernando Bossano quien siempre estuvo al tanto de mis estudios esperando darme lo mejor para que pueda culminarlos gracias.

A mis directoras Ing. Elena Beltrán e Ing. Ma. Belén Jácome por su paciencia, tolerancia y valioso apoyo en el desarrollo de mi tesis.

A mi valiosa Universidad por darme todo el conocimiento que poseo.

A Katterine Nuggerud mi compañera y más que compañera mi amiga gracias por tus enseñanzas.

A Gaby Orquera la amiga que estuvo ahí hasta lograr la meta gracias por eso.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. TOMATE DE ÁRBOL ( <i>Cypomandra betacea</i> )	3
2.1.1. GENOTIPOS	4
2.1.2. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES	6
2.1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA	6
2.1.4. ESTADO DE MADUREZ	7
2.2. DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS	8
2.2.1. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA (DO)	9

	<b>PÁGINA</b>
2.2.1.1. Agentes deshidratantes	11
2.2.1.2. Variables que afectan al proceso de deshidratación osmótica	12
2.2.1.3. Ventajas y desventajas	13
2.2.2. DESHIDRATACIÓN POR AIRE	14
2.2.2.1. Ventajas y desventajas	15
2.3. ANTIOXIDANTES	15
2.3.1. RADICALES LIBRES	15
2.3.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL	16
2.3.3. ANTOCIANINAS	18
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>20</b>
3.1. MATERIA PRIMA	20
3.2. PROCESAMIENTO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.	20
3.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE MATERIA PRIMA.	22
3.4. DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES	24
3.4.1. ANTOCIANINAS TOTALES	24
3.4.2. MÉTODO ABTS	24
3.4.3. MÉTODO DPPH	25



	<b>PÁGINA</b>
3.5. PREPARACIÓN DE EXTRACTOS.	25
3.5.1. EXTRACTOS ETANÓLICOS.	25
3.5.2. EXTRACTOS BUFFER.	25
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	26
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>27</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA	27
4.2. PROCESO DE DESHIDRATACIÓN	29
4.2.1. TOMATE DE ÁRBOL AMARILLO	29
4.2.1.1. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	29
4.2.1.2. DESHIDRATACIÓN POR AIRE	31
4.2.2 TOMATE DE ÁRBOL MORADO	33
4.2.2.1. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	33
4.2.2.2. DESHIDRATACIÓN POR AIRE	35
4.2.3. RENDIMIENTO DE PROCESO DE DESHIDRATACIÓN POR AIRE	37
<b>4.3. ANTIOXIDANTES</b>	<b>38</b>
4.3.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (ABTS)	39
4.3.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (DPPH)	41

	<b>PÁGINA</b>
4.3.3. CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS	42
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>43</b>
5.1. CONCLUSIONES	43
5.2. RECOMENDACIONES	44
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.</b> Genotipos de tomate de árbol cultivados en Ecuador	5
<b>Tabla 2.</b> Composición química del tomate de árbol en 100g de porción comestible	7
<b>Tabla 3.</b> Calibre del tomate de árbol	8
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de los métodos de deshidratación más utilizados en los alimentos	9
<b>Tabla 5.</b> Tipos de jarabes	12
<b>Tabla 6.</b> Tratamiento de deshidratación osmótica y deshidratación por aire del tomate de árbol	22
<b>Tabla 7.</b> Caracterización física de Tomate de Árbol variedad amarillo y morado	27
<b>Tabla 8.</b> Caracterización química de Tomate de Árbol amarillo y Morado	28
<b>Tabla 9.</b> Curvas de secado tomate amarillo	32
<b>Tabla 10.</b> Curvas de secado tomate morado	36
<b>Tabla 11.</b> Rendimiento deshidratación por aire tomate de árbol	38
<b>Tabla 12.</b> Resultados del contenido de antioxidantes en tomate de árbol amarillo y morado después de la deshidratación por osmótica y despues de la deshidratación por aire	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Fotografía del tomate de árbol amarillo y morado ( <i>Cypomandra betacea</i> )	3
<b>Figura 2.</b> Tomate de árbol ( <i>Cypomandra betacea</i> ) variedades amarillo y morado	5
<b>Figura 3.</b> Proceso de deshidratación osmótica	10
<b>Figura 4.</b> Formación de radicales libres	16
<b>Figura 5.</b> Estructura y sustituyentes de las antocianinas	18
<b>Figura 6.</b> Proceso de osmodeshidratación	21
<b>Figura 7.</b> Variación de los sólidos solubles durante el proceso de deshidratación osmótica de cada tratamiento tomate de árbol Amarillo	30
<b>Figura 8</b> Variación de los sólidos solubles durante el proceso de deshidratación osmótica de cada tratamiento tomate de árbol morado	34

# ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b>	55
Deshidratación osmótica del tomate de árbol	
<b>ANEXO II</b>	57
Deshidratación por aire del tomate de árbol	
<b>ANEXO III</b>	58
Caracterización física del Tomate de Árbol amarillo y morado	
<b>ANEXO IV</b>	59
Resultados de la caracterización química del Tomate de Árbol Amarillo	
<b>ANEXO V</b>	60
Resultados de la caracterización química del Tomate de Árbol morado	
<b>ANEXO VI</b>	61
Método de determinación de antocianinas totales	
<b>ANEXO VII</b>	63
Extracciones	
<b>ANEXO VIII</b>	64
Método ABTS para determinar Capacidad Antioxidante	

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO IX</b>	
Gráficos de rendimiento	66
<b>ANEXO X</b>	
Análisis de la capacidad antioxidante (ABTS)	67
<b>ANEXO XI</b>	
Análisis de la capacidad antioxidante (DPPH)	68
<b>ANEXO XII</b>	
Análisis de la cantidad de antocianinas	69

## RESUMEN

El tomate de árbol (*Cypomandra betacea*) es una fruta originaria de clima templado, se la cultiva en Perú, Ecuador y Chile. En el Ecuador principalmente en las provincias de Tungurahua, Imbabura, Pichincha y Azuay. Nutricionalmente contiene una amplia gama de antioxidantes, agua, minerales y vitaminas; la fruta es apetecida por su color, sabor y olor característico. El objetivo del presente trabajo de investigación fue estudiar el efecto de la deshidratación osmótica sobre la capacidad antioxidante del tomate de árbol amarillo y morado (*Cypomandra betacea*). La fruta utilizada fue obtenida de la Asociación “El Señor de los Remedios”, ubicada en Píllaro provincia de Tungurahua, se seleccionó, clasificó, limpió y cortó transversalmente formando rodajas de 3 mm de espesor, se realizaron cuatro tratamientos de deshidratación osmótica, las variables independientes fueron: la concentración de azúcar del jarabe (50°Bx- 70°Bx) y la temperatura (19.2°C-60°C) mientras que la variables dependiente fue el tiempo tanto para el tomate amarillo como para el tomate morado. Se realizaron los siguientes análisis al producto obtenido: capacidad antioxidante con los métodos ABTS – DPPH y la determinación de antocianinas totales (método del pH diferencial). Para el tomate de árbol amarillo los resultados muestran que la deshidratación osmótica óptima en cuanto a mayor capacidad antioxidante es el tratamiento 1 (50°Brix-19,2°C) con un resultado ABTS (25.85±1.96 g/100 g de muestra) y DPPH (42.22±1.46 g/100 g de muestra) mientras que para el tomate de árbol morado el mejor tratamiento fue el 3 tanto con el método ABTS (36.74±1.99 g/100 g de muestra) y DPPH ya que el óptimo fue 70°Bx-19.2°C (62.98±0.87 g/100 g de muestra) siendo éste el que contiene mayor capacidad antioxidante mientras que para el contenido de antocianinas fue de (5.92±0.65 g/100 g de muestra). Al ser sometidos a un calor constante de 55°C en cuanto a ganancia de antioxidantes se obtuvo los mismos resultados siendo el tratamiento 1; ABTS (30.21±1.96 g/100 g de muestra),

DPPH ( $42.88 \pm 0.68$  g/100 g de muestra) el óptimo para el tomate de árbol amarillo y el tratamiento 3 para el tomate de árbol morado ABTS ( $25.85 \pm 1.96$  g/100 g de muestra), DPPH ( $61.10 \pm 3.34$  g/100 g de muestra) se mantuvo el mismo resultado a pesar de la aplicación de calor y para antocianinas se obtuvo valores ( $5.43 \pm 0.42$  g/100 g de muestra).



## ABSTRACT

Tree tomato (*Cypomandra betacea*) is a native to temperate fruit, it is cultivated in Peru, Ecuador and Chile. In Ecuador mainly in the provinces of Imbabura, Tungurahua, Pichincha and Azuay. Nutritionally, it contains a wide range of water, minerals, antioxidants and vitamins; the fruit is desired by its color, taste and characteristic odor. The objective of the present research is to study the effect of the osmotic dehydration on the antioxidant capacity of yellow and purple tree tomato (*Cypomandra betacea*). The fruit that was used was obtained from "El Señor de los Remedios", located in the province of Tungurahua, Pillaro, selected, classified, cleaned and cut crosswise forming sheets of 3mm thick, were four treatments of osmotic dehydration, the independent variables were: sugar syrup (50°C - 70°Bx) and temperature (19.2 °C - 60°C) for both the yellow tomato and purple tomato. The following tests were carried out: Antioxidant capacity using ABTS and DPPH methods, the determination of total anthocyanins (the differential pH method). For the yellow tree tomato results show that optimal osmotic dehydration is the treatment of concentration 50 ° Brix to 19.2 ° C (room temperature) presents greater concentration in the antioxidant capacity, ABTS (25.85±1.96 g/100 g of sample). Purple tree tomato to the best treatment is with the DPPH method since the optimal was 70°Bx - 19.2°C (62.98±0.87 g /100 g of sample) this being which contains more antioxidant capacity for the anthocyanin content was of (5.92±0.65 g /100 g of sample). To the purple tree tomato, the best treatment is with the DPPH method since the optimal was 70°Bx - 19.2°C (62.98±0.87 g/100 g of sample) this being which contains more antioxidant capacity for the anthocyanin content was of (5.92±0.65g / 100g of sample). To be subjected to a constant 55°C heat values had a change in terms of gain of antioxidants with the greatest concentration in the yellow tomato 70 °Bx - 19.2 °C (30.21±1. 96 g/ 100g of sample), DPPH remained with the same optimal with the following values (42.88±0.68 g/100 g of sample); mora (black berry) tomato, the best choice was 50 ° Bx-19.2°C (25.85±1.96 g/100 g of sample); DPPH remained the same result despite the

application of heat ( $61.10 \pm 3.34$  g/100 g of sample) and values were obtained for anthocyanins ( $5.43 \pm 0.42$  g/100 g of sample). The initial signs of dehydration before mora (black berry) tree tomato show us the values of ABTS ( $192.40 \pm 9.59$  g/100 g of sample) and anthocyanins ( $6.06 \pm 0.13$  g /100 g of sample).

## **1. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol (*Cypomandra betacea*) es una fruta ovoide que tiene un aroma y sabor muy agradables, se adapta a los diferentes tipos de climas cálidos, fríos o templados; en el Ecuador es cultivada principalmente en las provincias de Pichincha, Tungurahua, Azuay e Imbabura. En América Latina se encuentra en Perú, Ecuador, Bolivia Chile, Argentina, Brasil, Venezuela, Costa Rica, Guatemala, Jamaica, Puerto Rico y Haití (De la Rúa, 2008).

Esta fruta posee un alto contenido de antioxidantes, los cuales proporcionan beneficios al consumidor al neutralizar los radicales libres responsables de enfermedades de tipo degenerativo (Kuskoski, García, Troncoso, & y Fett, 2006).

La deshidratación osmótica es un proceso de conservación en el cual se obtiene una variedad de ventajas, en cuanto a una deshidratación por aire el cual es un proceso de remover el agua superficial para la obtención de un producto con baja actividad de agua, para que así obtenga un largo período de vida útil (Irezabal, 2010).

Las frutas en general al poseer un alto grado de capacidad antioxidante son beneficiosos para la salud de los consumidores por lo cual es importante su estudio en diferentes estados (Kuskoski et al., 2006).

El objetivo de este proyecto de investigación es conocer el efecto de la deshidratación osmótica sobre la capacidad antioxidante y el contenido de antocianinas presentes en el tomate de árbol (*Cypomandra betacea*) amarillo y morado.

- ✓ Determinar el efecto de la deshidratación osmótica sobre la capacidad antioxidante del tomate de árbol amarillo y morado (*Cypomandra betacea*).
  
- ✓ Caracterización físico química de la materia prima
  
- ✓ Obtener tomate de árbol deshidratado utilizando la deshidratación osmótica y deshidratación por aire.
  
- ✓ Determinar la capacidad antioxidante y contenido de antocianinas en las diferentes etapas del proceso de deshidratación osmótica.

## **2. MARCO TEÓRICO**

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. TOMATE DE ÁRBOL (*Cypomandra betacea*)

Según Cortéz (1994), el tomate de árbol corresponde a un arbusto semileñoso, alcanza 2 o 3 metros de altura, presenta ciclo vegetativo perenne, crece en zonas con altitudes que varían entre 1000 y 3000 msnm. En la Figura 1 se puede apreciar una fotografía de los dos tipos de tomates de árbol.



**Figura 1.** Fotografía del tomate de árbol amarillo y morado  
(*Cypomandra betacea*)

El tomate de árbol (*Cypomandra Betaceum*) es originario de la Región Andina de Sudamérica, especialmente en Ecuador, Colombia, Perú, además se cultiva en Venezuela, Costa Rica, Guatemala, Jamaica, Puerto Rico, Haití Bolivia, Chile, Brasil y Argentina (Murray, 1991). En el caso del Ecuador, su cultivo está restringido solamente a la región Oriental de los Andes, por ser una fruta endémica (Lewis, 1999).

El tomate de árbol tiene gran adaptación desde climas fríos hasta climas calientes. En climas fríos, conserva una tendencia a extender el inicio de la cosecha, que varía entre 11 y 15 meses. Sin embargo el clima óptimo para su cultivo es templado entre los 14°C y 20 °C (Morales J, 1998). Su propagación se realiza utilizando la semilla, tallos o raíces. Su reproducción puede ser tanto alógama como autógena (Revelo, Pérez, & María, 2004).

Es empleado generalmente para la elaboración de jugos, salsas, pulpa, dulces, mermeladas, helados, concentrados congelados entre otros. Además es considerado como fruto medicinal en tratamientos de la garganta, gripe, problemas hepáticos y control de colesterol (Bayas, 2003).

El fruto se caracteriza por tener una forma ovoide y puntiaguda, de tamaño mediano, con cáscara lisa y brillante de color ladrillo, cuando está maduro; sin embargo la cáscara puede ser de color rojo, amarillo, morado o tomate, dependiendo de la especie (Morales J., 1998). Es jugoso, con sabor agrídulce, su parte comestible está formada por el mesocarpio o pulpa de color anaranjado y la placenta, puede ser incolora, anaranjada o morada, la cual contiene las semillas (Reyes Chipa, 1993).

### **2.1.1. GENOTIPOS**

Los dos tipos de cultivares más conocidos son: amarillos siendo estos la variedad más difundida, y morados habiéndose difundido últimamente en menor cantidad (León, Viteri, & Cevallos, 2004). En la Figura 2 se muestra estos genotipos.



## TOMATE AMARILLO



## TOMATE MORADO



**Figura 2.** Tomate de árbol (*Cypomandra betacea*) variedad amarillo y morado.

En el Ecuador, no existe una clasificación clara de los genotipos de tomate de árbol, solamente se logra reflejar una heterogeneidad en las formas, tamaños y colores de los frutos (Chalampunte & Prado, 2005); cabe recalcar que existen frutas híbridas siendo éstas las que se crearon de un cruce de variedades, basándose en estas características el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) clasificó los genotipos de tomate árbol del país como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Genotipos de tomate de árbol cultivados en Ecuador.

NOMBRE	FORMA	COLOR CÁSCARA	COLOR PULPA
AMARILLO	Ovoide	Amarillo	Anaranjado-claro
REDONDO	Elíptico	Anaranjado claro	Anaranjado claro
PUNTÓN	Ovoide	Anaranjado oscuro	Anaranjado claro
ROJO	Ovoide	Rojo oscuro	Anaranjado medio
MORA ECUATORIANO	Ovoide	Morado	Anaranjado púrpura

(INIAP, 2004).

### **2.1.2. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES**

El tomate de árbol contiene en un alto contenido de Vitamina A, B<sub>6</sub>, C, E,  $\beta$  carotenos, hierro, potasio y un bajo contenido calórico. La propiedad nutricional más favorable para el consumo es la reducción del colesterol en la sangre, además de fortalecer el sistema inmunológico y la visión (Bayas, 2003).

Tiene un gran poder antioxidante, el cual nos ayuda a prevenir enfermedades cancerígenas causadas por los radicales libres, por lo que se constituye en un importante recurso andino tanto alimenticio como medicinal y tiene una gran aceptación como cultivo potencial a nivel comercial (INIAP, 2008).

### **2.1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA**

El tomate de árbol se caracteriza por ser bajo en carbohidratos al aportar menor cantidad de calorías (64.9 cal por 100 g de porción comestible). El tomate de árbol es una fruta rica en minerales como el calcio, hierro y fósforo. En la Tabla 2 se presentan los datos de la composición nutricional del tomate de árbol, son expresados por 100 g de la porción comestible.

**Tabla 2.** Composición química del tomate de árbol en 100 g de porción comestible

COMPUESTO	CANTIDAD (%)
Calorías	64,9
Agua	87.9 g
Proteína	1,9
Grasa	0,1
Cenizas	1,0
Carbohidratos	14,1
Fibra	4,5
Calcio	25,56 mg
Hierro	1,24 mg
Fósforo	44,7 mg
Vitamina C	20%

(Ritua & Christian René, 2008)

#### 2.1.4. ESTADO DE MADUREZ

De acuerdo a Bosquéz (2010), la maduración de las frutas en general aumenta su contenido de azúcar alcanzando sus mejores características en cuanto a sabor, olor y color con la posibilidad de disminuir su firmeza e integridad.

- Madurez fisiológica o estado de sazón: se define como el estado en el cual los frutos se desarrollan a su máximo tamaño y conservan la capacidad para propagar la especie y maduran después de que el fruto esté cosechado pero aún no son aptos para el consumo humano.
  
- Madurez comestible: El fruto posee la calidad máxima para el consumo y ha desarrollado sus atributos de color, sabor y firmeza.
  
- Senescente: El fruto se halla en proceso de envejecimiento.

Según la Norma de Técnica Ecuatoriana NTE 1909:2009 frutas frescas. Tomate de árbol. Requisitos. (INEN, 2011) los calibres del Tomate de árbol se determinan por medio del diámetro en mm y el peso promedio en gramos que se puede observar en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Calibres del Tomate de árbol

<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Calibre</b>	<b>Peso promedio (g)</b>	<b>Tolerancia</b>
Mayor o igual a 61	A	129	Se acepta hasta el 10% en número o peso de tomates que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al señalado en el empaque.
60-55	B	118	
54-51	C	99	
50-46	D	83	
Menores o iguales a 45	E	66	

(NTE 1909:2009)

## 2.2. DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS

La deshidratación es una de las más antiguas técnicas de conservación de alimentos y, al mismo tiempo es una de las más actuales, pues la misma tiene un importante papel en la actividad industrial de transformación y conservación de alimentos (Earle, 1988).

Tiene como principal objetivo extender la vida útil de los alimentos mediante la disminución del contenido de humedad, reduciendo su actividad de agua ( $a_w$ ), logrando así la inhibición del crecimiento microbiano y la actividad enzimática para proteger el alimento y evitar su deterioro (Parzanese, 2009), en la Tabla 4 se presenta la clasificación de los métodos de deshidratación de alimentos.

**Tabla 4.** Clasificación de los métodos de deshidratación más utilizados para alimentos

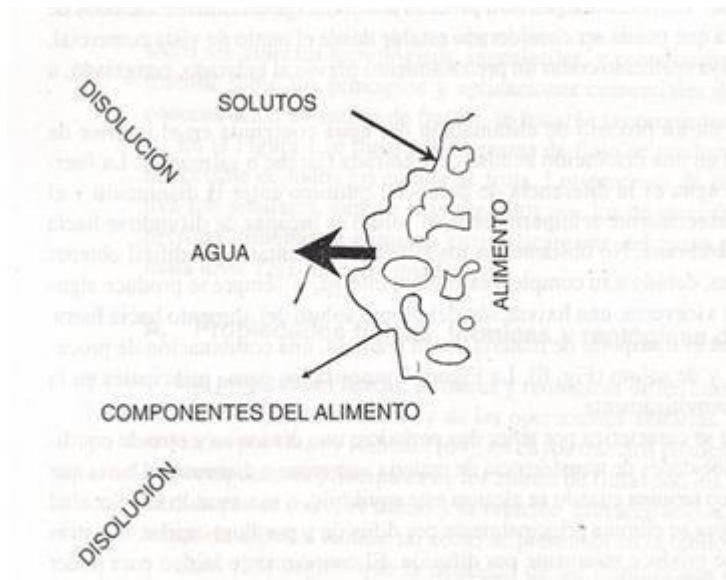
Método de deshidratación	Equipos de deshidratación	Tipo de producto a Deshidratar
<b>Por aire (en cama o banda)</b>	Deshidratador de charolas Deshidratador de banda Deshidratador de túnel	Sólidos (piezas, trozos), fluidos con sólidos de tamaño grande en suspensión y, en menor proporción fluidos Viscosos
<b>Por aire (de partículas)</b>	Deshidratador por Aspersión Deshidratador por espuma Deshidratador de lecho Fluidizado	Fluidos con pequeños sólidos en suspensión Fluidos con pocos sólidos en suspensión Sólidos de pequeño tamaño
<b>Por conducción</b>	Deshidratador de tambor	Fluidos muy viscosos (pastas)
<b>Por radiación</b>	Deshidratador de infrarrojo Deshidratador de Dieléctrico Deshidratador por Microondas	Cualquier tipo de alimento
<b>Por congelación</b>	Liofilador	Sólidos de tamaño pequeño y suspensiones

(Irezabal, 2010)

### 2.2.1. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA (DO)

La deshidratación osmótica (DO) radica en la inmersión de un alimento sólido en una solución acuosa (azúcar o sal), permitiendo una reducción hasta del 80% del agua original del alimento, aumentando la vida útil y mejorando las características sensoriales del producto (Fellows, 1998).

La deshidratación osmótica se produce a través de la membrana semipermeable de las células, que permite el paso de agua del producto hacia la solución y el ingreso de solutos al interior de la misma (Acree & Cunningham, 2013). Como se puede observar en la Figura número 3.



**Figura 3.** Proceso de Deshidratación Osmótica (Acree & Cunningham, 2013)

El proceso de deshidratación osmótica consta de dos etapas en las cuales se deshidrata el alimento, perdiendo gran cantidad de agua y se impregna sólidos al alimento, conforme transcurre el tiempo de deshidratado (Genina Soto, 2002). Este proceso de deshidratación osmótica se debe a la velocidad con la que el agua sale del alimento hacia la solución de sacarosa (Barat Baviera, Grau, & Maupoey, 1998).

Los principales factores que se deben considerar son los relacionados con la fruta, en primer lugar se encuentra materia seca inicial, estructura, tamaño, tratamientos previos y en segundo lugar están aquellos que se relacionan con la solución osmótica es decir las condiciones de proceso en las cuales se puede ver afectado y éstas pueden ser relación volumétrica, la temperatura del proceso, el tiempo del proceso y la agitación del jarabe (Spiazzi & Mascheroni, 2001).

La solución hipertónica en la que los alimentos son sumergidos tiene como objetivo producir tres flujos continuos de masa (Ramón, 2013):

- Flujo de agua desde alimentos hacia la solución,
- Flujo de solutos hacia el interior del alimento
- Una lixiviación de solutos que son propios del alimento como son minerales, vitaminas, ácidos orgánicos entre otros.

#### **2.2.1.1. Agentes deshidratantes**

La solución osmótica, hipertónica o agente deshidratante debe contener gran cantidad de solutos (azúcar/sal), con el objetivo de disminuir la actividad de agua presente en el alimento y poder crear presión osmótica entre el alimento y la solución. Las soluciones comúnmente utilizadas para realizar el proceso de deshidratación son mono y disacáridos (glucosa, fructosa, sacarosa, lactosa), sales (cloruro de sodio) e hidrolizados de productos que contengan almidón (hidrolizados de maíz con alto contenido de fructosa y glicerol) (Barat *et al*, 1998).

El jarabe para osmodeshidratación mas recomendado es el jarabe de azúcar invertida ya que dentro de sus ventajas se encuentra que la fructosa tiene mayor grado de dulzor, es más difícil que se cristalice en forma invertida, su solubilidad es más alta que la miel y es más higroscópica, tiene mayor penetración en la fruta; como desventajas si se utiliza solo azúcar invertida se tendrá un producto duro, por lo que generalmente se combina la sacarosa con un poco de jarabe de azúcar invertida para evitar y reducir los riesgos de cristalización (Pérez, Cardoso, & Velásquez, 2008). A continuación se observa los tipos de jarabes en la Tabla 5.

**Tabla 5. Tipos de jarabes**

Tipos de Azúcares	Composición	Características
<b>Sacarosa caña</b> <b>remolacha</b>	Azúcar refinada cristalina Azúcar refinada líquida	Es la común, su almacenamiento es más costoso y debe refrigerarse o utilizarse de inmediato
<b>Azúcar morena</b>	Azúcar no refinada o de grado impuro	Da un color ámbar en el resultado final del jarabe, se usa para frutos oscuros para que no afecte la calidad en cuanto apariencia
<b>Azúcar invertida</b>	Sacarosa hidrolizada (fructosa + glucosa)	Alto grado de dulzor, más soluble que la sacarosa, reduce los riesgos de cristalización
<b>Dextrinas (jarabe de maíz)</b>	Dextrinas (oligosacáridos cadenas de 3 a 8 unidades de glucosa)	Son producto de hidrólisis del almidón, tiene alta viscosidad, menor grado de dulzor,
<b>Azúcar, pesado (denso)</b>	<b>Jarabe</b> Sacarosa altamente refinada	Se usa en bebidas carbonatadas, dulces, postres, etc
<b>Jarabe con alto contenido de fructosa</b>	Isomerización enzimática de jarabes de glucose	Es superior que el de la sacarosa, tienen menor valor calórico.

(Molina, 2010)

### 2.2.1.2. Variables que afectan al proceso de deshidratación osmótica

A continuación se señalan las distintas variables del proceso en la osmo deshidratación; estas son; temperatura del proceso, concentración de la solución osmótica, naturaleza del agente osmótico y tratamiento de presión (Barat *et al*, 1998).



La temperatura en el proceso de deshidratación osmótica provoca un incremento en la velocidad de transferencia de materia en el agua y los sólidos solubles. Se debe tener en cuenta que la temperatura en la deshidratación osmótica hace que el alimento sufra cambios en su estructura, textura y funcionalidad (Morales, 2012).

En cuanto a la concentración de la solución osmótica provoca que la deshidratación osmótica sea afectada, es decir, la transferencia de materia, viscosidad de la solución y el equilibrio de concentración (solución/alimento) Concentraciones muy elevadas pueden provocar un fenómeno conocido como encostramiento que consiste en la formación de una capa superficial en el alimento que contiene una alta concentración y es una barrera entre el producto y la solución osmótica (Barat, *et al* 1998).

### **2.2.1.3. Ventajas y desventajas**

Según Barat *et al.*, 1998 y Prothon 2003, el proceso de deshidratación osmótica tiene las siguientes ventajas:

Los alimentos presentan un daño menor en cuanto a color y sabor; conserva mejor el sabor fresco de productos, previene el oscurecimiento debido a la alta concentración del soluto, también reduce la acidez y realza el sabor especialmente en las frutas, conserva mejor la estructura del alimento, evita la pérdida de ciertos nutrientes hidrosolubles, si es utilizado como pretratamiento se lograría una humedad intermedia del alimento.

Otra de las ventajas que presenta esta técnica, es que es efectiva a temperaturas no muy elevadas inclusive a temperatura ambiente, por lo que el daño térmico es mínimo y la alta concentración de la solución previene la decoloración de los frutos y vegetales, así resulta el óptimo pretratamiento para la mejora de algunas propiedades nutricionales, organolépticas y hasta funcionales del alimento.

De acuerdo con Barat et al., 1998 y Prothon, 2003 algunas de las desventajas presentes en la deshidratación osmótica son:

- En algunos productos puede llegar a causar ciertos problemas en cuanto a almacenamiento y cambios de sabor,
- Dependiendo del producto puede no favorecerle a la textura que se forme una capa de azúcar después del secado respectivo,
- Cuando los alimentos son sometidos a rehidratación disminuyen sus atributos de calidad.
- Las frutas pueden oxidarse teniendo así un deterioro en el sabor debido a la alta retención de aceites esenciales.

### **2.2.2. DESHIDRATACIÓN POR AIRE**

La deshidratación por aire se presenta cuando se elimina agua del alimento a través de la evaporación de la misma. El agua que se encuentra en el interior del alimento es mucho más difícil de evaporar en comparación a la que se encuentra en el exterior o superficie del alimento (Irezabal, 2010).

Los alimentos deshidratados son producidos con fines de conserva como también para la creación de productos novedosos fáciles de preparar, transportar, almacenar y consumir; proporcionando así una amplia gama de posibilidades para la dieta del consumidor además de cumplir con todos los requisitos sanitarios de materia prima (Hermosa, 2013).

La deshidratación por aire es también llamada evaporación superficial, es uno de los métodos más utilizados especialmente en frutas y hortalizas. Existen algunos factores que afectan a la deshidratación por aire como el tiempo de secado, el cual incide en las propiedades físicas del producto, esto depende de las características físicas del aire como temperatura, humedad y velocidad (Colina, 2010).

La deshidratación por convección o también llamada deshidratación adiabática, es cuando el alimento se pone en contacto con una corriente de aire caliente hasta llegar a la temperatura de evaporación del agua, esta deshidratación se utiliza para alimentos sólidos, ya sea sólidos o enteros (Irezabal, 2010).

### **2.2.2.1. Ventajas y desventajas**

La extracción del agua tiene la ventaja de inhibir el crecimiento microbiano, baja así los costos en cuanto a envasado, almacenamiento y transporte; también el secado puede reducir parcial o totalmente el volumen de agua libre en el alimento logrando así mejorar las condiciones microbiológicas, organolépticas y fisicoquímicas del alimento. El proceso de secado puede llevarse a cabo por diversos sistemas, pero siempre va a depender de la naturaleza del producto, la forma y calidad requerida, costo del procesamiento (Gasparetto, Oliveira, da Silva, & Magalhães, 2004).

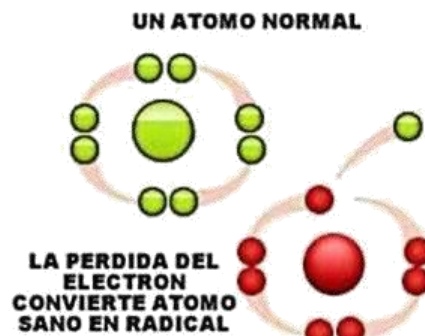
Como desventajas claras se encuentra que al someter a un alimento a deshidratación por aire, se obtiene un consumo de energía muy elevado por lo cual se realizan pre tratamientos como la deshidratación osmótica para reducir el consumo de energía en el momento de la deshidratación por aire caliente.

## **2.3. ANTIOXIDANTES**

### **2.3.1 RADICALES LIBRES**

Un radical libre es una molécula muy reactiva e inestable, que contiene uno o más electrones no emparejados en su orbital exterior. Son metabolitos secundarios de los procesos oxidativos normales de las células; capaces de reaccionar con muchos componentes celulares, entre los que incluyen ADN, proteínas y lípidos; reacción que puede provocar modificaciones del funcionamiento normal de estas moléculas e iniciar cambios patológicos (Webb 2007; Challem and Block 2008; Vasudevan, Sreekumari et al. 2011).

La pérdida de uno de los electrones que forman una pareja se conoce como oxidación. El proceso de devolver un electrón a su pareja original se conoce como “reducción” en acción (Challem and Block 2008). En la Figura 4 se muestra la formación de radicales libres.



**Figura 4.** Función de un Antioxidante (Evoy, 2011)

Los radicales libres cumplen numerosas funciones útiles en el organismo, como es la defensa contra las infecciones, por lo que el cuerpo fabrica estos radicales libres pero en cantidades moderadas; en cambio, en cantidades excesivas tienen la capacidad de dañar las células y el material genético (Criado Dabrowska and Moya Mir 2009).

### **2.3.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL**

Los antioxidantes son compuestos químicos, forman un grupo de vitaminas minerales, colorantes naturales y otros compuestos que existen en frutas, vegetales, legumbres, cereales y hortalizas; tienen el poder de apropiarse de radicales libres que son los que logran impedir el daño en los tejidos (Avello & Suwalsky, 2006).

La función antioxidante previene, revierte y retarda reacciones contundentes a la oxidación de los sustratos, ácidos nucleicos, proteínas y lípidos, que se realiza con la donación de electrones para impedir el envejecimiento y la aparición de enfermedades degenerativas (Garrido, 2004).

Los antioxidantes tienen el poder de apropiarse de los radicales libres ya que actúan en la prevención de reacciones químicas con óxido nítrico u oxígeno (Bratati y Archana, 2010). Además en estudios realizados por (Álvarez, 2008), se dice que los antioxidantes juegan un papel importante en la prevención de enfermedades neurodegenerativas, cardiovasculares, trastornos de Parkinson y Alzheimer; inclusive inflamaciones debido al envejecimiento celular y otras alteraciones del sistema nervioso.

La determinación de capacidad antioxidante total se fundamentan en comprobar cómo un agente oxidante induce al daño oxidativo a un sustrato oxidable, daño que es reducido en presencia de un antioxidante. Esta inhibición es proporcional a la actividad antioxidante del compuesto o muestra.

Existen ensayos que se fundamentan en la cuantificación de los productos formados tras el proceso oxidativo. Los métodos pueden diferir en el agente oxidante, en el tiempo de evaluación, en el sustrato empleado, en la técnica utilizada, en las interacciones de la muestra con el medio de reacción y la sensibilidad (Gil, Barberán et al. 2002; Quintanar Calderón 2009).

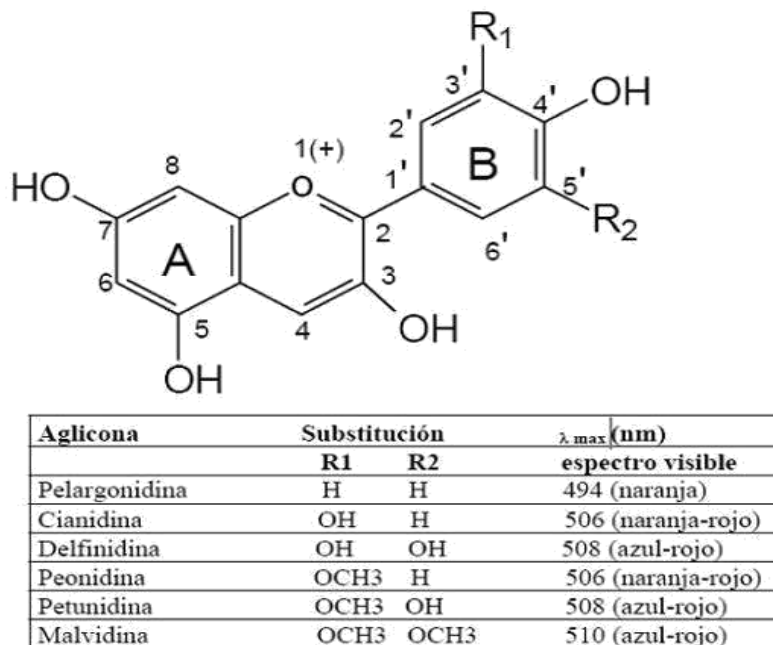
La selección de la técnica a usar debe tener en cuenta que los iniciadores pueden ser oxidantes que capturan electrones o hidrógenos, lo cual está valorando al antioxidante que existe en la muestra y con ello puede afectar y ser más o menos eficiente (Quintanar et al. 2009).

### 2.3.3. ANTOCIANINAS

Son un grupo de pigmentos de color rojo que se encuentran distribuidos considerablemente en el reino vegetal y son hidrosolubles (Fennema, 1993).

La mayoría de frutas rojas y moradas en su proceso de maduración contienen en la pulpa gran cantidad de antocianinas, las cuales tienen una elevada capacidad antioxidante (Macheix, 1990).

Químicamente podemos decir que las antocianinas son glúcidos de las antocianidinas, es decir están compuestas por una molécula de aglicona (antocianidina) y un azúcar a través de un enlace  $\beta$ -glucosídico, tienen como estructura básica de éstas agliconas a un ion flavillio (Baudi, 2006). Su estructura se presenta en la Figura 5.



**Figura 5.** Estructura y sustituyentes de las antocianinas (Wrosland, 2011)

Las antocianinas son relativamente inestables, éstas presentan reacciones de tipo degradativas por lo que el estudio del contenido y estabilidad de estos pigmentos es de suma importancia. Los factores que hacen ver inestable a este pigmento son: concentración, pH, temperatura de almacenamiento, luz, oxígeno, presencia de enzimas, ácido ascórbico, estructuras, actividad de agua y concentraciones de las antocianinas (Delgado-Vargas & Paredes-López, 2003; Giusti & Wrolstad, 2001; Meléndez Martínez, Vicario, & Heredia, 2003).

### **3. METODOLOGÍA**



### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. MATERIA PRIMA**

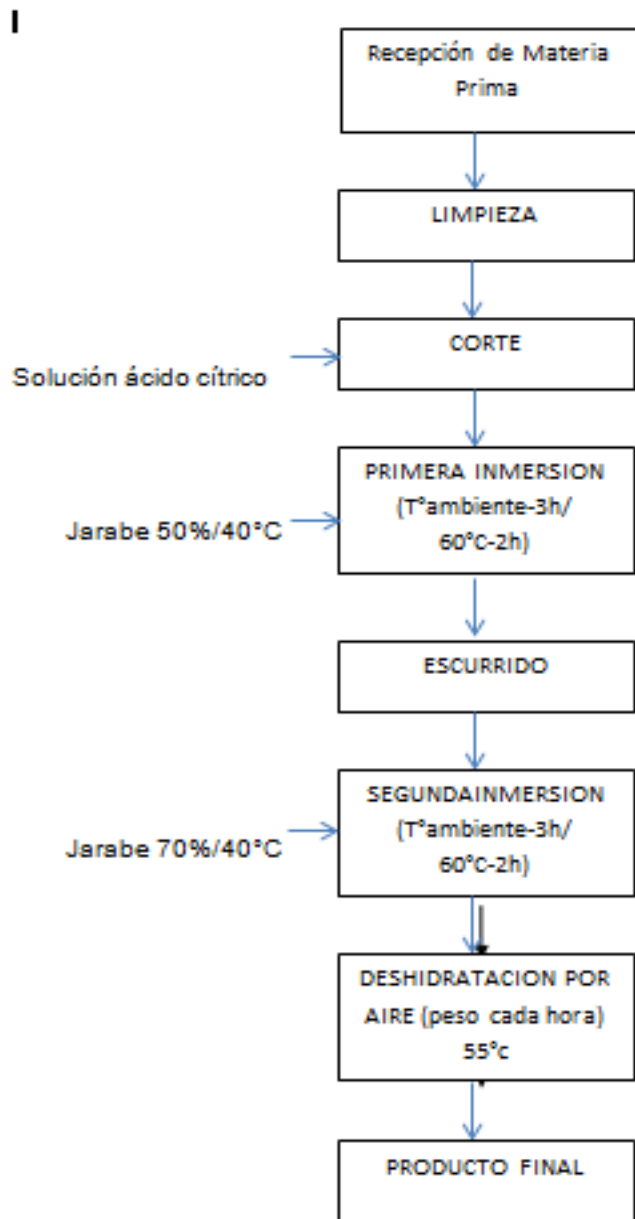
El experimento se llevó a cabo empleando frutos de tomate de árbol amarillo y morado (*Cypomandra betacea*) obtenidos en Píllaro en la provincia de Tungurahua, en estado de madurez grado 5.

El tomate de árbol fue procesado en la planta de alimentos de la Universidad Tecnológica Equinoccial, se realizó la limpieza y selección de los frutos en un grado de madurez 5, tanto del tomate morado como del amarillo por separado.

La fruta entera fue cortada en rodajas, el espesor de las rodajas fue de 3 mm; para el corte se utilizó una cortadora eléctrica marca Aurora FS04, 60 Hz y 130 W, las muestras fueron colocadas en una solución de ácido cítrico para evitar su pardeamiento.

#### **3.2. PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA**

El proceso de osmodeshidratación comienza con la recepción de la materia prima, los frutos se limpiaron y se cortaron en rodajas con un espesor de 3 mm., seguidamente se sumergieron en una solución de ácido cítrico para su conservación; se preparó jarabe de azúcar invertido donde se sumerge la fruta durante 3 horas el cual se realizó con una formulación de 30% de agua y 70% de azúcar para un litro de agua, el agua se calentó hasta los 50°C y se colocó el azúcar formando una mezcla la cual se agitó hasta llegar a los 80°C, a esta mezcla se le colocó 3 g de ácido cítrico por kilo de mezcla, la misma se enfrió hasta los 50°C y se colocó 4 g por kilo de mezcla de bicarbonato de sodio. En la Figura 6 se muestra el proceso de deshidratación osmótica



**Figura 6.** Proceso de osmodeshidratación

La deshidratación osmótica se realizó a 19.2°C (T° ambiente) y a 60°C, con concentraciones de azúcar invertido para la solución hipertónica 50°Bx y la otra con 70 °Bx, respectivamente; además se tomó medidas de sólidos solubles tanto de la fruta como del jarabe en intervalos de 30 min por 4 horas para los tratamientos 1 y 3, mientras que para los tratamientos 2 y 4 la se tomó los mismos parámetros por 3 utilizando un refractómetro marca BOECO, los tratamientos se detallan a continuación en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Tratamientos de deshidratación osmótica/ deshidratación por aire del tomate de árbol

TRATAMIENTO	DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	TIEMPO DE DO	DESHDRATACIÓN POR AIRE	TIEMPO DE DA
Tratamiento 1	50°Bx-19.2°C	4h	55 °C	3h
Tratamiento 2	50°Bx- 60°C	3h		
Tratamiento 3	70°Bx-19.2°C	4h		
Tratamiento 4	70°Bx-60°C	3h		

Las rodajas una vez deshidratadas osmóticamente, se deshidrataron por aire a 55 °C en un deshidratador excalibur food dehydrator, este proceso se lo realizó durante 3 horas.

En la deshidratación osmótica a temperatura de 60°C, se sumergió el tomate de árbol en la solución osmótica de 60 °C que se encontraba en el equipo de deshidratación osmótica el cual consta de una bandeja térmica (malla) y un agitador electrónico, donde se mantuvo la fruta en agitación continua durante 3 horas, después de este proceso las rodajas se colocaron en el deshidratador por aire a 55 °C durante 3 horas, tomando el peso cada 60 min. En el ANEXO I se encuentra las fotografías del proceso de deshidratación osmótica.

Éstos tratamientos fueron realizados tanto para el tomate de árbol amarillo como para el morado de variedad (*Cypomandra betacea*). En el ANEXO II se muestra el proceso de deshidratación aire mediante fotografías.

### **3.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE MATERIA PRIMA**

Se realizó la caracterización física del tomate, en donde se determinó el peso con una balanza electrónica marca UWE. En cuanto a la textura o firmeza se determinó con un penetrómetro, los sólidos solubles se midió con un refractómetro marca BOECO, de acuerdo a la norma INEN-ISO 2173 de conservas vegetales.

El volumen de la fruta se determinó mediante el desplazamiento del agua con la ayuda de una probeta de 1000 mL, la longitud y el diámetro se midió mediante un calibrador.

El color del tomate de árbol se determinó tanto en su interior como en su exterior con la ayuda de un colorímetro marca KONICA MINOLTA (MODELO CR-400).

El pH se lo midió con un potenciómetro marca Mettler Toledo, introduciendo un electrodo en la fruta de acuerdo a la norma INEN-ISO 1842:2013. Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ión hidrógeno (pH) .

La acidez titulable se determinó mediante la norma INEN-ISO 750 Conservas vegetales. Determinación de acidez titulable. Método potenciométrico de referencia, para lo cual se midió el volumen de NaOH gastados, se calculó mediante la fórmula [1] descrita a continuación para la acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico). En el ANEXO III se puede divisar lar fotografías de la caracterización física del tomate de árbol

$$\text{Acidez titulable(\%ácido cítrico)} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot N \cdot \text{Meq}}{P} \times 100$$

muestra

[1]

Donde:

$V_{\text{NaOH}}$  = volumen en ml del NaOH consumido en la titulación

$N$  = normalidad del NaOH (0.1)

$\text{Meq}$  = miliequivalentes de ácido predominante (ácido cítrico 0.064).

En la caracterización química de la fruta se determinó Humedad, Grasa, Proteína, Ceniza, Fibra, Carbohidratos; estos análisis se realizaron en el laboratorio LABOLAB.

En el ANEXO IV se muestra los resultados del tomate amarillo y el ANEXO V del tomate morado.

### **3.4. DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES**

#### **3.4.1. ANTOCIANINAS TOTALES**

Las antocianinas se determinaron mediante el método del pH diferencial, el cual se detalla en el ANEXO VI; las fotografías de dichas extracciones se observan en el ANEXO VII.

Los extractos se determinaron de acuerdo al ANEXO VIII, a una absorbancia de 510nm y 700nm para cada uno de las buffer de pH y se expresan en cianidina-3-glucósido.

#### **3.4.2. MÉTODO ABTS**

Se realizó mediante el método “Trolox Equivalent Antioxidant Capacity” (TEAC), descrito por Re (1999) el cual usa el radical catiónico ABTS, el método se detalla en el ANEXO IX. Se midió a una absorbancia de 734 nm, el análisis fue realizado por duplicado, expresando su resultado como equivalente de Trolox.

### **3.4.3. MÉTODO DPPH**

Este ensayo se realizó por reacción con el radical estable 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) en etanol. El consumo de DPPH se calculó con el uso de una curva de calibración. Los resultados fueron expresados como mg de trolox por gramo de tejido. Los ensayos se realizaron por triplicado.

## **3.5. PREPARACIÓN DE EXTRACTOS**

### **3.5.1. EXTRACTOS METANÓLICOS**

Se tomó aproximadamente 3 g de tejido congelado, fueron triturados en un minipimer marca PHILIPS, pesados en tubos falcon donde se colocó la muestra junto con 10ml de metanol, que se agitaron durante 40 minutos para luego ingresar en la centrífuga HERMLE LABOTECHNIK para su homogenización durante 15 min a 4°C a 6000 rpm, al salir de éste proceso se almacenó el sobrenadante en los eppendorf a -18°C hasta su análisis.

### **3.5.2. EXTRACTOS BUFFER**

Para preparar los extractos se prepararon soluciones de buffer de pH 1 y pH 4,5. Estos extractos se realizaron por triplicado para cada muestra, donde se tomó 2.5 a 3 g de tomate de árbol deshidratado osmóticamente y se añadió 25 ml de la solución de buffer pH 1, se homogenizó durante 15 minutos y se centrifugo a 6000 rpm a 4 °C., se procedió de la misma manera con el buffer de pH 4.5.

### **3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Esta investigación fue realizada con un diseño a x b para la deshidratación osmótica, en donde las variables independientes fueron concentración y temperatura mientras que las variables dependientes capacidad antioxidante (ABTS, DPPH) y cuantificación de antocianinas.

La deshidratación por aire se realizó mediante un análisis simple ANOVA en donde la variable independiente fue la temperatura mientras que las variables dependientes fueron las mismas que se utilizó en el diseño a x b.

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza y las medidas comparadas por el test de Tukey con una significancia de 0.05; la cual prueba la cantidad de residuos para determinar si existe correlación significativa para lo cual se utilizó el software estadístico InfoStat.

## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**



## 4. RESULTADOS

### 4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA

Los resultados de la caracterización físico de la fruta fresca tomate de árbol amarillo y morado, se encuentran en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Caracterización física de Tomate de árbol variedad amarillo y morado

PARÁMETRO	TOMATE DE ÁRBOL AMARILLO*	TOMATE DE ÁRBOL MORADO*
Peso (g)	110.38± 11.05 <sup>a</sup>	127.25± 11.91 <sup>a</sup>
Volumen (ml)	107.50± 10.33 <sup>a</sup>	123.44± 12.21 <sup>a</sup>
Longitud (mm)	68.20± 0.65 <sup>a</sup>	77.20± 0.49 <sup>a</sup>
Diámetro (mm)	55.47± 0.34 <sup>a</sup>	56.67± 0.20 <sup>a</sup>
Textura (N)	6.25 ± 0.63 <sup>a</sup>	5.56 ± 0.56 <sup>ab</sup>
Sólidos Solubles (°Brix)**	10.63± 0.56 <sup>a</sup>	10.94± 0.54 <sup>a</sup>
Ph	3.54 ± 0.09 <sup>a</sup>	3.62 ± 0.08 <sup>a</sup>
Acidez titulable (%)	1.85 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.86 ± 0.09 <sup>a</sup>
Índice de madurez (°Brix/%ác. cítrico)	5.76 ± 0.48 <sup>a</sup>	5.90 ± 0.52 <sup>a</sup>

\*media en base fresca ± desviación estándar

(n=16) \*\*°Brix corregido por temperatura

Letras iguales en la misma fila no denotan diferencia significativa (P< 0,05)

El tomate de árbol amarillo utilizado en esta investigación presentó un calibre mediano de acuerdo a la norma INEN 1909:2009 Fruta fresca. Tomate de árbol. Requisitos, ya que su masa promedio fue de 110.38 g, longitud 68.20 mm y un diámetro 55.47 mm. Mientras que el tomate de árbol morado presentó una masa promedio 127.25 g, longitud 77.20 mm y un diámetro 56.67 mm, indica que su calibre es grande. Además en el estudio realizado por (Hector J, Julio 2005), indica que el tomate de árbol es de calibre pequeño al tener un diámetro de 76.1 mm, 100.11 g en peso.

Los sólidos solubles alcanzaron un valor de  $10.63 \pm 0.56^\circ\text{Brix}$  para el tomate amarillo mientras que para el tomate morado se obtuvo un valor de  $10.94 \pm 0.54$ , según concordancia a la norma INEN 1909:2009 que contiene un valor apto para consumirlo. Ésta norma da como parámetro que el tomate de árbol como valor mínimo debe ser  $8.5^\circ\text{Brix}$ , el valor presentado en los sólidos solubles tiene relación con el grado de madurez de las frutas utilizadas, indicando que los tomates se encontraban en madurez de consumo.

La norma INEN 1909:2009 en cuanto a la acidez titulable (% ácido cítrico) indica un máximo de 2% es decir el fruto analizado se encuentra en óptimas condiciones para su consumo ya que para el tomate amarillo muestra un valor que se encuentra en 1.85% mientras que para el tomate morado 1.86%.

**Tabla 8.** Caracterización Química del tomate de árbol amarillo y morado

ANALISIS	MÉTODO	RESULTADO AMARILLO	RESULTADO MORADO
Proteína (%)	NTE INEN 16	2.92	1.24
Humedad (%)	NTE INEN 382	85.64	86.74
Grasa (%)	NTE INEN 523	0.00	0.00
Ceniza (%)	NTE INEN 14	1.63	1.74
Fibra (%)	NTE INEN 522	7.31	7.11
Energía (kcal/100g)	Cálculo	21.68	17.64
Carbohidratos totales (%)	Cálculo	2.50	3.17

En la Tabla 8 muestra la caracterización química de los tomates de árbol amarillo y morado, donde indica los resultados de proteína, humedad, grasa, ceniza, fibra, carbohidratos totales y energía.

El resultado de proteína para tomate de árbol amarillo es de 2.92 y para tomate de árbol morado 1.24, de acuerdo a lo reportado en el estudio de Vasco & Eldin (2008) indica tener valores similares, mientras que en el estudio realizado por Sangay (2010) el resultado de proteína es de 8.05% y 7.91% para tomate de árbol amarillo y morado, respectivamente.

La humedad determinada fue de 85.64% y 86.74% para tomate de árbol amarillo y morado, respectivamente, estos valores son menores a los reportados en los estudios de Sangay (2010) y Ritua et al. (2008) de 87.11% y 89.21% para cada variedad de tomate de árbol, esta diferencia puede ser por diferentes parámetros por ejemplo que los tomates analizados en esos estudios son de Colombia y Perú es decir se encuentran en sus condiciones ambientales y de agricultura mientras que el estudio es realizado con tomates Ecuatorianos.

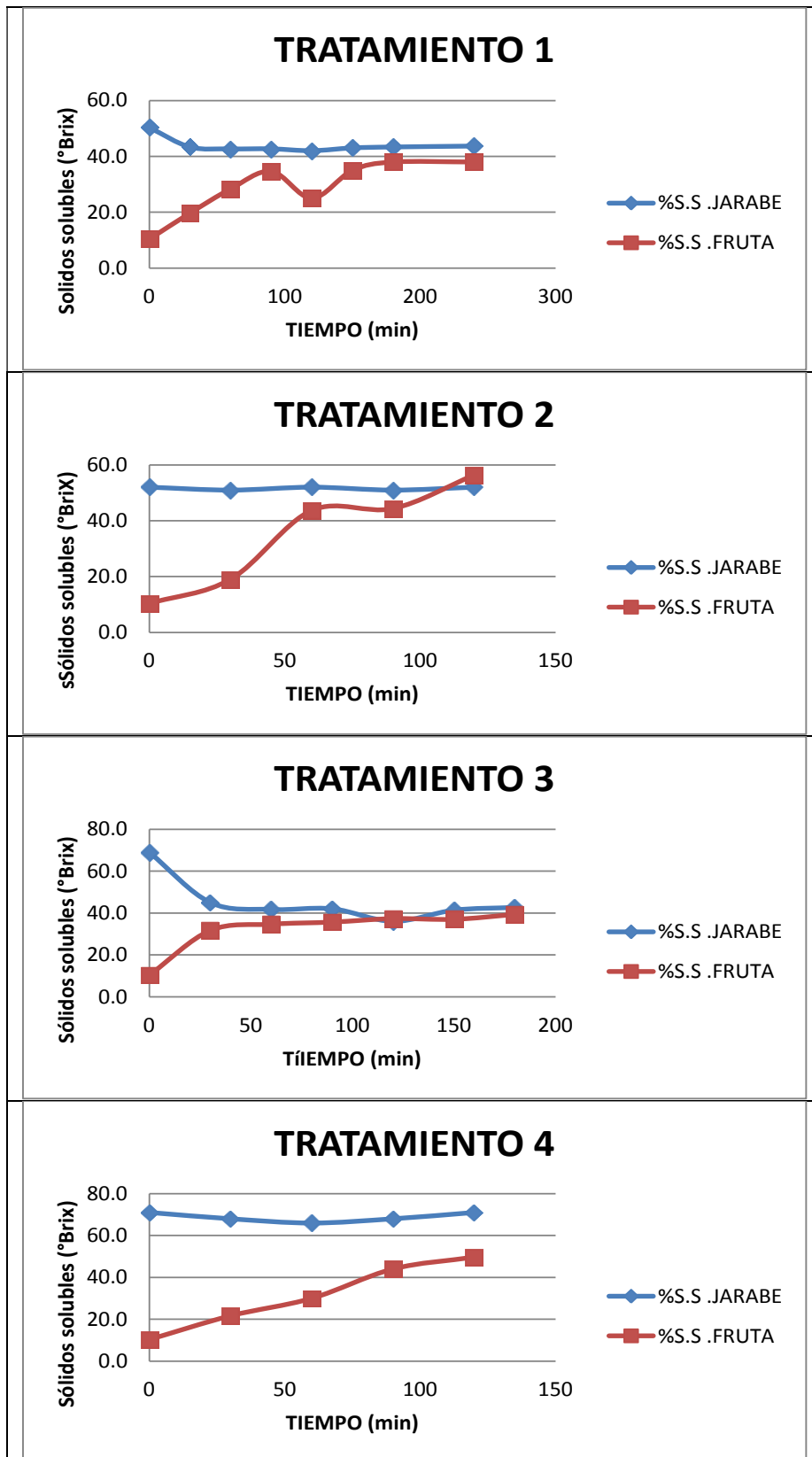
## **4.2. PROCESO DE DESHIDRATACIÓN**

Durante el análisis del tomate de árbol amarillo y morado en el proceso de osmodeshidratación, se obtuvo los resultados en cada tratamiento lo cual se refleja en las curvas de sólidos solubles (solución osmótica/fruta) vs. tiempo; mientras que en el proceso de deshidratación por aire se realizaron curvas de peso perdido vs. tiempo.

### **4.2.1. TOMATE DE ÁRBOL AMARILLO**

#### **4.2.1.1. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA**

Como se muestra en la Figura 7 se observa el tiempo en el cual la cantidad de sólidos solubles de la solución osmótica se equilibran con los sólidos solubles que migran a la fruta.



**Figura 7.** Variación de los sólidos solubles durante el proceso de deshidratación osmótica de cada tratamiento de tomate de árbol amarillo.

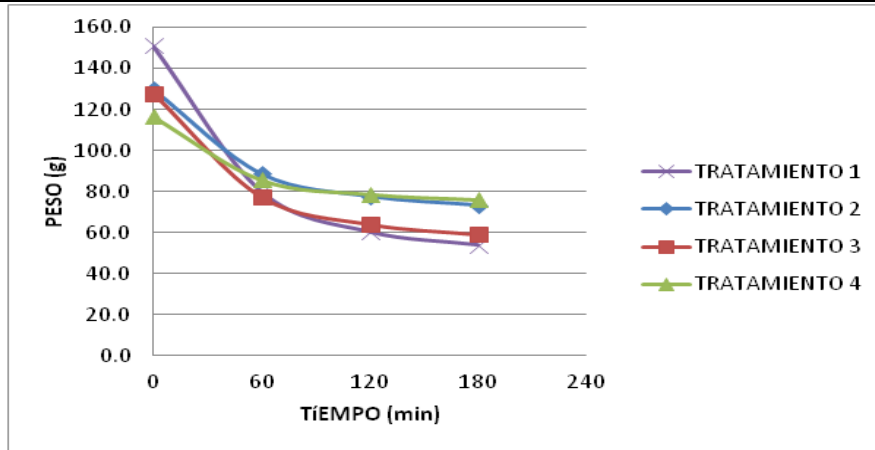
El proceso de deshidratación osmótica en el tratamiento 1, 3 y 4 tarda mayor tiempo en transferir los solutos de la solución osmótica a la fruta siendo estos de 180min para el tratamiento 1 y 120 minutos para los tratamientos 3 y 4. Este tiempo de deshidratación es similar al estudio realizado por Castillo (2007) y a Ramón (2013) en su estudio de deshidratación osmótica para la carambola. Siendo el tratamiento 2 el mejor por alcanzar el equilibrio osmótico en un menor tiempo 110 minutos y 56.3% de sólidos solubles, esto debido a que la solución osmótica transfiere en menor tiempo los solutos solubles a la fruta, similares comportamientos se encontraron en Hidalgo y Vargas (2009) en su estudio de deshidratación osmótica.

#### **4.2.1.2. DESHIDRACIÓN POR AIRE AMARILLO**

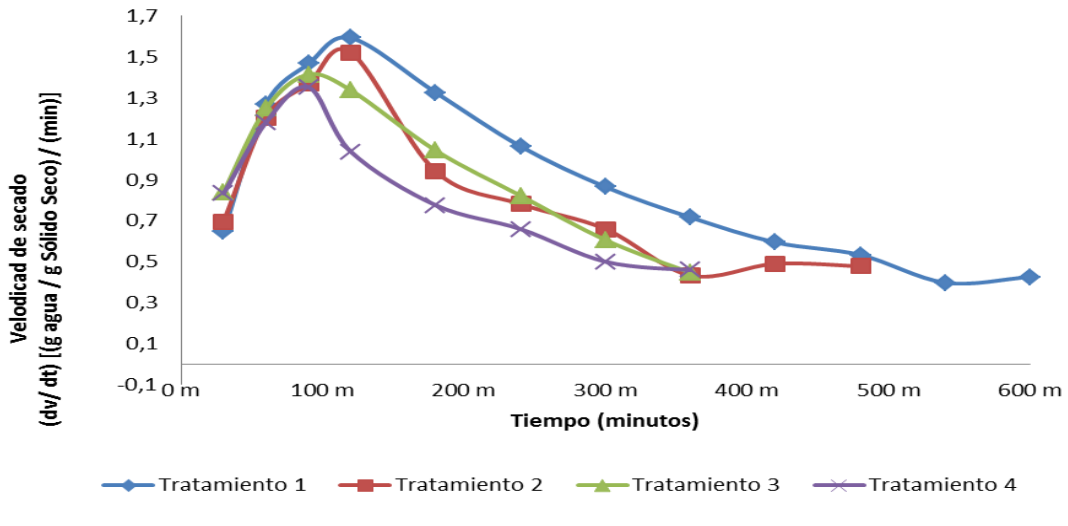
La curva de velocidad de deshidratación, se muestra en la Figura 8. Los resultados muestran que para cada tratamiento se tiene un comportamiento diferente, se puede decir que los tratamiento 1 y 3 deshidratados osmóticamente a una misma temperatura (19.2°C) tienen un comportamiento similar en cuanto a su pérdida de peso en el minuto 60, mientras que los tratamientos 2 y 4 de igual manera sometidos a la misma temperatura osmótica (60°C) son similares en el minuto 120, es decir que no depende de la solución osmótica, sino que depende de la temperatura utilizada en el proceso.

El tratamiento que obtuvo mayor pérdida de peso fue el tratamiento 1 por ser previamente sometido a una solución osmótica de 50°Brix a 19.2°C por lo tanto se pierde mayor cantidad de agua a diferencia de los otros tratamientos que fueron sometidos a diferentes concentraciones y temperaturas. Similares comportamientos fueron encontrados por Hermosa (2013) donde a temperatura 60 °C se mantiene en equilibrio la deshidratación por aire. Y por Colina (2010) en sus estudios de deshidratación de fruta fresca

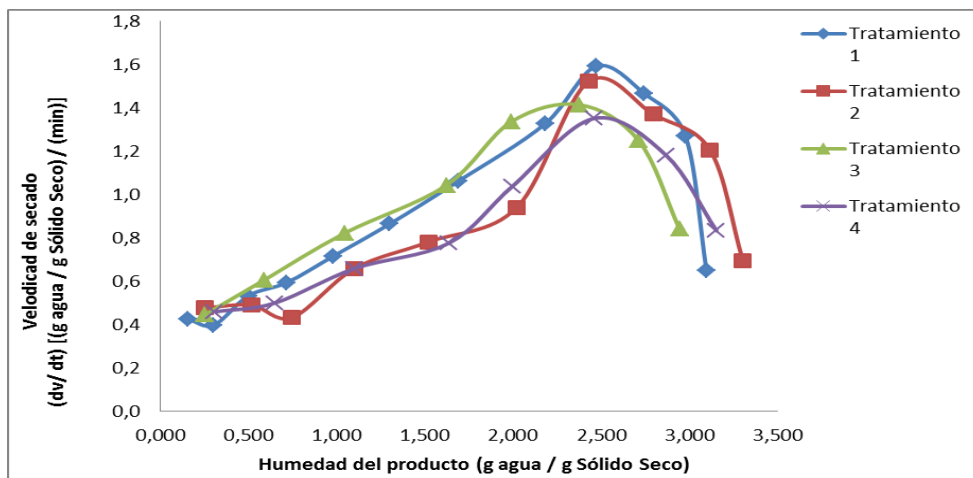
**Tabla 9.** Curvas de secado del tomate de árbol amarillo



Pérdida de peso vs. Tiempo de secado tomate amarillo



Velocidad de secado vs tiempo de tomate de árbol amarillo



Velocidad de secado vs humedad del producto tomate de árbol amarillo

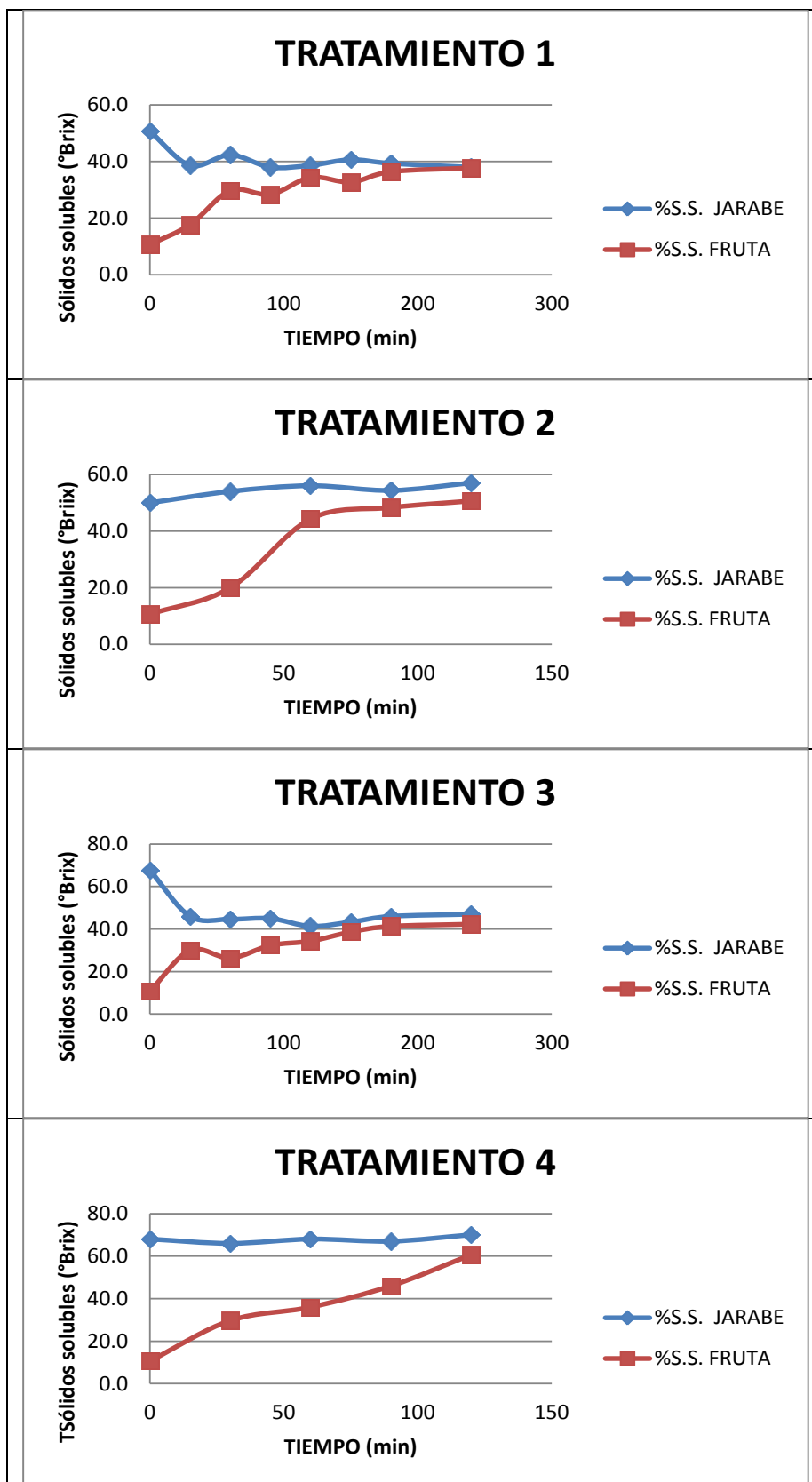
En la Tabla 8 se distingue las curvas de secado obtenidas para el tomate de árbol amarillo después de ser sometidas a un tratamiento previo de deshidratación osmótica en donde se puede observar que a 180 min se adquiere la humedad deseada, se puede observar que la velocidad de secado en el tratamiento 1 es de 0.02435 [(g agua/ g sólidos secos) / min] y a las 3 horas esta velocidad decrece, esta velocidad se obtuvo a 60°C que se acerca a los parámetros obtenidos en el estudio de Quimbiulco (2014) el cual necesito de más tiempo para obtener la humedad y velocidad óptimas.

La velocidad constante en éste proceso no fue muy duradera ya que al haber sido sometido a un proceso previo de deshidratación osmótica se alcanza rápidamente en una etapa decreciente pero el tratamiento 1 y 2 alcanzan la velocidad constante en el mismo punto a los 120 minutos 0,0068 y 0,0020 [(g agua/ g sólidos secos) / min] respectivamente al igual que el 3 y 4 en los cuales se obtuvo el período de velocidad constante en el minuto 90 para los 2 casos esto porque cada grupo contienen la misma concentración de deshidratación osmótica. Se logró observar que en el Tratamiento 4 la velocidad de curva de secado tomó la etapa decreciente con mayor rapidez, debido a que es el tratamiento con mayor cantidad de sólidos solubles y temperatura en la DO es decir la velocidad decrece hasta que los gramos de agua se evaporan y los sólidos secos se incrementan.

## **4.2.2. TOMATE DE ÁRBOL MORADO**

### **4.2.2.1. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA**

En la Figura 8 se muestran los resultados obtenidos para la deshidratación osmótica del tomate morado, en donde se determina el momento clave en el que la cantidad de sólidos solubles de la fruta logran llegar a un equilibrio con la cantidad de sólidos solubles de la solución osmótica.



**Figura 8 .** Variación de los sólidos solubles durante el proceso deshidratación osmótica de cada tratamiento de tomate de árbol morado.



El proceso de deshidratación osmótica en el tratamiento 1, 3 y 4 tarda mayor tiempo en transferir los solutos de la solución osmótica a la fruta siendo estos de 180min para el tratamiento 1 y 120 minutos para los tratamientos 3 y 4. Este tiempo de deshidratación es similar al estudio realizado por Castillo (2007) y a Ramón (2013) en su estudio de deshidratación osmótica para la carambola. Siendo el tratamiento 2 el mejor por presentar equilibrio osmótico en un menor tiempo de 110 minutos, similares comportamientos se encontraron en Hidalgo y Vargas (2009) en su estudio de deshidratación osmótica.

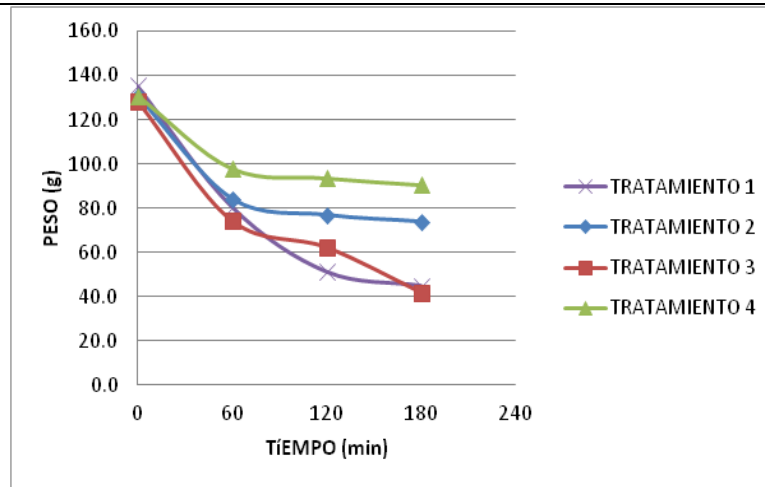
Los tratamientos que tardaron mayor tiempo en encontrar el equilibrio osmótico fueron el 1 y 3, con 240 y 180 minutos, respectivamente, debido a que la temperatura influye en el proceso de migración de los solutos a la fruta, acelerando la transferencia.

Cabe recalcar que los tratamientos que alcanzaron el equilibrio osmótico fueron el 2 y 4 con 100 y 120 minutos, respectivamente. Siendo el mejor el tratamiento 2. Sin embargo la mayor ganancia de sólidos solubles alcanzó la fruta del tratamiento 4 con 60.7 ° Brix, siendo este valor similar al estudio realizado por Parra (2014), donde el durazno en la deshidratación osmótica indica que la cantidad de sólidos solubles aumenta a medida que se incrementa el tiempo de inmersión en la solución.

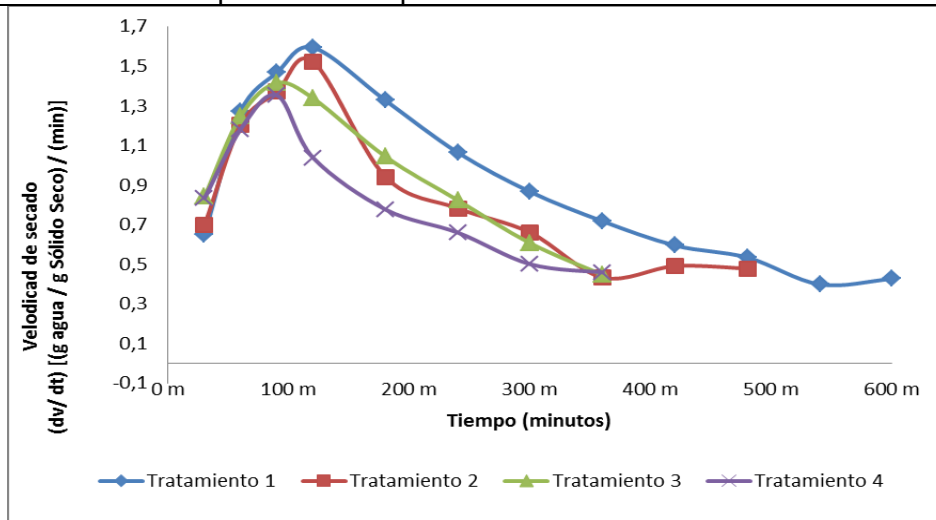
#### **4.2.2.2. DESHIDRACIÓN POR AIRE TOMATE MORADO**

Los resultados de deshidratación por aire se muestran en la tabla 10, se puede apreciar la curva pérdida de peso vs tiempo los tratamiento 1 y 3 deshidratados osmóticamente a una misma temperatura (19.2 °C) tienen un comportamiento similar en cuanto a su pérdida de peso en el minuto 60; mientras que los otros tratamientos no presentan el mismo comportamiento a pesar de ser sometidos a la misma temperatura.

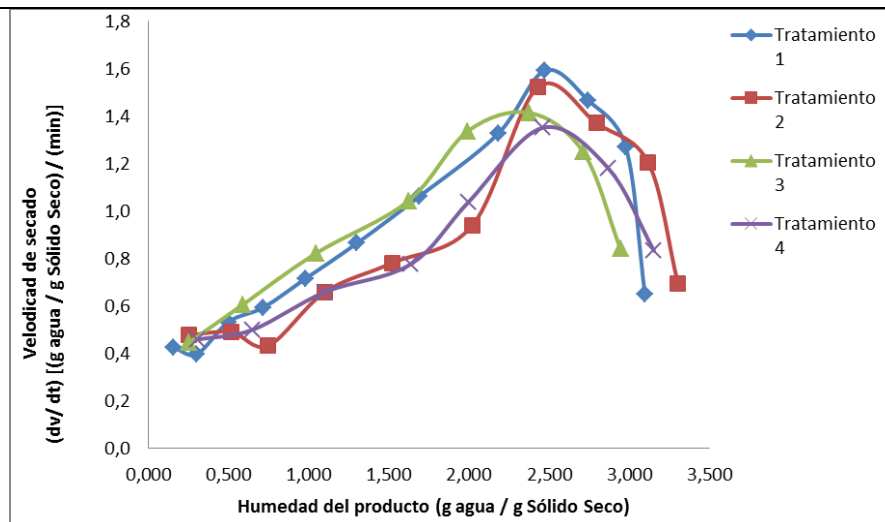
**Tabla 10.** Curvas de secado tomate morado



Pérdida de peso vs. Tiempo de secado tomate amarillo



Velocidad de secado vs tiempo de tomate de árbol amarillo



Velocidad de secado vs humedad del producto tomate de árbol amarillo

El tratamiento que obtuvo mayor pérdida de peso fue el número 3 por ser previamente sometido a una solución osmótica de 70°Brix a 19°C por lo tanto se pierde mayor cantidad de agua. Lo que coincide con el estudio de la deshidratación del mortiño de Mayorga (2012) en la cual indica que en la primera etapa del proceso que es la estabilización es en donde más agua se pierde, después de la misma no existe mayor pérdida de agua.

En cuanto a velocidad vs tiempo ocurre un incremento desde los 30 min aproximadamente llegando a un punto de equilibrio y decreciendo, lo que coincide con la investigación realizada por Barcia (2014) en el estudio de deshidratación de tomate de árbol morado en donde nos dice que la velocidad incrementa en el tiempo 30 min dicho se mantiene estable y decrece esto para la fruta sin previo tratamiento. Para los tratamientos 1 y 2 en el min 120 que tienen un valor exacto de 0,0068 [(g agua/ g sólidos secos) / min], mientras que para los tratamientos 3 y 4 en el min 90, es decir no difiere con el tomate amarillo a pesar de sus diferentes características, lo que radica es la importancia de la concentración a la que fueron sometidos en la solución osmótica.

Para la curva de velocidad de secado vs humedad se encuentra que llega un nivel de tendencia de crecimiento hasta llegar al punto crítico de humedad, al igual que todos se coincide que los tratamientos 1 y 2 tienen un comportamiento parecido mientras que los tratamiento 3 y 4 difieren como ha ocurrido en todo el proceso el comportamiento fue similar.

#### **4.2.3 RENDIMIENTO DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN POR AIRE**

En la Tabla 11, se observa el rendimiento de los tratamientos después del proceso de deshidratación por aire.

**Tabla 11.** Rendimiento deshidratación por aire tomate de árbol amarillo y morado

TOMATE AMARILLO				
TRATAMIENTOS	TIEMPO DESHIDRATACIÓN (min)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% RENDIMIENTO
Tratamiento 1	0	151.00	54.00	35.76 <sup>d</sup>
Tratamiento 2	60	150.00	73.33	48.89 <sup>b</sup>
Tratamiento 3	120	127.67	59.00	46.21 <sup>c</sup>
Tratamiento 4	180	116.67	76.00	65.14 <sup>a</sup>
TOMATE MORADO				
TRATAMIENTOS	TIEMPO DESHIDRATACIÓN (min)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% RENDIMIENTO
Tratamiento 1	0	135.33	45.00	33.25 <sup>b</sup>
Tratamiento 2	60	130.67	74.00	56.63 <sup>a</sup>
Tratamiento 3	120	128.33	42.00	32.73 <sup>b</sup>
Tratamiento 4	180	137.67	90.70	65.88 <sup>a</sup>

media en base fresca  $\pm$  desviación estándar (n=16) Letras diferentes en una misma fila indica diferencia significativa (P<0.05)

El tratamiento 4 fue el que obtuvo mayor rendimiento en el proceso de deshidratación por aire para las dos variedades de tomate de árbol, al iniciar con mayor contenido de sólidos solubles. Se observa que los tratamientos presentan diferencia significativa entre ellos ( $p < 0.05$ ), para el tomate de árbol amarillo, mientras que para el tomate de árbol morado los tratamientos 1 y 3 no presentan diferencia significativa, pero si presentaron diferencia con los tratamientos 2 y 4, siendo el tratamiento 4 el de mayor rendimiento. En el ANEXO IX se puede observar los gráficos de rendimiento.

### 4.3. ANTIOXIDANTES

Los resultados obtenidos en los análisis en cuanto a capacidad antioxidante (ABTS), (DPPH) y antocianinas totales se encuentran registrados en la Tabla 12 para deshidratación osmótica y deshidratación por aire.

**Tabla 12.** Resultados del contenido de antioxidantes en tomate de árbol amarillo y morado, después de la deshidratación osmótica y después de la deshidratación por aire.<sup>1, 2,3,</sup>

VARIEDAD	TRATAMIENTOS	ABTS( Eqq $\mu$ mol Trolox/100 g de muestra)*		DPPH( Eqq $\mu$ mol Trolox/100 g de muestra)*		ANTOCIANINAS (mg de cianidina-3-glucósido/100g de muestra)	
		D.O.	D.A.	D.O.	D.A.	D.O.	D.A.
Tomate de árbol amarillo	Tratamiento 1	25,85 $\pm$ 1,96 <sup>a</sup>	30,21 $\pm$ 1,96 <sup>a</sup>	42,22 $\pm$ 1,46 <sup>a</sup>	42,88 $\pm$ 0,68 <sup>a</sup>	LND	LND
	Tratamiento 2	20,42 $\pm$ 1,50 <sup>c</sup>	26,87 $\pm$ 0,32 <sup>c</sup>	42,37 $\pm$ 1,37 <sup>a</sup>	40,35 $\pm$ 1,25 <sup>b</sup>	LND	LND
	Tratamiento 3	22,40 $\pm$ 1,33 <sup>bc</sup>	26,17 $\pm$ 2,77 <sup>d</sup>	40,46 $\pm$ 1,91 <sup>ab</sup>	40,65 $\pm$ 1,55 <sup>b</sup>	LND	LND
	Tratamiento 4	22,99 $\pm$ 0,91 <sup>b</sup>	28,66 $\pm$ 5,32 <sup>b</sup>	38,60 $\pm$ 1,49 <sup>b</sup>	41,53 $\pm$ 0,70 <sup>ab</sup>	LND	LND
Tomate de árbol morado	Tratamiento 1	24,62 $\pm$ 2,51 <sup>C</sup>	22,40 $\pm$ 1,33 <sup>A</sup>	46,42 $\pm$ 2,36 <sup>C</sup>	56,31 $\pm$ 4,55 <sup>A</sup>	5,92 $\pm$ 0,65 <sup>A</sup>	5,43 $\pm$ 0,42 <sup>A</sup>
	Tratamiento 2	29,23 $\pm$ 1,78 <sup>B</sup>	20,42 $\pm$ 1,50 <sup>A</sup>	59,43 $\pm$ 4,85 <sup>A</sup>	56,47 $\pm$ 2,13 <sup>A</sup>	4,21 $\pm$ 0,37 <sup>BC</sup>	4,42 $\pm$ 0,16 <sup>B</sup>
	Tratamiento 3	36,74 $\pm$ 1,99 <sup>A</sup>	25,85 $\pm$ 1,96 <sup>A</sup>	62,98 $\pm$ 0,87 <sup>A</sup>	61,10 $\pm$ 3,34 <sup>A</sup>	4,54 $\pm$ 0,43 <sup>B</sup>	3,49 $\pm$ 0,37 <sup>C</sup>
	Tratamiento 4	27,33 $\pm$ 2,90 <sup>B</sup>	22,99 $\pm$ 0,91 <sup>A</sup>	56,64 $\pm$ 4,60 <sup>B</sup>	57,93 $\pm$ 2,01 <sup>A</sup>	3,77 $\pm$ 0,33 <sup>C</sup>	5,01 $\pm$ 0,2 <sup>A</sup>

<sup>1</sup> Media  $\pm$  desviación estándar (n=6)

<sup>2</sup> LND = Limite no detectable mg de cianidina-3-glucósido/100g de muestra

<sup>3</sup> Letras minúsculas en la misma columna no denotan diferencia significativa (P < 0,05)

<sup>4</sup> Letras mayúsculas en la misma columna no denotan diferencia significativa (P < 0,05)

D.O.= Deshidratación osmótica

D.A. = Deshidratación por aire

#### 4.3.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (ABTS)

En los resultados del análisis de capacidad antioxidante en deshidratación osmótica para el tomate de árbol amarillo. Ver ANEXO X, se encontró que los tratamientos 1 (20.42 equivalente de Trolox  $\mu$ mol/100 g de muestra), tratamiento 2 (22.40 equivalente de Trolox  $\mu$ mol/100 g de muestra) y

tratamiento 3 (22.99 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  de muestra), presentan diferencia significativa entre ellos ( $p < 0.05$ ) siendo el tratamiento 1 presentó mayor capacidad antioxidante con un valor de 25.85 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  de muestra, óptimo para el proceso de DO. Este comportamiento se debe a la concentración de sólidos solubles y a la temperatura ( $19.2^{\circ}\text{C}$ ) a la cual se encontraban en la deshidratación osmótica. En la deshidratación por aire en cuanto a la capacidad antioxidante se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, el tratamiento 1 al presentar 30.21 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  de muestra, indica que tuvo mayor valor de la capacidad antioxidante. Este comportamiento se debe a la temperatura es directamente proporcional.

Los resultados obtenidos para el tomate de árbol morado en la deshidratación osmótica, no presentan diferencia significativa entre el tratamiento 2 (29.23 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  de muestra) y tratamiento 4 (27.33 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  de muestra), pero si presentaron diferencias con el tratamiento 1 (24.62 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  de muestra) y el tratamiento 3 (36.74 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  de muestra). Siendo el de mayor capacidad antioxidante el tratamiento 3, esto debido a la concentración de la solución osmótica ( $70^{\circ}$  Brix), indicando que la concentración de la solución osmótica no tiene efecto relevante en la capacidad antioxidante, mientras que la temperatura afecta significativamente. Para la deshidratación por aire, los tratamientos no presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre ellos, siendo el tratamiento 3 con 25,85 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  de muestra el que reporta mayor contenido de capacidad antioxidante. Esto debido a que el tomate de árbol morado contiene compuestos antioxidantes y en concordancia con el estudio realizado por Nuggerud (2014) donde se reporta que el tomate de árbol morado posee mayor capacidad antioxidante.

#### 4.3.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (DPPH)

Otro de los análisis realizados para determinar la capacidad antioxidante fue por medio del radical DPPH (1.1-difenil, 2 picrylhidrazil) lo cual se detalla en el ANEXO XI. Los resultados indican que en este estudio del tomate de árbol los valores del estadístico  $p$  fueron menores a 0.05.

En los tratamientos para el tomate de árbol amarillo en la deshidratación osmótica se obtuvo resultados que tuvieron concordancia con el estudio realizado anteriormente con el radical ABTS donde a menor temperatura y menor concentración de sólidos solubles la capacidad antioxidante aumenta como el tratamiento 1 siendo el mejor con 42.22 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100$  g de muestra, mientras que para los tratamientos 2, 3 y 4 la capacidad antioxidante disminuye. Sin embargo los tratamientos no presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre ellos.

La deshidratación por aire de igual manera los tratamientos no presenta diferencia significativa, siendo el de mayor valor el tratamiento 1 con 42.88 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100$  g de muestra.

La capacidad antioxidante en el proceso de deshidratación osmótica del tomate de árbol morado, los tratamientos 2 y 3 no presentan diferencia significativa entre sí, pero si presentan diferencia significativa con los tratamientos 1 y 4, tomando en cuenta el que mayor cantidad de capacidad antioxidante es el tratamiento de 3 (70 °Brix/19.2 °C) con un 62.98 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100$  g de muestra. Para la deshidratación por aire los tratamientos no presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), siendo el de mayor capacidad antioxidante el tratamiento 3 con 61.10 equivalente de Trolox  $\mu\text{mol}/100$  g de muestra, al comparar con valores obtenidos para el mortiño de los estudios realizados por Mayorga (2012), se puede ver que el mortiño tiene mayor CA. cuando se le expone a menor temperatura.

El tomate de árbol morado posee mayor capacidad antioxidante en comparación con el tomate de árbol amarillo en ambas deshidrataciones tanto osmótica como por aire, debido a que la capacidad antioxidante según estudio realizado por (Solomon, et al. 2006) está relacionada con el color del fruto y el tiempo de cosecha o pigmentación.

Todos los resultados expresados concuerdan con el estudio de Agostini, Ramón Morrón y Ayala (2003) el cual obtiene como conclusión que mientras a más procesos de temperatura es sometido el producto mayor pérdida de capacidad antioxidante tiene.

#### **4.3.3. CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS**

El tomate de árbol amarillo se encontró bajo el límite detectable para el método utilizado. Para los resultados de antocianinas en el tomate de árbol morado se detalla en el ANEXO XII, en cuanto a la deshidratación osmótica, indica que el tratamiento con mayor contenido de antocianinas es el tratamiento 1 con 5.92 mg de cianidina-3-glucósido/100 g de muestra, siendo este estadísticamente diferente de los tratamientos 2, 3 y 4; este comportamiento puede deberse a la temperatura utilizada en la solución osmótica (19.2°C). En el proceso de deshidratación por aire presenta diferencias significativas entre los tratamientos para antocianinas 2 y 3, reportando que el tratamiento con mayor contenido de antocianinas es el tratamiento 1 con 5.43 mg de cianidina-3-glucósido/100 g de muestra.

El contenido de antocianinas en la deshidratación por aire fue menor a la deshidratación osmótica esto debido a que se pierde antocianinas por la temperatura empleada, valores semejantes son encontrados en el estudio de artículo de (Rodríguez, 2010) donde la zarzamora en fresco tuvo valores de 2.34 en fresco y 2.02 concentrado (mg de cianidina-3-glucósido/100 g de muestra) en concentrado.



## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- La materia prima utilizada en esta investigación, cumplió con los parámetros físicos químicos dispuestos en la norma técnica Ecuatoriana NTE 1909:2009 Fruta fresca. Tomate de árbol. Requisitos.
- En el proceso de deshidratación osmótica se observó que a mayor temperatura se obtuvieron menos tiempo para alcanzar el equilibrio osmótico, tanto para el tomate amarillo como morado.
- Se pudo observar que las curvas de secado al tener un proceso previo tenían una tendencia a encontrarse en la segunda etapa de impregnación por poco tiempo e ir directamente a un período decreciente en especial para el tratamiento 4 que tuvo mayor concentración de sólidos solubles y mayor temperatura de deshidratación osmótica.
- La capacidad antioxidante se ve influenciada por el grado de concentración de jarbe y la temperatura utilizada en el proceso de deshidratación osmótica, el tratamiento que presentó un mayor contenido de estos compuestos bio activos fue el T1 y T3 para tomate de árbol amarillo y tomate de árbol morado respectivamente.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Realizar un estudio de vida útil del producto desarrollado.
- Estudiar la pre factibilidad para replicar esta investigación en la industria
- A partir de la técnica utilizada utilizar otro tipo de fruta.
- Con estos resultados desarrollar un snack saludable por la presencia de antioxidantes beneficiosos para la salud en el estudio realizado.

## **BIBLIOGRAFIA**

# BIBLIOGRAFÍA

- Acree, T., & Cunningham, J. B. (21 de 09 de 2013). *A procedure for the sensory analysis of gas chromatographic effluents*. Recuperado el 21 de 09 de 2013, de Food Chem: <http://www.a1books.com>.
- Agostini, L., Morron, M., Ramón, A., & Ayala, A. (2003). *Determinacion de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente*. Recuperado el 15 de 10 de 2013, de <http://www.scielo.org>
- Aguila M; Romero C. (2000). Deshidratación osmótica del tomate de árbol (cypomandrabetacea). *J. Food. Sci.* 48; 202-205.
- Álvarez, E. J. (2008). Actividad Antioxidante y contenido fenólico de los extractos provenientes de las bayas de dos especies de género *Vismia* (Guttiferae). *Revista de la Facultad Química Farmacéutica*, 15, 165-172.
- Anrique, M. (21 de Junio de 2010). *Flores para cocinar*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2012, de Gastronomía suite101: <http://suite101.net/article/flores-para-cocinar-a18731>
- Anzaldúa-Morales, A. (1994). *La Evaluación Sensorial de Los Alimentos en la Teoría y la Práctica*. Zaragoza: Acribia.
- AOAC. (2005). *Association of Official Analytical Chemists. Inc. Washington, D.C. E.U.A.* Recuperado el 11 de Julio de 2012, de <http://www.eoma.aoac.org/methods/result.asp?string=b>
- Avello, M., & Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea (Concepción)*, 161-172.
- Bagué, A. J., & Álvarez, N. (2012). *Tecnología Farmacéutica*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Baltodano, E. (2008). *Fitoquímica*. Recuperado el 10 de Enero de 2012, de Slideshare: [http://www.slideshare.net/isaac\\_2011/fitoquimica-diapositivas](http://www.slideshare.net/isaac_2011/fitoquimica-diapositivas)
- Barat Baviera, J. M., Grau, A. A., & Maupoey, p. F. (1998). *Deshidrattación osmótica de alimentos*. Valencia: Camino de Vera.

- Baudi, D. S. (2006). *Química de Alimentos*. México: Pearson .
- Bayas, A. (2003). *Niveles de fertilización en tomate de árbol (Cypomandra betacea); Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. p 4.
- Bergadá Miró, O. (2007). *Producción industrial de 2 fenil-etanol*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2011, de TDX: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9086/1INTRODUCCION.pdf;jsessionid=1097C2A46C157AD89A41A45260A32FF7.tdx2?sequence=2>
- Botanyuki. (14 de Mayo de 2011). *Intro al aroma de la rosa*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2011, de Olibanum World Press: <http://olibanum.wordpress.com/2011/05/14/intro-al-aroma-de-la-rosa-i-rosa-fresca-toda-fragancia/>
- Bover Millera, L. (2009). *Estudio y cuantificación de la actividad antioxidante de flores comestibles*. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Bover, L., Bou, J., Díaz, J., & Almajano, N. (19 de Julio de 2010). *Interempresas*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2011, de Actividad antioxidante de pétalos de flores comestibles : <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/42094-Actividad-antioxidante-de-petalos-de-flores-comestibles.html>
- Brand-Williams, W., & Cuvelier, M. y. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. En *Lebensm Wiss Technology* (págs. 25-30). 28.
- Casp, A., & Abril, J. (2003). *Procesos de Conservación de Alimentos*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Castillo, & Cornejo. (2007).
- Chalampunte, & Prado. (2005).
- Colina, M. L. (2010). *Deshidratación de alimentos*. México: Trillas.
- Cultura Agraria. (2012). *Rosa, Rosal*. Recuperado el 15 de Agosto de 2012, de Cultura Agraria: <http://culturaagraria.blogspot.com/2012/01/rosa-rosal.html>
- De la Rúa, A. (2008). *Curación Natural con Frutas*. Obtenido de Bogota, Colombia.

- Di Marcchio, M. E. (21 de Diciembre de 2003). *Ponga una rosa en su mesa*. Recuperado el 10 de Agosto de 2011, de En plenitud: <http://www.enplenitud.com/ponga-una-rosa-en-su-mesa.html>
- Díaz Flores, J. (2009). *Optimización de extracción y análisis de la capacidad antioxidante de la piel de kiwi*. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Duke, J. (1998). *La farmacia natural*. England: Rodale.
- Earle, R. (1988). *Ingeniería de los Alimentos*. Acribia.
- Ellis, H. (2009). *Té: descubre, saborea, disfruta*. Barcelona: Ediciones CEAC.
- Enriquez, R. (2007). *Nomenclatura, isomería y propiedades físicas*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2011, de UNAM: <http://prepa8.unam.mx/colegios/quimica/infocab/infocon.html>
- Enríquez, T., & Nazra, J. (2005). *100 Consejos Antiedad*. Barcelona: Editorial Amat.
- Euroresidentes. (2012). *Flores en la cocina*. Recuperado el 9 de Junio de 2012, de Euroresidentes: <http://www.euroresidentes.com/Alimentos/hierbas/flores-en-la-comida.htm>
- Evoy, K. (Septiembre de 09 de 2011). *¿Que son radicales libres?* Recuperado el 03 de 12 de 2012, de <http://www.amazing-glutathione.com/que-son-radicales-libres.htm>
- FAO. (2006). *LECHUGA ( Lactuca sativa L.): FAO*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2012, de FAO: [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/LECHUGA.HTM](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/LECHUGA.HTM)
- FAO. (29 de Febrero de 2012). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 15 de Agosto de 2012, de Los precios del té se mantendrán firmes: <http://www.fao.org/news/story/es/item/124227/icode/>
- Fellows, P. (1998). *Food Processing Technology. Principles and Practice*. Ellis Horwood Int.Pub. Sci and Technology.
- Fennema, O. (1993). *Química de los Alimentos*. Zaragoza: España.
- Fernández del Catillo, I. (2006). *Té verde, un tesoro para la salud*. Recuperado el 10 de Agosto de 2011, de Holística:

[http://www.holistika.net/nutricion/alimentos\\_especiales/el\\_te\\_verde\\_un\\_tesoro\\_para\\_la\\_salud.asp](http://www.holistika.net/nutricion/alimentos_especiales/el_te_verde_un_tesoro_para_la_salud.asp)

Ferrantelli, P. (2005). *Enciclopedia Práctica de la Medicinas Alternativas*. Buenos Aires: Ediciones Lea.

Festy, D. (2007). *Antioxidantes, Guía práctica*. Barcelona: Robin Book.

García Padilla, L. (2012). *Revista Mundo Natural*. Recuperado el 10 de febrero de 2012, de Biomanantial: <http://www.biomanantial.com/historia-del-te-a-23-es.html>

García, C., & Aguirre, M. (2006). *Dieta y calcio para el niño: Traumatología Infantil*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2012, de Traumatología Infantil: <http://www.traumatologiainfantil.com/contenidos/pdf/Dieta%20calcio.pdf?PHPSESSID=3b00f3c3289b2c0db5e1346ded67f2f1>

García, F., García, P., & Gil, M. (2010). *Operaciones básicas y servicios en bar y cafetería*. Madrid: Paraninfo S.A.

Garrido, C. R. (2004). *Vitamina C y Antioxidantes*. Recuperado el 25 de febrero de 2012, de Web personal del Doctor Garrido: <http://galeon.com/medicinadeportiva1/07nutri.htm>

Gasparetto, O., Oliveira, E., da Silva, P. L., & Magalhães, M. (2004). Influencia del Tratamiento Osmótico en el Secado de la Banana "Nanica" (*Musa cavendishii*, L) en Secador de Lecho Fijo. *La Serena*.

Genina Soto, P. (2002). *Deshidratación osmótica: alternativa para la conservación de frutas*. Obtenido de Producer: <http://oswaldoparra.files.wordpress.com/2008/10/12-deshidratacion2.pdf>

Gil, Á. (2010). *Tratado de Nutrición*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Giusti, M., & y Wrosland, R. (2001). Caracterización y medición de antocianinas por la radiación UV-Visible Spectroscopy. *Universidad de Maryland*.

Gracia, J. (Mayo de 2003). *La casa del té*. Recuperado el 12 de Marzo de 2012, de <http://www.casadelte.com/paises.htm>

Heredia, M. (2005). *Descubra el poder del té*. Buenos Aires: Grupo Imaginador de ediciones.



- Hermosa, A. (febreo de 2013). Determinar la concentración de antioxidantes presentes en la mora de castilla (*Rubusglaucus*) antes y despues del proceso de deshidratación. *Tesis. Universidad Tecnológica Equinoccial*. Quito-Ecuador.
- Hernández Figueroa, T., Rodríguez, E., & Sánchez-Muniz, F. (2004). *El té verde ¿una buena elección para la prevención de enfermedades cardiovasculares?:Scielo*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2012, de Scielo: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222004000400003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222004000400003&script=sci_arttext)
- Hidalgo, & Vargas. (2009).
- Hurtado, R. (29 de Agosto de 2011). *Cocinando con flores*. Recuperado el 21 de Agosto de 2012, de Doral News: <http://www.doralnewsonline.com/doralfinal/2011/08/cocinando-con-flores/>
- INEN. (2005). *Té. Requisitos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2011). *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Irezabal, M. L. (2010). *Deshidratación de Alimentos*. México: Trillas.
- Kuskoski, E., García, A., Troncoso, A., & y Fett, R. (2006). Capacidad antioxidante (ORAC) de pulpas de frutos congelados. En *Nutrire* (págs. 53-64).
- La casa del té. (mayo de 2003). *La elaboración del té*. Recuperado el 10 de Agosto de 2011, de La casa del té: <http://www.casadelte.com/laelaboracion.htm>
- León, J., Viteri, P., & Cevallos, G. (2004). *Manual de cultivo de tomate de árbol. INIAP*. Quito: Ed.
- Macheix, J. F. (1990). *Fruit Phenolics*. CRC Press, Florida.
- Marín, Z. (2000). *Elementos de Nutrición Humana*. San José de Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- Marquina, V., Araujo, L., Ruiz, J., & Rodriguez, A. y. (2007). Composición Química y Capacidad Antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Universidad de los Andes*.

- Mason, S. (18 de Noviembre de 2010). *Rose Petals- Edible and good for health*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2011, de Diet Health Club: <http://www.diethealthclub.com/articles/497/diet-and-wellness/rose-petals-edible-and-good-for-health.html>
- Maupoey, P., Andrés, A. M., Barat, J., & Albors, A. (2001). *Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Mayorga, M. F. (Octubre de 2012). Estudio del efecto de la deshidratación por aire sobre la capacidad antioxidante del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunt). *Universidad Tecnológica Equinoccial*. Quito, Ecuador.
- Mejías, M. (2008). *Todo lo que debería saber sobre las plantas adelgazantes*. Madrid: EDAF.
- Melo, V., & Cuamatzi, O. (2007). *Bioquímica de los procesos metabólicos*. México: Editorial Reverté.
- Mendiola, M., & Montalbán, J. (2009). *Plantas aromáticas gastronómicas*. Madrid: Grupo Mundi-Prensa.
- Molina, E. B. (2010). *Procesamiento térmico de frutas y hortalizas*. México: Trillas.
- Morales, J. (1998).
- Morales, J. (2007). *Nutriterapia, salud y longevidad*. Madrid: Diaz de Santos.
- Moreu, M. d. (18 de Agosto de 2009). *Las flores de calabaza*. Recuperado el 12 de Enero de 2012, de PulevaSalud: [http://www.pulevasalud.com/ps/contenido.jsp?ID=58320&TIPO\\_CONTENIDO=Articulo&ID\\_CATEGORIA=86](http://www.pulevasalud.com/ps/contenido.jsp?ID=58320&TIPO_CONTENIDO=Articulo&ID_CATEGORIA=86)
- Nevado Roses. (2012). *Organic Roses*. Recuperado el 25 de Junio de 2012, de Nevado Roses: <http://www.nevadoroses.com/roses/rose-varieties/organic-roses/white-roses/rose-varieties/8-organic-roses/or004/P72-white.html>
- Nevado, R. (23 de Agosto de 2011). Rosas orgánicas. (E. Matute, Entrevistador)
- Norkys Meza, J. M. (2009). Características del fruto de tomate de árbol (*Cypomandra betacea*) basadas en la coloración del arilo, en la Zona

Andina Venezolana. *Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)*, 3.

- Nuggerud, K. (Junio de 2014). Efecto del proceso de concentración de la pulpa de tomate de árbol amarillo y morado (*Solanum betacea*) sobre la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles. *Tesis. Universidad Tecnológica Equinoccial*. Quito, Ecuador.
- Orellana Acosta, K. (31 de octubre de 2011). *El poder de los antioxidantes*. Recuperado el 13 de febrero de 2012, de El empresario saludable: <http://empresariosaludables.blogspot.com/2011/05/combatiendo-al-estres-laboral-con.html>
- Padilla, N. P. (Julio de 2014). Universidad Tecnológica Equinoccial. *Estudio de la deshidratación de rodajas de durazno (*Prunus persica* L. Sieb y Zucc) por fritura al vacío*. Quito, Ecuador.
- Pamplona, J. (2002). *Salud por los alimentos*. Madrid: Editorial Safeliz.
- Parzanese, M. (2009). *Deshidrtación osmótica*. Obtenido de Alimentos Argentinos MinAgri: [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/fi cha\\_06\\_osmotica.pdf](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/fi cha_06_osmotica.pdf)
- Pérez, M. M., Cardoso, C. J., & Velásquez, H. J. (2008). *DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE FRUTOS DE PAPAYA HAWAIIANA (*Carica papaya* L.) EN CUATRO AGENTES EDULCORANTES*.
- Petryk, N. (2010). *Nuevas tendencias: Flores comestibles*. Recuperado el 19 de Enero de 2012, de Alimentación Sana: <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/flores%20comestibles.htm>
- Prothon, F. (2003). *Combined dehydration methods-from fresh fruit to high-quality ingredients*. Suecia: Tesis previa a la obtencion del Título de Doctorado en Ciencias de Alimentos, Universidad de Lund .
- Quimbiulco, Y. (abril de 2014). Efecto de la deshidratación sobre la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles de la pulpa concentrada del tomate de árbol amarillo (*Solanum betacea*). *Tesis. Universidad Tecnológica Equinoccial*. Quito, Ecuador.
- Ramón, V. C. (2013). Estudio de la aplicación de la Deshidratación Osmótica en Carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniería de Alimentos*. Quito.

- Ramos Pol, M. N. (2011). *Ensaladas: otro concepto*. Barcelona: Hispano Europea.
- Re, R., Proteggente, A., Pannala, A., & Yang, M. y.-E. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.
- Revelo, J., Pérez, E., & María, V. M. (2004). Cultivo Ecológico del tomate de árbol en el Ecuador. *INIAP*.
- Reyes Chipa, R. y. (10 de Septiembre de 1993). *TOH.MATE DE ÁRBOL Cypomandrea betacea (Cav) Sendt.* Recuperado el 21 de 02 de 2012, de Ednobotanica N2: <http://www.ibiologia.unam>.
- Ríos María, M. J. (2005). Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (*Carica papaya* L.) en cuatro agentes edulcorantes. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 58(2).
- Ritua, R. d., & Christian René, E. Z. (abril de 2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas. *Revista de la Sociedad Química de Perú*, 74(2).
- Ritva Repo, d. C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*.
- Roberts, A., O'Brien, M., & Subak-Sharpe, G. (2003). *Nutricéuticos: suplementos nutricionales, vitaminas, minerales, oligoelementos, alimentos curativos*. Barcelona: Robinbook.
- Rodriguez, M. y. (2010). Evaluación de antocianinas de zarzamora (*Rubus eubatus*) en fruta y en conserva. *Paper presented at the XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Guanajato*.
- Roselló, M. J. (2007). *La importancia de comer sano y saludable*. España: DeBolsillo.
- Salazar González, C. (9 de Mayo de 2009). *Evaluación de agentes antioxidantes en extractos de flor de jamaica y aceite esencial de laurel*. Recuperado el 22 de Agosto de 2012, de Colección de tesis digitales Universidad de las Américas Puebla : [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lia/salazar\\_g\\_c/portada.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/salazar_g_c/portada.html)
- Sangay, M. (2010). *Estudio comparativo del potencial nutritivo de dos variedades de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) deshidratado por microondas a tres potencias*. Obtenido de Bioquímico

Farmacéutico, Escuela Politécnica de Chimborazo, Riobamba.:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1917/1/56T00204.pdf>

- Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. (1998). *Diccionario de Ciencias Hortícolas*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H., y otros. (2006). Antioxidant Activities and anthocyanin content of Activities and anthocyanin content of fresh fruits of common (Ficus carica L.). *J. Agric Food chem.*
- Somoza, A. (2010). *Cocinar con flores*. Recuperado el 13 de febrero de 2012, de Facílísimo Interactive:  
[http://plantas.facilisimo.com/reportajes/flores/cocinar-con-flores\\_184185.html](http://plantas.facilisimo.com/reportajes/flores/cocinar-con-flores_184185.html)
- Spiazzi, E. A., & Mascheroni, R. H. (2001). Modelo de deshidratación osmótica de alimentos vegetales. *CIDCA*, 23-32.
- Stevens, N. (2003). *El té verde: La medicina milagrosa que alarga la vida*. Málaga: Sirio.
- Sueiro, E. (13 de Agosto de 2008). *Gastronomía las flores también se comen*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2011, de ABC.es:  
[http://www.abc.es/hemeroteca/historico-13-08-2008/abc/TvyRadio/gastronomia-las-flores-tambien-se-comen\\_803767707219.html](http://www.abc.es/hemeroteca/historico-13-08-2008/abc/TvyRadio/gastronomia-las-flores-tambien-se-comen_803767707219.html)
- Taltavull, M. (2006). *Comer bien y vivir mejor*. Buenos Aires: Ediciones LEA.
- Tea Colors. (2010). *Tés aromatizados*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2011, de Tea Colors: <http://www.teacolors.es/te-verde-1/aromatizado.html>
- Torres, M. Á. (14 de Junio de 2012). *Flores en la cocina*. Recuperado el 15 de Agosto de 2012, de Se cocina:  
<http://secocina.com/alimentos/flores>
- Tripod. (2012). *Recolección, secado y conservación de plantas medicinales*. Recuperado el 21 de Agosto de 2012, de Tripod:  
<http://aromaticas.tripod.com/Plantas.html>
- UNCTAD. (2010). *Conferencia de la Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo*. Recuperado el 15 de Agosto de 2012, de UNCTAD:  
<http://r0.unctad.org/infocomm/espagnol/te/mercado.htm>
- Vasco, C., & Eldin, J. (2008). Total Phenolic compounds and

antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 816-823.

Wrosland, D. (2011). *Separation and Characterization of Anthocyanins by HPLC*. New Jersey: John Wiley & Sons; 2001. p. 33-45: Handbook of Food Analytical Chemistry.

**ANEXOS**

## ANEXO I

### DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL TOMATE DE ÁRBOL



Selección y limpieza



Corte



Adición de ácido cítrico para conservar



Jarabe de ósmosis inversa





Inmersión tomate de árbol amarillo



Inmersión tomate de árbol morado



Corte Manual-mesa de trabajo



Deshidratador osmótico



Deshidratación osmótica tomate amarillo y morado

## ANEXO II

### DESHIDRATACIÓN POR AIRE DEL TOMATE DE ÁRBOL



Deshidratador por aire



Deshidratación por Aire



Rodajas de tomate de árbol amarillo deshidratadas



RodRodajas de tomate de árbol morado deshidratadas



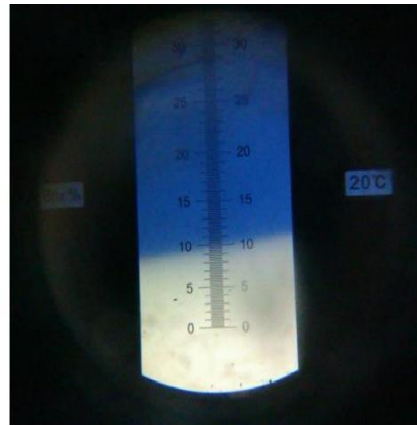
Producto final empacado al vacío

## ANEXO III

### CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL TOMATE DE ÁRBOL AMARILLO Y MORADO



**Limpieza y Selección**



**Medición de sólidos soluble**



**Medición de acidez titulable**



**Medición del pH**



## ANEXO IV

### RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL TOMATE DE ÁRBOL AMARILLO

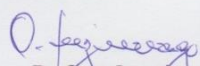



Orden de trabajo N° 133529  
Hoja 1 de 1

**NOMBRE:** VIVIAN LUCAS  
**DIRECCIÓN:** Río Coca y Shyris  
**MUESTRA:** Pulpa fresca de tomate árbol amarillo  
**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Congelado color anaranjado  
**FECHA DE RECEPCION:** 6 de noviembre del 2013  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA :** -----  
**ENVASE:** Polietileno  
**REFERENCIA:** 133529  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 6 - 11 de noviembre del 2013  
**MUESTREADO POR:** El Cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25°C 22% HR

#### ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO
Humedad (%)	NTE INEN 382	85.64
Proteína (%)	NTE INEN 16	2.92
Grasa (%)	NTE INEN 523	0.00
Ceniza (%)	NTE INEN 14	1.63
Fibra (%)	NTE INEN 522	7.31
Carbohidratos Totales (%)	Cálculo	2.50
Energía (Kcal/100g)	Cálculo	21.68

  
Dr. Oscar Luzuriaga  
PRESIDENTE  


El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

#### INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA REGISTRO SANITARIO

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros  
Av. Pérez Guerrero Oe 21-11 y Versalles - Of. 12 B - 2do. Piso - Telefax.: 2563-225 / 2235-404 / 3214-333 / 3214-353 Cel.: 0999590-412

[www.labolab.com.ec](http://www.labolab.com.ec)

e-mails: [secretaria@labolab.com.ec](mailto:secretaria@labolab.com.ec) / [servicioalcliente@labolab.com.ec](mailto:servicioalcliente@labolab.com.ec) / [olg@ecnet.ec](mailto:olg@ecnet.ec)  
Quito - Ecuador

## ANEXO V

### RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL TOMATE DE ÁRBOL MORADO

**LABOLAB**

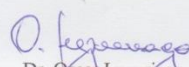
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 133530  
Hoja 1 de 1

**NOMBRE:** VIVIAN LUCAS  
**DIRECCIÓN:** Río Coca y Shyris  
**MUESTRA:** Pulpa fresca de tomate árbol morado  
**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Congelado color morada  
**FECHA DE RECEPCION:** 6 de noviembre del 2013  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA :** -----  
**ENVASE:** Polietileno  
**REFERENCIA:** 133530  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 6 - 11 de noviembre del 2013  
**MUESTREADO POR:** El Cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25°C 22% HR

#### ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO
Humedad (%)	NTE INEN 382	86.74
Proteína (%)	NTE INEN 16	1.24
Grasa (%)	NTE INEN 523	0.00
Ceniza (%)	NTE INEN 14	1.74
Fibra (%)	NTE INEN 522	7.11
Carbohidratos Totales (%)	Cálculo	3.17
Energía (Kcal/100g)	Cálculo	17.64

  
Dr. Oscar Luzuriaga  
PRESIDENTE

**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.

Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

#### INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA REGISTRO SANITARIO

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros  
Av. Pérez Guerrero Oe 21-11 y Versalles - Of. 12 B - 2do. Piso - Telefax.: 2563-225 / 2235-404 / 3214-333 / 3214-353 Cel.: 0999590-412

[www.labolab.com.ec](http://www.labolab.com.ec)

e-mails: [secretaria@labolab.com.ec](mailto:secretaria@labolab.com.ec) / [servicioalcliente@labolab.com.ec](mailto:servicioalcliente@labolab.com.ec) / [olg@ecnet.ec](mailto:olg@ecnet.ec)  
Quito - Ecuador

## ANEXO VI

### MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE ANTOCIANINAS TOTALES

Las muestras de fruta homogenizada es tratada a pH 1.0 y pH 4.5, en estas condiciones, las antocianinas sufren transformaciones estructurales y se manifiestan por la diferencia en los espectros de absorbancia. La forma coloreada oxonia predomina a pH 1.0 y la forma precisa de las antocianinas totales presentes, por medio de espectrofotometría UV-Visible, aún en presencia de pigmentos poliméricos degradados y otros interferentes.

#### Equipos

- Espectrofotómetro UV-Visible
- Luz amarilla (habitación protegida de la luz natural o luz artificial blanca)
- Licuadora
- Balanza analítica
- Centrifuga
- pH metro

#### Reactivos

- cloruro de Potasio, calidad ACS
- acetato de Sodio, calidad ACS 99.5%
- ácido clorhídrico 0.2 N, calidad ACS 100%
- agua destilada

#### Preparación de soluciones

##### Buffer pH= 1.0

- Disuelva 14.9 g de cloruro de potasio en 1000 ml de agua destilada (A).
- Diluya 16.58 ml de ácido clorhídrico concentrado a 1000 ml con

agua destilada (B).

- Agregue la solución (B) a la solución (A) lentamente, mida el pH en cada momento y ajuste a pH=1.0 con la solución (B).
- Guarde la solución final en una botella con tapa.

### **Buffer pH= 4.5**

- Disuelva 136 g de acetato de sodio en 1000 ml de agua destilada.
- Diluya 82.9 ml de ácido clorhídrico concentrado a 1000 ml con agua destilada (D).
- Agregue la solución (D) a la solución (C) lentamente, mida el pH en cada momento y ajuste a pH= 4.5 con la solución (D).
- Guarde la solución final en una botella con tapa.

### **Extracción**

- Pese en un falcon una masa de 3 g de muestra
- Colocar a la muestra una alícuota de 40 ml de buffer (una para pH=1.0 y otra con pH=4.5)
- Agite durante 15 minutos en plancha magnética
- Centrifugue a 6000 rpm, durante 15 minutos a 4°C
- Si la solución está libre de sedimento la absorbancia a 700 nm debe ser cercana a 0. Efectué la dilución necesaria (La dilución debe ser tal que la absorbancia de la solución de pH=1.0 este entre 0.3-0.7 a 510 nm)
- Ajuste el cero del equipo con el buffer de pH correspondiente
- Realice las lecturas en el espectrofotómetro de cada una de las soluciones a dos longitudes de onda sin sacar la celda del equipo, primero a 510 nm y luego a 700 nm.

# ANEXO VII

## EXTRACCIONES



**Pesaje de muestras**



**Agitación**



**Centrifuga**



## ANEXO VIII

### MÉTODO ABTS PARA DETERMINAR CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

#### Reactivos

- 96 mg de ABTS (7 nm)
- 16.55 mg de Peroxidisulfato de Potasio ( $K_2S_2O_8$ )
- 15.64 mg de Trolox (2.5 mM)

#### Extracto

- Se pesa la muestra (2,5 g de pulpa de fruta) en balanza analítica
- Se añade 10 ml de solución metanol:agua (50:50)
- Se lleva a agitación, con una pastilla magnética, durante 40 minutos a 500 rpm.
- Se centrifuga a 6000 rpm., durante 15 minutos a 4°C.

#### Preparación del reactivo ABTS

- Se coloca en un matraz de 25 ml de ABTS y el Peroxidisulfato de Potasio y se afora con agua destilada
- Luego se deja reposar el reactivo entre 12 y 16 horas
- Posteriormente se toma 1 ml del reactivo y se coloca en un matraz de 100 ml y se afora con etanol grado HPLC
- Se lleva a un baño maría a 30°C (a esta temperatura se mantiene el reactivo durante todo el análisis)
- Se mide la absorbancia en un espectrofotómetro frecuentemente hasta que la solución este entre 680 y 720 nm (agregando una cierta cantidad de reactivo de ser necesario)

### **Preparación de Estándar: Trolox**

El trolox se coloca en un matraz de 25 ml y se afora con etanol grado HPLC, para obtener la solución madre. Luego se realizan las siguientes diluciones:

- 100% 1000 ul de solución estándar
- 75% 750 ul de solución + 250 ul de etanol grado HPLC
- 50% 700 ul de solución + 500 ul de etanol grado HPLC
- 25% 250 ul de solución + 750 ul de etanol grado HPLC
- 12.5% 120 ul de solución + 875 ul de etanol grado HPLC

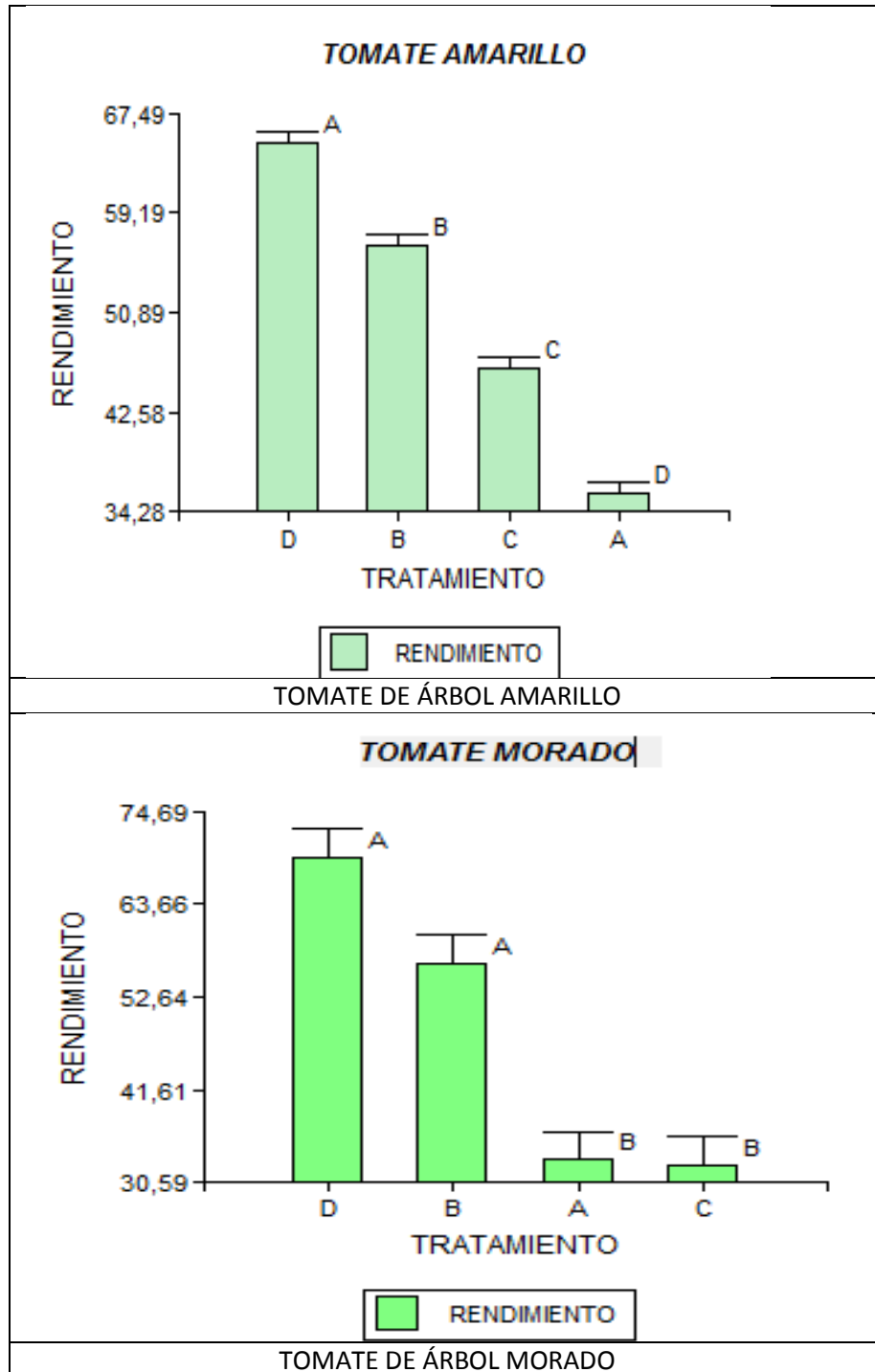
Una vez que el reactivo está estable, se realiza la lectura de los estándares para obtener la curva de calibración.

### **Procedimiento**

- Se trabaja en el espectrofotómetro en modo cinético a una longitud de onda de 734 nm y se utiliza etanol como blanco
- Se toma 1ml de reactivo ABTS y se realiza la lectura para el tiempo 0
- Se toma un tubo de ensayo se coloca 1 ml del reactivo ABTS, luego se añade 10 ul de muestra en el reactivo, se espera 6 minutos de reacción y se realiza la lectura (se realiza previamente diluciones de los extractos de modo que las medidas estén dentro de la curva de calibración).

## ANEXO IX

### GRÁFICOS DE RENDIMIENTOS



# ANEXO X

## ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (ABTS)

TOMATE AMARILLO																																																
<b>Análisis de la varianza</b>																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable</th> <th>N</th> <th>R<sup>2</sup></th> <th>R<sup>2</sup> Aj</th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Equiv mmol Trolox/100 g mu..</td> <td>24</td> <td>0,60</td> <td>0,54</td> <td>7,11</td> </tr> </tbody> </table>							Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	Equiv mmol Trolox/100 g mu..	24	0,60	0,54	7,11																																
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV																																												
Equiv mmol Trolox/100 g mu..	24	0,60	0,54	7,11																																												
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>F.V.</th> <th>SC</th> <th>gl</th> <th>CM</th> <th>F</th> <th>p-valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo.</td> <td>80,99</td> <td>3</td> <td>27,00</td> <td>10,17</td> <td>0,0003</td> </tr> <tr> <td>Concentración</td> <td>3,70</td> <td>1</td> <td>3,70</td> <td>1,39</td> <td>0,2517</td> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td>30,41</td> <td>1</td> <td>30,41</td> <td>11,45</td> <td>0,0030</td> </tr> <tr> <td>Concentración*Temperatura</td> <td>41,72</td> <td>1</td> <td>41,72</td> <td>15,71</td> <td>0,0008</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>53,12</td> <td>20</td> <td>2,66</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>134,11</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Modelo.	80,99	3	27,00	10,17	0,0003	Concentración	3,70	1	3,70	1,39	0,2517	Temperatura	30,41	1	30,41	11,45	0,0030	Concentración*Temperatura	41,72	1	41,72	15,71	0,0008	Error	53,12	20	2,66			Total	134,11	23			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor																																											
Modelo.	80,99	3	27,00	10,17	0,0003																																											
Concentración	3,70	1	3,70	1,39	0,2517																																											
Temperatura	30,41	1	30,41	11,45	0,0030																																											
Concentración*Temperatura	41,72	1	41,72	15,71	0,0008																																											
Error	53,12	20	2,66																																													
Total	134,11	23																																														
<p>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,64284</p> <p>Error: 2,6559 gl: 20</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Concentración</th> <th>Temperatura</th> <th>Medias</th> <th>n</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C1</td> <td>T1</td> <td>25,85</td> <td>6</td> <td>0,67 A</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>T2</td> <td>22,79</td> <td>5</td> <td>0,73 B</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>T1</td> <td>22,40</td> <td>6</td> <td>0,67 B</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>T2</td> <td>20,93</td> <td>7</td> <td>0,62 B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0,05)</p>							Concentración	Temperatura	Medias	n	E.E.	C1	T1	25,85	6	0,67 A	C2	T2	22,79	5	0,73 B	C2	T1	22,40	6	0,67 B	C1	T2	20,93	7	0,62 B																	
Concentración	Temperatura	Medias	n	E.E.																																												
C1	T1	25,85	6	0,67 A																																												
C2	T2	22,79	5	0,73 B																																												
C2	T1	22,40	6	0,67 B																																												
C1	T2	20,93	7	0,62 B																																												
TOMATE MORADO																																																
<b>Análisis de la varianza</b>																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable</th> <th>N</th> <th>R<sup>2</sup></th> <th>R<sup>2</sup> Aj</th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EQUIV. MMOL TROLOX/100G MU..</td> <td>24</td> <td>0,82</td> <td>0,79</td> <td>7,93</td> </tr> </tbody> </table>							Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	EQUIV. MMOL TROLOX/100G MU..	24	0,82	0,79	7,93																																
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV																																												
EQUIV. MMOL TROLOX/100G MU..	24	0,82	0,79	7,93																																												
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>F.V.</th> <th>SC</th> <th>gl</th> <th>CM</th> <th>F</th> <th>p-valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo.</td> <td>486,05</td> <td>3</td> <td>162,02</td> <td>29,66</td> <td>&lt;0,0001</td> </tr> <tr> <td>CONCENTRACIÓN</td> <td>156,62</td> <td>1</td> <td>156,62</td> <td>28,68</td> <td>&lt;0,0001</td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA</td> <td>34,56</td> <td>1</td> <td>34,56</td> <td>6,33</td> <td>0,0205</td> </tr> <tr> <td>CONCENTRACIÓN*TEMPERATURA</td> <td>294,87</td> <td>1</td> <td>294,87</td> <td>53,99</td> <td>&lt;0,0001</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>109,23</td> <td>20</td> <td>5,46</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>595,28</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Modelo.	486,05	3	162,02	29,66	<0,0001	CONCENTRACIÓN	156,62	1	156,62	28,68	<0,0001	TEMPERATURA	34,56	1	34,56	6,33	0,0205	CONCENTRACIÓN*TEMPERATURA	294,87	1	294,87	53,99	<0,0001	Error	109,23	20	5,46			Total	595,28	23			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor																																											
Modelo.	486,05	3	162,02	29,66	<0,0001																																											
CONCENTRACIÓN	156,62	1	156,62	28,68	<0,0001																																											
TEMPERATURA	34,56	1	34,56	6,33	0,0205																																											
CONCENTRACIÓN*TEMPERATURA	294,87	1	294,87	53,99	<0,0001																																											
Error	109,23	20	5,46																																													
Total	595,28	23																																														
<p>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,77654</p> <p>Error: 5,4616 gl: 20</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CONCENTRACIÓN</th> <th>TEMPERATURA</th> <th>Medias</th> <th>n</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C2</td> <td>T1</td> <td>36,74</td> <td>6</td> <td>0,95 A</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>T2</td> <td>29,23</td> <td>6</td> <td>0,95 B</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>T2</td> <td>27,33</td> <td>6</td> <td>0,95 B C</td> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>T1</td> <td>24,62</td> <td>6</td> <td>0,95 C</td> </tr> </tbody> </table> <p>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0,05)</p>							CONCENTRACIÓN	TEMPERATURA	Medias	n	E.E.	C2	T1	36,74	6	0,95 A	C1	T2	29,23	6	0,95 B	C2	T2	27,33	6	0,95 B C	C1	T1	24,62	6	0,95 C																	
CONCENTRACIÓN	TEMPERATURA	Medias	n	E.E.																																												
C2	T1	36,74	6	0,95 A																																												
C1	T2	29,23	6	0,95 B																																												
C2	T2	27,33	6	0,95 B C																																												
C1	T1	24,62	6	0,95 C																																												

## ANEXO XI

### ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (DPPH)

#### TOMATE AMARILLO

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Equiv mmol Trolox/100g mue..	24	0,53	0,46	3,84

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	56,37	3	18,79	7,60	0,0014
Concentración	45,85	1	45,85	18,54	0,0003
Temperatura	4,44	1	4,44	1,80	0,1952
Concentración*Temperatura	6,08	1	6,08	2,46	0,1325
Error	49,46	20	2,47		
Total	105,83	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,54121

Error: 2,4729 gl: 20

Concentración	Temperatura	Medias	n	E.E.
C2	T2	38,60	6	0,64 A
C2	T1	40,46	6	0,64 A B
C1	T1	42,22	6	0,64 B
C1	T2	42,37	6	0,64 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

#### TOMATE MORADO

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Equiv mmol Trolox/100g mue..	24	0,78	0,75	6,34

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	913,11	3	304,37	23,84	<0,0001
Concentración	284,25	1	284,25	22,27	0,0001
Temperatura	66,70	1	66,70	5,22	0,0333
Concentración*Temperatura	562,15	1	562,15	44,03	<0,0001
Error	255,33	20	12,77		
Total	1168,43	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,77384

Error: 12,7663 gl: 20

Concentración	Temperatura	Medias	n	E.E.
C1	T1	46,42	6	1,46 A
C2	T2	56,64	6	1,46 B
C1	T2	59,43	6	1,46 B C
C2	T1	62,98	6	1,46 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

## ANEXO XII

### ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS

#### TOMATE MORADO

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Cont. Acd (mg/100g)	24	0,79	0,75	10,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15,53	3	5,18	24,34	<0,0001
Concentración	5,03	1	5,03	23,63	0,0001
Temperatura	9,19	1	9,19	43,19	<0,0001
Concentración*Temperatura	1,32	1	1,32	6,20	0,0217
Error	4,25	20	0,21		
Total	19,79	23			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,74526

Error: 0,2127 gl: 20

Concentración	Temperatura	Medias	n	E.E.
C2	T2	3,77	6	0,19 A
C1	T2	4,21	6	0,19 A B
C2	T1	4,54	6	0,19 B
C1	T1	5,92	6	0,19 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

#### Análisis a x b