



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

**EFFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LA CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO DE POLIFENOLES DE LA
PULPA CONCENTRADA DE TOMATE DE ÁRBOL MORADO
(*Solanum betaceum*)**

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

CANDICE ALEXANDRA BARCIA LOOR

DIRECTORA: ING. BELÉN JACOME VILLACRES

Quito, Noviembre 2014

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2014
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **CANDICE ALEXANDRA BARCIA LOOR**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado 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.

Candice Alexandra Barcia Loor

C.I. 130915334-2

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Efecto de la deshidratación sobre la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles de la pulpa concentrada de tomate de árbol morado (*Cyphomandra betacea*)**”, que, para aspirar al título de **Ingeniera de Alimentos** fue desarrollado por **Candice Alexandra Barcia Loor**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Belén Jácome Villacrés

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 171494145-5

DEDICATORIA

Con todo el amor a mi madre, la razón de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme en cada una de las pruebas de la vida, a continuar luchando por mis sueños y no desistir por más difícil que se torne el camino.

A mi madre, mi ejemplo a seguir, la luz en mi camino, mi fuerza, mi motor, a quien debo todos mis logros y a quien no me alcanzara la vida para agradecerle todo lo que hace por mí.

A mi padre, con quien sé que puedo contar ahora y siempre, a pesar de nuestras diferencias, y quien estoy segura estará muy orgulloso de mí por este gran paso.

A mis hermanas, a quienes llevo en la mente y en el corazón, a Vanessa por ser un ejemplo para mí y a Bri por inspirarme a ser una mejor persona cada día, digna de su admiración.

A los LOOR, todos y cada uno de ellos contribuyeron de alguna forma a este gran logro y porque me siento bendecida de poderlos llamar MI FAMILIA.

A mi dulce Bianca, mi fiel compañera y alegría en cada momento.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial, por impartirme todos los conocimientos adquiridos, especialmente a los Ing. Jorge Viteri, Ing. Diego Burbano, Ing. Carlota Moreno Ing. Elena Beltrán e Ing. Belén Jácome, porque su legado dejó huella en mi vida e hicieron de mí una mejor profesional.

A mi compañera del proyecto Kat, de quien aprendí mucho y sin quien este reto no hubiera sido posible.

Simplemente GRACIAS.

El presente trabajo fue financiado por el proyecto V.UIO.ALM.12: **“Estudio del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante en láminas deshidratadas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) de la provincia de Tungurahua”**, que se desarrolló en la carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial en Quito – Ecuador.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. GENERALIDADES DEL TOMATE DE ÁRBOL	3
2.1.1. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA	3
2.1.2. MORFOLOGÍA	4
2.1.2.1. Características del fruto	4
2.1.3. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL	6
2.1.4. CULTIVO Y PRODUCCIÓN	7
2.1.4.1. Zonas de producción	9
2.1.5. COSECHA Y ALMACENAMIENTO	10
2.1.6. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS PARA SU INDUSTRIALIZACIÓN	12
2.2. PROCESAMIENTO INDUSTRIAL	13
2.2.1. LÁMINAS DE FRUTA	13
2.2.1.1. Origen y concepto	13
2.2.1.2. Proceso de elaboración	14
2.2.1.3. Materia prima y aditivos	14

	PÁGINA
2.2.1.4. Características de calidad	15
2.2.1.5. Tipos de empaque	15
2.2.2. CONCENTRACIÓN	16
2.2.3. DESHIDRATACIÓN	16
2.2.3.1. Cinética de secado	17
2.3. ANTIOXIDANTES	18
2.3.1. FITOQUÍMICOS	18
2.3.1.1. Compuestos fenólicos	18
2.3.1.1.1. Compuestos fenólicos y su relación con la deshidratación	20
2.3.1.2. Flavonoides	21
2.3.1.2.1. Antocianinas	21
2.3.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	22
2.3.2.1. Métodos de cuantificación de la capacidad antioxidante	22
3. METODOLOGÍA	23
3.1. MATERIAS PRIMAS	23
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	23
3.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE FRUTA	24
3.4. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DE LA FRUTA FRESCA	28
3.4.1. PESO	28

	PÁGINA
3.4.2. LONGITUD Y DIÁMETRO	28
3.4.3. VOLUMEN	28
3.4.4. COLOR	29
3.4.5. HUMEDAD	29
3.4.6. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES	29
3.4.7. MEDICIÓN DE pH	30
3.4.8. ACIDEZ TOTAL TITULABLE	30
3.4.9. ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA	30
3.5. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DE LAS LÁMINAS DE FRUTA	31
3.5.1. PESO Y RENDIMIENTO	31
3.5.2. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES	32
3.6. CONTENIDO DE ANTIOXIDANTES	33
3.6.1. PREPARACIÓN DEL EXTRACTO PARA ABTS Y DPPH	33
3.6.2. PREPARACIÓN DEL EXTRACTO PARA ANTOCIANINAS TOTALES	33
3.6.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	33
3.6.3.1. Método ABTS	33
3.6.3.2. Método DPPH	34
3.6.4. DETERMINACIÓN DE ANTOCIANINAS TOTALES	34
3.6.5. DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES	35

	PÁGINA
3.6.6. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE ANALÍTOS	36
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	37
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	38
4.1. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DE LA FRUTA FRESCA	38
4.1.1. ANÁLISIS DEL COLOR	40
4.1.2. ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TOMATE DE ÁRBOL	42
4.2. DESHIDRATACIÓN	44
4.2.1. PÉRDIDA DE PESO	44
4.2.2. RENDIMIENTO	45
4.2.3. CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES	47
4.2.4. CURVAS DE SECADO	48
4.3. ANTIOXIDANTES	52
4.3.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ABTS	54
4.3.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DPPH	56
4.3.3. CONTENIDO DE ANTOCIANINAS	58
4.3.4. CONTENIDO DE POLIFENOLES	60
4.4. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO DE POLIFENOLES Y ANTOCIANINAS, CONSIDERANDO EL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DEL ANALITO.	63

	PÁGINA
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1. CONCLUSIONES	64
5.2. RECOMENDACIONES	65
 BIBLIOGRAFÍA	 66
 ANEXOS	 77

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Descripción taxonómica del tomate de árbol	3
Tabla 2. Composición del tomate de árbol	6
Tabla 3. Variedades de tomate de árbol cultivadas y comercializadas en Ecuador	8
Tabla 4. Tratamientos para la obtención de láminas de tomate de árbol morado	24
Tabla 5. Método de análisis de la composición química	31
Tabla 6. Análisis físico – químicos del tomate de árbol morado	38
Tabla 7. Resultados del análisis de color de tomate de árbol morado.	40
Tabla 8. Composición química del tomate de árbol morado	42
Tabla 9. Resumen de la pérdida de peso en la obtención de láminas de tomate de árbol morado	44
Tabla 10. Rendimiento obtenido en la elaboración de láminas de tomate de árbol morado	46
Tabla 11. Resultados de antioxidantes en láminas de tomate de árbol morado	53
Tabla 12. Contenido de compuestos fenólicos en la elaboración de láminas de tomate de árbol morado	60
Tabla 13. Resultados de porcentajes (%) de recuperación	62

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.	Plantaciones de tomate de árbol en Pillaro – Tungurahua.	4
Figura 2.	Vista externa del tomate de árbol	5
Figura 3.	Vista interna de dos tipos de tomate de árbol	5
Figura 4.	Variedades del tomate de árbol	8
Figura 5.	Provincias más representativas en cultivo de tomate de árbol	10
Figura 6.	Cosecha del tomate de árbol.	11
Figura 7.	Estructura de ácidos fenólicos.	19
Figura 8.	Estructura de antocianina.	21
Figura 9.	Diagrama de flujo de la elaboración de láminas de fruta	27
Figura 10.	Dimensiones del tomate de árbol morado	28
Figura 11.	Curva de sólidos solubles en relación al tiempo de deshidratación	47
Figura 12.	Curva de humedad del producto en relación al tiempo de deshidratación	48
Figura 13.	Curva de velocidad de secado en relación al tiempo	50
Figura 14.	Curva de velocidad de secado en relación a la humedad del producto.	51
Figura 15.	Capacidad antioxidante (ABTS) en relación al tiempo de secado.	54

		PÁGINA
Figura 16.	Capacidad antioxidante (DPPH) en relación al tiempo de secado.	56
Figura 17.	Contenido de antocianinas en relación al tiempo de secado.	58

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	77
IMÁGENES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE FRUTA A PARTIR DE PULPA TOMATE DE ÁRBOL MORADO	
ANEXO II	78
IMÁGENES DE LÁMINAS DE TOMATE DE ÁRBOL MORADO	
ANEXO III	79
IMÁGENES DE ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL TOMATE DE ÁRBOL MORADO	
ANEXO IV	80
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TOMATE DE ÁRBOL MORADO	
ANEXO V	81
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CONTENIDO DE POLIFENOLES DE PULPA DE TOMATE DE ÁRBOL MORADO, ENDULZADA, ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO	
ANEXO VI	83
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PÉRDIDA DE PESO	
ANEXO VII	84
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO	
ANEXO VI	85
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (ABTS)	

	PÁGINA
ANEXO VII	87
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (DPPH)	
ANEXO VIII	89
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS	
ANEXO IX	
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES	91

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la deshidratación por aire en la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles y antocianinas, de la pulpa endulzada de tomate de árbol morado (*Solanum betaceum*), hasta la obtención de láminas de fruta. La cosecha del fruto se realizó en la plantación “El Señor de los Remedios”, ubicada en Pillaro, Tungurahua - Ecuador. Las frutas fueron sometidas a las siguientes operaciones previas: selección, limpieza, pelado con vapor y despulpado. Se realizó análisis físico – químicos de la fruta fresca. Para la deshidratación las variables fueron: concentración previa, temperatura y grosor de lámina. Se aplicaron 8 tratamientos: sin concentración a 50 °C en 2 mm, 50 °C en 4 mm, 60 °C en 2 mm y 60 °C en 4 mm; y con concentración (70% fruta – 30% azúcar a 60 °C) a 50 °C en 2 mm, 50 °C en 4 mm, 60 °C en 2 mm y 60 °C en 4 mm. Se calcularon porcentajes de pérdida de peso, rendimiento y sólidos solubles. Se realizaron curvas de secado y la determinación de las condiciones óptimas para mantener la capacidad antioxidante (métodos ABTS y DPPH) y el contenido de antocianinas totales (método de pH diferencial) y polifenoles totales (método de Folin-Ciocalteu) por espectrofotometría UV-visible. De acuerdo a los datos obtenidos, los tratamiento 3 (sin concentración, 50 °C, 2 mm) y 7 (con concentración, 50 °C, 2 mm) presentaron la mejor capacidad antioxidante en términos del radical ABTS con 155.32 y 147.92 ($\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ g}$ de muestra) respectivamente. En términos de DPPH, el tratamiento 3 presentó la mejor capacidad antioxidante con 116.87 ($\mu\text{mol TEAC/g}$ de tejido). Además, el mayor contenido de antocianinas fue encontrado en los tratamiento 3 y 7 con valores de 4.86 y 4.92 ($\text{mg}/100 \text{ g}$ de muestra) respectivamente. El tratamiento 7 presentó el porcentaje más alto de recuperación con 46.46%. En cuanto al contenido de polifenoles, el tratamiento 8 presentó el mayor contenido, con valores de 209.42 ($\text{mg equivalente Acido gálico}/100 \text{ g}$ de muestra), y los porcentajes de recuperación no presentaron diferencias significativas entre todos los tratamientos.

Las condiciones de los tratamientos 3 y 7 fueron temperatura de 50 °C y grosor de 2 mm, siendo la única diferencia, la aplicación de una concentración previa. Lo que significa que se obtendrán mejores resultados, en aquellos tratamientos donde se aplica baja temperatura y menor grosor de lámina. Se puede concluir entonces que las variables temperatura y grosor de lámina tienen un efecto significativo en la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles y antocianinas, durante la deshidratación de pulpa de tomate de árbol morado para la obtención de láminas de fruta.

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the effect of air-dehydration on the antioxidant capacity and content of total anthocyanin and polyphenol compounds, of the sweetened purple-red tamarillo pulp tree (*Solanum betaceum*), until obtaining fruit sheets. The fruit harvest was conducted in the plantation "El Señor de los Remedios", located in Pillaro, Tungurahua - Ecuador. The fruits were subjected to the following previous operations: selection, cleaning, steam peeling and pulping. Physic - chemical analysis were applied on fresh fruit. For dehydrating the variables were: previous concentration, temperature and sheet thickness. The eight treatments applied were: no concentration at 50 ° C and 2 mm, 50 ° C at 4 mm, 60 ° C at 2 mm and 60 ° C at 4 mm; and with concentration (70% fruit – 30% sugar at 60 ° C) at 50 ° C and 2 mm, 50 ° C at 4 mm, 60 ° C at 2 mm and 60 ° C at 4 mm. It was calculated the percentage of weight loss, yield and soluble solids. It was performed drying curves and the determination of optimal conditions to keep antioxidant capacity (ABTS y DPPH methods), content of total anthocyanin (pH differential method) and polyphenol compounds (Folin-Ciocalteu method) by UV-visible spectrophotometry. According to the obtained data, the treatments 3 (without concentration, 50 ° C, 2 mm) and 7 (concentration, 50 ° C, 2 mm) showed the best antioxidant capacity in terms of ABTS radical with 155.32 (equivalent Trolox $\mu\text{mol}/100$ g sample) and 147.92 (equivalent Trolox $\mu\text{mol}/100$ g sample), respectively. In terms of DPPH, the treatment 3 showed the best antioxidant capacity with 116.87 (TEAC $\mu\text{mol} / \text{g}$ tissue). Also, the highest content of anthocyanin was founded in treatments 3 and 7 with values of 4.86 and 4.92 (equivalent mg of cyanidin-3-glucoside /100 g sample) respectively. The treatment 7 showed the highest percentage of recovery with 46.46%. Regarding to polyphenols content, the treatments 8 showed the highest concentration, with values of 209.42 (equivalent mg Gallic acid/100 g sample) and the recovery rates had no significant differences among all treatments.

The conditions of treatments 3 and 7 were 50 °C and 2 mm, with the application of a preliminary concentration, as the only difference among them. Which means you can obtain better results in those treatments with low temperatures and lower sheet thickness. The conclusion is that the variables: temperature and sheet thickness, have a most significant effect on the antioxidant capacity and polyphenol – anthocyanin content during the dehydration of purple-red tamarillo pulp tree for obtaining fruit sheets.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En la Facultad de Ciencias de la ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial se desarrolla el proyecto de investigación “Estudio del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante en láminas deshidratadas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) de la provincia de Tungurahua”.

La deshidratación es uno de los métodos de conservación más usados en la industria alimentaria, en donde a través de la reducción del contenido de agua, se inhibe el desarrollo de microorganismos. Además preserva características inherentes al alimento, conservando así su valor nutricional (Brennan, 2006).

Los antioxidantes tienen como propiedad principal ser agentes reductores, gracias a sus propiedades de óxido reducción de grupos hidroxilo y a las relaciones estructurales entre diversas partes de su estructura química. Existen 3 tipos según su funcionalidad, los primarios previenen la formación de nuevos radicales libres, los secundarios capturan los radicales libres evitando su reacción en cadena, y los terciarios reparan las moléculas dañadas a causa de los radicales libres (Morales citado en Serrano, 2010). Es importante conocer la capacidad antioxidante de los alimentos para evaluar sus efectos biológicos (Araya, Clavijo, & Herrera, 2006).

El tomate de árbol morado no es muy popular, incluso entre sus principales productores en la provincia de Tungurahua (Buitrón, 2010) sin embargo, sus características, permiten elaborar una gran variedad de productos alimenticios sin el uso de aditivos, tales como pectina comercial (Yanza & Maldonado, 2012). Además dada su alta producción y baja demanda por parte del consumidor (Caicedo, Bolaños, & Cruz, 2008), la elaboración de láminas de fruta, constituye una excelente alternativa para su aprovechamiento.

Se conoce que el tomate de árbol morado es un fruto con alto contenido de antioxidantes, especialmente antocianinas (Barriga, 2012), por esto resulta importante determinar el tratamiento de deshidratación que permita preservar tales características, durante la elaboración de láminas de fruta.

Para el desarrollo de esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Realizar una caracterización físico-química de la fruta fresca y de las láminas elaboradas a partir de pulpa de tomate de árbol morado.
- Estudiar el contenido de polifenoles, antocianinas y la capacidad antioxidante, durante el proceso de deshidratación para la obtención de láminas de tomate de árbol morado.
- Determinar el tratamiento que presenta la mejor capacidad antioxidante y mayor contenido de polifenoles y antocianinas, en la obtención de láminas de tomate de árbol morado.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DEL TOMATE DE ÁRBOL

El tomate de árbol, es uno de los frutos más exóticos de Sudamérica, característico por su delicioso sabor y aroma. En 1995, su nombre científico "*Cyphomandra betacea*" se sustituyó por "*Solanum betaceum*". Además, es conocido industrialmente como "Tamarillo" en Estados Unidos, "Baum tomate" en Alemania, "Tomate de cera" o "Chimango" en Portugal (Anangón, 2007; Bohs citado en Sagñay, 2010).

2.1.1. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

A continuación en la Tabla 1 se observa la clasificación taxonómica del fruto.

Tabla 1. Descripción taxonómica del tomate de árbol

REINO	Vegetal
DIVISIÓN	Fanerógamas
SUBDIVISIÓN	Angiospermas
CLASE	Dicotiledóneas
SUBCLASE	Metaclamideas
ORDEN	Tubiflorales
FAMILIA	Solanácea
GÉNERO	Solanum
ESPECIE	Betaceum Cav.
NOMBRE COMÚN	tomate de árbol, tomate de ají o tamarillo

(León & Viteri citados en Aviles, 2012)

2.1.2. MORFOLOGÍA

Las raíces son profundas si la producción se hace por semilla y superficiales si se hace por estaca. En la Figura 1, se observa que la planta es arbustiva de follaje grande y tallo recto, cilíndrico y semi-leñoso con una altura aproximada de 2-3 metros, que se ramifica en forma paralela al suelo entre los 8 – 10 meses de edad. Las hojas son grandes con 30-40 cm de largo y 15-20 cm de ancho, tienen forma acorazonada y su envés es de color verde claro (Buitrón, 2010; Paredes, 2007).



Figura 1. Plantaciones de tomate de árbol en Píllaro - Tungurahua

2.1.2.1. Características del fruto

Como se puede observar en la Figura 2, el tomate de árbol es una baya de forma ovoidal punteada en su extremo inferior, que mide de 5 - 8 centímetros (largo), 3 - 5 centímetros (ancho) y pesa entre 50 – 100 gramos. Está cubierto por una cáscara gruesa y de sabor amargo, que puede tomar tonalidades: rojas, naranjas y amarillas. El fruto, según la variedad, inicia el cambio de color de verde a rojo/amarillo, a las 16 semanas, luego de la antesis floral y alcanza la maduración a las 22-23 semanas (Cáceres, 2008; Caicedo et al., 2008).



Figura 2. Vista externa del tomate de árbol

La parte comestible corresponde al 65-85% en peso, con un 84-88% de humedad, 9-11 ° Brix y pH 3,2-3,8 (Cerón, Higuira, & Cardona, 2011). El mesocarpio es firme, de acuerdo al estado de maduración, mientras que la pulpa interna es suave y jugosa con sabor agri dulce. En el interior de la fruta se encuentra la pulpa jugosa y agri dulce, el endocarpio poseen un promedio de 300 – 500 semillas pequeñas semi-planas redondas y comestibles, que presentan colores como naranja, amarillo o morado, según su variedad (Caicedo et al., 2008; Lucas, Maggi, & Yagual, 2011). Como se puede observar en la Figura 3.

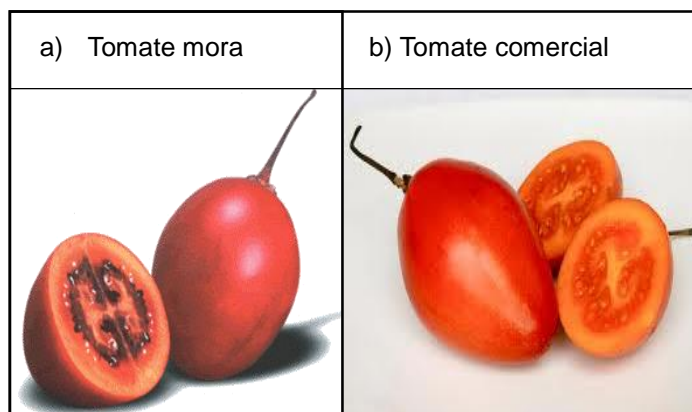


Figura 3. Vista interna de dos tipos de tomate de árbol

(FAO, 2006; Aviles, 2012)

2.1.3. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL

Como se observa en la Tabla 2, el mayor componente es el agua. Además posee alto contenido de fibra soluble (pectina), nitrógeno y aminoácidos, y un bajo contenido de calorías. Es una fuente importante de minerales (calcio, fósforo, hierro), vitaminas B, E, C (ácido ascórbico) y beta-caroteno (se transforma en vitamina A). Contiene antocianinas, flavonas y flavonoles, que son los responsables de su coloración (CORPOICA, 2008; Torres, 2012).

Tabla 2. Composición del tomate de árbol

ELEMENTO	CONTENIDO (TAMAÑO PORCIÓN: 100 GRAMOS)
Agua	86.70%
Carbohidratos	10.10%
Proteína	2.00%
Fibra	2.00%
Ácido ascórbico	29.00 mg
Fosforo	41.00 mg
Calcio	9.00 mg
Ceniza	0.60 g
Hierro	0.90 mg
Grasa	0.60 g
Tiamina	0.10 mg
Riboflavina	0.03 mg
Niacina	1.07 mg
Caroteno	0.67 mg

(Instituto Nacional de Nutrición citado en Áviles, 2012).

2.1.4. CULTIVO Y PRODUCCIÓN

El tomate de árbol es un fruto originario del Sur de América, específicamente de los andes peruanos y es cultivado en países latinoamericanos como Brasil, Colombia, Bolivia, Perú, Venezuela y Ecuador. Además desde 1930 es cultivado también en Nueva Zelanda, donde la producción no es continua debido a las condiciones climáticas (Cerón et al., 2011).

El cultivo comercial del tomate de árbol se inició en Ecuador en 1970, desde entonces ha presentado un incremento en el área cosechada, consecuentemente en la producción y en el número de personas dedicadas a este cultivo (Buitrón, 2010), este comportamiento responde a que hace más de 15 años, se observa un crecimiento de la demanda interna (León, Viteri, & Cevallos, 2004).

Debido a las condiciones agro-ambientales del país, el tomate de árbol no es un fruto estacional sino continuo, que produce durante todo el año, a altitudes de 2500-2600 msnm, temperaturas que oscilan entre 14-20 °C (óptima 16-19 °C), precipitaciones anuales de 500-1500 mm y pH de 6-6,5. Estas condiciones, hacen que tenga un mejor desarrollo de almidones y por lo tanto, un sabor menos ácido y más agradable (Barriga, 2012; Revelo, Pérez & Maila, 2004).

Las plagas que pueden incidir en la producción de tomate de árbol son: los áfidos, agrotis o trozador, cutzo o gallina ciega, nematodos y el chinche patón. Mientras que las principales enfermedades que afectan este tipo de cultivo pueden ser: pudrición radicular, mancha negra, tizón temprano, tizón tardío, cenicilla, virus y antracnosis u ojo de pollo (Revelo et al., 2004).

A continuación en la Tabla 3, se describen las características y principales usos de las variedades de tomate de árbol más cultivadas y comercializadas en nuestro país.

Tabla 3. Variedades de tomate de árbol cultivadas y comercializadas en Ecuador

NOMBRE	CÁSCARA	TAMAÑO	PULPA	pH	USOS
Tomate rayado o comercial	Delgada lisa roja con franjas discontinuas marrón verdoso	Baya grande	Anaranjado	3,1 ácido	Dulces Jugos Helados
Tomate de mora	Delgada	Mediano globoso	Anaranjada con endocarpio y corteza purpura intenso	2,9 más ácido	Jugos con mora
Tomate amarillo o común	Gruesa color amarillo opaco con rayas marrón verdoso	Mediano	Amarilla con abundantes semillas	3,1 ácido	Calidad Regular
Tomate redondo	Gruesa	Baya redonda pequeña	Rosa – crema carnosa	3,15 ácido	Buena calidad

(Cáceres, 2008; Caicedo et al., 2008)

En la Figura 4 se pueden observar las variedades del fruto descritas en la Tabla 3.

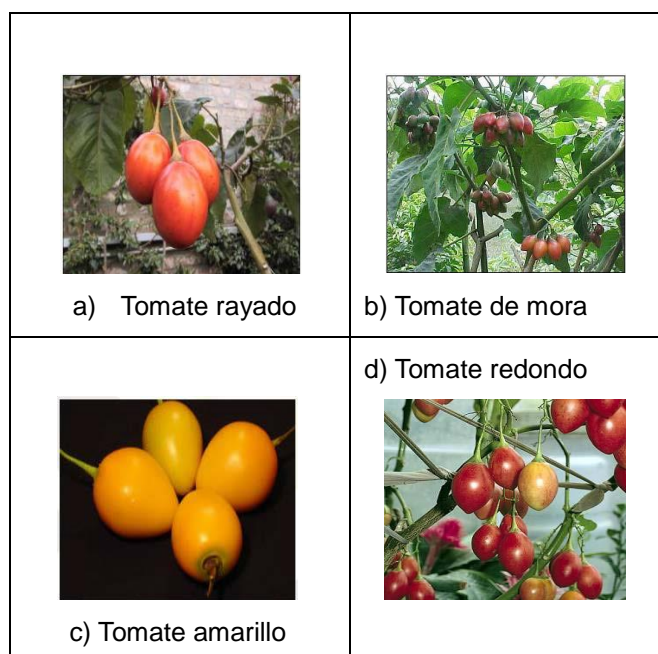


Figura 4. Variedades de tomate de árbol

(Anangón, 2007)

Aunque una de las variedades más difundidas es la tradicional amarilla o naranja, últimamente se cultiva el tomate mora de pulpa más rojiza, que trata de un híbrido introducido desde Nueva Zelanda obtenido del cruzamiento entre los tomates “Rojo Puntón” y el “Negro Silvestre Lojano”, nativos de Ecuador, cuya propagación se hace por estaca o vegetativamente. Esta variedad es la utilizada en el presente estudio (MAGAP citado por Suasnavas & Morales, 2004; Revelo et al., 2004).

2.1.4.1. Zonas de producción

El tomate de árbol se adapta muy bien a todo tipo de suelo, pero su mejor desarrollo lo alcanza en suelos con buen contenido de materia orgánica como la Sierra Ecuatoriana (Buitrón, 2010). La producción empieza entre los 18-24 meses luego de la siembra y dura 10-12 años, siendo intensa los primeros 4-5 años según el fenotipo (León et al., 2004).

De acuerdo a Lucas et al. (2011), se cultivan aproximadamente 14 748 hectáreas de tomate de árbol, seccionadas entre las principales provincias productoras: Tungurahua (Pelileo, Patate, Los Andes, Montalvo, Baños), Chimborazo (Riobamba, Guanalán, Chambo, Guano, Penipe, Alausí), Azuay (Cuenca, Paute, Gualaceo, Sevilla de Oro, El Pan, Guachapala), Pichincha (El Quinche, Pifo, Puembo, Tumbaco) e Imbabura (Antonio Ante, Otavalo, Pimampiro, Cahuasqui).

Como se puede observar en las Figura 5, Tungurahua es la provincia con mayor producción de tomate de árbol en el país, con el 39.2% lo que equivale a una producción de 8 300 hectáreas, con producciones bajas de Enero a Marzo y altas de Abril a Junio. Mientras que la menor producción se da en Imbabura con el 4.8% que son 883 hectáreas (Cáceres, 2008; Lucas et al., 2011).

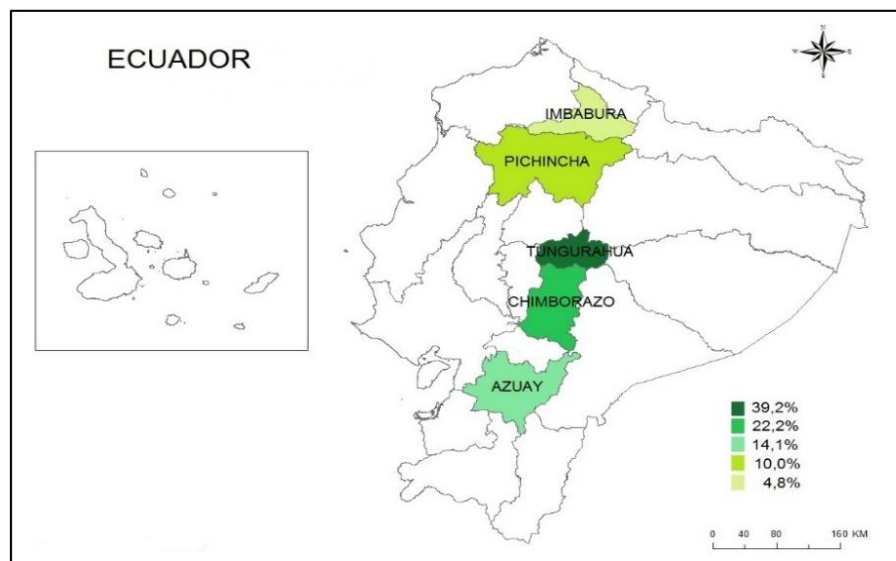


Figura 5. Provincias más representativas en cultivo de tomate de árbol

En el país existen tres tipos de productores de tomate de árbol: grandes (5 – 10 ha, con un rendimiento aproximado de 50 a 80 t/ha/año), medianos (1- 5 ha con un rendimiento de 20 t/ha/año) y pequeños (menos de 1 ha con un rendimiento promedio de 8 t/ha/año) (Anangonó, 2007; Lucas et al., 2011).

A nivel nacional, entre 2000 y 2008 se presentó un incremento por área cosechada del 58.00% aproximadamente (de 2 888 has a 4 562 has), así como un aumento de 46.50% en rendimiento (de 4.86 a 7.12 TM/Has) (Lucas et al., 2011).

2.1.5. COSECHA Y ALMACENAMIENTO

La cosecha se inicia 10-14 meses luego del trasplante, siendo más temprana en sitios con clima templado, donde la producción es permanente, que aquellos con clima frío donde es estacionaria. La recolección se realiza cada 15 días, de forma manual, como se observa en la Figura 6, dejando el pedúnculo adherido a la fruta para evitar deshidratación, ingreso de patógenos y retrasar la maduración. Es necesaria la realización de múltiples cosechas debido a que no todos los

frutos de un mismo árbol maduran al mismo tiempo. Frecuentemente la recolección se realiza cuando la fruta presenta color violeta, pero se pueden considerar otros factores como: el grado de firmeza, contenido de jugo o contenido de sólidos solubles. Es posible obtener entre 350-550 frutos/planta/año y obtener rendimientos de 8-80 t/ha/año (Revelo et al., 2004).



Figura 6. Cosecha del tomate de árbol

El fruto es no climatérico, es decir que presenta una tasa de respiración constante de aproximadamente 35 mg CO₂/ Kg.h y una producción de etileno menor a 0.10 µL/Kg.h a temperaturas de 20 °C, por lo que generalmente se cosecha cerca de su madurez, para obtener mejores características organolépticas (Caicedo et al., 2008).

En atmósfera controlada se puede prolongar la vida útil del fruto hasta por 10 semanas. Las condiciones ideales de almacenamiento post-cosecha son: pre-enfriamiento con aire forzado, refrigeración a 3 - 5 °C y humedad relativa de 85-90 %. Temperaturas muy bajas pueden causar pardeamiento de la piel y depresiones en la superficie del fruto, mientras que temperaturas muy altas generan pérdidas por podredumbres. Sin refrigeración la fruta puede tener una vida útil de hasta 2 semanas (Cáceres, 2008).

2.1.6. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS PARA SU INDUSTRIALIZACIÓN

Disponibilidad, aceptación y consumo: El tomate de árbol, es un fruto versátil altamente comercial disponible durante todo el año, a precio accesible, y de gran aceptación por su agradable sabor y exquisito aroma (Suasnavas & Morales, 2004). Los consumidores internacionales prefieren la fruta fresca (Europa) o la pulpa (Norte América), debido a la facilidad de consumo. Mientras que los consumidores nacionales, utilizan la fruta como insumo en la preparación de jugos, frutas en almíbar y ají (Martínez, 2012).

Contenido de pectina: A nivel industrial, es una fruta apreciada por su alto contenido de pectina, lo que la hace ideal para la elaboración de mermeladas, néctares y conservas, con excelentes características organolépticas: sabor, olor, color y especialmente textura (Yanza & Maldonado, 2012). En su estudio Torres (2012) determinó que la pectina presente tiene un grado de esterificación y de metoxilo mayor que las pectinas comerciales.

Acidez y pH: Se caracteriza por ser una fruta con un pH entre 3.2 y 3.8. Esta propiedad limita el desarrollo de microorganismos patógenos, lo que constituye una forma de conservación de los productos elaborados a base del fruto (Caicedo et al., 2008). La temperatura estable a lo largo del año y los prolongados periodos de luminosidad de la zona ecuatorial hacen que la fruta tenga un mejor desarrollo de almidones, lo que resulta en un sabor menos ácido y más agradable (Paredes, 2007).

Rendimiento: En cuanto al rendimiento, las variedades gigantes del fruto poseen un 83-86% de rendimiento en pulpa, superior a otras frutas como el mango y el melón que ofrecen rendimientos de 64% y 59% respectivamente, por lo cual los productos derivados resultan de alta rentabilidad (Aviles, 2012).

2.2. PROCESAMIENTO INDUSTRIAL

En su mayor parte, el tomate de árbol se comercializa para ser consumido en fresco (94.3%), para exportación (0.2%) y puede ser usado para la agroindustria (0.5%) en la elaboración de diversos productos como: jugos, postres, ponches, mermeladas y conservas. El 5.0% restante son las pérdidas causadas por: un inadecuado manejo post-cosecha, una producción desorganizada y el desconocimiento de buenas prácticas agrícolas, por parte de los productores. Lo cual, además genera productos de menor calidad sensorial y nutritiva, que desencadena en una tendencia del consumidor por productos importados (Barriga, 2012; Cáceres, 2008; Revelo et al., 2004).

2.2.1. LÁMINAS DE FRUTA

2.2.1.1. Origen y concepto

Las láminas, rollos, caramelos de fruta o “fruit leathers”, son productos elaborados a partir de pulpa de fruta concentrada y deshidratada (Cid, 2007). El producto final es un snack con apariencia traslúcida brillante, textura masticable, buen sabor y aroma, que no requiere ningún otro tipo de proceso antes de su consumo (Guerra, 2005).

La producción de láminas de fruta comenzó a estudiarse en 1942 como una solución a la necesidad de raciones de emergencia para las fuerzas armadas, gracias a su alto valor energético y a su capacidad de almacenamiento a -18 hasta 40 °C sin sufrir daños. Su origen data de Norteamérica pero su consumo se extendió al resto de América, África y Europa, al ser consideradas como una excelente alternativa para el almacenamiento de frutas en lugares de condiciones áridas y desérticas (Merino, 2002; Lodge citado por Guerra, 2005).

2.2.1.2. Proceso de elaboración

El proceso inicia con la selección, lavado, pelado y despulpado de la fruta. La pulpa es endulzada, concentrada y finalmente deshidratada en bandejas de baja profundidad, previamente cubiertas con un film para evitar adherencia. La deshidratación se realiza por un tiempo de 6 – 8 horas a temperatura de 45 – 65 °C (según la fruta y el grosor de la lámina) con el fin de reducir humedad, disminuyendo volumen y peso. La baja actividad de agua inhibe la acción enzimática y bacteriana, así como el crecimiento de hongos y levaduras, que pudieran deteriorar el producto. Este conjunto de efectos son los que permiten que este tipo de productos sean fáciles de almacenar y preservar. Las láminas una vez deshidratadas, son enfriadas y despegadas del molde, cortadas en porciones y envasadas para su posterior almacenamiento (Cid, 2007; Hernández, Fernández & Sulbarán, 2013).

El tiempo de secado varía según el tipo de deshidratación aplicada, si se trata de un deshidratador como el utilizado en el presente estudio, el proceso puede durar de 6 a 8 horas, pero si se trata de un horno de secado puede durar más de 18 horas y de 1 a 2 días mediante secado solar (Aviles, 2012; ITDG citado por Cuvertino, 2004). El secado puede llevarse a cabo mediante aplicación de aire, vapor sobrecalentado, en vacío, con gas inerte o aplicación directa de calor (solar); pero el más utilizado es el aire caliente debido a su conveniencia y fácil control (Torres citado por Guerra, 2005).

2.2.1.3. Materias primas y aditivos

Las láminas de fruta pueden ser preparadas a partir de pulpa de muchos frutos, o una serie de combinaciones de ellos (Cuvertino, 2004). La pulpa es un producto intermedio formado por el puré de fruta cuyo contenido mínimo en materia seca soluble varía entre el 7 – 11 % (Guerra, 2005).

Para el endulzado de la pulpa de fruta se puede utilizar azúcar, jarabe de maíz o miel. Para reducir la pérdida de color y nutrientes se agregan antioxidantes como ácido ascórbico, ácido cítrico, jugo de limón o jugo de piña antes de la etapa de secado (Cid, 2007).

2.2.1.4. Características de calidad

La calidad de las láminas va a depender de la materia de prima utilizada, principalmente de las frutas, así como de los procesos de adecuación, manipulación, empaque y almacenamiento. Por su parte la preservación del producto final, dependerá del bajo contenido de humedad (15-25%), acidez y porcentaje de sólidos solubles propios de la fruta, así como el contenido de azúcar adicionado durante el proceso de elaboración (Corpoica citado en Mayorga, 2012).

2.2.1.5. Tipos de empaque final

El material predominante para la fabricación de empaques de frutas es el plástico, debido a su ligereza, flexibilidad, inercia química, versatilidad, resistencia y a la transparencia que permite la inspección rápida y fácil del contenido (Cedeño & Montenegro, 2004).

Para su almacenamiento, en forma de láminas o rollos, se utilizan plásticos flexibles adecuados, impermeables a la humedad y a la luz, como los sobres de polipropileno metalizado. Se pueden mantener a temperatura ambiente en sitios oscuros, fríos y secos por periodos entre 4 - 12 meses. Si se quieren conservar por mayor tiempo se deben refrigerar (Cid, 2007).

Cuando no es empacada de forma adecuada, la lámina de fruta va perdiendo color y sabor de forma gradual, y los estándares de calidad resultan muy difíciles de mantener (Merino, 2002).

2.2.2. CONCENTRACIÓN

La concentración es una operación unitaria que tiene como finalidad la remoción parcial de agua de un alimento: una o dos terceras partes, mediante la aplicación de calor. En términos generales es una operación previa para otros procesos como secado, congelación o esterilización, debido a la disminución de tiempos y ahorro del consumo de energía. Constituye una forma de conservación de alimentos, al reducir el peso y volumen del producto. Entre los alimentos concentrados más comunes tenemos jugos y néctares de frutas, jarabes, mermeladas y jaleas, pasta de tomate, entre otros (Orrego, 2003).

Existen 3 métodos principales para concentrar alimentos: por eliminación de agua (evaporación, osmosis inversa y crio-concentración), por adición de sólidos (azúcar, hidrocoloides o sal) y por adición de sólidos junto con un proceso de evaporación (Huxsoll & Bolin citados en Nuggerud, 2014).

2.2.3. DESHIDRATACIÓN

Las frutas y hortalizas poseen alrededor de un 90% de agua. La misma que afecta sus condiciones de conservación, y por esta razón suele eliminarse, parcialmente como en la evaporación y concentración, o totalmente como en la deshidratación (Potter citado por Merino, 2002).

La deshidratación es un método de conservación que consiste en remover o extraer al agua libre presente en los alimentos, bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, con el propósito de reducir la actividad de agua a niveles inferiores a aquellos que permiten crecimiento microbiano y la degradación enzimática. Debido a que los componentes biológicos son susceptibles a la degradación por calor, muchos productos secos presentan desnaturalización física y organoléptica y por ende, pérdidas en su valor comercial (Passo, Bilame & Ndjouenkeu, 2006).

El secado por aire caliente es la técnica más convencional y utilizada para la producción de frutas y verduras secas. La cinética de secado permite el estudio del proceso bajo condiciones controladas y está influenciada por las condiciones de operación: temperatura, humedad relativa, velocidad de flujo del aire seco; así como, por las características del material, grosor del producto, densidad y forma (Xian-Ju, Min, Arun & Fan, 2009).

De acuerdo a Guerra (2005) y Cuvertino (2004) los productos deshidratados ofrecen varias ventajas, tales como:

- Ser una alternativa de método de preservación que prolonga la vida útil, al inhibir actividad bacteriana, por un tiempo que va a depender de las condiciones de almacenamiento.
- No afectar el aporte calórico original de la fruta, ni reducir el contenido de minerales y la pérdida de vitaminas, que no es mayor a la generada por otros métodos de conservación.
- Reducir masa y volumen del producto, lo que incide en la disminución de costos de transporte y almacenamiento.

2.2.3.1. Cinética de Secado

Es la dependencia de la humedad del material y de la intensidad de evaporación (determinada a través de la velocidad de secado) en el tiempo. A partir de las curvas de secado se puede determinar el tiempo ideal de secado, consumo de energía, condiciones predominantes y la influencia de variables como la temperatura, humedad inicial y velocidad del aire (Cabrera citado en Hermosa, 2013).

2.3. ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes se clasifican en naturales o sintéticas. Estas sustancias en bajas concentraciones pueden prevenir la oxidación o inhibir las reacciones promovidas por oxígeno y peróxidos. La mayoría son utilizados como agentes conservadores en alimentos (Huang & Prior citado por Serrano, 2010).

Existen tres tipos según su actividad, los primarios previenen la formación de radicales libres, los secundarios capturan radicales libres para evitar una reacción en cadena y los terciarios son los encargados de reparar las bio-moléculas afectadas por los radicales libres (Morales citado por Serrano, 2010).

2.3.1. FITOQUÍMICOS

Los fitoquímicos son metabolitos secundarios que constituyen componentes químicos como los carotenoides, que se pueden clasificar en tres tipos: beta carotenos, licopeno y compuestos fenólicos. Además existe evidencia científica que relaciona un alto consumo de frutas y verduras, con un menor riesgo de contraer ciertos tipos de cáncer, siendo los fitoquímicos, responsables de esta acción protectora de las células (Avilés citado por Rosales, 2003).

2.3.1.1. Compuestos fenólicos

Como se puede observar a continuación en la Figura 7, los compuestos fenólicos poseen uno o más anillos aromáticos con uno o más sustituyentes hidroxilos, que se encuentran como glicósidos combinados con azúcares. Son relativamente polares y tienden a ser solubles en agua. Son muy abundantes en vegetales y frutas a los que otorgan su aroma y color (Rosales, 2003).

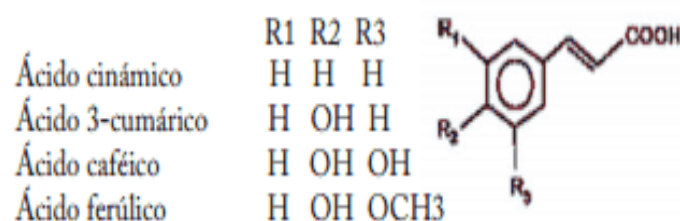


Figura 7. Estructura de ácidos fenólicos

(Drago, López, & Sainz, 2006)

Su estructura química es adecuada para ejercer su acción antioxidante (donar hidrógeno o electrones o atrapar radicales libres). En bajas concentraciones, detiene, retarda, previene o es mediador de la oxidación causada por radicales libres. Además por su capacidad de quelar metales, actúa como antioxidante indirecto al inhibir su acción como catalizadores en la formación de radicales libres. Los radicales libres son moléculas altamente reactivas que atacan los enlaces de proteínas de los tejidos, una vez que inician su actividad, reaccionan en cadena, terminando por destruir totalmente las células (Rice, Miller & Paganga citados por Serrano, 2010; Sauza & Saenz citados por Rosales, 2003; León et al., 2004).

Son diversos en la naturaleza pero pueden ser clasificados en ácidos fenólicos, polifenoles y flavonoides. Los más importantes son los ácidos fenólicos (benzoicos y cinámicos) y los flavonoides (flavonoles, antocianinas y taninos) (Atawodi, et al., 2009). Los primeros estudios sobre la determinación de fenoles totales fueron publicados por Folin y Ciocalteu en 1927, Swain y Hillis en 1959, Singleton y Rossi en 1965 y Fantozzi y Montedoro en 1978 (Kukoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho & Fett, 2005).

Cumplen un importante papel en la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, como cáncer, problemas cardiovasculares y enfermedades neurodegenerativas (Khazaei, Chegini & Maryam, 2008).

2.3.1.1.1. Compuestos fenólicos y su relación con la deshidratación

Los compuestos fenólicos en distintos productos, pueden degradarse a diferentes tasas durante el proceso de secado. Esto puede deberse a las propiedades físico-químicas de los ácidos fenólicos individuales y a las interacciones de estos con otros componentes de la matriz del alimento (Sze & Chung, 2011).

Sze & Chung (2011) encontraron que la pérdida de vitamina C en las láminas de fruta podría atribuirse a una combinación de los efectos de la degradación térmica y a la oxidación enzimática debido a la alta temperatura y el tiempo largo de secado, concluyendo que la baja temperatura de secado y el secado intermitente podría prevenir la degradación térmica de la vitamina C, pero el tiempo excesivo de secado puede provocar la oxidación enzimática.

Pheeraya, Radda, Chatree, & Somchart (2012) estudiaron el tratamiento osmótico en combinación con el secado por aire en moras, para evaluar la influencia de diferentes soluciones osmóticas en la cinética de secado, cinética de reacción, y capacidad antioxidante. En su estudio secaron moras, tratadas y no tratadas osmóticamente con soluciones de sacarosa, sorbitol, y maltosa, en bandejas en el secador a una temperatura de 60 °C, con una velocidad de 1 m/s. El secado por aire causó degradación de los compuestos fenólicos y las antocianinas. Encontraron además que la deshidratación osmótica con maltosa es un buen tratamiento para preservar el contenido fenólico y de antocianinas.

Annegowda et al. (2013) encontraron en sus resultados que el secado en frío de papaya, resultó el método más efectivo, al retener los compuestos bioactivos y preservar el contenido total de compuestos fenólicos. Adicionalmente obtuvieron mejores características organolépticas en cuanto a color, sabor y aroma.

2.3.1.2. Flavonoides

Son los compuestos fenólicos más estudiados, que se caracterizan por su bajo peso molecular y por tener en su estructura tres anillos formados de dos centros aromáticos y un heterociclo central oxigenado. Tienen la capacidad de quelar el hierro y otros metales de transición, lo que les confiere su capacidad antioxidante. Se clasifican en flavonas, flavanonas, catequinas y antocianinas (Drago et al., 2006). Estas sustancias no poseen las características de las vitaminas, por su acción protectora y porque no pueden ser producidas por el organismo humano, es decir deben adquirirse a través de la alimentación o mediante suplementos (Martínez, Gonzalez, Culebras & Tunon, 2002).

2.3.1.2.1. Antocianinas

Son glucósidos compuestos por dos anillos aromáticos unidos por una cadena de tres carbonos, como se puede observar en la Figura 8. Son pigmentos vegetales no nitrogenados cuya coloración depende del número y orientación de los grupos hidroxilo (tonalidades azules) y del metoxilo de la molécula (tonalidades rojas), y puede variar con el cambio de pH, entre rojo (medio ácido), amarillo, violeta y azul (medio alcalino) (Garzón citado en Mayorga, 2012; Lock citado por Rosales, 2003).

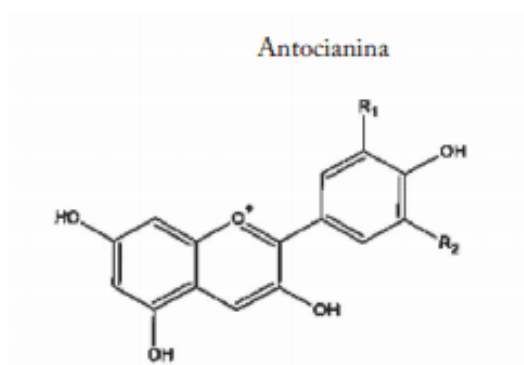


Figura 8. Estructura de antocianina

(Drago et al., 2006).

Se encuentran en la naturaleza en forma de glicósidos. Los factores que más inciden en su estabilidad son: el pH, temperatura, presencia de oxígeno y la luz (Rosales, 2003).

2.3.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Consiste en la capacidad de un nutriente de neutralizar la acción antioxidante de una molécula inestable (un radical libre), sin perder su propia estabilidad electroquímica. Continuamente las enzimas que produce nuestro propio organismo neutralizan los radicales libres, pero la presencia excesiva de estos, es causada por contaminantes externos como: contaminación atmosférica, humo de tabaco, herbicidas, pesticidas o consumo de ciertas grasas; es lo que causa daños mayores al no poder ser eliminados por nuestro cuerpo (Araya et al., 2006).

La capacidad antioxidante es la consecuencia de la acción conjunta de los distintos antioxidantes contenidos en los alimentos, tales como los compuestos polifenólicos, carotenoides, vitaminas y otros micro-constituyentes (Carrera, 2013). Esto dependerá del microambiente en que se encuentra el compuesto y de la interacción, pudiendo producirse efectos sinérgicos o inhibitorios entre los mismos (Llanos, 2009).

2.3.2.1. Métodos de cuantificación de la capacidad antioxidante

Los métodos más utilizados y con excelente estabilidad para la determinación de la capacidad antioxidante son ABTS y DPPH. El ABTS se genera luego de una reacción química (Dióxido de Manganeso, Persulfato de potasio), enzimática (peroxidasa, mioglobulina) o electroquímica. Mientras que el DPPH es un radical libre que puede obtenerse sin previa preparación. Con el ABTS se miden compuestos hidrofílicos y lipofílicos, mientras que el DPPH sólo puede disolverse en medio orgánico (Llanos, 2009).

3. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

3.1. MATERIAS PRIMAS

El estudio fue realizado con tomates de árbol (*Solanum betaceum*) genotipo mora, cultivados en Pillaro en la provincia de Tungurahua-Ecuador. El fruto fue cosechado y transportado a la planta piloto de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Tecnológica Equinoccial, donde se realizó las operaciones de selección y limpieza. Una vez lavado, el fruto fue sometido a: pelado al vapor, despulpado, empacado en fundas de 500 gramos y congelación para su uso posterior.

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el presente estudio, los tratamientos se dividieron en dos grupos: sin concentración y con concentración. En el primer grupo, la pulpa empacada, se descongeló y se mezcló con azúcar en un porcentaje del 40%. Mientras que para el segundo grupo, el porcentaje de azúcar añadido fue del 30% y la mezcla endulzada se concentró a 50 °C, según el estudio realizado por (Nuggerud, 2014).

Posteriormente, en todos los tratamientos, se aplicó deshidratación por aire, donde las variables independientes fueron la temperatura (50 y 60 °C) y el grosor de las láminas (2 y 4 mm).

Se determinó el peso y porcentaje de sólidos solubles, al inicio y durante todo el proceso (cada 60 minutos). Además se tomaron muestras (al inicio y cada 120 minutos), que fueron llevadas a congelación, para posterior análisis del contenido de polifenoles, antocianinas y capacidad antioxidante. Un resumen de los tratamientos aplicados, se expone en la Tabla 4.

Tabla 4. Tratamientos aplicados para la obtención de láminas de tomate de árbol morado

GRUPOS		TRATAMIENTOS	TEMPERATURAS (°C)	GROSOR (mm)
1	Sin concentración	T1	50	4
		T2	60	4
		T3	50	2
		T4	60	2
2	Con concentración	T5	50	4
		T6	60	4
		T7	50	2
		T8	60	2

3.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE FRUTA

Como se puede observar en la Figura 9 y los ANEXO I y II, el proceso consistió en 4 etapas principales:

a) Operaciones previas

La fruta fue pesada, seleccionada y clasificada por la calidad (según daños, defectos y enfermedades) y el estado de madurez (según firmeza y color). Luego se almacenó a temperatura ambiente y se le aplicaron operaciones de limpieza (lavado, desinfección y secado) con el fin de remover cualquier sustancia extraña en la superficie.

b) Obtención de pulpa

La fruta limpia fue sometida a un proceso de escaldado al vapor, choque térmico y pelado. Una vez eliminada la cáscara, se realizó el despulpado con una licuadora Industrial de acero inoxidable Marca Pascal.

La pulpa fue envasada en porciones aproximadas de 400–500 gramos en fundas de polietileno, selladas y almacenadas en congelación.

c) Mezcla

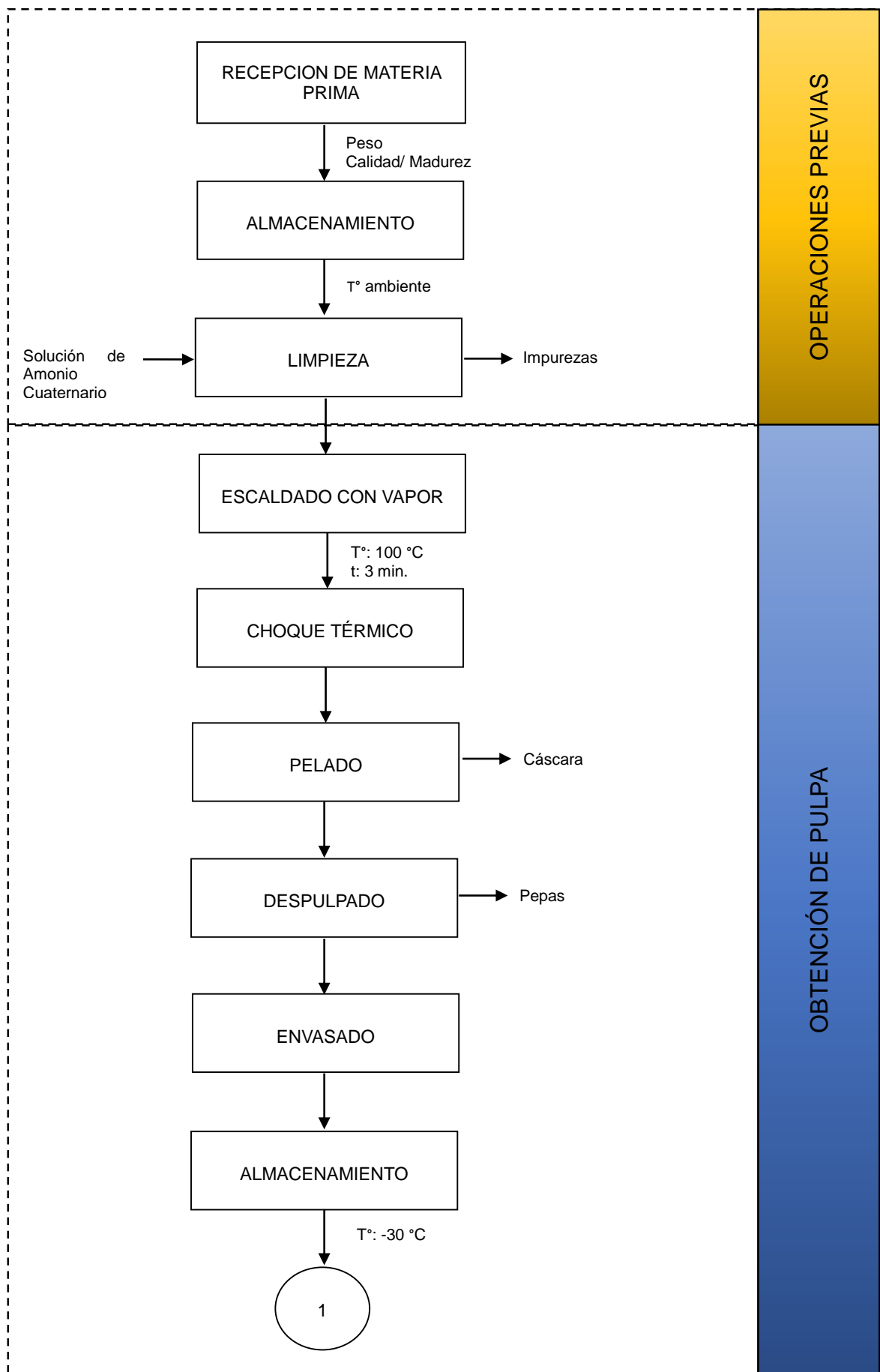
La relación del contenido pulpa–azúcar fue de 60–40 % para los tratamientos sin concentración y de 70–30 % para los tratamientos con concentración.

Para la concentración, la mezcla fue sometida a baño maría a una temperatura de 50 °C, hasta alcanzar un contenido de sólidos solubles de 55 °Brix.

d) Deshidratación

La pulpa endulzada y concentrada o no, se dispuso en bandejas de baja profundidad (2 o 4 mm según el tratamiento), previamente acondicionadas con glicerina, para ser deshidratadas por aire a una temperatura de 50 °C o 60 °C, en un deshidratador marca EXCALIBUR MODELO 9 TRAY 600 watts.

Una vez deshidratadas las láminas como se observa en el ANEXO II, fueron enfriadas, despegadas del molde, cortadas en porciones y envasadas en fundas de polietileno, selladas herméticamente y llevadas a congelación, para su posterior análisis.



Continuación...

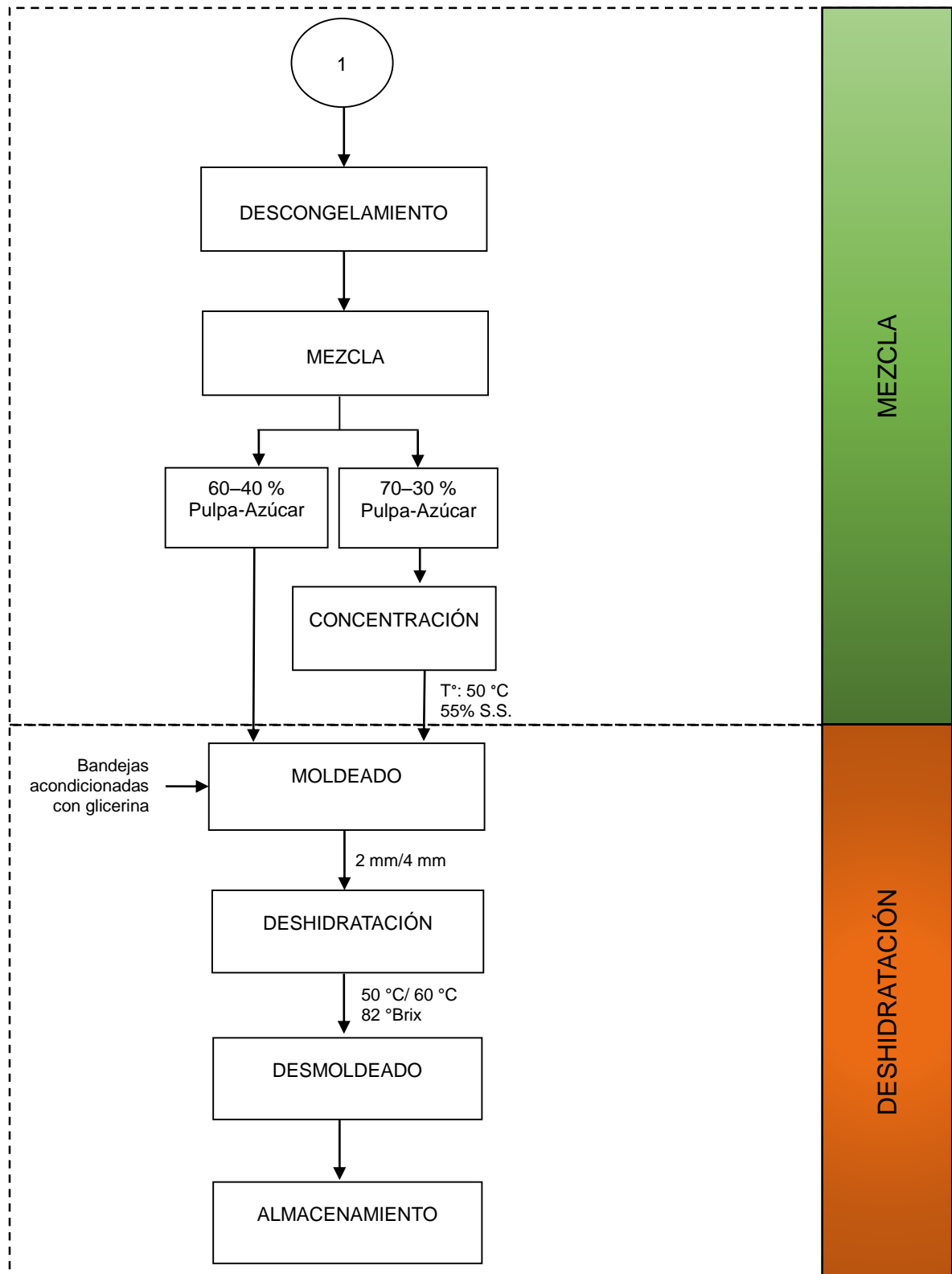


Figura 9. Diagrama de flujo de la elaboración de láminas de fruta

3.4. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DE LA FRUTA FRESCA

Para el análisis físico - químico de la fruta fresca se tomó una muestra representativa de 10 unidades de tomate de árbol morado, seleccionadas al azar.

3.4.1. PESO

La determinación de peso se realizó por triplicado, en una balanza electrónica Marca UWE Modelo ADM Series.

3.4.2. LONGITUD Y DIÁMETRO

Con el uso de un calibrador, se determinó por triplicado el diámetro longitudinal (medida desde la base del pedúnculo hasta el ápice) y el diámetro ecuatorial (parte media), como se observa en la Figura 10.

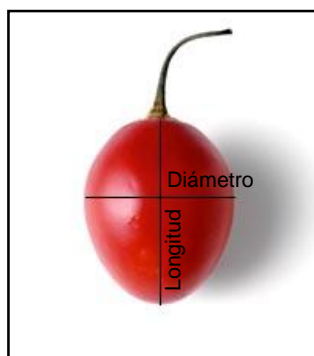


Figura 10. Dimensiones del tomate de árbol morado
(Fundación Eroski, 2012)

3.4.3. VOLÚMEN

Una probeta graduada con un diámetro de 10 cm y capacidad para 1000 cc, se llenó con agua hasta 300 cc y se introdujo la fruta para obtener el volumen de agua desplazado, el cual corresponde al volumen del tomate de árbol morado. Esta determinación se realizó por triplicado.

3.4.4. COLOR

La determinación del color se registró por triplicado y se realizó utilizando un colorímetro triestímulo Marca Konica Minolta Modelo Chroma Meter CR-400, para calcular los valores de la escala CIE L*a*b*.

Para el color externo, se midió sobre la superficie de la cascara de la fruta, como se observa en el ANEXO III. Mientras que el color interno, se procedió a pelar la fruta, en la zona longitudinal y se midió sobre la superficie del mesocarpio.

3.4.5. HUMEDAD

La determinación del contenido de humedad se realizó de acuerdo al Método AOAC 934.06 (A.O.A.C. , 2005) en una estufa de marca Memmert. Los resultados se expresaron como porcentaje según la ecuación 1.

$$\%H = \frac{P_i - P_m}{P_i} \quad [1]$$

Donde:

%H: Porcentaje de humedad

P_i : Peso inicial de la muestra

P_m : Peso final de la muestra seca

3.4.6. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

El contenido de sólidos solubles totales se expresó como ° Brix, utilizando un refractómetro marca Portable Refractometer BOECO de graduación (0-32 ° Brix) de acuerdo al método AOAC 932.12 (A.O.A.C. , 2005), como se observa en el ANEXO III.

3.4.7. MEDICIÓN DE pH

El pH se determinó con un potenciómetro marca Thermo Scientific: Orion Star, por el método AOAC 945.27, por inmersión del electrodo en la pulpa del fruto (A.O.A.C. , 2005). Este análisis se realizó por triplicado.

3.4.8. ACIDEZ TOTAL TITULABLE

Se aplicó el método AOAC 942.15 (A.O.A.C. , 2005), tomando 3 g de muestra y 50 ml de agua destilada y titulando con NaOH 0.1 N hasta el viraje del pH a 8.2, usando un potenciómetro Marca Thermo Scientific: Orion Star como se observa en el ANEXO III. Los análisis se realizaron por triplicado y la cuantificación se determinó según la ecuación 2, expresada en porcentaje de ácido cítrico (Instituto de Salud Pública, 2012).

$$A = \frac{(V \times N \times M \times 100)}{V_T} \quad [2]$$

Donde:

A: Acidez, expresada como meq/kg

V: Volumen de NaOH gastado

N: Normalidad de la solución de NaOH

M: Mili equivalente del ácido cítrico (0,064).

V_T: Volumen total de la muestra.

3.4.9. ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

Se efectuaron los análisis correspondientes a la composición química de la fruta fresca de tomate de árbol morado, según la norma INEN 1909 (INEN, 2009) como se indica en la Tabla 5. Estos estudios fueron realizados por el laboratorio LABOLAB, cuyos resultados se pueden observar en el ANEXO IV.

Tabla 5. Método de análisis de la composición química

PARÁMETRO	MÉTODO
Humedad (%)	NTE INEN 382
Proteína (%)	NTE INEN 16
Grasa (%)	NTE INEN 523
Ceniza (%)	NTE INEN 14
Fibra (%)	NTE INEN 522
Carbohidratos totales (%)	Cálculo
Energía (Kcal/100g)	Cálculo

3.5. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DE LAS LÁMINAS DE FRUTA

El análisis físico - químico de las láminas se realizó de la siguiente manera:

3.5.1. PESO Y RENDIMIENTO

La determinación de peso se realizó por triplicado en una balanza electrónica Marca UWE Modelo ADM Series, en la hora inicial y una vez iniciado el proceso cada 60 minutos hasta su finalización. Con los datos obtenidos se calculó el rendimiento, mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{P_f}{P_i} \times 100 \quad [3]$$

Donde:

P_f: Peso final.

P_i: Peso inicial.

3.5.2. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

Se tomaron muestras al azar de cada bandeja, al inicio, y durante todo el proceso de deshidratación (cada 60 minutos), usando dilución con agua destilada de 1:3. Los resultados se expresaron como °Brix, y se midió usando un refractómetro marca Portable Refractometer BOECO de graduación (0-32 °Brix) según el método AOAC 932.12 (A.O.A.C. , 2005).

Con los datos obtenidos se elaboraron las siguientes curvas:

- Pérdida de peso v/s tiempo.
- Sólidos solubles v/s tiempo

Para calcular la humedad del producto se consideró que el porcentaje de sólidos solubles constituye el contenido de sólidos secos y que por lo tanto se aplicó la siguiente ecuación:

$$X = P_f - (P_f \times \frac{SS}{100}) \quad [4]$$

Donde:

X: Gramos de agua.

P_f: Peso Final

SS: Contenido de sólidos solubles

Con los datos calculados a partir de la ecuación 4, se elaboraron las tres curvas de secado:

- Humedad del producto en relación al tiempo
- Velocidad de secado en relación al tiempo y,
- Velocidad de secado en relación a la humedad del producto.

3.6. CONTENIDO DE ANTIOXIDANTES

3.6.1. PREPARACIÓN DEL EXTRACTO PARA ABTS Y DPPH

La extracción se realizó a partir de la mezcla de 2.5 gramos de muestra congelada de lámina de tomate de árbol morado con 10 ml de etanol al 50%, en un falcon cerrado herméticamente y protegido de la luz. Esta mezcla se llevó a agitación magnética por 40 minutos y luego se centrifugo a 6000 rpm y 4 °C por 15 minutos. El sobrenadante fue pipeteado en eppendorf de 2 ml, cerrado y cubierto en papel aluminio para ser congelado a – 18 °C.

3.6.2. PREPARACIÓN DEL EXTRACTO PARA ANTOCIANINAS TOTALES

La extracción se realizó tomando 3.0 gramos de muestra congelada, para cada falcon A y B. Luego se añadió 25 ml de buffer pH 1 al falcon A y 25 ml de buffer pH 4 al falcon B. Una vez cerrados herméticamente (protegidos de la luz) se llevaron a agitación por 15 minutos y posterior centrifugado (Hermle Labortechnik) a 6 000 rpm y 4 °C por 15 minutos.

El Buffer pH 1 fue preparado con Cloruro de potasio diluido al 1.49% en agua destilada, llevado a 1 N añadiendo ácido clorhídrico al 0.2 N. El Buffer pH 4 fue preparado con Acetato de Sodio diluido 13.6% en agua destilada, llevado a 4.5 N añadiendo ácido clorhídrico al 1 N.

3.6.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

3.6.3.1. Método ABTS

Se basa en la decoloración del radical ABTS•+ (Re citado en Cuesta, 2013). El radical se formó con 5 ml de ABTS 7 mM y peroxosulfato de potasio 2.45 mM en agua destilada, llevado a oscuridad por 16 horas y

diluido con etanol hasta una absorbancia de 0.700 ± 0.005 , medida a 734 nm.

Para la determinación se añadió 20 μL del extracto a 1000 μL de la dilución del radical. La mezcla se homogenizó en un vortex y reposó 6 min previo a la lectura de su absorbancia a 734 nm en un espectrofotómetro (Génesis 20-Thermo Spectronic). Cada extracto se analizó por triplicado.

Para la cuantificación se realizó una curva de calibración con Trolox 2.5 mM en etanol. Los resultados se expresaron en TEAC (actividad antioxidante equivalente a Trolox).

3.6.3.2. Método DPPH

Se basa en la reducción de la absorbancia del radical libre 1.1-difenil-2-picrilhidrazilo. El radical se formó con DPPH al 4% en etanol, sometido a agitación por 4 horas, refrigerado por 24 horas y diluido con etanol hasta una absorbancia de 0.80 ± 0.005 , medida a una longitud de onda de 515 nm.

Para la determinación se añadió la cantidad establecida de muestra y etanol, a 1000 μL de DPPH. La mezcla se homogenizó en vortex y reposo en la oscuridad, previo a la medición de la absorbancia a 515 nm en un espectrofotómetro Génesis 20-Thermo Spectronic. Cada extracto se analizó por triplicado. Para la cuantificación se realizó una curva de calibración con Trolox 2.0 mM en etanol. Los resultados se expresaron en TEAC (actividad equivalente a Trolox).

3.6.4. DETERMINACIÓN DE ANTOCIANINAS TOTALES

La determinación se realizó mediante el método de pH diferencial (Gusti & Wrolstad citados en Serrano, 2010). A cada extracto se midió la absorbancia a 510 nm y a 700 nm utilizando un espectrofotómetro Thermo Scientific Evolution 60s UV- Visible Spectrophotometer (Serrano, 2010).

Los resultados se expresaron utilizando las siguientes ecuaciones (Del

Carpio, Serrano & Giusti, 2009). La ecuación 5 permite calcular la absorbancia de la muestra:

$$A = (A_{\lambda_{vis-max}} - A_{700\text{ nm}})_{pH\ 1.0} - (A_{\lambda_{vis-max}} - A_{700\text{ nm}})_{pH\ 4.5}$$

[5]

Donde:

A: Absorbancia de la muestra.

$A_{\lambda_{vis-max}}$: Absorbancia máxima de la antocianina.

$A_{700\text{ nm}}$: Lectura de corrección debida a sustancias interferentes.

La ecuación 6 permite calcular el contenido de antocianinas:

$$\frac{p}{p} = \frac{(A * Mw * Df * VWt)}{\epsilon * l}$$

[6]

Donde:

$\frac{p}{p}$: Contenido de antocianinas calculado como cianidina-3-glucósido.

A: Absorbancia de la muestra.

Mw: Factor molecular de la cianidina-3-glucosido (449.6 g/l)

Df: Factor de dilución (180).

V: Volumen final en ml.

Wt: Peso de la muestra en mg.

ϵ : Absortividad molar de la cianidina-3-glucosido (26 900 L cm^{-1} mg^{-1}).

l : Grosor de la cubeta (1 cm).

3.6.5. DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES

La determinación del contenido de polifenoles fue realizada en el Laboratorio de Alimentos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) según el método de referencia MO-LSAIA-15 (Folin

– Ciocalteu), como se observa en el ANEXO V. Cada extracto se analizó por duplicado. Los resultados fueron expresados en mg equivalente Ácido gálico/ 100 g muestra.

3.6.6. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE ANALITOS

La determinación de pérdida del contenido de polifenoles y antocianinas se realizó mediante un balance de masa de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

La ecuación 7 permite calcular la masa del analito en la muestra fresca:

$$A_1 = \frac{\text{Concentracion } A_1}{100} \times P_1 \quad [7]$$

Donde:

A_1 : Masa del Analito

Concentración A_1 : Concentración de analito

P_1 : Masa de la muestra fresca

La ecuación 8 permite calcular la masa del analito en la muestra concentrada:

$$A_2 = \frac{\text{Concentracion } A_2}{100} \times P_2 \quad [8]$$

Donde:

A_2 : Masa del Analito

Concentración A_2 : Concentración de analito

A_2 : Masa de la muestra concentrada

La ecuación 9 permite calcular el porcentaje de recuperación en base a las masas calculadas con las ecuaciones 7 y 8.

$$\% \text{ Recuperación} = \frac{A_2}{A_1} \times 100 \quad [9]$$

Donde:

A_1 : Masa del analito muestra fresca

A_2 : Masa del analito muestra concentrada

La ecuación 10 permite calcular el porcentaje de pérdida del analito:

$$\% \text{ Pérdida} = 100 - \% \text{ Recuperación} \quad [10]$$

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para el presente estudio se utilizó un diseño experimental A x B x C. Los factores fueron tres: concentración, temperatura y grosor, con dos niveles cada uno. Los resultados se procesaron con análisis de varianza y las medias se compararon con la prueba de Tukey, utilizando una significancia del 0.05, mediante el software estadístico InfoStat Versión 2013.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. ANALISIS FÍSICO – QUÍMICOS DE LA FRUTA FRESCA

Los valores obtenidos en el análisis físico – químico realizado a la fruta fresca, se pueden observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Análisis físico – químicos del tomate de árbol morado

PARÁMETRO	RESULTADO*
Peso (g)	157.10 ± 15.799
Volumen (ml)	158.50 ± 19.170
Longitud (cm)	84.80 ± 4.612
Diámetro (cm)	58.60 ± 2.581
Textura (Kg-f)	3.28 ± 0.668
Sólidos Solubles (° Brix)**	9.40 ± 0.635
Ph	3.95 ± 0.151
Acidez titulable (%)	1.00 ± 0.059

*media en base fresca ± desviación estándar (n=30)

En la determinación del peso y diámetro del tomate de árbol morado, los valores encontrados fueron superiores al promedio, en comparación con la Norma 1909 (INEN, 2009) para peso (60–120 g) y diámetro (50–60 mm). Y a los estudios realizados por Sagñay (2010) con 121.60 g, Carrera (2013) con 124.7 g y 56.20 mm, Camacho (2011) con 108.34 y 54.50 mm, y Torres (2012) con 92.56 g y 51.50 mm, respectivamente. Mientras que para la longitud, éste presentó una forma más alargada, con dimensiones superiores al tomate común (Nuggerud, 2014).

En concordancia con la Norma 1909 (INEN, 2009), se puede decir que el genotipo utilizado en el presente estudio, es de calibre “grande”, con un diámetro >55 cm, una longitud >70 cm y una masa promedio >120 gramos. En el análisis de la textura se encontró valores de 3.28 Kg-f. Dado que Torres (2012) en su estudio de tomate de árbol con distintos estados de madurez, encontró valores de 5.20 Kg-f para verde, 4.24 Kg-f para semi-maduro y 3.50 Kg-f para maduro (a mayor estado de madurez, menor firmeza del fruto). Se puede decir que el tomate mora utilizado para la presente investigación, se encontraba en estado de madurez.

En cuanto al contenido de sólidos solubles, el tomate de árbol morado presentó aproximadamente 9.40 °Brix, cumpliendo con la norma 1909 (INEN, 2009), cuyo valor mínimo es de 8.5 °Brix. Similares resultados fueron encontrados por CORPOICA (2008) con valores de 10.0–12.0 °Brix para tomate de árbol en proceso de maduración y por Torres (2012) con 10.60 °Brix para tomate mora. Estos resultados se pueden deber a que durante la maduración, se producen disacáridos y monosacáridos (azúcares más simples) como sacarosa, fructosa y glucosa, a partir del desdoblamiento de almidones durante la hidrólisis.

El valor de la acidez titulable (% de ácido cítrico) obtenido fue del 1.0%. Esto cumple con el máximo establecido (2.0%) en la norma 1909 (INEN, 2009).

Se encontró valores de pH de 3.95, similar a los resultados encontrados por Sagñay (2010) con 3.34 y Torres (2012) con 3.92, también para tomate mora.

Cabe recalcar que el estado de madurez genera una combinación de efectos que influyen en las características tecnológicas de la fruta para su utilización en la elaboración de productos. Por una parte, se producen ciertos compuestos volátiles causantes del aroma. Por otro lado, la hidrólisis de pectinas y almidones, así como la degradación de ácidos orgánicos que generan un incremento del sabor dulce, una disminución de la acidez y un

cambio en la textura (ablandamiento) por la reducción del contenido de fibra y ciertos procesos degradativos de las paredes celulares (Hernández, Barrera & Melgarejo, 2011; CORPOICA, 2008).

Se puede decir entonces que este conjunto de efectos hacen que las frutas maduras al ser sometidas a tratamientos térmicos, alcancen el punto de gelificación en menor tiempo que las frutas sin madurar.

4.1.1. ANÁLISIS DEL COLOR

En los resultados de los análisis del color de la cáscara, como se observa en la Tabla 7, en primer lugar en cuanto a la luminosidad, dado que $L^*=0$ negro y $L^*=100$ blanco, se puede decir que la fruta presentó una luminosidad intermedia con valores cercanos a $L^*=50$. Similares valores fueron encontrados para tomate de árbol amarillo, por Cuesta (2013) con 44.98 y Nuggerud (2014) con 44.04, y por Torres (2010) con 46.69 para pulpa roja de Guayaba.

Tabla 7. Resultados del análisis del color del tomate de árbol morado

PARÁMETRO	RESULTADO**
COLOR EXTERNO	
L* (N)	44.06 ± 3.605
a* (N)	28.29 ± 3.663
b* (N)	19.79 ± 4.124
COLOR INTERNO	
L* (N)	57.39 ± 4.191
a* (N)	7.73 ± 1.661
b* (N)	34.67 ± 3.901

**media en base fresca ± desviación estándar (n=30)

En el análisis del parámetro a^* (tonalidad rojo – verde), el tomate mora presentó una pigmentación rojiza con valores de 28.29. Mientras que para b^* (tonalidad azul – amarilla), los valores encontrados reflejan el cromatismo típico amarillento de la fruta, con valores de 19.79. Similares resultados fueron encontrados por Sagñay (2010) con tonalidades rojo – intenso para tomate morado gigante fresco. Mientras que Nuggerud (2014) en su estudio de ambos genotipos, encontró valores inferiores del parámetro a^* con 20.74 y superiores del parámetro b^* con 25.18, para el tomate amarillo.

En concordancia con los resultados encontrados en la presente investigación, Marquez, Otero & Cortes (2007) y Torres (2012) en su estudio de tomate de árbol, encontraron tendencias acentuadas a las tonalidades roja, naranja y amarilla (para a^* y b^* respectivamente) para tomates de árbol en estado de madurez. Esto se puede atribuir a la disminución del contenido de clorofila, aumento en la concentración de pigmentos carotenoides y presencia de antocianinas; que además son los responsables de la capacidad antioxidante.

Sin embargo, aún no se han identificado parámetros que permitan diferenciar entre los dos genotipos de tomate de árbol morado y amarillo, a partir de la coloración de la cáscara.

Como se observa en la Tabla 7, en el análisis de color del mesocarpio, los resultados de luminosidad fueron cercanos a $L^* = 60$, lo que indica una tendencia a las pigmentaciones claras ($L^* = 100$ blanco). Similares valores fueron encontrados por Torres (2010) en el análisis de pulpa de otro tipo de fruta (Camu-Camu) con 41.40 (coloración más oscura). Además, Márquez et al. (2007) no encontraron diferencias significativas para esta variable, en Tomates de árbol con distintos estados de madurez.

En la tonalidad a^* los valores encontrados reflejan una tendencia a la coloración rojiza en el tomate mora con 7.73. Mientras que en el estudio

realizado por Nuggerud (2014) se encontró valores de 6.32 para tomate amarillo (mayor grado de tonalidad verde). De acuerdo a Márquez et al. (2007), la cromaticidad a^* tiende a la tonalidad roja a medida que el fruto madura, con lo cual, también se puede decir que el tomate mora se encontraba en estado de madurez.

Respecto a la tonalidad b^* (azul – amarillo) se identificaron valores mayores a los encontrados en el análisis del color externo, con tendencia a la tonalidad amarillenta en el tomate mora con 39.67. Similares resultados fueron encontrados por Márquez et al. (2007) para tomate de árbol maduro.

4.1.2. ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TOMATE DE ÁRBOL

A continuación en la Tabla 8, se pueden observar los resultados obtenidos en los análisis de la composición química de la fruta:

Tabla 8. Composición química del tomate de árbol morado

PARÁMETRO	RESULTADO
Humedad (%)	86.74
Proteína (%)	1.24
Grasa (%)	0.00
Ceniza (%)	1.74
Fibra (%)	7.11
Carbohidratos totales (%)	3.17
Energía (Kcal/100g)	17.64

En la determinación de la humedad se encontraron valores de 86.74% para tomate de árbol morado. Estos resultados fueron similares a los encontrados por Áviles (2012) con 86.7% y Sagñay (2010) con 87.11% para morado fresco. Pero inferiores a los encontrados por Torres (2012) con 88.28% y Reina (1998) con 89.7%. Y superiores al 83.0% obtenido por Repo & Encina (2008). Esta diferencia de resultados, se debe a que los frutos estudiados en dichas investigaciones, eran originarios de Perú y Colombia, y fueron cultivados bajo condiciones agroambientales diferentes a las de Ecuador.

Respecto al contenido de proteína cruda, el tomate mora presentó un porcentaje de 1.24%. Similares valores fueron encontrados por Repo & Encina (2008) con 1.9%, Reina (1998) con 1.4% y Áviles (2012) con 2.0%. Mientras que Nuggerud (2014), identificó valores superiores de 2.92% para tomate Amarillo.

Para el contenido de grasa cruda, los valores encontrados no fueron representativos (<0.1%). Similar tendencia fue encontrada Repo & Encina (2008) y Reina (1998) con el 0.1%.

En la determinación de cenizas se encontró un porcentaje de 1.74% para el tomate de árbol morado. Estos valores fueron superiores a los encontrados por Repo & Encina (2008), Reina (1998), Áviles (2012) y Torres (2012) con 1.00%, 0.70%, 0.60% y 0.89% respectivamente.

En cuanto al contenido de fibra, se obtuvieron porcentajes de 7.31% para tomate mora. Dichos valores fueron muy superiores a los encontrados por Repo & Encina (2008) con 4.5% y por Reina (1998) y Áviles (2012) con valores cercanos al 2.0%. Un mayor contenido de fibra indica la presencia de pectina (fibra soluble), que es la responsable de la formación de geles, durante los procesos de transformación a altas temperaturas, como en la elaboración de láminas de fruta.

4.2. DESHIDRATACIÓN

4.2.1. PÉRDIDA DE PESO

De acuerdo a la Tabla 9, se puede decir que la aplicación de una concentración previa y un menor grosor, reducen el tiempo de secado (T7 y T8) en la obtención de láminas a partir de tomate de árbol morado. El T1 presenta el mayor tiempo de secado: 600 minutos, lo cual se puede atribuir a la combinación de una baja temperatura (50 °C), una concentración menor de sólidos solubles y un grosor mayor (4 mm).

Tabla 9. Resumen de la pérdida de peso en la obtención de láminas de tomate de árbol morado

GRUPOS		TRATAMIENTO	TEMPERATURA (°C)	GROSOR (MM)	TIEMPO (MIN).	PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO
1	SC	T1	50	4	600	43.28% ± 0.332 ^{ab}
		T2	60	4	480	40.20% ± 0.348 ^a
		T3	50	2	360	47.66% ± 4.388 ^b
		T4	60	2	360	41.51% ± 5.475 ^{ab}
2	CC	T5	50	4	360	40.30% ± 3.886 ^a
		T6	60	4	300	38.57% ± 4.925 ^a
		T7	50	2	240	38.10% ± 5.863 ^a
		T8	60	2	180	37.71% ± 7.802 ^a

Al analizar el porcentaje de pérdida de peso, no se encontraron diferencias significativas para todas las variables y sus interacciones ($p>0.05$). Sin embargo, como se puede observar en el ANEXO VI, se obtuvieron letras diferentes entre los tratamientos sin concentración: T1, T2, T3 y T4 (letra ^b en común) con porcentajes entre 40–47% y con concentración: T5, T6, T7 y T8 (letra ^a en común) con porcentajes inferiores entre 37–40%. Es decir, que se obtienen mejores resultados en aquellos tratamientos sometidos a una concentración previa, lo cual reduce el tiempo de exposición en el deshidratador y con ello permite un ahorro del gasto energético utilizado para el proceso.

Los tratamientos T7 (con concentración, 50 °C, 2 mm) y T8 (con concentración, 60 °C, 2 mm), presentaron los mayores porcentajes de pérdida de peso, con valores de 38.10% y 37.71% respectivamente. Mientras que la mayor pérdida la presentó el T3 con el 48% aproximadamente.

4.2.2. RENDIMIENTO

Como se observa en la Tabla 10, los tratamientos T6 (con concentración, 60 °C, 4 mm) y T7 (con concentración, 50 °C, 2 mm) y T8 (con concentración, 60 °C, 2 mm) presentaron los más altos porcentajes de rendimiento en el proceso de obtención de láminas de fruta a partir de tomate de árbol morado, con valores superiores al 61.0%. Mientras que T3 presentó el más bajo rendimiento con el 53.0% aproximadamente. En congruencia con los resultados obtenidos en el análisis del porcentaje de pérdida de peso, la aplicación de una concentración previa, donde se evapora parte del contenido de agua del producto, reduce el tiempo de exposición en el deshidratador.

Tabla 10. Rendimiento obtenido en la elaboración de láminas de tomate de árbol morado

GRUPOS		TRATAMIENTO	TEMPERATURA (°C)	GROSOR (MM)	TIEMPO (MIN).	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO
1	SC	T1	50	4	600	56.75% ± 0.293 ^{ab}
		T2	60	4	480	59.80% ± 0.348 ^a
		T3	50	2	360	52.55% ± 4.246 ^b
		T4	60	2	360	58.49% ± 5.475 ^{ab}
2	CC	T5	50	4	360	59.70% ± 3.886 ^a
		T6	60	4	300	61.43% ± 4.925 ^a
		T7	50	2	240	61.90% ± 5.863 ^a
		T8	60	2	180	62.29% ± 7.802 ^a

No se encontraron diferencias significativas para todas las variables y sus interacciones ($p>0.05$). Sin embargo, como se observa en el ANEXO VII, se obtuvieron letras diferentes entre los tratamientos sin concentración: T1, T2, T3 y T4 (^b en común) con porcentajes entre 52 – 60% y con concentración: T5, T6, T7 y T8 (^a en común) con porcentajes entre 60 – 63%.

Estos valores resultan favorables en comparación con los obtenidos por Guerra (2005) en la elaboración de láminas a partir de arándano y manzana, con el 25-38 %, y por Merino (2002) con 26-30 % en la obtención de láminas a base de pulpa de murta y manzana. Este mayor rendimiento, se debe a que el porcentaje de azúcar adicionado en la presente investigación, fue mayor (30 y 40%) que para los estudios mencionados (15%).

4.2.3. CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES

A continuación en la Figura 11, se pueden observar las curvas del contenido de sólidos solubles, respecto al tiempo de secado.

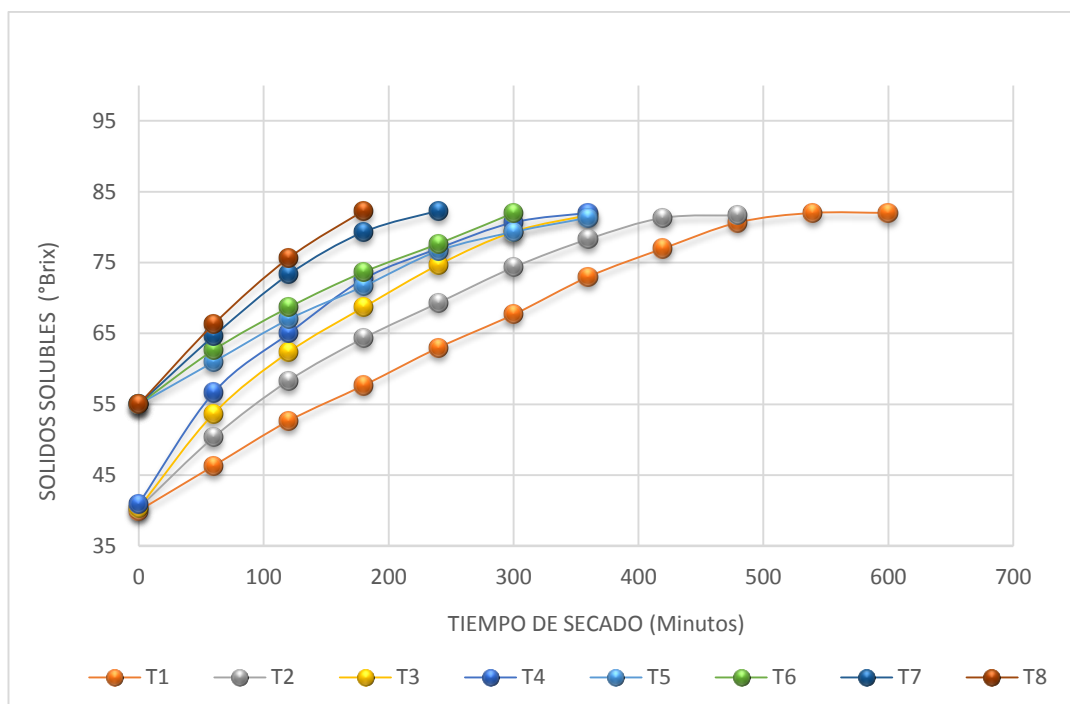


Figura 11. Curva de sólidos solubles en relación al tiempo de deshidratación

Aunque en los T5, T6, T7 y T8 (con concentración), se inicia el proceso de deshidratación con un valor mayor (55 °Brix), la tendencia en el crecimiento de la curva es similar para todos los tratamientos, presentando un aumento desde los primeros 30 minutos hasta alcanzar la estabilidad (80 - 82 °Brix). Es decir, la pérdida de peso es directamente proporcional al incremento del porcentaje de sólidos solubles.

Cabe recalcar que los T5, T6, T7 y T8 (con concentración) alcanzan aproximadamente el mismo porcentaje (61 – 66 °Brix) en los primeros 60 minutos. A partir de este punto, el aumento es siempre mayor para las láminas con menor grosor (T7 y T8).

Guerra (2005) en su estudio para la obtención de láminas de arándano con Manzana (10–15% azúcar), encontró valores iniciales de 17–27 °Brix y finales de 75–77 °Brix. Similares fueron encontrados por Merino (2002) en la elaboración de láminas de murta con manzana (10–15% azúcar), con valores iniciales de 21–35 °Brix y de 73–76 °Brix en producto terminado.

Al comparar estos resultados con los del presente estudio, podemos decir que si la mezcla inicial utilizada, contiene un mayor porcentaje de azúcar (30–40%) y por lo tanto de sólidos solubles (40–55 °Brix) el producto final alcanza valores más altos cercanos a 80–82 °Brix. Esto también dependerá del tipo de tratamiento, el tiempo en el deshidratador y las características de la o las frutas utilizadas como materia prima.

4.2.4. CURVAS DE SECADO

En la Figura 12 se observa la curva de humedad del producto en relación al tiempo de secado, donde se denota la disminución de agua durante la elaboración de láminas de fruta a partir de tomate de árbol morado.

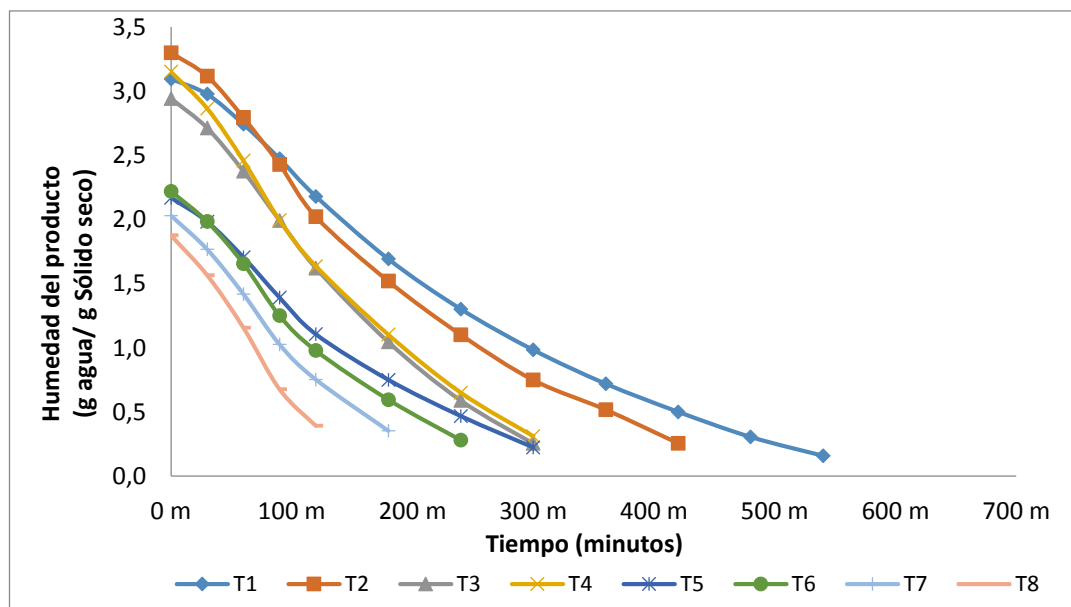


Figura 12. Curva de humedad del producto en relación al tiempo de deshidratación

Como se puede observar en la Figura 12, mientras más tiempo permanece la lámina en el deshidratador, menor es la pérdida del agua contenida en el producto. Durante los primeros 60 minutos (1 hora), ocurre lo que se conoce como etapa de adaptación, donde existe la mayor evaporación del agua superficial.

Aunque los tratamientos T1, T2 T3 y T4 (sin concentración) inician con una humedad superior que los tratamientos T5, T6, T7 y T8 (con concentración previa), la tendencia es afín para todos los tratamientos. Similares comportamientos de curvas, fueron encontradas por Mayorga (2012) y Hermosa (2013) en sus estudios de deshidratación de fruta fresca. Y por Guerra (2005), Merino (2002) y Yáñez (2013) en la elaboración de láminas de fruta.

Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 (sin concentración) tardan 180 minutos en llegar a una humedad aproximada 1.00–1.50 (g agua/ g sólido seco). Mientras que los T5, T6, T7 y T8 (con concentración previa) alcanzan este punto a los 60–90 minutos (en menor tiempo). Este valor es superior a los alcanzados por Guerra (2005), Cuvertino (2004) y Merino (2002) con valores de 0.30–0.67 (g agua/ g sólido seco) en un tiempo superior de 26–32 horas, para la elaboración de láminas a partir de arándano con manzana, murta con manzana y murta, respectivamente, con un menor porcentaje de azúcar (15%).

A continuación en la Figura 13 se observa la curva de velocidad de secado en relación al tiempo, donde podemos identificar que desde los primeros 30 minutos, ocurre un incremento notable de esta variable, hasta alcanzar una velocidad crítica de 1.40–1.60 [(g agua/ g sólidos secos) / min], a los 100–120 minutos para todos los tratamientos. Posterior a ello, ocurre la etapa de velocidad decreciente, hasta los 240 minutos (aproximadamente), donde inicia la estabilización (velocidad constante).

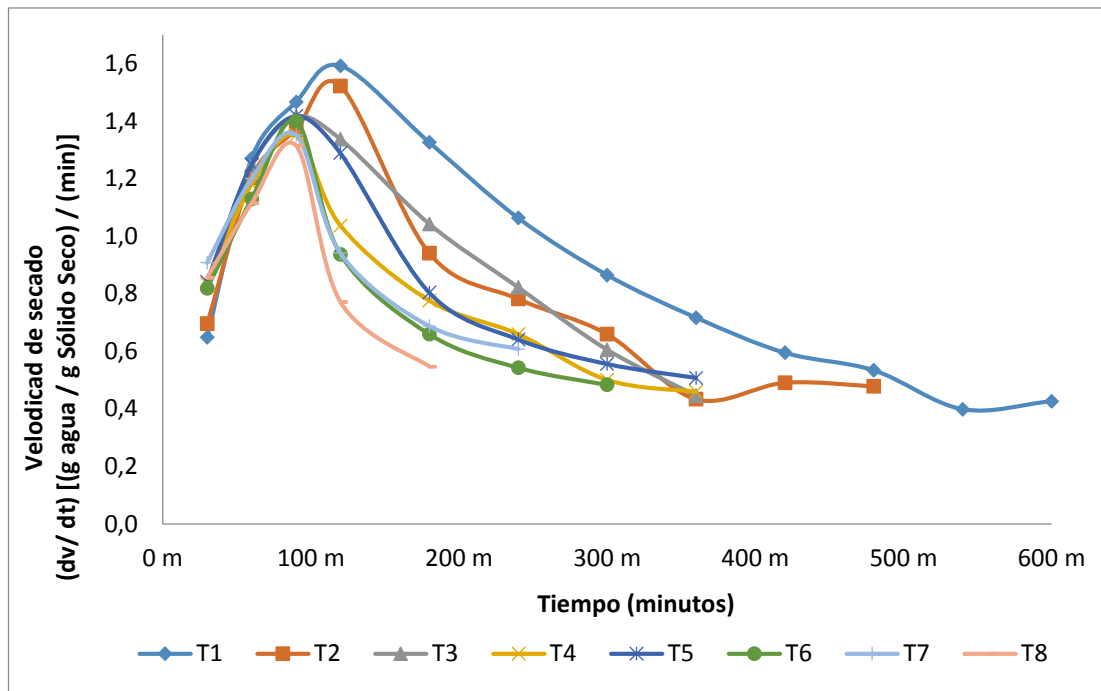


Figura 13. Curva de velocidad de secado en relación al tiempo

El T1 (sin concentración, 50 °C, 4 mm) presentó la máxima velocidad de secado con 1.5926 g/ minuto, seguido por T2 (sin concentración, 60 °C, 4 mm) con 1.5222 g/minuto, y T6 (con concentración, 60 °C, 4 mm) con 1.4000 g/ minuto. En contraste el T8 (con concentración, 60 °C, 2 mm) alcanzó la menor velocidad máxima con 1.3148 g/ minuto. Sin embargo, el tiempo del proceso fue mayor para los dos primeros tratamientos, lo cual se puede deber al efecto de la interacción entre factores como el grosor de lámina, humedad y ° Brix iniciales, diferencias de temperatura y coeficientes de transmisión de calor, que pueden incidir en la duración del periodo de estabilidad (velocidad constante) para cada caso.

Similar comportamiento fue encontrado por Guerra (2005) y Merino (2002) en la curva de velocidad de secado para la obtención de láminas, con valores inferiores de 0.050–0.060 g/ minuto y 0.040–0.050 g/minuto respectivamente, y por ende, mayor tiempo de deshidratación (24–26 horas).

Estos resultados se deben a que las láminas poseen mayor capilaridad que las frutas (Cornejo, 2010) y por lo tanto, el agua contenida tiene más recorrido durante la evaporación, lo que puede implicar un mayor tiempo del proceso y periodos más prolongados de velocidad constante. Esto permite afirmar que la capilaridad constituye un factor predominante en los procesos de deshidratación.

A continuación, en la Figura 14 se observa la curva de velocidad en relación a la humedad del producto, que presenta un comportamiento con tendencia al crecimiento hasta alcanzar el nivel máximo y posteriormente un periodo de velocidad decreciente (humedad crítica) en relación a la disminución del contenido de agua, determinada por la velocidad de desplazo del agua en el sólido. Similar tendencia de comportamiento fue encontrada en las curvas de secado de los estudios de Guerra (2005) y Merino (2002) para la elaboración de láminas de fruta.

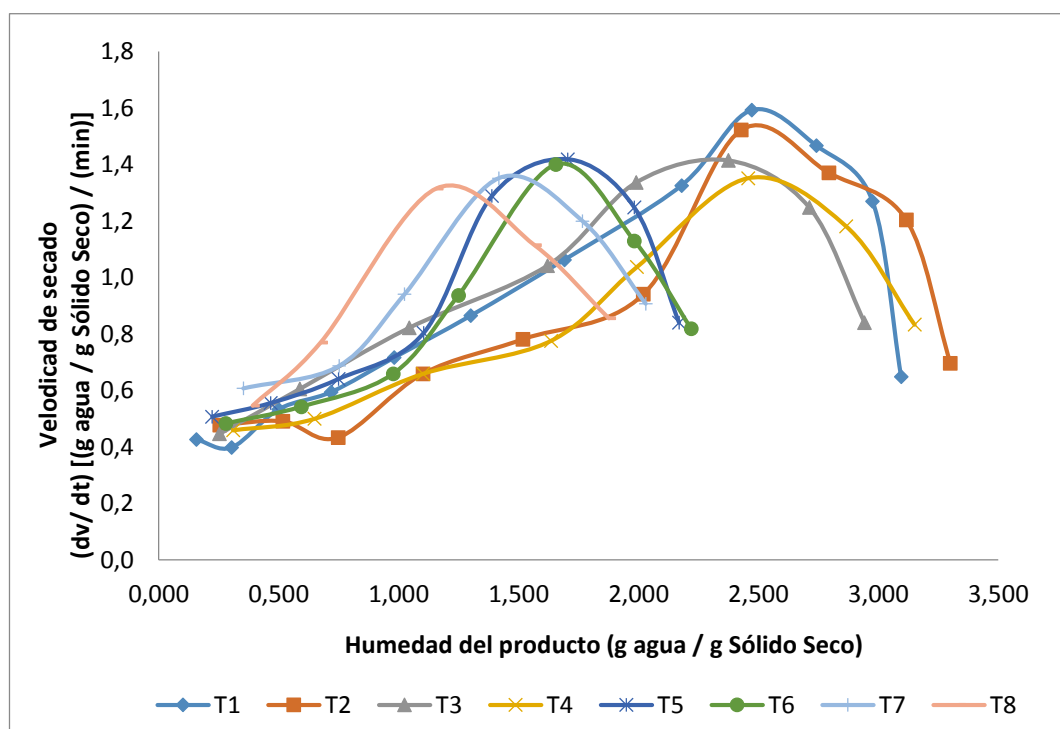


Figura 14. Curva de velocidad de secado en relación a la humedad del producto

Los tratamientos T1 (sin concentración, 50 °C, 4 mm) y T2 (sin concentración, 60 °C, 4 mm) alcanzan el punto de humedad crítica de 2.472 y 2.428 (g agua/ g sólido seco), a una velocidad máxima de 1.5926 y 1.5222 [(g agua/ g sólido seco)/ minuto] respectivamente. Mientras que los tratamientos T3 (sin concentración, 50 °C, 2 mm) y T4 (sin concentración, 60 °C, 2 mm) alcanzan una humedad crítica inferior de 2.375 y 2.458 (g agua/ g Sólido Seco) a una velocidad también inferior de 1.4800 y 1.3519 [(g agua/ g Sólido Seco)/ minuto] respectivamente. Lo que permite establecer que la variable grosor influye notablemente en la velocidad del proceso. Además la capilaridad de las láminas, está relacionada de forma proporcionalmente inversa, con la velocidad con que se evapora el agua contenida.

4.3. ANTIOXIDANTES

Los resultados de los análisis de la capacidad antioxidante, contenido de antocianinas y polifenoles realizados antes, durante y luego del proceso de deshidratación del tomate de árbol morado, hasta la obtención de láminas de fruta, se presentan a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados de antioxidantes en láminas de tomate de árbol morado

ANÁLISIS		SIN PREVIA CONCENTRACIÓN				CON PREVIA CONCENTRACIÓN				DMS
	HORA	T1 S-T1-G4	T2 S-T2-G4	T3 S-T1-G2	T4 S-T2-G2	T5 C-T1-G4	T6 C-T2-G4	T7 C-T1-G2	T8 C-T2-G2	
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ABTS (μmol Trolox/100 g muestra)	INICIAL	82.30 ± 6.73 ^b	80.21 ± 3.91 ^b	83.66 ± 7.70 ^b	83.21 ± 5.88 ^b	104.89 ± 7.92 ^a	100.99 ± 4.05 ^a	101.12 ± 6.87 ^a	98.14 ± 9.56 ^a	10.0767
	FINAL	135.99 ± 7.14 ^{bcd}	124.16 ± 6.63 ^{cd}	155.32 ± 14.25^a	121.55 ± 8.76 ^d	141.41 ± 12.11^{ab}	138.47 ± 7.03 ^{bc}	147.92 ± 11.18^{ab}	133.51 ± 15.10 ^{bcd}	15.8734
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DPPH (μmol TEAC/g tejido)	INICIAL	74.44 ± 0.29 ^b	73.57 ± 0.52 ^c	73.91 ± 0.29 ^{bc}	73.99 ± 0.33 ^{bc}	89.78 ± 0.40 ^a	89.88 ± 0.47 ^a	89.95 ± 0.51 ^a	89.80 ± 0.83 ^a	0.7134
	FINAL	111.82 ± 0.50 ^b	91.41 ± 0.27 ^f	116.87 ± 0.37^a	94.68 ± 0.45 ^e	106.74 ± 0.43 ^c	100.05 ± 0.65 ^d	112.12 ± 0.81 ^b	101.55 ± 2.56 ^d	1.5216
ANTOCIANINAS (mg/ 100 g muestra)	INICIAL	8.31 ± 0.34 ^a	8.24 ± 0.42 ^a	8.08 ± 0.15 ^a	8.09 ± 0.16 ^a	6.76 ± 0.64 ^b	6.55 ± 0.54 ^b	6.56 ± 0.30 ^b	6.56 ± 0.31 ^b	0.5787
	FINAL	3.41 ± 0.36 ^c	1.58 ± 0.14 ^d	4.86 ± 0.11^a	3.33 ± 0.15 ^c	3.40 ± 0.12 ^c	4.23 ± 0.30 ^b	4.92 ± 0.20^a	3.46 ± 0.33 ^c	0.3445
POLIFENOLES (mg Acido gálico/100g muestra)	INICIAL	61.74 ± 1.77 ^c	55.80 ± 2.67 ^c	62.59 ± 2.05 ^c	62.94 ± 3.11 ^c	116.79 ± 5.09 ^{ab}	120.58 ± 4.38 ^{ab}	109.51 ± 2.33 ^b	122.65 ± 1.91 ^a	12.3834
	FINAL	100.55 ± 6.01 ^c	85.19 ± 3.97 ^c	105.72 ± 2.05 ^c	107.92 ± 6.08 ^c	197.41 ± 6.79^{ab}	200.72 ± 12.30^{ab}	175.22 ± 5.87 ^b	209.42 ± 14.57^a	32.4244

4.3.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ABTS

Los resultados de la capacidad antioxidante medida en términos de la decoloración del radical (ABTS), se observan a continuación en la Figura 15.

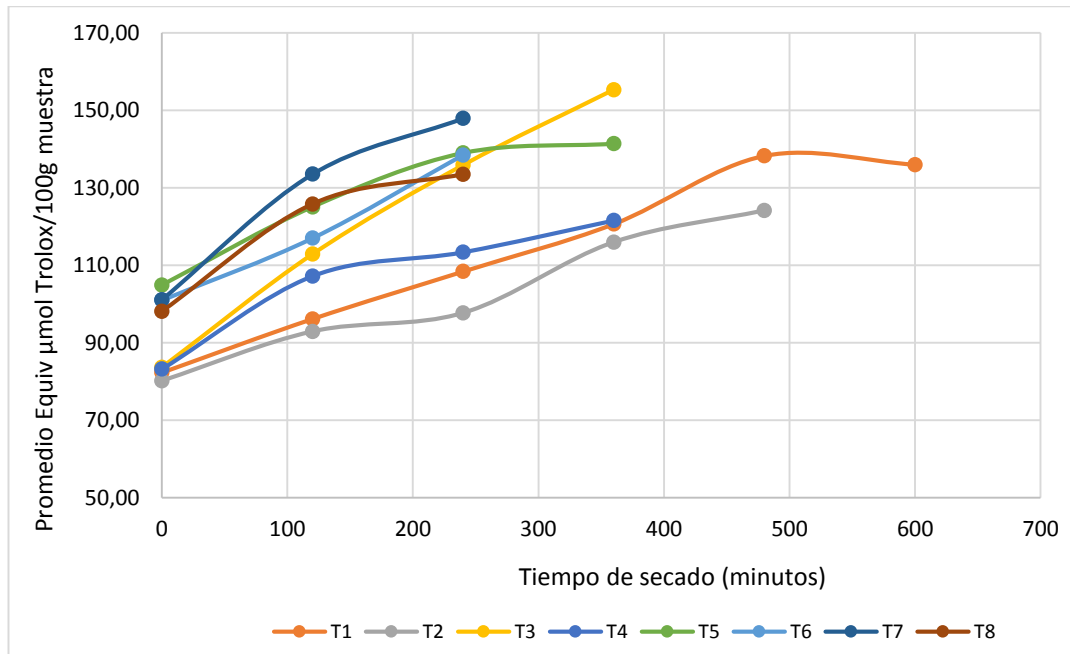


Figura 15. Capacidad Antioxidante (ABTS) en relación al tiempo de secado

Como se observa en el ANEXO VIII, para los resultados del análisis de la capacidad antioxidante, en términos de la reducción del radical ABTS, se encontró que la variable concentración afecta significativamente la capacidad antioxidante ($p < 0.05$) en la hora inicial (0 minutos), en concordancia con el estudio realizado por Nuggerud (2014).

Al finalizar el proceso de deshidratación de pulpa de tomate de árbol morado, se encontró que el factor temperatura afecta significativamente la respuesta ($p < 0.05$).

De acuerdo con la Tabla 11, Figura 15 y ANEXO VIII, el T3 (sin concentración, 50 °C, 2 mm) presentó la mayor capacidad antioxidante, con valores de 83.66 y 155.32 (Equiv $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g muestra}$) antes y después (a los 360 minutos) del proceso de deshidratación respectivamente.

Similares resultados fueron encontrados para el T7 (con concentración, 50 °C, 2 mm), con valores iniciales y finales (a los 240 minutos) de 101.12 y 147.92 (Equiv $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g muestra}$) respectivamente. Y para T5 (con concentración, 50 °C, 4 mm), con valores iniciales de 104.89 (Equiv $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g muestra}$) y finales de 141.41 (Equiv $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g muestra}$). Esto se puede deber a la aplicación de una baja temperatura en ambos tratamientos, que es la variable de mayor influencia en el proceso, de acuerdo a los resultados del análisis estadístico.

Para todos los tratamientos donde se aplicó temperatura superior de 60 °C se encontraron valores inferiores a los máximos obtenidos, con 130.0–140.0 (Equiv $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g muestra}$) para T6 (con concentración, 60 °C, 4 mm) y T8 (con concentración, 60 °C, 2 mm). Y valores de 120.0 – 125.0 (Equiv $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g muestra}$) para T2 (sin concentración, 60 °C, 4 mm) y T4 (sin concentración, 60 °C, 2 mm). Esto permite afirmar que la temperatura afecta la capacidad antioxidante en términos del radical ABTS, especialmente en aquellos tratamientos donde no existe una previa concentración.

Hernández et al. (2013) en su estudio para la elaboración de láminas de mango, obtuvo valores inferiores a los del presente estudio, con 77.02 (Equiv $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g muestra}$). Esto se debe a que el mango no se caracteriza por ser una fuente importante de antioxidantes naturales, en relación a otros tipos de frutos, como el utilizado en el presente estudio (Arrazola, Rojano, & Díaz, 2013).

Valores superiores, fueron identificados por Mayorga (2012) con 1 200.0 – 1 700.00 (Equiv $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g muestra}$), en su estudio de mortiño deshidratado, debido a que esta última, es una fruta reconocida por su alto contenido de compuestos polifenólicos y actividad antioxidante (Gaviria, Hernández, Lobo, Medina, & Rojano, 2012).

4.3.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DPPH

Los resultados de la capacidad antioxidante medida en términos de la la reducción de la absorbancia del radical libre 1.1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) se observan a continuación en la Figura 16.

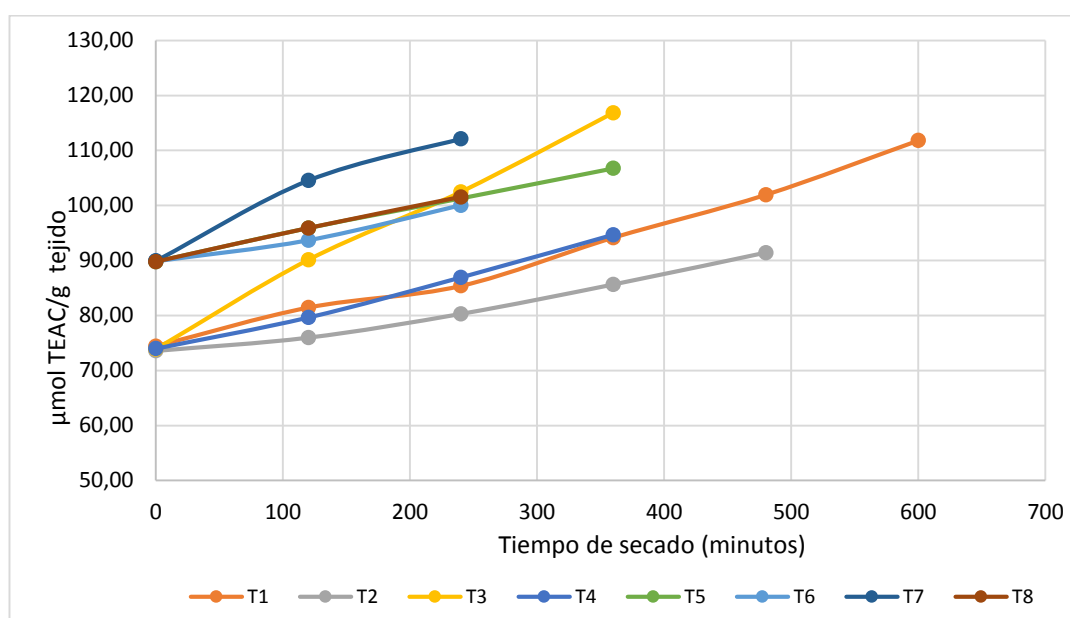


Figura 16. Capacidad Antioxidante (DPPH) en relación al tiempo de secado

Como se observa en el ANEXO IX, para los resultados del análisis de la capacidad antioxidante, en términos del radical DPPH, se encontró que la variable concentración afecta significativamente la capacidad antioxidante ($p < 0.05$) en la hora inicial (0 minutos), en concordancia con los resultados obtenidos para ABTS y el estudio realizado por Nuggerud (2014).

Al finalizar el proceso de deshidratación de pulpa de tomate de árbol morado, se encontró que todas las variables (concentración, temperatura y grosor), así como la interacción concentración-temperatura y temperatura-grosor, afectan significativamente la respuesta ($p < 0.05$).

Para guayaba fresca en sus distintas variedades se encontraron valores entre 10.8 y 32.5 $\mu\text{mol TEAC/g tejido}$, para la actividad antioxidante medida en términos DPPH (Rojas & Narvaez, 2009). Valores muy inferiores en comparación con el 70.0 – 90.0 ($\mu\text{mol TEAC/g tejido}$), encontrado en el presente estudio para tomate de árbol fresco.

Como se observa en las Tabla 11, Figura 16 y ANEXO IX, el T3 (sin concentración, 50 °C, 2 mm) presentó la mayor capacidad antioxidante, con valores de 73.91 y 116.87 ($\mu\text{mol TEAC/g de tejido}$) antes y después (a los 360 minutos) del proceso de deshidratación respectivamente.

T 7 (con concentración, 50 °C, 2 mm) y T1 (sin concentración, 50 °C, 4 mm) presentaron valores muy cercanos al máximo obtenido (112.12 y 111.82 $\mu\text{mol TEAC/g tejido}$) a los 240 y 600 minutos respectivamente. Seguidos por T5 (con concentración, 50 °C, 4 mm) que presentó valores de 106.74 ($\mu\text{mol TEAC/g tejido}$).

En T6 (Con concentración, 60 ° C y grosor de 4 mm) y T8 (Con concentración, 60 ° C y grosor de 2 mm) se encontraron valores inferiores cercanos a 100.0 ($\mu\text{mol TEAC/g tejido}$).

Mientras que T4 (Sin concentración, 60 °C y 2 mm) y T2 (Sin concentración, 60 °C y 4 mm), presentaron los valores más bajos entre todos los tratamientos con 90.00 – 95.00 ($\mu\text{mol TEAC/g tejido}$).

Yañez (2013) en su estudio para la elaboración de láminas de frambuesa con adición de semillas y sucralosa encontró valores inferiores a los del presente estudio con 77.0 – 87.0 ($\mu\text{mol TEAC/g tejido}$). Esto se puede deber a que la materia prima utilizada en su estudio (frutilla) presentaba un menor contenido de antioxidantes y a que al añadir sucralosa, en vez de azúcar, el tiempo de deshidratación es superior al del presente estudio.

4.3.3. CONTENIDO DE ANTOCIANINAS

Los resultados del análisis del contenido de antocianinas, se pueden observar a continuación en la Figura 17.

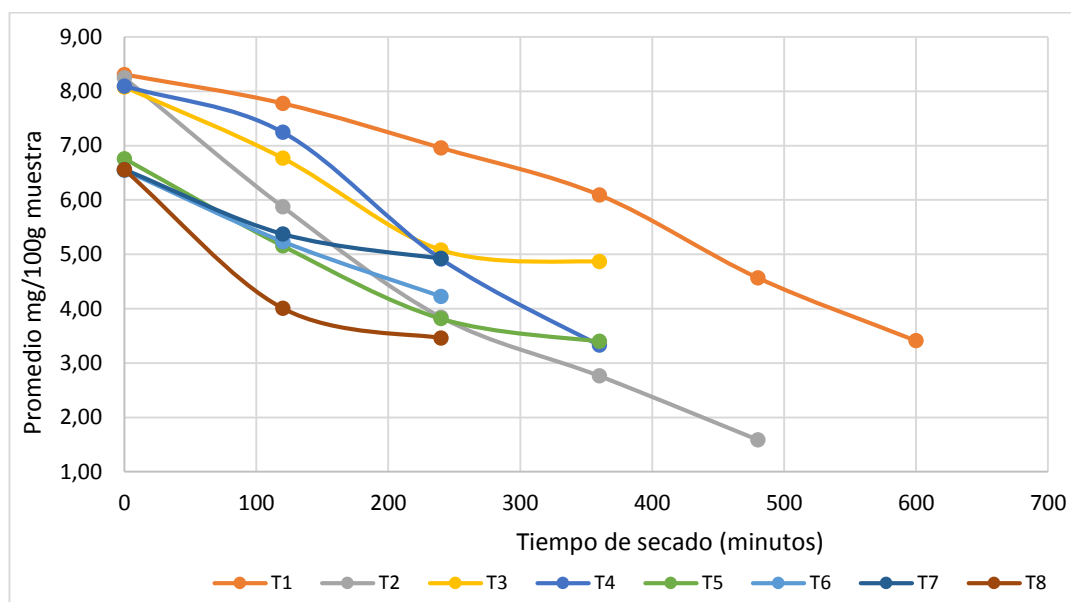


Figura 17. Contenido de antocianinas en relación al tiempo de secado

Como se observa en el ANEXO X, en relación a los resultados obtenidos en la cuantificación de antocianinas expresada en términos de cianidina-3-glucósido, se encontró que la variable concentración afecta significativamente la capacidad antioxidante ($p < 0.05$) en la hora inicial (0 minutos), en concordancia con los resultados obtenidos para ABTS y DPPH.

Al finalizar el proceso de deshidratación de pulpa de tomate de árbol morado, se encontró que todas las variables y sus interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo en los resultados obtenidos ($p < 0.05$). En concordancia con la Tabla 11, Figura 16 y ANEXO X, el mayor contenido de antocianinas totales, lo presentó T3 (sin concentración, 50 °C, 2 mm), con valores de 8.08 y 4.86 (mg/100 g de muestra) antes y después del proceso de deshidratación (a los 360 minutos), respectivamente.

Similares resultados fueron encontrados en T7 (con concentración, 50 °C, 2 mm), cuyos valores iniciales y finales fueron 6.56 y 4.92 (mg/100 g de muestra). Seguidos por T6 (con concentración, 60 °C, 4 mm) que presentó valores iniciales y finales de 6.55 y 4.23 (mg/ 100 g muestra) respectivamente.

Estos valores fueron superiores a los encontrados por Torres (2006) en la deshidratación osmótica de tomate mora con 3.81 (mg equivalente de cianidina-3-glucósido / 100 g muestra), que es un proceso donde se pierde mayor contenido de compuestos antocianicos. Y a los reportados por Rodríguez, et al. (2010b) con valores de 2.02 (mg equivalente de cianidina-3-glucósido / 100 g muestra) en zarzamora en conserva, con un 65% de sólidos solubles. Lo cual se puede atribuir a que la fruta utilizada como materia prima no presenta un alto contenido de compuestos antocianicos.

Mientras que T8 (con concentración, 60 °C, 2 mm), T5 (con concentración, 50 °C, 4 mm), T4 (sin concentración, 60 °C, 2 mm) y T1 (sin concentración, 50 °C, 4 mm) presentaron valores cercanos a 3.5 mg/ 100 g muestra.

El tratamiento con la mayor pérdida fue T2 (sin concentración, 60 °C, 4 mm), con valores iniciales y finales de 8.24 y 1.58 (mg/ 100 g muestra), lo cual se puede deber a la alta temperatura (60 °C) y grosor de 4 mm, factores que pueden incidir en un mayor tiempo del producto en el deshidratador y por lo tanto en la reducción de los pigmentos antocianicos.

4.3.4. CONTENIDO DE POLIFENOLES

Los resultados del análisis del contenido de compuestos fenólicos, se pueden observar a continuación en la Tabla 12.

Tabla 12. Contenido de compuestos fenólicos en la elaboración de láminas de tomate de árbol morado.

GRUPOS		TRATAMIENTO	TEMPERATURA (°C)	GROSOR (MM)	INICIAL	FINAL
1	SC	T1	50	4	61.74 ± 1.77 ^c	100.55 ± 6.01 ^c
		T2	60	4	55.80 ± 2.67 ^c	85.19 ± 3.97 ^c
		T3	50	2	62.59 ± 2.05 ^c	105.72 ± 2.05 ^c
		T4	60	2	62.94 ± 3.11 ^c	107.92 ± 6.08 ^c
2	CC	T5	50	4	116.79 ± 5.09 ^{ab}	197.41 ± 6.79 ^{ab}
		T6	60	4	120.58 ± 4.38 ^{ab}	200.72 ± 12.30 ^{ab}
		T7	50	2	109.51 ± 2.33 ^b	175.22 ± 5.87 ^b
		T8	60	2	122.65 ± 1.91 ^a	209.42 ± 14.57 ^a

Como se observa en el ANEXO X, En relación con los resultados obtenidos en la cuantificación de polifenoles totales expresada en términos de la reducción entre el ácido gálico y el reactivo Folin – Ciocalteu, se encontró que únicamente la variable concentración, afecta el resultado en la hora inicial (0 minutos), en concordancia con los análisis de capacidad antioxidante y contenido de antocianinas.

Al finalizar el proceso de deshidratación de pulpa de tomate de árbol morado, se encontró que solamente la variable concentración afecta significativamente la respuesta ($p < 0.05$).

En concordancia con las Tablas 11 y 12, y el ANEXO X, el T8 (con concentración, 60 °C, 2 mm), presentó el mayor contenido de polifenoles totales con valores de 122.65 y 209.42 (mg ácido gálico/100g muestra) antes y después del proceso respectivamente. Similares resultados fueron obtenidos para T5 (con concentración, 50 °C, 4 mm) con valores iniciales y finales de 116.79 y 197.41 (mg ácido gálico/100g muestra) y T6 (con concentración, 60 °C, 4 mm), con valores iniciales y finales de 120.58 y 200.72 (mg Acido gálico/100 g de muestra) respectivamente. Todos estos tratamientos coinciden en la aplicación de una concentración previa (variable de mayor influencia), pero diferente temperatura y grosor.

Para T1, T2, T3 y T4, previo al secado se encontraron valores de 55.00–63.00 (mg ácido gálico/100 g muestra). Similares al obtenido por Buitrón (2010) con 58.30 ± 2.08 (mg ácido gálico/ 100 g muestra) para pulpa de tomate de árbol amarillo en la elaboración de una base deshidratada para la preparación de una bebida hidratante para deportistas. Al finalizar el proceso, en estos tratamientos se encontraron los contenidos más bajos de polifenoles, con 85.19 – 107.92 (mg Acido gálico/100 g de muestra).

Sin embargo, estos valores fueron superiores a los obtenidos por Buitrón (2010) con 62.14 (mg ácido gálico/ 100 g muestra) para pulpa de tomate de árbol hidrolizada y por Hernández et al. (2013) con 76.81 (mg ácido gálico/ 100 g muestra) en la obtención de láminas de mango.

Pero inferiores a los encontrados por Marquez, Ciro & Rojano (2003) con valores de 176.0, 163.6 y 139.4 (mg ácido gálico/100 g muestra) para mora licuada y deshidratada a 35 °C, 50 °C y 65 °C respectivamente. Esto se puede atribuir al tipo de materia prima utilizada, la cantidad de azúcar añadida, la temperatura, la aplicación de procesos (hidrolisis, licuado, concentración) que pueden incidir en el tiempo de exposición a altas temperaturas para alcanzar el punto de gelificación característico.

Por otra parte, el tratamiento con los valores más bajos fue el 2 (sin concentración, 60 °C, 4 mm), cuya alta temperatura y mayor grosor, influyen en la pérdida del contenido de compuestos fenólicos.

De acuerdo con Sze & Chung (2011), la reducción de compuestos fenólicos es menor a temperaturas por debajo de los 40 °C y su comportamiento es más estable comparado con la pérdida del contenido de Ácido Ascórbico durante la aplicación de procesos de secado.

En otras frutas frescas que pueden ser utilizadas como materia prima para la elaboración de láminas, como maracuyá, papaya y guayaba se tienen contenidos de polifenoles entre 20.0–40.0 (mg ácido gálico/100 g muestra), mientras que para mora se obtienen resultados muy superiores de 80.0–140.0 (mg ácido gálico/100 g muestra), debido a su alto contenido en flavonoides, (López & García; 2010a).

A continuación en la Tabla 13, se presentan los resultados obtenidos en los cálculos del porcentaje de recuperación del analito, para los análisis del contenido de antocianinas y polifenoles.

Tabla 13. Resultados de porcentajes (%) de recuperación

RESULTADOS ANTIOXIDANTES	T1 S-T1-G4 (%)	T2 S-T2-G4 (%)	T3 S-T1-G2 (%)	T4 S-T2-G2 (%)	T5 C-T1-G4 (%)	T6 C-T2-G4 (%)	T7 C-T1-G2 (%)	T8 C-T2-G2 (%)
ANTOCIA NINAS	23.28 ±1.96 ^d	11.53 ±1.09 ^e	31.65 ±2.71 ^c	24.03 ± 2.24 ^d	30.13 ±2.19 ^c	37.82 ±3.14 ^b	46.46 ±4.21^a	32.69 ±3.21 ^c
POLIFEN OLES	92.69 ±7.86 ^a	91.41 ±0.43 ^a	84.38 ±3.60 ^a	94.83 ±3.61 ^a	96.93 ±3.31 ^a	97.58 ±2.10 ^a	92.93 ±2.20 ^a	97.54 ±1.32 ^a

4.4. EFECTO DE LA DESHIDRATACION EN EL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS Y POLIFENOLES, CONSIDERANDO EL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DEL ANALÍTO.

En la elaboración de láminas de fruta a partir de tomate de árbol morado, los tratamientos T3 y T7 presentaron los más altos contenidos de antocianinas totales. En cuanto al contenido fenólico se encontraron valores superiores para T8, seguido T5 y T6, lo que permite afirmar que la concentración es una operación previa que afecta significativamente el contenido de fenoles Totales.

De acuerdo a la Tabla 12, respecto al porcentaje de recuperación, también se obtuvieron resultados favorables para T7, en cuanto a la cuantificación de antocianinas. Mientras que para el contenido de polifenoles totales no se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos.

Cabe recalcar que si bien la tendencia de comportamiento fue creciente en el análisis de cuantificación de polifenoles, una vez analizado el porcentaje de recuperación, se puede establecer que en realidad se pierde contenido en porcentajes similares para todos los tratamientos. Mientras que para el contenido de antocianinas, el porcentaje de recuperación confirma la tendencia de pérdida de compuestos.

Guerra (2005) presentó un porcentaje de recuperación de 35.0 – 55.0% para el contenido de Vitamina C (Ácido Ascórbico), en la elaboración de láminas de fruta a partir de arándano con manzana. Similares resultados a los encontrados en el presente estudio para el análisis de compuestos antocianicos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los análisis físico – químicos presentaron diferencias significativas en cuanto a longitud, textura, sólidos solubles y pH para los dos genotipos de tomate de árbol, debido al estado de madurez de la fruta, lo cual incidió en el alcance del punto de gelificación de la pectina presente, en un menor tiempo.
- En el análisis del color externo del fruto fresco, se encontraron tendencias a una coloración más rojiza, mientras que para el color interno presentó tonalidad amarillenta. Sin embargo, estas características no constituyen parámetros que le permitan diferenciar del genotipo amarillo.
- La determinación de la composición química presentó valores inferiores de humedad (mayor rendimiento), bajo contenido de proteína, valores no representativos de grasa ($< 1\%$) ni cenizas y un alto contenido de fibra del 8% (mayor contenido de pectina).
- En la pérdida de peso la variable concentración tuvo un efecto estadísticamente significativo, para la obtención de láminas.
- El rendimiento para todos los tratamientos, fue mayor debido al alto contenido de azúcar añadido (mayor contenido de sólidos solubles) que se mantienen durante el proceso de secado.
- El comportamiento de las curvas de secado fue similar para todos los tratamientos y a otros estudios realizados para la obtención de láminas de fruta, pero diferentes a los encontrados para deshidratación de fruta fresca, debido a que la capilaridad de la lámina es superior, y esto incide en la velocidad de secado.
- Los tratamiento T3 (sin concentración, 50 °C, 2 mm) y T7 (con concentración, 50 °C, 2 mm) presentaron la mayor capacidad antioxidante en términos del radical ABTS con 155.32 ($\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g de muestra}$) y 147.92 ($\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g de muestra}$) respectivamente. Además el tratamiento 3 presentó la mejor

capacidad antioxidante en términos DPPH con 116.87 ($\mu\text{mol TEAC/g}$ de tejido).

- En el producto deshidratado el mayor contenido de antocianinas fue encontrado en T3 (sin concentración, 50 °C, 2 mm) y T7 (con concentración, 50 °C, 2 mm), con valores de 4.86 y 4.92 (mg/100 g de muestra) respectivamente, y el porcentaje de recuperación más alto para el tratamiento 7(46.46) pero bajo para el tratamiento 3 con 31.65.
- Para el análisis del contenido de polifenoles los tratamientos T8 (con concentración, 60 ° C, 2 mm), T5 (con concentración, 50 ° C, 4 mm) y T6 (con concentración, 60 ° C, 4 mm) presentaron el mayor contenido, con valores de 209.42, 197.41 y 200.72 (mg Acido gálico/100 g de muestra) respectivamente, con porcentajes de recuperación sin diferencias significativas para todos los tratamientos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar otras frutas o sus combinaciones, con alto contenido de pectina como la guayaba para la elaboración de láminas de fruta, u otras materias primas reconocidas por su alto contenido de antioxidantes como la mora, mortiño, entre otros.
- Determinar la vida útil de este tipo de producto bajo diversas condiciones de empaque y almacenamiento.
- Estudiar factibilidad técnica y tecnológica de láminas de fruta como una alternativa de snack en el mercado Ecuatoriano, con el fin de diversificar la aplicación industrial de distintas frutas, especialmente aquellas con un alto índice de perecibilidad.
- Desarrollar un estudio de elaboración de láminas de tomate de árbol morado con distintas proporciones de azúcar (menores a las del presente estudio), para identificar tiempos, rendimientos y principalmente aceptabilidad por parte del mercado objetivo.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. . (2005). *Association of Official Analytical Chemists. Inc.* Washington. D.C. E.U.A. Recuperado el 20 de Agosto de 2012, de <http://www.eoma.aoac.org/methods/result.asp?string=b>
- Anangonó, B. (2007). *Estudio de factibilidad para la formación de un centro de acoplo para la exportación de tomate de árbol al mercado español.* Recuperado el 25 de abril de 2013, de Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu>
- Annegowda, H., Bhat, R., Joon, Y., Min-Tze, L., Karim, A., & Mansor, S. (2013). Influence of drying treatments on polyphenolic contents and antioxidant properties of raw and ripe papaya (*Carica papaya* L.). *International Journal of Food Properties*. doi:10.1080/10942912.2011.631248
- Araya, H., Clavijo, C., & Herrera, C. (2006). Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivadas en Chile. *Sociedad Latinoamérica de Nutrición, ALAN*, 56(4). Recuperado el 30 de Abril de 2013, de http://www.alanrevista.org/ediciones/2006-4/capacidad_antioxidante_frutas_verduras.asp
- Arrazola, G., Rojano, B., & Díaz, A. (2013). *Capacidad antioxidante de cinco cultivares de mango (Mangifera indica L.) y evaluación de su comportamiento en una matriz alimentaria.* Recuperado el 30 de Octubre de 2014, de Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v7n2/v7n2a03.pdf>
- Atawodi, S., Atawodi, J., Idakwo, P., Pfundstein, B., Haubner, R., Wurtele, G., Owen, R. (2009). Evaluation of the Polyphenol composition and Antioxidant Activity of African Variety of *Dacryodes edulis* (G. Don) H, J. Lam Fruit. *Journal of Medicinal Food*, 12(6), 1321-1325. doi:10.1089/jmf.2008.0215
- Aviles, K. (2012). *Estudio del proceso de rehidratación de tomate de árbol deshidratado (Solanum betaceum Cav) variedad anaranjado gigante.*

Recuperado el 19 de Septiembre de 2013, de Escuela de Bioquímica y Farmacia. Facultad de Ciencias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2017/1/56T00312.pdf>

Barriga, L. (2012). *Evaluación de la resistencia a Colletotrichum acutatum de poblaciones de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav) en estado de plántula Cutuglahua-Pichincha*. Quito: Ingeniería Agropecuaria. Universidad Politécnica Salesiana.

Brennan, J. (2006). *Manual del procesamiento de los alimentos*. Zaragoza, ES: Acribia.

Buitrón, F. (2010). Elaboración de una base deshidratada a partir de pulpa de tomate de árbol amarillo (Solanum Betacea) para la preparación de una bebida hidratante para deportistas.

Cáceres, M. (2008). *Manipulación post-cosecha de tomate de árbol (Cyphomandra betacea) y su relación con el tiempo de vida útil en el mercado central de la ciudad de Ambato*. Recuperado el 29 de Mayo de 2013, de Universidad Técnica de Ambato - Ecuador: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3412/P124%20Ref.3095.pdf?sequence=1>

Caicedo, C., Bolaños, V., & Cruz, M. (2008). *Estudio de las posibilidades agroindustriales del tomate de árbol (Solanum betaceum Cav)*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental "Santa Catalina". Quito.: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/837/1/P-SENESCYT-0002.pdf>

Camacho, V. (2011). *Influencia del porta-injerto en la calidad del fruto de tomate de árbol y su incidencia comercial*. Recuperado el 23 de Febrero de 2014, de Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Bioquímica. Universidad Técnica de Ambato: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1777/MSc.10.pdf?>

sequence=1

- Carrera, P. (2013). *Determinación de las propiedades fisicoquímicas del jugo de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav) preparado a diferentes tiempos de cocción del fruto*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Central del Ecuador.: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1880/1/T-UCE-0008-03.pdf>
- Cedeño, M., & Montenegro, D. (2004). Plan exportador, logístico y de comercialización de Uchuva al mercado de Estados Unidos para FRUTEXPO S.C.I. LTDA. *Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana*. . Bogotá, Colombia.
- Cerón, I., Higueta, J., & Cardona, C. (2011). *Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina*. Recuperado el 25 de Abril de 2013, de Universidad Nacional de Colombia. Colombia. : http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector5_2.pdf
- Cid, L. (2007). *Elaboración y caracterización de láminas de pulpa de frutilla (Fragaria x annanasa Dush) con incorporación de ácido ascórbico y concentrado de granada*. Recuperado el 25 de Abril de 2013, de Facultad de Ciencias Agronómicas. Escuela de Agronomía. Universidad de Chile. Chile: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/cid_l/pdf/cid_l.pdf
- Cornejo, V. (2010). Deshidratación de rebanadas de aguacate variedad Hass por el método OSMO-VAC (osmótico - vacío) y evaluación de la calidad del producto *Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2014, de: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/7028/1/DESHIDRATACION.pdf>
- CORPOICA (2008). *Manual de manejo Cosecha y Poscosecha del Tomate de Arbol*. Obtenido de <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/54898/5489>

8.pdf

- Cuesta, L. (Marzo de 2013). *Evolucion del contenido de compuestos antioxidantes en tres estados de maduración de tomate de árbol (Solanuma betaceum cav.) cultivado a diferentes alturas (m.s.n.m)*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Tecnologica Equinoccial.
- Cuvertino, V. (2004). *Comportamiento de secado de pulpa de murta (Ugni molinae Turcz) y estimación del consumo energético en la deshidratación de una lámina de fruta*. Recuperado el 2 de Mayo de 2013, de Escuela de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fac992c/pdf/fac992c.pdf>
- Del Carpio, C., Serrano, C., & Giusti, M. (Marzo de 2009). Caracterización de las antocianinas de los frutos de Berberis boliviana lechler. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 75(1). Recuperado el 24 de Septiembre de 2013, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2009000100010&script=sci_arttext
- Drago, M. E., López, M., & Sainz, T. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas. Departamento Sistemas Biológicos. UAM.*, 37(4). Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de <http://www.redalyc.org/pdf/579/57937408.pdf>
- FAO (2006). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 10 de Agosto de 2014, de Fichas técnicas. Productos Frescos y Procesados. Tomate de Árbol (Cyphomandra Betacea): http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/TOMATEDEARBOL.HTM
- Fundación Eroski. (2012). *Guía práctica. Frutas*. Obtenido de Tomate de Árbol: <http://frutas.consumer.es/documentos/tropicales/tamarillo/imprimir.php>
- Gaviria, C., Hernández, J., Lobo, M., Medina, C., & Rojano, B. (2012).

Cambios en la actividad antioxidante en frutos de mortiño (Vaccinium meridionale Sw) durante su desarrollo y maduración. Recuperado el 22 de Julio de 2014, de Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Universidad Nacional de Colombia: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/30777/30895>.

Guerra, C. (2005). *Elaboración de láminas de fruta a partir de arándano (Vaccinium corymbosum) c.v. Elliot y Manzana (Malus pumila Mill.) c.v. Liberty.* Recuperado el 23 de Abril de 2013, de Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Universidad Austral de Chile: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fag934e/sources/fag934e.pdf>

Hermosa, A. (Febrero de 2013). Determinar la concentración de antioxidantes presentes en la mora de castilla (*Rubus glaucus*) antes y después del proceso de deshidratación. *Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Ingeniería de Alimentos.* Quito, Ecuador.

Hernández, J., Fernández, V., & Sulbarán, B. (2013). Actividad antioxidante, análisis sensorial y microbiológico de láminas flexibles de mango (*Mangifera indica* L.). *Scientia Agroalimentaria - Venezuela.*, 1, 26-32.

Hernández, M., Barrera, J., & Melgarejo, L. (2011). *Fisiología Poscosecha.* Obtenido de Laboratorio de fisiología y bioquímica Vegetal. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia: http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/24/11_Cap09.pdf

INEN. (2009). *Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.* Recuperado el 23 de Mayo de 2014, de NTE INEN 1909: Frutas frescas. Tomate de árbol. Requisitos: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1909.2009.pdf>

Instituto de Salud Pública (2012). *Ministerio de Salud. Gobierno de Chile. Sección química y alimentos y nutrición.* Obtenido de PRT-711.02-211. Determinación de acidez total en productos de frutas. Método potenciométrico. : http://www.ispch.cl/sites/default/files/documento_tecnico/2012/03/PRT

-711.02-

211%20V0%20Determinaci%C3%B3n%20acidez%20total%20en%20 productos%20de%20fruta.pdf

Khazaei, J., Chegini, G.-R., & Maryam, B. (2008). A Novel Alternative Method for Modeling the Effects of Air Temperature and Slice Thickness on Quality and Drying Kinetics of Tomato Slices: Superposition Technique. *Drying Technology: An International Journal*(26:6), 759-775. Recuperado el 28 de Abril de 2013, de <http://dx.doi.org/10.1080/07373930802046427>

Kukoski, M., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*(25(4)), 726-732. Recuperado el 16 de Abril de 2013, de Food Science and Technology (Campinas), 25(4), 726-732: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612005000400016&lng=en&tlng=es. 10.1590/S0101-20612005000400016.

León, J., Viteri, P., & Cevallos, G. (2004). *Manual del Cultivo de Tomate de Arbol (Solanum Betaceum)*. Recuperado el 25 de Abril de 2013, de INIAP - Quito: <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=INIAP.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001425>

Llanos, E. (2009). *Capacidad antioxidante de tres variedades de papa (Solanum tuberosum) con y sin cascara: blanca, amarilla y rosada*. Recuperado el 1 de Junio de 2013, de Escuela de nutrición. Facultad de Medicina Humana. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.: http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2009/llanos_ce/pdf/llanos_ce.pdf/llanos_ce.pdf

Lucas, K., Maggi, J. M., & Yagual, M. J. (2011). *Creación de una empresa de producción, comercialización y exportación de tomate de árbol en el área de Sangolquí, provincia de Pichincha*. Recuperado el 6 de

Septiembre de 2013, de Facultad de Economía y Negocios. Escuela superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Ecuador.: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10688/2/TOMATE%20DE%20ARBOL.pdf>

Marquez, C., Ciro, H., & Rojano, B. (2003). Efecto de un proceso de deshidratación con aire forzado en la composición química y nutricional de la Mora de Castilla (*Rubus glaucus*). *Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia.*, 56(1), 1865-1876. Recuperado el 23 de Julio de 2014, de Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.: <http://www.bdigital.unal.edu.co/26875/1/24544-86062-1-PB.pdf>

Marquez, C., Otero, C., & Cortes, M. (2007). Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del Tomate de Arbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha. *Revista Vitae*, 14(2). Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169815389002.pdf>

Martínez, C. (2012). *Efecto de la concentración y temperatura en la deshidratación osmótica del Tomate de Arbol (Cyphomandra Betacea)*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2013, de Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos. Repositorio Oficial de la Universidad Técnica de Ambato: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3158/AL497.pdf?sequence=1>

Martínez, S., Gonzalez, J., Culebras, J., & Tunon, M. (2002). *Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de Nutrición Hospitalaria. Departamento de Fisiología. Universidad de León. España.: http://www.recursosdeenologia.com/docs/2002/2002_los_flavonoides_propiedades_y_acciones_antioxidantes.pdf

Mayorga, M. F. (2012). *Estudio del efecto de la deshidratación por aire sobre la capacidad antioxidante del mortiño (Vaccinium floribundum Kunt)*. Recuperado el 30 de Agosto de 2013, de

https://app.ute.edu.ec/sict/biblioteca/pedido_digital.aspx?material=51191&usrcod=16778&catalogo=bln&tpoTit=1

Merino, F. (2002). *Elaboración de láminas de fruta ("fruit leathers") a partir de pulpa de murta (Ugni molinae Turcz) congelada*. Recuperado el 21 de Abril de 2013, de Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería en Alimentos. Universidad Austral de Chile: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2002/fam562e/sources/fam562e.pdf>

Nuggerud, K. (Junio de 2014). *Efecto del proceso de concentración de la pulpa de tomate de árbol amarillo y morado (solanum betaceum) sobre la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles*. Recuperado el 23 de Agosto de 2014, de Repositorio de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Ingeniería de Alimentos.: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/17385/1/56672_1.pdf

Orrego, C. (2003). *Procesamiento de Alimentos*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2013, de Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales: <http://books.google.es/books?id=u5IWOJlhKAoC&pg=PA277&lpg=PA277&dq=Concentraci%C3%B3n+o+evaporaci%C3%B3n&source=bl&ots=ceXPTroK1&sig=kILcO0XRcVxY2SodU8fYGzRQnxo&hl=es&sa=X&ei=n6JIUt2iMYfm8wTBjYGIAQ&ved=0CGIQ6AEwCTgy#v=onepage&q=Concentraci%C3%B3n%20o%20e>

Paredes, F. (2007). *Proyecto de factibilidad para la producción y comercialización Nacional del tomate de árbol en la parroquia Natabuela aanton Antonio Ante provincia de Imbabura*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2013, de Facultad de Ciencias Administrativas. Repositorio de la Escuela Politécnica del Ejército: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1835/1/T-ESPE-025223.pdf>

Passo, C., Bilame, A.-F., & Ndjouenkeu, R. (2006). Air Drying Behaviour of

- Fresh and Osmotically Dehydrated Onion Slices (*Allium cepa*) and Tomato Fruits (*Lycopersicon esculentum*). *International Journal of Food Properties*, 9:4, pages 877-888. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de <http://dx.doi.org/10.1080/10942910600744098>
- Pheeraya, C., Radda, K., Chatree, M., & Somchart, S. (2012). Effect of Osmotic Treatment on Drying Kinetics and Antioxidant Properties of Dried Mulberry. *Drying Technology: an international journal*(30:1), 80 - 87. Recuperado el 28 de Abril de 2013, de <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2011.625461>
- Reina, C. E. (1998). *Manejo post-coecha y evaluación de la calidad para tomate de árbol (Cyphomandra betacea) que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Recuperado el 25 de Julio de 2013, de Universidad Sur-Colombiana. Programa de Ingeniería Agrícola: <http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/862/1/Manejo%20poscosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20tomate%20de%20arbol.pdf>
- Repo, R., & Encina, C. (Abril/ Junio de 2008). Determinacion de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la sociedad Química del Perú*, 74(2). Recuperado el 21 de Abril de 2014, de <http://www.scielo.org.pe/scielo.ph>
- Revelo, J., Pérez, L., & Maila, M. V. (2004). *Manual Guía de capacitación del cultivo de Tomate de Árbol en Ecuador*(65). Quito: INIAP.
- Rodríguez, L., López, L., & García, M. (2010a). Determinación de la composición química y actividad antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, mora (*Rubus glaucus* B.), maracuyá (*Passiflora edulis* S.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y papayuela. *Alimentos Hoy*, 19(21), 16-34.
- Rodríguez, M., Hernández, L., Madrigal, L., Garcia, D., Vazquez, G., & Velasco, S. (2010b). *Evaluación de Antocianinas de la Zarzamora (Rubus Eubatus) en fruta y en conserva*. Retrieved from XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos: www.respyn.uanl.mx/especiales/2010/ee-09-

2010/.../frutas.../FH137.pdf

- Rojas, D., & Narvaez, C. (2009). Determinacion de Vitamina C, compuestos fenolicos totales y actividad Antioxidante de Frutas de Guayaba (*Psidium Guajava L.*) cultivadas en Colombia. *Quim. Nova.*, 32(9), 2336-2340. Recuperado el 23 de Julio de 2014, de <http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n9/v32n9a19.pdf>
- Rosales, C. (2003). *Optimizacion del proceso de bio-separacion de compuestos fenolicos a partir de dos variedades de frijol negro (Phaseolus vulgaris L.) maiz azul (Zea mays L.) y Jamaica (Hibiscus sabdariffa L.)*. Recuperado el 4 de Junio de 2013, de Ingeniería en Biotecnología. Escuela de Biología. Instituto tecnológico de Costa Rica.:
<http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/2238/233/INFORME.pdf?sequence=1>
- Sagñay, M. (2010). *Estudio comparativo del potencial nutritivo de dos variedades de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav) deshidratado por microondas a tres potencias*. Recuperado el 28 de Octubre de 2014, de Escuela Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba - Ecuador.:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1917/1/56T00204.pdf>
- Serrano, M. J. (2010). *Evaluación de la actividad antioxidante para el aprovechamiento del muérdago que infesta la Zona Chinampera de Xochimilco*. Recuperado el 18 de Junio de 2013, de Universidad Autónoma Metropolitana. México.:
<http://148.206.53.231/UAMI14620.pdf>
- Suasnavas, A., & Morales, G. (2004). Proyecto de producción y exportación de pulpa de tomate de árbol al mercado Peruano. *Facultad de Ciencias Economicas. Escuela de Comercio Exterior e Integración. Universidad Tecnológica Equinoccial.* . Quito.
- Sze, P., & Chung, L. (2011). Drying Kinetics and Antioxidant Phytochemicals Retention of Salak Fruit under different drying and pretreatment

- conditions. *Drying Technology: An International Journal*(29:4), 429-441. Recuperado el 25 de Abril de 2013, de <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2010.503332>
- Torres, A. (2012). Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de Tomate de Arbol (*Cyphomandra Betacea* Cav) Sendtn. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion (ALAN)*, 62(4). Recuperado el 29 de Septiembre de 2013, de <http://www.alanrevista.org/ediciones/2012/4/?i=art10>
- Torres, V. (2010). *Determinación del potencial nutritivo y funcional de Guayaba (Psidium guajava L.), Cocona (Solanum sessiliflorum Dunal) y Camu-Camu (Myrciaria dubia Vaugh)*. Obtenido de Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Escuela Politécnica Nacional.
- Xian-Ju, S., Min, Z., Arun, M., & Fan, L. (2009). Drying Characteristics and Kinetics of Acumm Microwave-Dried Potato Slices. *Drying Technology: An International Journal*, 969-974. Recuperado el 26 de Abril de 2013, de *Drying Technology: An International Journal*, pages 969-974.: <http://dx.doi.org/10.1080/07373930902902099>
- Yanza, E., & Maldonado, L. (2012). Determinación del contenido de α -Tocoferol y β -Caroteno en el zumo y el liofilizado de tomate de árbol (*Cyphomandra Betacea* Cav Sendt). (U. d. Pamplona, Ed.) *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 10(2), pp. 28 - 35. Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90326388007>
- Yañez, D. (2013). *Elaboración de láminas de frambuesa (Rubus idaeus) con adición de diferentes semillas y sucralosa*. Recuperado el 23 de Julio de 2014, de Escuela Ingeniería de los Alimentos. Universidad Austral de Chile. : <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fay.24e/doc/fay.24e.pdf>

ANEXOS

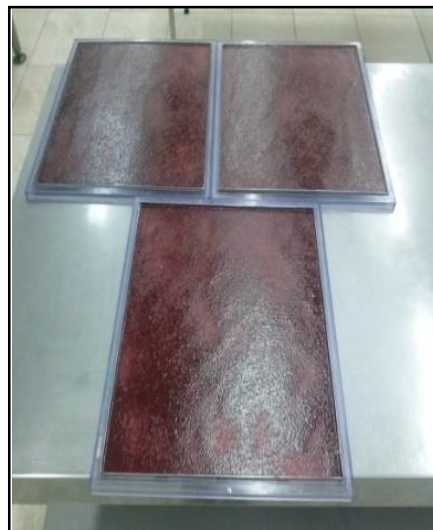
ANEXO I
IMÁGENES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE
LÁMINAS DE FRUTA A PARTIR DE PULPA DE
TOMATE DE ÁRBOL MORADO



Tomate de árbol morado pelado al vapor



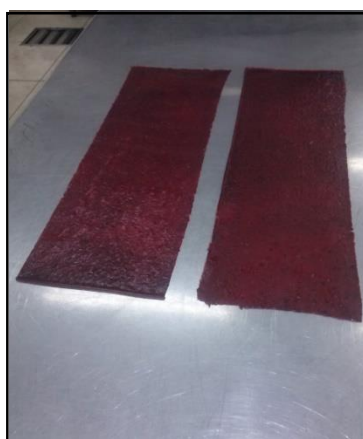
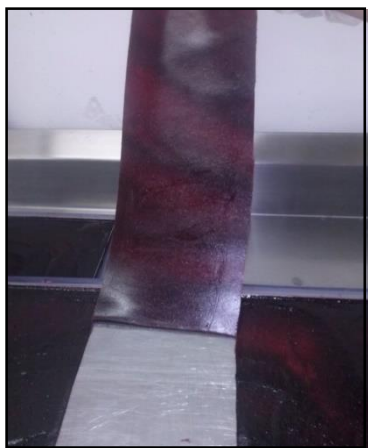
Pulpa concentrada



Pulpa deshidratada

ANEXO II

IMÁGENES DE LÁMINAS DE TOMATE DE ÁRBOL MORADO



ANEXO III

IMÁGENES DE ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL TOMATE DE ÁRBOL MORADO



Medición de color




Medición de sólidos solubles



Medición de acidez total titulable

ANEXO IV

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TOMATE DE ÁRBOL MORADO



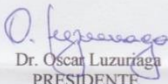
LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS


Orden de trabajo N° 133530
Hoja 1 de 1

NOMBRE: DIRECCIÓN: MUESTRA: CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA: FECHA DE RECEPCIÓN: FECHA DE TOMA DE MUESTRA : ENVASE: REFERENCIA: FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: MUESTREADO POR: CONDICIONES AMBIENTALES:	VIVIAN LUCAS Rio Coca y Shyris Pulpa fresca de tomate árbol morado Congelado color morada 6 de noviembre del 2013 ----- Polietileno 133530 6 - 11 de noviembre del 2013 El Cliente 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



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 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
e-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / olg@ecnet.ec
Quito - Ecuador

www.labolab.com.ec

ANEXO V

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CONTENIDO DE POLIFENOL DE PULPA DE TOMATE DE ÁRBOL MORADO, ENDULZADA, ANTES Y DESPUES DEL PROCESO.

MC-LSAIA-2201-03

INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
 Panamericana Sur Km. 1, Cologuayú, 269091-3007134 Fax 3007134
 Casilla postal 17-01-340

INFORME DE ENSAYO No: 14-101

NOMBRE PETICIONARIO: Sra. Candice Barcia
DIRECCION: 6 de Diciembre No. 35-102 y Av. Portugal
FECHA DE EMISION: 06 de mayo del 2014
FECHA DE ANALISIS: 05 de mayo del 2014

Particular: Sra. Candice Barcia
Atencion: 23 de abril del 2014
Horario de Recepcion: 11:02
Analisis Solicitado: Polifenoles

ANÁLISIS POLIFENOL

METODO	UNIDAD	RESULTADO	IDENTIFICACIÓN
CHOS E Y MARIJO G. (1942/1973)	mg/100g		
14-0714	53.91		Láminas de tomate de árbol mora 60-4-1, inicial
14-0715	82.38		Láminas de tomate de árbol mora 60-4-5, final
14-0716	65.14		Láminas de tomate de árbol mora 60-2-1, inicial
14-0717	103.62		Láminas de tomate de árbol mora 60-2-4, final
14-0718	62.99		Láminas de tomate de árbol mora 50-4-1, inicial
14-0719	96.30		Láminas de tomate de árbol mora 50-4-6, final
14-0720	61.14		Láminas de tomate de árbol mora 50-2-1, inicial
14-0721	104.27		Láminas de tomate de árbol mora 50-2-4, final
14-0722	107.66		Láminas de tomate de árbol mora 50-3-A, inicial
14-0723	171.07		Láminas de tomate de árbol mora 50-3-C, final
14-0724	123.68		Láminas de tomate de árbol mora 60-4-A, inicial
14-0725	192.02		Láminas de tomate de árbol mora 60-4-C, final
14-0726	120.39		Láminas de tomate de árbol mora 50-4-A, inicial
14-0727	192.61		Láminas de tomate de árbol mora 50-4-D, final
14-0728	121.30		Láminas de tomate de árbol mora 60-2-A, inicial
14-0729	199.12		Láminas de tomate de árbol mora 60-2-C, final

Los ensayos marcados con 0 se reportan en base seca.
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME

Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD

Dr. Ivan Samariniego
RESPONSABLE TECNICO

LABORATORIO LSAIA
I.N.I.A.P.
EST. EXP. SANTA CATALINA

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
Panamericana Sur Km. 1, Cúcuta, Táchira 2806091-3007134 Fax: 3007134
Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 14-101

Particular
Sra. Candice Barcia
23 de abril del 2014
11h02
Polifenoles

NOMBRE PETICIONARIO: Sra. Candice Barcia
DIRECCIÓN: 6 de Diciembre No. 35-102 y Av. Portugal
FECHA DE EMISIÓN: 06 de mayo del 2014
FECHA DE ANÁLISIS: 05 de mayo del 2014

ANÁLISIS	POLIFENOLES	IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-15	
METODO REF.	CROS E Y MARRIGO G. (1982/1973)	
UNIDAD	mg/100g	
14-0730	57.68	Láminas de tomate de árbol mora 60-4-1 ^o inicial
14-0731	87.99	Láminas de tomate de árbol mora 60-4-5 ^o final
14-0732	60.74	Láminas de tomate de árbol mora 60-2-1 ^o inicial
14-0733	112.22	Láminas de tomate de árbol mora 60-2-4 ^o final
14-0734	60.49	Láminas de tomate de árbol mora 50-4-1 ^o inicial
14-0735	104.80	Láminas de tomate de árbol mora 50-4-6 ^o final
14-0736	64.04	Láminas de tomate de árbol mora 50-2-1 ^o inicial
14-0737	107.17	Láminas de tomate de árbol mora 50-2-4 ^o final
14-0738	111.16	Láminas de tomate de árbol mora 50-2-4 ^o inicial
14-0739	179.37	Láminas de tomate de árbol mora 50-2-C ^o final
14-0740	117.48	Láminas de tomate de árbol mora 60-4-A ^o inicial
14-0741	209.42	Láminas de tomate de árbol mora 60-4-C ^o final
14-0742	113.19	Láminas de tomate de árbol mora 50-4-A ^o inicial
14-0743	202.21	Láminas de tomate de árbol mora 50-4-D ^o final
14-0744	124.00	Láminas de tomate de árbol mora 60-2-A ^o inicial
14-0745	219.72	Láminas de tomate de árbol mora 60-2-C ^o final

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME



[Firma]
Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD

[Firma]
Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax, no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

ANEXO VI

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PÉRDIDA DE PESO

Análisis para el diseño factorial AxBxC

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Pérdida de Peso	72	0,32	0,24	11,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	684,39	7	97,77	4,25	0,0007
Concentracion	363,47	1	363,47	15,80	0,0002
Temperatura	144,81	1	144,81	6,30	0,0146
Grosor	7,74	1	7,74	0,34	0,5638
Concentracion*Temperatura	56,87	1	56,87	2,47	0,1208
Concentracion*Grosor	86,35	1	86,35	3,75	0,0571
Temperatura*Grosor	3,38	1	3,38	0,15	0,7029
Concentracion*Temperatura*..	21,77	1	21,77	0,95	0,3343
Error	1472,07	64	23,00		
Total	2156,46	71			

Análisis de varianza para los tratamientos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,08401

Error: 23,0011 gl: 64

Concentracion	Temperatura	Grosor	Medias	n	E.E.
C	T2	G2	37,71	9	1,60 A
C	T1	G2	38,10	9	1,60 A
C	T2	G4	38,57	9	1,60 A
S	T2	G4	40,20	9	1,60 A
C	T1	G4	40,30	9	1,60 A
S	T2	G2	41,51	9	1,60 A B
S	T1	G4	43,28	9	1,60 A B
S	T1	G2	47,66	9	1,60 B

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

ANEXO VII

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO

Análisis para el diseño factorial AxBxC

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Rendimiento	72	0,31	0,23	8,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	657,91	7	93,99	4,11	0,0009
Concentracion	353,78	1	353,78	15,49	0,0002
Temperatura	138,72	1	138,72	6,07	0,0164
Grosor	6,72	1	6,72	0,29	0,5894
Concentracion*Temperatura	53,08	1	53,08	2,32	0,1324
Concentracion*Grosor	82,86	1	82,86	3,63	0,0613
Temperatura*Grosor	2,71	1	2,71	0,12	0,7314
Concentracion*Temperatura*..	20,03	1	20,03	0,88	0,3526
Error	1462,09	64	22,85		
Total	2120,00	71			

Análisis de varianza para los tratamientos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,05995

Error: 22,8452 gl: 64

Concentracion	Temperatura	Grosor	Medias	n	E.E.
C	T2	G2	62,29	9	1,59 A
C	T1	G2	61,90	9	1,59 A
C	T2	G4	61,43	9	1,59 A
S	T2	G4	59,80	9	1,59 A
C	T1	G4	59,70	9	1,59 A
S	T2	G2	58,49	9	1,59 A B
S	T1	G4	56,75	9	1,59 A B
S	T1	G2	52,55	9	1,59 B

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

ANEXO VIII

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (ABTS)

Hora Inicial

Análisis para el diseño factorial AxBxC

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Equiv umol Trolox/100g mue...	72	0,69	0,66	7,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6727,37	7	961,05	20,65	<0,0001
Concentracion	6456,65	1	6456,65	138,73	<0,0001
Temperatura	100,16	1	100,16	2,15	0,1473
Grosor	5,79	1	5,79	0,12	0,7254
Concentracion*Temperatura	21,12	1	21,12	0,45	0,5029
Concentracion*Grosor	135,74	1	135,74	2,92	0,0925
Temperatura*Grosor	7,32	1	7,32	0,16	0,6930
Concentracion*Temperatura*...	0,58	1	0,58	0,01	0,9112
Error	2978,56	64	46,54		
Total	9705,93	71			

Análisis de varianza para los tratamientos

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,07669

Error: 46,5400 gl: 64

Concentracion	Temperatura	Grosor	Medias	n	E.E.
C	T1	G4	104,89	9	2,27 A
C	T1	G2	101,12	9	2,27 A
C	T2	G4	100,99	9	2,27 A
C	T2	G2	98,14	9	2,27 A
S	T1	G2	83,66	9	2,27 B
S	T2	G2	83,21	9	2,27 B
S	T1	G4	82,30	9	2,27 B
S	T2	G4	80,21	9	2,27 B

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

Hora final

Análisis para el diseño factorial AxBxC

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Equiv umol Trolox/100g mue..	72	0,52	0,47	7,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8033,90	7	1147,70	9,94	<0,0001
Concentracion	663,27	1	663,27	5,74	0,0195
Temperatura	4457,73	1	4457,73	38,60	<0,0001
Grosor	375,15	1	375,15	3,25	0,0762
Concentracion*Temperatura	897,96	1	897,96	7,78	0,0070
Concentracion*Grosor	259,05	1	259,05	2,24	0,1391
Temperatura*Grosor	1257,26	1	1257,26	10,89	0,0016
Concentracion*Temperatura*..	123,48	1	123,48	1,07	0,3050
Error	7391,12	64	115,49		
Total	15425,02	71			

Análisis de varianza para los tratamientos

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=15,87339

Error: 115,4863 gl: 64

Concentracion	Temperatura	Grosor	Medias	n	E.E.
S	T1	G2	155,32	9	3,58 A
C	T1	G2	147,92	9	3,58 A B
C	T1	G4	141,41	9	3,58 A B
C	T2	G4	138,47	9	3,58 B C
S	T1	G4	135,99	9	3,58 B C D
C	T2	G2	133,51	9	3,58 B C D
S	T2	G4	124,16	9	3,58 C D
S	T2	G2	121,55	9	3,58 D

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

ANEXO IX

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (DPPH)

Hora Inicial

Análisis para el diseño factorial AxBxC

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
µmol TEAC/g tejido	72	1,00	1,00	0,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4539,23	7	648,46	2780,31	<0,0001
Concentracion	4535,65	1	4535,65	19446,79	<0,0001
Temperatura	0,79	1	0,79	3,39	0,0704
Grosor	8,0E-04	1	8,0E-04	3,4E-03	0,9535
Concentracion*Temperatura	0,62	1	0,62	2,64	0,1090
Concentracion*Grosor	0,04	1	0,04	0,18	0,6761
Temperatura*Grosor	0,55	1	0,55	2,35	0,1303
Concentracion*Temperatura*Grosor	1,58	1	1,58	6,79	0,0114
Error	14,93	64	0,23		
Total	4554,15	71			

Análisis de varianza para los tratamientos

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,71335

Error: 0,2332 gl: 64

Concentracion	Temperatura	Grosor	Medias	n	E.E.
C	T1	G2	89,95	9	0,16 A
C	T2	G4	89,88	9	0,16 A
C	T2	G2	89,80	9	0,16 A
C	T1	G4	89,78	9	0,16 A
S	T1	G4	74,44	9	0,16 B
S	T2	G2	73,99	9	0,16 B C
S	T1	G2	73,91	9	0,16 B C
S	T2	G4	73,57	9	0,16 C

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

Hora final

Análisis para el diseño factorial AxBxC

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
umol TEAC/g tejido	72	0,99	0,99	0,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5092,15	7	727,45	685,47	<0,0001
Concentracion	36,31	1	36,31	34,21	<0,0001
Temperatura	4030,97	1	4030,97	3798,36	<0,0001
Grosor	259,81	1	259,81	244,81	<0,0001
Concentracion*Temperatura	722,06	1	722,06	680,40	<0,0001
Concentracion*Grosor	2,29	1	2,29	2,16	0,1464
Temperatura*Grosor	35,77	1	35,77	33,71	<0,0001
Concentracion*Temperatura*Grosor	4,94	1	4,94	4,65	0,0348
Error	67,92	64	1,06		
Total	5160,07	71			

Análisis de varianza para los tratamientos

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,52164

Error: 1,0612 gl: 64

Concentracion	Temperatura	Grosor	Medias	n	E.E.	
S	T1	G2	116,87	9	0,34	A
C	T1	G2	112,12	9	0,34	B
S	T1	G4	111,82	9	0,34	B
C	T1	G4	106,74	9	0,34	C
C	T2	G2	101,55	9	0,34	D
C	T2	G4	100,05	9	0,34	D
S	T2	G2	94,68	9	0,34	E
S	T2	G4	91,41	9	0,34	F

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

ANEXO X

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS

Hora Inicial

Análisis para el diseño factorial AxBxC

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cont. Acd (mg/100g)	72	0,82	0,80	5,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	45,33	7	6,48	42,19	<0,0001
Concentracion	44,70	1	44,70	291,28	<0,0001
Temperatura	0,08	1	0,08	0,51	0,4789
Grosor	0,36	1	0,36	2,37	0,1284
Concentracion*Temperatura	0,03	1	0,03	0,21	0,6511
Concentracion*Grosor	0,04	1	0,04	0,26	0,6122
Temperatura*Grosor	0,09	1	0,09	0,61	0,4382
Concentracion*Temperatura*Grosor	0,02	1	0,02	0,13	0,7206
Error	9,82	64	0,15		
Total	55,15	71			

Análisis de varianza para los tratamientos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,57866

Error: 0,1535 gl: 64

Concentracion	Temperatura	Grosor	Medias	n	E.E.
S	T1	G4	8,31	9	0,13 A
S	T2	G4	8,24	9	0,13 A
S	T2	G2	8,09	9	0,13 A
S	T1	G2	8,08	9	0,13 A
C	T1	G4	6,76	9	0,13 B
C	T1	G2	6,56	9	0,13 B
C	T2	G2	6,56	9	0,13 B
C	T2	G4	6,55	9	0,13 B

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

Hora final

Análisis para el diseño factorial AxBxC

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cont. Acd (mg/100 g)	72	0,95	0,95	6,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	71,59	7	10,23	188,00	<0,0001
Concentracion	8,93	1	8,93	164,19	<0,0001
Temperatura	17,98	1	17,98	330,49	<0,0001
Grosor	17,60	1	17,60	323,55	<0,0001
Concentracion*Temperatura	8,36	1	8,36	153,74	<0,0001
Concentracion*Grosor	6,70	1	6,70	123,11	<0,0001
Temperatura*Grosor	4,53	1	4,53	83,27	<0,0001
Concentracion*Temperatura*Grosor	7,49	1	7,49	137,64	<0,0001
Error	3,48	64	0,05		
Total	75,08	71			

Análisis de varianza para los tratamientos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34452

Error: 0,0544 gl: 64

Concentracion	Temperatura	Grosor	Medias	n	E.E.
C	T1	G2	4,92	9	0,08 A
S	T1	G2	4,86	9	0,08 A
C	T2	G4	4,23	9	0,08 B
C	T2	G2	3,46	9	0,08 C
S	T1	G4	3,41	9	0,08 C
C	T1	G4	3,40	9	0,08 C
S	T2	G2	3,33	9	0,08 C
S	T2	G4	1,58	9	0,08 D

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

ANEXO XI

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES

Hora Inicial

Análisis para el diseño factorial AxBxC

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mg Acido Galico/100g muestr..	16	0,99	0,99	3,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13089,62	7	1869,95	190,94	<0,0001
Concentracion	12821,60	1	12821,60	1309,22	<0,0001
Temperatura	32,12	1	32,12	3,28	0,1077
Grosor	1,94	1	1,94	0,20	0,6681
Concentracion*Temperatura	126,84	1	126,84	12,95	0,0070
Concentracion*Grosor	43,59	1	43,59	4,45	0,0679
Temperatura*Grosor	61,19	1	61,19	6,25	0,0370
Concentracion*Temperatura*..	2,33	1	2,33	0,24	0,6386
Error	78,35	8	9,79		
Total	13167,97	15			

Análisis de varianza para los tratamientos

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=12,38344

Error: 9,7933 gl: 8

Concentracion	Temperatura	Grosor	Medias	n	E.E.
C	T2	G2	122,65	2	2,21 A
C	T2	G4	120,58	2	2,21 A B
C	T1	G4	116,79	2	2,21 A B
C	T1	G2	109,51	2	2,21 B
S	T2	G2	62,94	2	2,21 C
S	T1	G2	62,59	2	2,21 C
S	T1	G4	61,74	2	2,21 C
S	T2	G4	55,80	2	2,21 C

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

Hora final

Análisis para el diseño factorial AxBxC

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mg Acido Galico/100g muestr..	16	0,99	0,97	5,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	38649,79	7	5521,40	82,24	<0,0001
Concentracion	36747,93	1	36747,93	547,32	<0,0001
Temperatura	148,17	1	148,17	2,21	0,1757
Grosor	51,95	1	51,95	0,77	0,4047
Concentracion*Temperatura	641,99	1	641,99	9,56	0,0148
Concentracion*Grosor	428,39	1	428,39	6,38	0,0355
Temperatura*Grosor	586,97	1	586,97	8,74	0,0182
Concentracion*Temperatura*..	44,39	1	44,39	0,66	0,4397
Error	537,13	8	67,14		
Total	39186,92	15			

Análisis de varianza para los tratamientos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=32,42439

Error: 67,1414 gl: 8

Concentracion	Temperatura	Grosor	Medias	n	E.E.
C	T2	G2	209,42	2	5,79 A
C	T2	G4	200,72	2	5,79 A B
C	T1	G4	197,41	2	5,79 A B
C	T1	G2	175,22	2	5,79 B
S	T2	G2	107,92	2	5,79 C
S	T1	G2	105,72	2	5,79 C
S	T1	G4	100,55	2	5,79 C
S	T2	G4	85,19	2	5,79 C

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