



**Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ciencias
Escuela de Biología
Departamento de Tecnología de
Alimentos**

Hojuelas de Tomate de Árbol

(*Solanum betaceum* Cavanilles):

Un posible ingrediente para formular alimentos

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela,

por la Br. **Rodríguez M. Jennifer**

como requisito parcial para optar por
el título de Licenciado en Biología.

Tutor: Prof. Emaldi P. Unai

CARACAS, VENEZUELA

MAYO, 2014

ÍNDICE

	Pág. Nº
ÍNDICE DE TABLAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
1.- RESUMEN	
2.-INTRODUCCIÓN.....	8
3.-OBJETIVOS.....	11
3.1.-Objetivo general.....	11
3.2.-Objetivos específicos.....	11
4.-ANTECEDENTES.....	12
4.1.- Tomate de árbol.....	12
4.1.1.- Taxonomía de la especie.....	12
4.1.2.- Origen y distribución.....	13
4.1.3.- Descripción de la planta y características físicas, químicas y nutritivas.....	15
4.1.4.- Usos.....	20
4.2.- Alimentos funcionales.....	23
4.3.- Secado en alimentos.....	25
4.3.1.- Secado en bandejas.....	25
4.4.- Almidón.....	26
5.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
5.1.- Materiales.....	32
5.2.- Métodos.....	32
5.2.1.- Caracterización física de los frutos de tomate de árbol.....	32
5.2.2.- Obtención de la pulpa de tomate de árbol.....	32
5.2.3.- Caracterización de la pulpa de tomate de árbol.....	33
5.2.3.1.- Humedad.....	33
5.2.3.2.- Sólidos solubles.....	33
5.2.3.3.- pH.....	33
5.2.3.4.- Acidez total titulable.....	33
5.2.3.5.- Cenizas.....	33
5.2.3.6.- Carotenoides totales.....	33

5.2.3.7.- Compuestos fenólicos totales.....	33
5.2.3.8.- Actividad de agua.....	33
5.2.3.9.- Color.....	33
5.2.4.- Elaboración de hojuelas de tomate de árbol.....	34
5.2.4.1.- Análisis físico y químico de las hojuelas de tomate de árbol seleccionadas.....	35
5.2.4.1.1.- Contenido de humedad.....	35
5.2.4.1.2.- pH.....	35
5.2.4.1.3.- Contenido de acidez total titulable.....	35
5.2.4.1.4.- Cenizas.....	35
5.2.4.1.5.- Compuestos fenólicos totales.....	36
5.2.4.1.6.- Carotenoides totales.....	36
5.2.4.1.7.- Color.....	36
5.2.4.2- Propiedades funcionales.....	37
5.2.4.2.1- Formación de gel.....	37
5.2.4.2.2.- Solubilidad.....	37
5.2.4.2.3.- Viscosidad aparente.....	37
5.2.4.2.4.- Fuerza de gel.....	38
5.2.4.2.5.- Consistencia del gel.....	38
5.2.4.3.- Análisis estadístico.....	38
5.2.4.4.-Curva de secado.....	38
6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
6.1.- Caracterización de los frutos enteros de tomate de árbol.....	40
6.2.- Caracterización física y química de la pulpa de tomate de árbol.....	42
6.2.1.- Contenido de humedad.....	42
6.2.2.- Contenido de sólidos soluble.....	43
6.2.3.- pH.....	44
6.2.4.- Acidez total titulable.....	44
6.2.5.- Contenido de cenizas.....	45
6.2.6.- Contenido de compuestos fenólicos totales.....	45
6.2.7.- Carotenoides totales.....	46
6.2.8.- Actividad de agua.....	46
6.2.9.- Color.....	47

6.3.- Desarrollo de las formulaciones para la elaboración de hojuelas de tomate de árbol.....	47
6.4.- Curvas de secado.....	48
6.5.- Caracterización física y química de las hojuelas de tomate de árbol elaboradas con las formulaciones seleccionadas.....	49
6.5.1.- Contenido de humedad.....	49
6.5.2.- Sólidos solubles.....	50
6.5.3.- pH.....	51
6.5.4.- Acidez total titulable.....	51
6.5.5.- Cenizas.....	52
6.5.6.- Compuestos fenólicos totales.....	53
6.5.7.- Carotenoides totales.....	53
6.5.8.- Actividad de agua.....	54
6.5.9.- Color.....	54
6.6.- Determinación de propiedades funcionales.....	56
6.6.1.- Solubilidad.....	56
6.6.2.- Viscosidad aparente.....	57
6.6.3.- Formación de gel.....	58
6.6.4.- Consistencia del gel.....	59
7.- CONCLUSIONES.....	60
8.- RECOMENDACIONES.....	61
9.-REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág. N°
Tabla 1.- Clasificación botánica del tomate de árbol.....	13
Tabla 2.- Contenido de flavonoides de diversas cáscaras frutales.....	19
Tabla 3.- Proporciones de los ingredientes usados en las distintas formulaciones.....	35
Tabla 4.- Características físicas del fruto del tomate de árbol.....	41
Tabla 5.- Parámetros físicos y químicos determinados en la pulpa de tomate de árbol.....	43
Tabla 6.- Análisis químicos y físicos realizados a las hojuelas de tomate de árbol, elaboradas con las cuatro formulaciones.....	50
Tabla 7.- Propiedades funcionales evaluadas en las hojuelas de tomate de árbol con las formulaciones seleccionadas.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág. N°
Figura 1.-Tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav.).....	16
Figura 2.- Imágenes obtenidas por microscopía óptica de diversos almidones... ..	27
Figura 3.- Estructura de la amilosa	29
Figura 4.-Estructura de la amilopectina.....	29
Figura 5.- Esquema tecnológico para la elaboración de las hojuelas de tomate de árbol.....	36
Figura 6.- Curva de pérdida de peso en las pulpas acondicionadas de tomate de árbol durante el secado.....	49

1-.RESUMEN

En el presente trabajo se desarrollaron hojuelas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) a partir de diferentes combinaciones de almidón y sacarosa. Luego de la caracterización de la pulpa del fruto, se probaron 15 formulaciones diferentes de 10; 20 y 30°Brix y distintas concentraciones de almidón de maíz (5; 10; 15; 20 y 30 %). De estas resultaron viables sólo cuatro. Las cuatro formulaciones seleccionadas fueron 10° Brix con 5 % de almidón; 10° Brix con 10 % de almidón; 20° Brix con 5 % de almidón y 20° Brix con 10 % almidón. Posteriormente, a las hojuelas se les realizaron análisis físicos, químicos y funcionales. Según los resultados obtenidos, a partir de tomate de árbol es posible elaborar hojuelas de color semejante al de la pulpa, acondicionadas con diferentes proporciones de almidón de maíz y sacarosa, con contenido de humedad y pH bajo, utilizando un deshidratador de bandejas. Las propiedades funcionales evaluadas indican que no es posible la formación de gel a partir de las formulaciones probadas, por lo que se descarta su uso en productos tipo gel. Las hojuelas que presentaron mayor solubilidad fueron las acondicionadas con 10 % de almidón, sugiriendo el posible uso de las mismas en alimentos como bebidas.

Palabras clave: tomate de árbol; *Solanum betaceum* Cav.; deshidratador de bandejas; propiedades funcionales.

2.-INTRODUCCIÓN

En un informe de la OMS publicado en el año 2003, se recomienda como objetivo poblacional, la ingesta de un mínimo de 400 g diarios de frutas y hortalizas para prevenir enfermedades crónicas. Según Gil (2010), existen evidencias sobre la correlación negativa entre el consumo de frutas y el riesgo de padecer determinadas enfermedades de tipo cardiovasculares, cáncer, diabetes tipo II y obesidad. Específicamente, Vázquez, en el año 2005, reportó que por su alto contenido de agua, su cantidad de fibra e insuficiencia de nutrientes energéticos, las frutas contienen una densidad calórica (contenido en kilocalorías por peso de alimento) particularmente baja, contribuyendo con un papel primordial en la prevención de la obesidad.

Las frutas y hortalizas son alimentos que constituyen una fuente fundamental de vitaminas y minerales, fibra alimentaria (especialmente las hortalizas), carbohidratos complejos, antioxidantes y otros fitoquímicos, siendo estos componentes fundamentales de una dieta saludable (Gil, 2010).

Una dieta basada en un bajo consumo de alimentos muy energéticos, ricos en grasas saturadas y azúcar y en la ingesta abundante de frutas y hortalizas, así como un modo de vida activo, figuran entre las principales medidas para combatir las enfermedades crónicas (OMS, 2003).

De acuerdo con los datos presentados en el informe sobre la salud en el mundo Ness y Powles en el año 1997, reportaron que la ingesta insuficiente de frutas y verduras causa en todo el mundo aproximadamente 19 % de los cánceres gastrointestinales, 31 % de las cardiopatías isquémicas y 11 % de los accidentes vasculares cerebrales. Aproximadamente 85 % de la carga mundial

de morbilidad atribuible al escaso consumo de frutas y verduras en 1997 se debió a las enfermedades cardiovasculares y 15 % al cáncer.

Los profesionales del sector salud, al ejercer sus funciones en los programas de prevención y promoción de la salud, recomiendan a la población mejorar sus hábitos de vida y entre ellos los hábitos alimentarios, como forma de luchar contra las patologías dominantes en el siglo XXI, muy relacionadas con nutrición por exceso, obesidad, y por defecto, carencia de nutrientes (Calvo y col., 2011).

El significado de la palabra hábito (se reproduce la definición del Diccionario de Moliner de 2007) es el de “repetir una misma acción o hacer cierta cosa siempre de la misma manera”. De esta forma, cuando se habla de hábitos alimentarios saludables, se hace referencia a la necesidad de que una actividad, como lo es la alimentación del día a día, se haga de forma adecuada desde el punto de vista de presencia de alimentos que aporten el contenido en nutrientes necesario y se adapte al sujeto que la recibe para combatir las enfermedades y promover la salud.

Sin embargo, debido a diversos factores, solo una minoría cumple con los requerimientos diarios de una alimentación balanceada, existiendo por otra parte, la tendencia en algunos consumidores a mantener una dieta sana y equilibrada (Murcia y col., 2001).

Para solventar dicha problemática nutricional reflejada a nivel mundial, se han desarrollado diversas técnicas industriales en la elaboración de productos a base de frutas. Esto con la finalidad de que las mismas puedan ser más accesibles a los consumidores.

Con el paso de los años, se han desarrollado numerosas tecnologías totalmente enfocadas en el mantenimiento o conservación de los alimentos, cuyo principal objetivo suele ser la búsqueda de tratamientos térmicos alternativos o tratamientos no térmicos de conservación, con la finalidad de obtener, entre otras cosas, productos mucho más sanos y con una mayor vida útil (García-Casal, 2007). En este sentido, el presente trabajo pretendió desarrollar fórmulas para la elaboración de hojuelas de fruta, a partir de una fruta poco conocida, tal como es el tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.), con la intención de promover su uso, e intentar proporcionar a los consumidores una alternativa práctica para el consumo de frutas.

3-. OBJETIVOS

3.1- OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la formulación para elaborar hojuelas deshidratadas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) a partir de las diferentes combinaciones de mezclas de pulpa y almidón.

3.2-.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2.1- Caracterizar de forma física los frutos enteros de tomate de árbol.

3.2.2- Obtener pulpa de tomate de árbol constituida por el arilo y el mesocarpio de la fruta.

3.2.3- Caracterizar la pulpa de tomate de árbol de forma física y química.

3.2.4- Desarrollar la fórmula para la elaboración de hojuelas deshidratadas de tomate de árbol, a partir de la mezclas de pulpa de tomate de árbol (acondicionada a 10; 20 y 30° Brix) y diferentes concentraciones de almidón de maíz (5; 10; 15; 20 y 30 %).

3.2.5- Caracterizar de forma física, química y funcional las hojuelas elaboradas.

4-. ANTECEDENTES

4.1-Tomate de árbol

4.1.1- Taxonomía de la especie

Aún entrado el siglo XXI, algunos investigadores continuaban usando como nombre científico para el tomate de árbol el de *Cyphomandra betacea* (Cav) Sendt como el caso de Díaz y Munera en el 2002; no obstante, ya para 1995 se aceptó la transferencia de la especie a su nombre actual hecha por Bohs, con el nombre científico de *Solanum betaceum* Cav. Así, las 35 especies del género *Cyphomandra* fueron transferidas al género *Solanum* y a la sección *Pachyphylla*. La Base de Datos de Plantas (Plants Database) del Natural Resources Conservation Service del Departamento de Agricultura de EUA (United States Department of Agriculture), apoyado por el estudio de filogenia con marcadores moleculares ITS, realizado por Bohs en 2007, a través de estudios en sistemática molecular utilizando DNA cloroplástico, además de los respectivos estudios cladísticos ubica a la especie en la clasificación taxonómica que se muestra en la Tabla 1.

La especie *Solanum betaceum* Cav. es comúnmente llamada con los siguientes nombres: tomate, tomate extranjero, tomate de árbol, tomate granadilla, granadilla, pix, caxlan pix (Guatemala), tomate de palo, arvore do tomate, tomate de arvore (Brasil), lima tomate, tomate de monte, sima, pepino de árbol, tomate dulce, tomate cimarrón y tomate francés. Alrededor del año 1970, se le dio el nombre de tamarillo en Nueva Zelanda, y desde entonces este ha sido la forma comercial estándar para la designación internacional de la fruta (Bukasov, 1963; Morton, 1987; Reyes y Sanabria, 1993; Schotsmans, 2011).

Tabla 1– CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL TOMATE DE ÁRBOL.

REINO	Plantae
SUBREINO	Tracheobionta
SUPERDIVISION	Spermatophyta
DIVISION	Tracheophyta
SUBDIVISION	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
SUBCLASE	Asteridae
ORDEN	Solanales
FAMILIA	Solanaceae
GÉNERO	<i>Solanum</i>
SUBGENERO	<i>Bassovia</i>
SECCION	<i>Pachyphylla</i>
ESPECIE	<i>Solanum betaceum</i> (Cav.)

Tomado de: United States Department of
Agricultura. Natural Resources
Conservation. Plant Database (2012).

4.1.2- Origen y distribución

Esta especie crece a alturas de 1800 a 3000 msnm. Además de la región andina, la planta se cultiva también en México y en América Central, a alturas que varían de 1.200 a 2.400 msnm. Actualmente está extendida por las colinas tropicales de todo el mundo, en América del Sur, Malasia, India y Ceilán, pero siempre a alturas superiores a los 1.000 msnm, ya que a alturas inferiores florece y fructifica mal (Bohs, 1989).

Brücher (1989), sostiene que, probablemente, la especie haya derivado de *C. bolivaiensis*, una especie del sureste de Venezuela y sur de las Guayanas, mientras que Bohs (1989) indica que su origen posiblemente se encuentre en las “yungas”, selvas y bosques al sur de Bolivia y noreste de Argentina.

Díaz y Munera (2002) concuerdan con Bohs (1989), al indicar que la especie tiene como centro de origen un sitio ubicado entre el Suroeste Boliviano y el Noreste Argentino. Además, agregaron que el tomate de árbol fue domesticado por las culturas prehispánicas quienes lo empleaban como fruta fresca, y en preparaciones de bebidas y tinturas. De la cultura Inca se hallaron vestigios en cerámicas donde aparecen frutos de tomate de árbol, ocurriendo la diseminación de esta especie por el continente durante épocas prehispánicas, debido a los procesos de intercambio cultural, comercial y político entre las culturas Andinas, Centroamericanas y del Caribe. Según Portela (1999), la planta se difundió a través del mundo a partir del siglo XIX y actualmente se cultiva de forma comercial en varios países, como lo son Ecuador, Perú, Colombia y Nueva Zelanda.

En Venezuela, la planta es un cultivo restringido a zonas de clima frío moderado y altitudes de 1.000 a 2.000 msnm, principalmente en las zonas altas de las cordilleras de los Andes y la Costa. Este es cultivado en huertos cercanos a las viviendas y sembrado generalmente como complemento a cultivos principales como durazno, fresa y hortalizas (Hoyos, 1989; Aponte y col., 2005).

Según Aponte y col. (2005), entre las bondades del cultivo del tomate de árbol están su gran potencial de comercialización, producción durante todo el año, baja inversión en insumos agrícolas y relativo fácil manejo agronómico. No obstante, entre las principales limitaciones del cultivo en Venezuela se destacan: deficiente manejo agronómico, alta incidencia de plagas y enfermedades, aplicación inadecuada de controles fitosanitarios, poca

demanda (desconocimiento de las virtudes del fruto), bajo rendimiento, escasa asistencia técnica y deficiente manejo post cosecha, entre otros.

4.1.3- Descripción de la planta y características físicas, químicas y nutritivas del fruto.

El arbusto o árbol pequeño de *Solanum betaceum* Cav. mide de 2 a 4 m de alto, con tallo más o menos recto, poco leñoso, pubescente, con corteza lisa, y manchas claras que se ramifica entre los ocho y diez meses de edad en forma casi paralela al suelo, siendo su copa irregular y poco densa (Hoyos, 1989; Reina, 1998; Aponte y col., 2005).

El tomate de árbol es una baya carnosa de pedúnculo largo (Figura 1), resistente al transporte y almacenamiento. Su forma puede ser redondeada, piriforme, ovoide y/o apiculada, su longitud varía entre 8 y 10 cm, y su diámetro ecuatorial alcanza de 4 a 6 cm. Por su parte, su peso oscila desde los 40 a 130 g. La piel es gruesa y tiene una cutícula de sabor amargo, la cual debe ser eliminada al consumir el fruto, aunque no obstante representa una fuente importante de carotenoides. La pulpa puede ser de colores amarillo, anaranjado y tonos rojos y crema, pudiendo ser jugosa y de sabor agri dulce. Presenta una gran cantidad de semillas (250 en promedio) pubescentes, cubiertas de un arilo gelatinoso de diferentes colores dependiendo de la variedad. Los frutos inician el cambio de color verde a rojo (o amarillo, según sea el caso) a las 16 semanas a partir de la antesis floral, alcanzando la maduración completa a las 22-23 semanas de la antesis (Reina, 1998; Bernal y Díaz, 2003, citados por Meza y Manzano, 2009; Aponte y col., 2005).



Figura 1 - Tomate árbol (*Solanum betaceum* Cav.)

En el año 2009, Meza y Manzano indicaron que existía escasez de información referente a la caracterización de frutos de tomate de árbol de la zona andina de Venezuela, lo cual en la actualidad sigue siendo la norma que condiciona la información disponible sobre la composición de esta fruta.

Según Meza y Manzano (2009), los frutos de tomate de árbol de pulpa de color amarillo tienen en promedio 81,23 g de peso; 81,23 mm de diámetro polar y 64,80 mm de diámetro ecuatorial. Por su parte, los frutos de pulpa de color rojo tienen 100,17 g de peso promedio y, respectivamente, 63,36 y 54,46 mm de diámetros polar y ecuatorial.

En cuanto a los componentes estructurales del fruto, las proporciones de pericarpio con mesocarpio son de 59,00 % en los frutos de pulpa amarilla y 57,00 % en los de pulpa roja; en cuanto a la proporción de arilos con semillas, estas son de 41,00 % en la variedad amarilla y 43,00 % en la roja; con un contenido promedio de semillas de 224,80 en los frutos de pulpa amarilla y 283,76 en los de pulpa roja (Meza y Manzano, 2009).

En el año 2012, Cuevas reportó que los frutos de tomate de árbol que analizó presentaron un peso promedio de 85,73 g, con una alta desviación estándar de $\pm 44,33$ g, lo que indica una amplia diversidad en este aspecto entre los frutos de tomate de árbol analizados. También reportó, para esta fruta, las dimensiones de 72,82 mm de largo y 51,91 mm de diámetro máximo. Entre las proporciones de los componentes estructurales del fruto, indicó para la piel, 22,95 %, de pulpa 65,30 % y de semilla 11,75 %; con un número promedio de semillas por fruto de 292,63.

En lo que respecta a las características químicas de la pulpa de tomate de árbol, según la Tabla de Composición de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición (INN) de 2001, esta aporta 44 calorías por cada 100 g de parte comestible y contiene 85,70 % de humedad; 1,80 % de proteína cruda; 0,40 % de grasa cruda; 0,90 % de cenizas; 0,11 mg % de vitamina B1 (tiamina); 0,05 mg % de vitamina B2 (riboflavina); 1,30 mg % de vitamina B3 (niacina); 18 mg % de vitamina C; 18 mg% de calcio; 37 mg % de fósforo; 1,3 mg % de hierro; 21 mg% de magnesio y 320 mg % de potasio. Lo cual indica que contiene una alta proporción de humedad y relativamente alto contenido de proteína.

Según Reyes y Sanabria (1993), el valor nutritivo del tomate de árbol radica en su excelente aporte de vitaminas, en especial las vitaminas: A, B6, C y E, con un contenido de nitrógeno y aminoácidos libres muy alto y bajo nivel de calorías otorgando diferentes beneficios a la salud, entre los que se pueden mencionar, la función antioxidante y el fortalecimiento del sistema inmunológico, sus propiedades de reducción de colesterol y su alto contenido de fibra, el cual favorece el tránsito intestinal.

En un trabajo realizado por Moreno y col., (2003), estos investigadores analizaron la pulpa de tomate de árbol, encontrando que esta posee 87,17 % de humedad; 10,00 °Brix de contenido de sólidos solubles; 5,00 % de azúcares; 1,15 % de acidez total titulable; 60,00 mg % de carotenoides; 15,84 mg % de vitamina C y pH de 3,9.

Por su parte, Repo y Encina en 2008, indicaron que la pulpa proporcionaba 64,90 calorías por cada 100 g de pulpa; 82,90 % de humedad; 11,57 °Brix de sólidos solubles; 1,90 % de proteína cruda; 1,00 % de cenizas; 16,09 mg % de vitamina C y tenía un pH de 3,77. Además de lo anterior, los mismos investigadores reportaron el contenido de algunos minerales en la pulpa de tomate de árbol (fósforo: 44,7 mg %; calcio: 25,56 mg %; hierro: 0,9 mg %; zinc: 0,45 mg % y potasio: 441,03 mg %), los cuales son valores que están bastante próximos a los reportados para esta fruta por el INN (2001).

Según Meza y Manzano (2009), los frutos de tomate de árbol de pulpa de color amarillo tienen 9,54 % de sólidos solubles; 3,52 de pH y 1,20 % de acidez total titulable; en tanto que la pulpa de color roja presenta valores de contenido de sólidos solubles y acidez total titulable de 9,42 y 1,13%, respectivamente con pH de 3,92.

Cuevas (2012) realizó algunas determinaciones en la pulpa de tomate de árbol para la cual reportó contenidos de humedad, sólidos totales; acidez total titulable y cenizas de 87,60; 11,33; 1,64 y 2,64 %, respectivamente. También indicó que la pulpa presenta un pH de 3,67 y parámetros de color de 19,68 para L*; +32,46 para a* y +17,50 para b*. Lo que indica que la pulpa no es muy clara y posee matices rojos y amarillos.

En análisis realizados a distintas cáscaras frutales para determinar el contenido de flavonoides (Tabla 2), Muñoz y col. (2009) reportaron un mayor contenido de algunos flavonoides en la cáscara de tomate de árbol, lo cual implica que esta fruta podría considerarse una buena fuente de estos compuestos.

Lo anterior es interesante porque los polifenoles son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas durante su desarrollo normal y su contenido se incrementa en respuesta a condiciones de estrés, tales como, las infecciones, radiaciones UV y otros. Estos componentes están muy diversificados y derivan de la fenilalanina y tirosina. Las plantas pueden contener fenoles simples, ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides, estilbenos, taninos hidrosolubles y condensados, lignanos y ligninas (Muñoz y col., 2009).

Tabla 2. Contenido de flavonoides de diversas cáscaras de frutas.

Fruta	Clor	Caf	Rut	Fer	Mor	Quer	Kaemp
Camu-camu	17,10	17,05	Nd	0,94	80,89	7,89	Nd
Guinda	8,69	Nd	6,19	14,23	Nd	5,34	Nd
Carambola	18,28	1,43	0,42	12,90	0,19	28,59	0,24
Tomate de árbol	416,04	20,26	69,11	2,51	3,69	3,82	0,47

Tomado de Muñoz y col. (2009) Abrev.: clor: ácido clorogénico; caf: ácido cafeico; rut: rutina; fer: ácido ferúlico; quer: quercetina; Kaemp: kaempferol. Flavonoides: mg/kg muestra fresca.

Según Boticario (2005), los polifenoles como antioxidantes ejercen su acción principal durante la fase de iniciación de un tumor, evitando el daño celular derivado del estrés oxidativo, la lesión del DNA y favoreciendo la

reparación del DNA dañado, la estabilidad de la membrana celular y la función inmunitaria.

Repo y Encina (2008) reportaron que el tomate de árbol tiene un contenido de 4 mg % de caroteno, el cual no sólo fue mayor que el contenido en frutos como la tuna verde, tuna roja, tuna anaranjada, uchuva (*Physalis peruviana* L.) y papaya de monte (*Carica pubescens* Lenne & Koch), sino que además, es un frutal con un nivel considerable de α -caroteno.

Repo y Encina (2008), indicaron que debido al alto contenido de fibra en el tomate de árbol, este podría ser utilizado en alimentos nutraceuticos ricos en fibra. Este es un aspecto muy interesante, porque la fibra alimentaria tiene propiedades positivas para la salud, tales como: reducción del nivel de colesterol en sangre, protección contra diferentes enfermedades cardiovasculares y diferentes tipos de cáncer.

4.1.4- Usos

Cárdenas (1969) reportó que debido a su parecido con el tomate de jardín (*Lycopersicon esculentum* Mill), esta fruta puede ser utilizada de manera similar y ser consumido crudo, cortado en ensaladas, cocidos o guisados con carne, y que en Bolivia, los tomates de árbol se mezclan con los pimientos picantes para formar una salsa que es utilizada como condimento.

El tomate de árbol es una fruta fresca que generalmente se comercializa de forma fresca, puesto que posee un sabor agridulce muy agradable. También se usa en la elaboración de alimentos procesados, como productos congelados en forma de pulpa, helados, frutos en almíbar, mermeladas, jugos, bebidas fermentadas, mezclado con leche y azúcar, para hacer una bebida refrescante

y también como colorante natural (Morton, 1987; Hoyos, 1989; Reyes y Sanabria, 1993; Schotsmans, 2011).

Moreno y col., (2003) evaluaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos que pudiesen estar asociados a la degradación de carotenoides, en néctares pasteurizados elaborados con pulpa de tomate de árbol. El objetivo de su investigación fue la elaboración de cuatro néctares acondicionados con ácido ascórbico (0,0; 0,5; 1,0 y 1,5 %) y una relación pulpa: agua de 1:4. La cantidad de sacarosa comercial añadida fue de 1,280 Kg para un volumen final de 8 L y un valor de 14 °Brix por tratamiento. Los néctares pasteurizados (60 °C durante 30 min) se conservaron bajo refrigeración a $7,0 \pm 1,0$ °C en envases ámbar de 250 mL. Según los investigadores, su trabajo permitió evaluar la factibilidad técnica de confección de un nuevo producto con valores nutricionales importantes, utilizando un fruto de prácticamente nula explotación industrial en Venezuela. Los néctares elaborados presentaron una vida útil de 14 días bajo las condiciones de almacenamiento estudiadas, esto gracias a la adecuada calidad sanitaria del proceso y características fisicoquímicas del producto. Los parámetros acidez total titulable, pH, azúcares totales y sólidos solubles no cambiaron significativamente ($P > 0,05$) durante el estudio, no así los parámetros carotenoides totales y vitamina C, que presentaron evidencias de oxidación. La formulación con 1,5 % de ácido ascórbico presentó los mayores valores de carotenoides totales evidenciándose el efecto antioxidante de este compuesto.

Igualmente, los anteriores investigadores añadieron que la evaluación sensorial efectuada con el panel no entrenado, indicó que no se presentaron diferencias significativas entre las formulaciones para los atributos olor y sabor

a lo largo del estudio. En cambio, el atributo color fue discriminado durante las cuatro evaluaciones, sin embargo, la formulación sin ácido ascórbico fue preferida mayoritariamente por su color. Los investigadores concluyeron que existe factibilidad técnica en la elaboración de néctares del tomate de árbol y que la explotación agroindustrial de estos productos permitiría la utilización de una especie marginal en el país, de un adecuado valor nutricional.

Álvarez y col. en 2009, estudiaron la elaboración de vino artesanal de tomate de árbol. Con este objetivo, probaron 5 formulaciones para lo cual elaboraron, a partir de la pulpa, 5 tipos de mostos (2 escaldados y 3 sin escaldar). Con la pulpa resultante después de la separación de las semillas, se preparó el mosto y este fue corregido con adición de azúcar hasta un valor cercano a 21 °Brix, para su posterior fermentación. Se utilizaron 2,4 kg de pulpa y 2,5 kg de azúcar en cada tipo de vino, variando la cantidad de agua añadida en 12; 15; 18L para la obtención, respectivamente, de cinco tipos de vinos: cuatro vinos rojos y un vino blanco (amarillo).

De análisis de varianza de los resultados obtenidos de las determinaciones realizadas, los investigadores reportaron diferencias significativas para las variables químicas entre los diferentes tipos de vino. Según las características sensoriales evaluadas (apariencia, color, olor y sabor), se encontró la mayor aceptabilidad para el vino rojo elaborado añadiendo 12 L de agua y sin escaldar, y la menor para el vino blanco (15 L de agua añadida y escaldado). Los investigadores concluyeron que con la tecnología rudimentaria artesanal usada por ellos, es técnicamente factible la elaboración de una bebida alcohólica del tipo vino a partir del tomate de árbol.

Alvarado y col. (2011) se plantearon desarrollar un yogurt batido a partir de leche de cabra, con capacidad antioxidante y saborizado con mermelada de tomate de árbol. Los investigadores concluyeron que la incorporación de la mermelada de tomate de árbol incrementó la capacidad antioxidante en 71 % en comparación a un yogurt natural y al mismo tiempo, resultó en un producto con buena aceptabilidad.

Cuevas en 2012, desarrolló y probó la aceptabilidad de láminas de fruta enriquecidas con calcio a partir de mezclas de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* D.) con tomate de árbol. En función de sus resultados, concluyó que es posible elaborar láminas enriquecidas con calcio de parchita con tomate de árbol que tengan buena aceptación por los consumidores, acondicionando la mezcla de pulpa hasta 20° Brix, utilizando para ello, una combinación de azúcares de 50 % sacarosa y 50 % fructosa, y luego deshidratando dichas mezclas a 60 °C por 4 horas.

4.2 -. Alimentos funcionales

En la actualidad, ha incrementado la preocupación por la posible relación entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe. Incluso se acepta, sin protesta, que la salud es un bien preferentemente controlable a través de la alimentación (Alvidez y col., 2002). Por ello, actualmente la población selecciona para su consumo habitual alimentos funcionales porque busca en ellos un nivel de protección para su salud mayor del que pueden aportar los alimentos convencionales.

Calvo y col. (2011) expusieron que un alimento funcional está enriquecido con determinados nutrientes o presenta reducción de algunos

componentes o sustitución por otros nutrientes más favorables para la salud, siempre a partir de consumos normales. Los alimentos funcionales no son fármacos, pero sí tienen un perfil nutricional muy interesante, en especial, para determinados grupos de población o en situaciones concretas como el embarazo, la menopausia, las personas mayores, etc.

Una de las definiciones más precisas de alimento funcional es la que desarrolló la Acción Concertada de la Comisión Europea sobre la ciencia de los alimentos funcionales en Europa: “Un alimento puede ser considerado funcional cuando está significativamente demostrado que afecta de manera benéfica a una o varias funciones del organismo, aparte de sus propios efectos nutricionales, de tal forma que mejora el estado de bienestar y salud, y disminuye el riesgo de enfermedad. Un alimento funcional debe desarrollar sus efectos desde cantidades consumidas en un régimen considerado normal”.

Actualmente, la Asociación Dietética Americana promueve la prevención de enfermedades, a través de la investigación e innovación en el campo de los alimentos funcionales, así como también en desarrollar normas de regulación de dichos alimentos. De manera general, todos los países concuerdan en criterios básicos acerca de cómo debe ser un alimentos funcional. Dentro de estos criterios se puede mencionar: que son “alimentos”, más no “suplementos”; deben ser seguros e inocuos; su etiquetado o promoción no puede ser falso o inducir engaño; las declaraciones deben referirse a acciones o efectos de un nutriente o de un componente alimentario reconocido y aceptado en forma general (Araya y Lutz, 2003).

4.3 -. Secado en alimentos

El proceso a utilizar en la elaboración de las hojuelas será la deshidratación, también conocido como secado. El secado o deshidratación es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para la conservación de los alimentos (Maupoey, 2010).

Según Galaviz (2012), la deshidratación consiste en la extracción del agua en un alimento sólido a través de la aplicación de aire caliente, este aire es impulsado a través del deshidratador por medio de ventiladores. Hernández (1999), expuso que el objetivo principal de la deshidratación consiste en eliminar el agua del alimento, lo que reduce la actividad de agua del mismo e inhibe el crecimiento microbiano y la actividad enzimática. También reduce el peso y volumen del alimento, facilitándose su transporte y almacenamiento.

Paralelamente con los anteriores beneficios se producen efectos secundarios que afectan la calidad del producto, los cuales deben ser minimizadas mediante el procesamiento bajo condiciones adecuadas (Orrego, 2003).

De igual manera, según fue reportado por Krokida y col. en el año 2003, con este procedimiento se ha logrado crear una gran variedad de productos deshidratados, tales como mezclas, sopas deshidratadas en polvo, frutas deshidratadas y “snacks”, entre otros.

4.3.1- Secado en bandejas

El secado con aire caliente es uno de los métodos más utilizados para la deshidratación de frutas y los equipos principalmente empleados son los

secadores tipo plataforma, de bandejas y de túnel (Del Álamo y Nevarez, 2006).

Los secadores o estufas de bandejas son equipos discontinuos (tipo “batch”), en los cuales el material a secar es cargado, calentado para su secado durante un cierto periodo de tiempo y descargado. Estos equipos pueden trabajar con un sistema de recirculación, mediante el cual una fracción determinada del aire interior es recirculada continuamente por la estufa, mientras que el resto es evacuado por medio de la aspiración de un ventilador, o bien pueden trabajar sin recirculación, evacuando todo el aire que circule por el equipo. El calentamiento puede ser directo, cuando la fuente de calor, es decir los gases de combustión, se mezcla con aire dentro de la estufa, o bien indirecto, cuando el calentamiento se logra mediante un intercambio de calor, generalmente calefaccionado con vapor de agua (Valderrama, 2000).

Los secadores o estufas de bandejas son muy usados, tanto a escala de laboratorio, como industrial, para el secado de productos cuya naturaleza hace que sean fácilmente manejados sobre bandejas. Esto incluye muchas sustancias pegajosas ó plásticas, masas granulares tales como materiales cristalinos, pastas y precipitados (Galaviz, 2012).

Este sistema ofrece la posibilidad de una disposición compacta con un costo de capital bajo y pérdidas de calor reducidas, otra ventaja del uso de bandejas separadas es la fácil limpieza de éstas (Nonhebel y Moss, 1979).

4.4 -. Almidón

Uno de los ingredientes a usar en la formulas de las hojuelas es el almidón. El almidón es el carbohidrato de reserva más abundante en los tejidos

vegetales. Se encuentra en grandes cantidades en los tubérculos y semillas de cereales y leguminosas, de donde puede obtenerse fácilmente en forma de gránulos, característicos por su forma y tamaño (Figura 2). Los gránulos de almidón son relativamente densos e insolubles en agua fría, hidratándose parcialmente en esta misma. Pueden ser dispersados en agua, dando lugar a la formación de suspensiones de baja viscosidad que pueden ser fácilmente mezcladas.

Los gránulos de almidón tienen diferentes tamaños y formas dependiendo de la fuente biológica de donde provengan. La forma puede ser circular, elíptica, ovalada, lenticular o poligonal (Jane y col, 1994). La forma y el tamaño de los diferentes gránulos del almidón pueden afectar el comportamiento físico-químico, reológico, textural y morfológico de nuevos productos. Esta es una interrogante se ha presentado en varias investigaciones (Lindeboom y col., 2004).

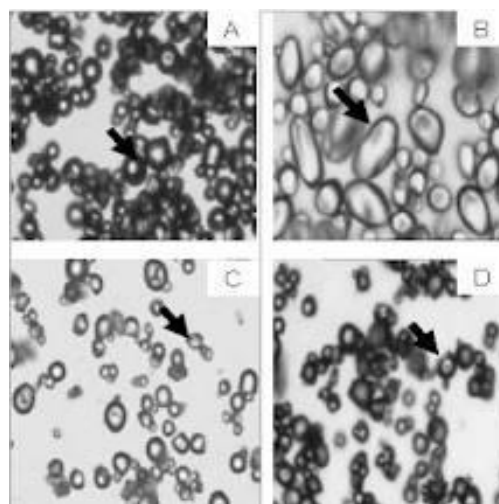


Figura 2. Imágenes obtenidas por microscopía óptica a 20x. Almidones: Nativos de yuca (A) y papa (B). Agrio de yuca (C y D), gránulo alterado por ataque enzimático. (Tomado de Acosta y col. 2006).

Desde el punto de vista químico, el almidón es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina: el primero es producto de la condensación de la molécula de D-glucopiranososa por medio de enlaces glucosídicos α -(1,4), con baja proporción de enlaces α -(1,6), repartida en cadenas que van de 1 a 20 unidades, de acuerdo al número de ramificaciones presentes en la molécula (Figura 3) (Hood, 1982).

Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de hélice consta de seis moléculas de glucosa. El interior de la hélice contiene sólo átomos de carbono e hidrógeno, y por lo tanto es hidrofóbico, mientras que los grupos hidroxilo están situados en el exterior de la hélice, lo que le da carácter hidrofílico. La mayoría de los almidones contienen alrededor de 25 % de amilosa (Belitz, 1997).

Este biopolímero se ha considerado como responsable del fenómeno de gelación en el momento de elevar la temperatura en alimentos hechos a base de almidón, así mismo, se ha demostrado que es más susceptible a formar complejos con moléculas anfífilas (moléculas que tienen una parte polar y una apolar, tales como, algunas clases de lípidos).

El segundo polisacárido componente del almidón, la amilopectina, se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular similar a la de un árbol (Figura 4); las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -(1,6), localizados cada 15 a 25 unidades lineales de glucosa (Badui, 2006).

La amilopectina es la responsable de la cristalinidad del gránulo de almidón, además, es considerada como la principal causante del fenómeno de retrogradación, el cual se asocia con el proceso del envejecimiento del pan y

otros productos elaborados a base de almidón. La amilopectina, por calentamiento en agua, proporciona soluciones claras y de alta viscosidad, que son, además, filamentosas y cohesivas (Torres, 2007).

El peso molecular de la amilosa varía de 10.000 a 100.000 Da. Su solubilidad en agua varía considerablemente según la forma de obtención, desde más soluble que la amilopectina, hasta considerablemente menos soluble. La amilopectina, por su parte, tiene pesos moleculares desde 50.000 hasta 6.000.000 Da. Sus suspensiones concentradas en agua son geles. Ambas formas de almidón son ópticamente activas con rotaciones específicas entre $+160^\circ$ y $+220^\circ$ (Smith y Cristol, 1972).

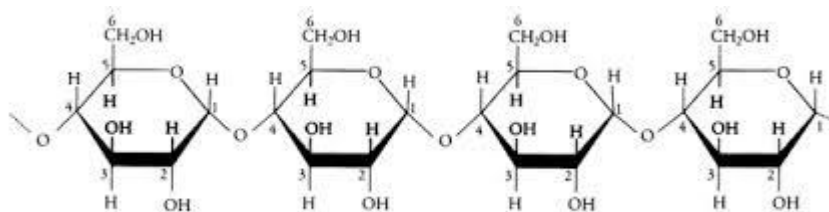


Figura 3. Estructura de la amilosa

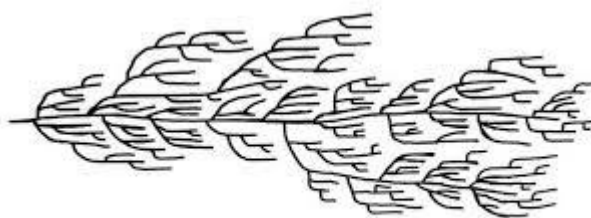


Figura 4. Estructura de la amilopectina

El gránulo de almidón está organizado en una estructura en forma de anillos, las moléculas de amilopectina son perpendiculares a los anillos y están dirigidas hacia la superficie exterior del gránulo. Debido a esta orientación, las

moléculas forman regiones cristalinas (amorfás). La última se forma en los puntos de ramificación del polímero (con alta presencia de enlaces α -(1,6)). La relación entre estas estructuras es el principal factor que determina las propiedades del almidón (Belitz, 1997).

Los distintos tipos de almidones se diferencian entre sí por el tamaño de los gránulos, su apariencia microscópica, sus características físicas y su constitución química, pues existen almidones que están constituidos por una mayor cantidad de amilosa y otros de amilopectina; los primeros tienen importancia en el campo de las fibras y plásticos, y los segundos en el campo alimenticio (Inatsu y col., 1983, citados por Barrera y col., 2004).

Según Barrera y col. (2004), el almidón influye definitivamente en las propiedades organolépticas de muchos alimentos y esto está supeditado a las interacciones de este polímero con los otros componentes que se encuentran presentes.

La facilidad del almidón para interactuar, no sólo está determinada por la fuente botánica de la que procede, sino también de la relación de este compuesto con respecto a cada sustancia que lo rodea. Las modificaciones que sufre un almidón en la temperatura y velocidad de gelatinización cuando está presente en un alimento, son reflejo de la influencia de los diferentes constituyentes de medio en que se encuentra (Barrera y col., 2004).

Después de un proceso de molienda o trituración adecuado, el almidón se extrae por arrastre con agua, aprovechando la diferencia en densidad presentada por los gránulos de almidón respecto a la fibra, lípidos y proteínas del tejido vegetal (Herrera y Bolaños, 2003).

Tras la aplicación de suficiente energía a los gránulos de almidón, se logra romper los puentes de hidrógeno intermoleculares, provocando con dicha acción la gelatinización del almidón o pérdida irreversible de la estructura original de la molécula y, posteriormente, se puede producir el rompimiento del gránulo y la total liberación de la amilosa y amilopectina (Harbers, 1975).

El almidón ha ganado importancia en el desarrollo de nuevos productos por el bajo costo y su alta disponibilidad a partir de diferentes fuentes como cereales, tubérculos y leguminosas (Demirgöz y col., 2000).

De acuerdo a Badui (2006), tanto la amilosa como la amilopectina influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización.

5-. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1- Materiales

Para el desarrollo de las hojuelas se utilizaron tomates de árbol (*Solanum betaceum* Cav.), y almidón de maíz, adquiridos en un mercado local de la ciudad de Caracas.

5.2- Métodos

5.2.1- Caracterización física de los frutos del tomate de árbol

En los frutos enteros de tomate de árbol se determinó el peso promedio ($n = 145$), las dimensiones promedio en cuanto a largo y diámetro máximo ($n = 10$), y las proporciones de la piel (epicarpio), mesocarpio y semillas de los frutos ($n = 10$).

5.2.2- Obtención de la pulpa del tomate de árbol

Para la obtención de la pulpa de tomate de árbol, se siguió el método utilizado por Cuevas (2012). Se lavaron las frutas manualmente con abundante agua para eliminar impurezas o contaminantes y se les eliminó el pedúnculo. Luego las frutas fueron remojadas en agua clorinada (0,1 % de hipoclorito de sodio, durante 3 minutos), para ser lavadas nuevamente con abundante agua para eliminar cualquier resto de cloro. Para remover la piel de los frutos, se sometieron a un baño de María por 5 minutos, seguido de un baño de agua fría hasta alcanzar la temperatura ambiente y, posteriormente, retirarles la piel manualmente. Después, fueron cortados de forma perpendicular separando el mesocarpio de las semillas con el arilo. Luego, las semillas con sus arilos se

tamizaron a través de un paño de muselina para separar la pulpa de las semillas. Finalmente, la pulpa fue almacenada en un congelador a -10 °C.

5.2.3- Caracterización de la pulpa de tomate de árbol

A la pulpa de tomate de árbol se le realizaron los siguientes análisis (por triplicado):

5.2.3.1- Humedad: se determinó por el método 920.151 de la AOAC (1990).

5.2.3.2- Sólidos solubles: se empleó un refractómetro Bausch & Lomb para reportar los resultados como °Brix a 20 °C.

5.2.3.3- pH: se utilizó un potenciómetro digital Modelo Hannus, según el método 945.27 de la AOAC (1990).

5.2.3.4- Acidez total titulable: se determinó por titulación hasta pH 8,1 por el método 942.15 de la AOAC (1990). Los resultados fueron expresados como gramos de ácido cítrico por cada 100 g de muestra.

5.2.3.5- Cenizas: se empleó el método 940.26 de la AOAC (1990).

5.2.3.6- Carotenoides totales: se empleó el método de Mínguez-Mosquera y col. (2008).

5.2.3.7- Compuestos fenólicos totales: se realizó según el método empleado por Price y Butler (1977).

5.2.3.8- Actividad de agua: se realizó mediante el empleo del equipo psicrométrico Aqualab Cx-2 (Decagon Devices, Pullman, USA).

5.2.3.9- Color: se realizó por medio del sistema Hunter de color con un fotocolorímetro marca MacBeth Color-eye 2245 (New York, USA), por el método del triestímulo (**L***, **a***, **b***), calibrado con un prisma blanco (**L*** = 94,61, **a*** = -1,17, **b*** = 2,17). Los parámetros medidos fueron **L***, **a*** y **b***, utilizándose un iluminante D65 y un observador 10°.

5.2.4.- Elaboración de hojuelas de tomate de árbol

Para la elaboración de las hojuelas se probaron tres condiciones diferentes para la pulpa de tomate de árbol. Se acondicionó la pulpa a 10, 20, y 30 °Brix de contenido de sólidos solubles y se probaron cinco proporciones de almidón en la mezcla inicial: 5, 10, 15, 20 y 30 %. Como paso previo a la elaboración de las hojuelas, la pulpa del tomate de árbol fue acondicionada al contenido de sólidos solubles deseado, luego se añadió el almidón en la proporción deseada, se mezcló bien y se calentó hasta ebullición, para luego inmediatamente colocar la mezcla en la bandeja, extendiéndola uniformemente con espesor en 6 mm, utilizando para ello un nivelador. Luego se colocaron las bandejas en el deshidratador de bandejas a temperatura de 45 °C durante 48 horas. El producto deshidratado fue cortado en trozos de 1 cm² y se almacenó a temperatura ambiente en bolsas plásticas con cierre.

Las hojuelas de tomate de árbol elaboradas, fueron pulverizadas con la ayuda de un molino marca Micro-Mill, y posteriormente, tamizadas con un tamiz de 20 mesh para los posteriores análisis. Las proporciones de los ingredientes usados en las distintas formulaciones probadas se muestran en la Tabla 3.

A partir de las quince formulaciones realizadas, sólo resultaron viables cuatro, las cuales fueron seleccionadas para los posteriores análisis (10 y 20 ° Brix, cada una con 5 y 10 % de almidón), ya que con más de 10 % de almidón la mezcla se tornaba en una masa imposible de manejar para su deshidratación en deshidratador de bandejas.

Tabla 3. Proporciones de los ingredientes usados en las distintas formulaciones probadas para la elaboración de hojuelas de tomate de árbol.

Formulación	Contenido de sólidos solubles (°Brix)	Almidón (%)
1	10	5
2		10
3		15
4		20
5		30
6	20	5
7		10
8		15
9		20
10		30
11	30	5
12		10
13		15
14		20
15		30

5.2.4.1.- Análisis físico y químico de las hojuelas de tomate de árbol seleccionadas

A las hojuelas de tomate de árbol seleccionadas les fueron realizados los siguientes análisis (por triplicado):

5.2.4.1.1.- Contenido de humedad: se realizó según el método 44-15^a de la AACC (1992).

5.2.4.1.2.- pH: se realizó utilizando un potenciómetro digital modelo Hannus, calibrado con las soluciones buffer de pH 4,0 y 7,0; según el método 02-52 de la AACC (1992).

5.2.4.1.3.- Contenido de acidez total titulable: se determinó por titulación hasta pH 8,1 por el método 02-31 de la AACC (1992). Los resultados fueron expresados en gramos de ácido cítrico por cada 100 gramos de muestra.

5.2.4.1.4- Cenizas: se empleó el método 940.26 de la AOAC (1990).

5.2.4.1.5- Compuestos fenólicos totales: se realizó según el método empleado por Price y Butler (1977).

5.2.4.1.6- Carotenoides totales: se hizo igual que Mínguez-Mosquera y col. (2008).

5.2.4.1.7.- Color: se realizó por medio del sistema Hunter de color en un fotocolorímetro marca MacBeth Color- Eye 2445, New york, U.S.A, Por el método del triestímulo (L^* , a^* , b^*), calibrado con un prisma blanco ($L^*= 94.61$, $a^*= -1.17$, $b^*= 2.17$). Los parámetros medidos fueron L^* , a^* , b^* , utilizándose un iluminante D65 y un observador 10° .

En la Figura 5 se muestra el procedimiento realizado para la elaboración de las hojuelas de tomate de árbol.

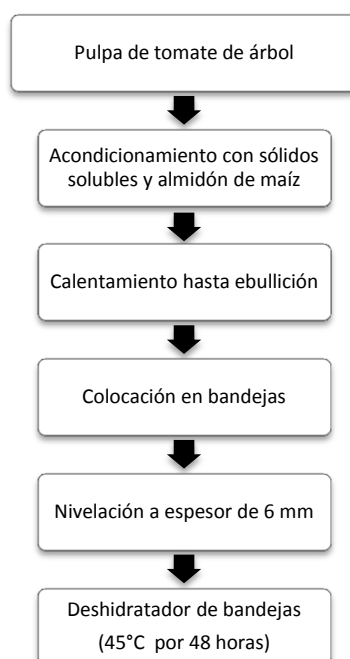


Figura 5. Esquema tecnológico para la elaboración de las hojuelas de tomate de árbol.

5.2.4.2.- Propiedades funcionales

5.2.4.2.1- Formación de gel: con las formulaciones seleccionadas se probaron diferentes cantidades de muestra para definir la cantidad necesaria para formar un gel. Para esto, se tomó un volumen de 50 mL de agua en ebullición, se le añadieron pequeñas cantidades de muestra con agitación constante hasta su disolución. De los resultados obtenidos se seleccionó la proporción de muestra:agua idónea, la cual se empleó para medir todos los parámetros funcionales.

5.2.4.2.2- Solubilidad: para la determinación de solubilidad se siguió la metodología empleada para cuantificar la proporción de almidón soluble según la combinación de los métodos de Schoch (1964) y Anderson (1982). Se pesaron 0,5 gramos de cada muestra, en tubos de centrifuga y se les adicionaron 10 mL de agua destilada a la temperatura ambiente de 23 °C (proporción muestra:agua 0,5:10). Luego se agitó la mezcla con ayuda de un vortex durante 20 segundos, para ser centrifugadas, posteriormente por 30 minutos a velocidad de 8.000 rpm, después de lo cual, se decantó el sobrenadante en cápsulas de porcelana a peso constante, previamente taradas, y luego se colocaron en un baño de agua hasta desaparecer la humedad visible y se pasaron a una estufa a 100 °C por 24 horas, para después pesarlas.

5.2.4.2.3- Viscosidad aparente: se determinó en un viscosímetro Brookfield, modelo LV200, con la aguja N° 4, a las velocidades de 6; 12; 30 y 60 rpm. La proporción de muestra:agua utilizada para medir la viscosidad fue de 0,5:10, a temperatura ambiente durante 2 horas.

5.2.4.2.4- Fuerza de gel: El gel se elaboró tal como se explicó anteriormente (sección 5.2.4.2.1). Para esto, se pesaron 5 gramos de muestra que se dispersaron en 50 mL de agua hirviendo. Luego se dejaron reposar a temperatura ambiente por 24 horas para medir en aquellas muestras que formaron geles lo suficientemente fuertes, la fuerza de ruptura (g) y la elasticidad (mm). Para las anteriores mediciones se empleó un texturómetro (“texture analyzer”) marca Stable Microns Systems (UK) modelo TA.XT2i, con una sonda cilíndrica de 0,5".

5.2.4.2.5- Consistencia de gel: para la determinación de la consistencia se elaboró un gel al igual que en la sección 5.2.4.2.1., midiendo la consistencia en un consistómetro Bostwick, reportando la distancia recorrida por el gel en 30 segundos.

5.2.4.3.- Análisis estadístico

A los resultados obtenidos del análisis físico, químico de las hojuelas, después de corroborar los supuestos, se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía, a un nivel de significancia de 5 %, utilizando el programa Statistical Graphics System Educational (Statistic) versión 5.5. Cuando sea necesario, se aplicó la prueba a “posteriori” LSD.

5.2.4.4.- Curva de Secado

Una vez seleccionadas las formulaciones, se procedió a elaborar una curva de secado con la finalidad de estimar el tiempo necesario para deshidratar la pulpa hasta 10° y 20° Brix, respectivamente. Para esto se pesaron 5 gramos de cada formulación (10°Brix - 5 % almidón; 10° Brix - 10 %

almidón; 20° Brix - 5 % almidón y 20° Brix - 10 % almidón), respectivamente, en cápsulas de aluminio a peso constante, luego se colocaron en el deshidratador de bandejas a 45 °C, por 12 horas aproximadamente, sacándose cada dos horas 3 cápsulas. Posteriormente, se colocaron en un desecador, hasta llegar a temperatura ambiente, para luego pesarlas. Lo descrito con la finalidad de registrar la pérdida de agua durante el proceso de deshidratación.

6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1.- Caracterización de los frutos enteros de tomate de árbol

La caracterización de los frutos enteros de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) se realizó con la intención de conocer los atributos físicos de la materia prima utilizada para la elaboración de las hojuelas.

El peso promedio, determinado en los frutos enteros de tomate de árbol fue de $101,18 \pm 21,72$ g (Tabla 4). Dicho valor es mayor que el reportado por Cuevas (2012), el cual indicó un peso de 85,75 g con una desviación estándar de $\pm 44,33$. Meza y Manzano (2009), por su parte, reportaron un peso de $100,17 \pm 19$ g, valor que se aproxima al encontrado en el presente trabajo.

Con respecto a las dimensiones del fruto, se obtuvieron los siguientes valores (Tabla 4): $65,5 \pm 3,24$ mm de largo y $51,3 \pm 2,58$ mm de diámetro máximo.

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas (1997), que estableció los requisitos que debe cumplir el tomate de árbol rojo (*Solanum betaceum* Cav.), destinado para el consumo fresco o como materia prima para el procesamiento colombiano, indicó que la fruta con un diámetro máximo entre 54 y 51 mm, y además debe presentar un peso promedio de 99 g. El valor correspondiente reportado en este estudio, fue de 51,3 mm, el cual cae en el rango sugerido por el instituto Colombiano de Normas Técnicas (1997), sin embargo, el peso promedio no, lo cual indica que existe una gran variabilidad en el peso promedio de los frutos enteros de tomate de árbol. Esto puede deberse a las condiciones de cultivo, tipo de suelo donde se realiza el mismo y condiciones climáticas, entre otros factores. Según Meza y Manzano (2009), las diferencias en los tamaños, dimensiones y proporciones de los frutos puede deberse al

efecto del cultivo, que pueden estar influenciados por el tipo de suelo, la fertilización y otros factores, como los ambientales y genéticos.

Tabla 4. Características físicas del fruto de tomate de árbol.

Parámetro		Valor
Peso del fruto (g)*		101,18 ± 21,72
Dimensiones (mm)**	Largo	65,5 ± 3,24
	Diámetro máximo	51,3 ± 2,58
Proporciones (%)**	Piel (%)	7,27 ± 1,40
	Pulpa (%)	86,70 ± 1,88
	Semilla (%)	6,03 ± 1,28
	N ° de Semillas	284 ± 82,13

Valores expresados como media ± desviación estándar.

* Número de réplicas = 145

** Número de réplicas = 10

En la Tabla 4 se pueden observar las proporciones en el fruto de piel (7,27 %), pulpa (86,70 %) y semilla (6,03 %). La proporción de pulpa está por encima de los valores reportados en la literatura: Gongora y Young (1953) (69 %); la Norma Técnica Colombiana en 1997 (75 %), Meza y Manzano en 2009 (57%) y Cuevas en 2012 (65,30 %). Sin embargo, esta variabilidad entre el porcentaje de pulpa del fruto de tomate de árbol puede deberse a lo explicado anteriormente en relación a las condiciones de cultivo, puesto que tampoco las proporciones referenciales son valores próximos a los obtenidos.

Las semillas estaban recubiertas por un arilo gelatinoso de color rojo oscuro, y con respecto a su número, estas se presentaron en gran cantidad, 284 aproximadamente. Este valor está próximo a los reportados por Meza y

Manzano (2009) de 250 semillas y el de 293 semillas, valor reportado por Cuevas (2012).

6.2.- Caracterización de la pulpa del tomate de árbol

En términos generales, las frutas son una fuente importante de carbohidratos, vitaminas y minerales, los cuales se encuentran de forma fácilmente asimilable (Rodríguez, 1985).

En la Tabla 5, se muestran los resultados obtenidos de los análisis químicos y físicos realizados a la pulpa de tomate de árbol, observándose de manera general que el principal constituyente es el agua. Cegarra (1968) reportó que los principales constituyentes de la parte comestible de las frutas son: agua, carbohidratos, ácidos, proteínas, minerales, pigmentos y vitaminas, entre otros.

6.2.1- Humedad

En términos generales, el agua es el principal constituyente de la mayoría de los alimentos. La relación del agua con los alimentos es de suma importancia, puesto que contribuye con la textura, la estructura e interactúa con los componentes químicos de los mismos (Labuza, 1972).

Como se puede observar en la Tabla 5, el valor del contenido de humedad para la pulpa de tomate de árbol analizada en esta investigación es de $88,95 \pm 0,05$ %; dicho valor se asemeja a los reportados en la literatura revisada. Taylor y Francis, en 2001, reportaron un intervalo de humedad comprendida entre 87 y 92 %, y Cuevas (2012) obtuvo un valor de $87,60 \pm 0,19$ %, para la pulpa de tomate de árbol, respectivamente.

Tabla 5. Parámetros químicos y físicos determinados en la pulpa de tomate de árbol.

Parámetro		Valor
Humedad (%)		88,95 ± 0,05
Sólidos solubles (°Brix)		9,36 ± 0,63
Carotenoides totales (mg %)		39,90 ± 0,01
pH		3,70 ± 0,00
Acidez total titulable (%)**		1,60 ± 0,02
Cenizas (%)		1,08 ± 0,16
Compuestos fenólicos totales (mg%)		2,97 ± 0,30
Aw		0,98 ± 0,001
Color	L*	15,96 ± 0,04
	a*	31,14 ± 0,03
	b*	16,32 ± 0,14

Valores expresados como media ± desviación estándar.

Número de replicas= 3.

**expresada como ácido cítrico.

6.2.2- Sólidos solubles

El análisis de sólidos solubles es un parámetro importante en el presente trabajo de investigación, ya que se planteó en los objetivos probar mezclas acondicionadas a diferentes concentraciones de sólidos solubles, por lo que es imprescindible conocer su contenido inicial.

El resultado obtenido para el contenido de sólidos solubles en la pulpa de tomate de árbol fue de 9,36 ± 0,63 °Brix, valor que se encuentra por debajo del reportado en la literatura. Moreno (2005) reportó como valor de contenido

de sólidos solubles 11,0° Brix; Carrasco y Encina (2008) indicaron un contenido de 11,57° Brix y Cuevas (2012) un valor de 11,33° Brix.

Como puede observarse, el valor de $9,36 \pm 0,63$ °Brix es algo inferior a los tres anteriores, lo cual implica cierta diversidad en el contenido de sólidos solubles y, por ende, de azúcares en la pulpa de tomate de árbol.

6.2.3- pH

El pH es un análisis de suma importancia como una medida de acidez activa que suele influir en el sabor y la palatabilidad de los productos alimenticios, además de afectar los requerimientos del procesamiento (Rodríguez, 1985).

Como se muestra en la Tabla 5, el valor de pH para la pulpa de tomate de árbol analizada, fue de $3,700 \pm 0,005$. Carrasco y Encina (2008) reportaron un valor de 3,77 para la pulpa, mientras que Cuevas (2012) reportó un valor de pH de 3,67. Como puede observarse, el valor de pH obtenido para la pulpa de tomate de árbol se encuentra entre los señalados en la literatura y de igual manera, es un valor deseable en la pulpa destinada a la elaboración de láminas de frutas, ya que disminuye o evita el uso de ácidos en las formulaciones (Cuevas, 2012).

6.2.4.- Acidez total titulable

En la Tabla 5 se presenta el valor de contenido de acidez total titulable, obtenido en la pulpa de tomate de árbol el cual fue $1,60 \pm 0,02$ %. Este valor se aproxima al reportado por Cuevas (2012), el cual fue de 1,64 %.

El porcentaje de acidez total en los alimentos suele ser considerado un índice del valor de los ácidos orgánicos que pueden estar presentes en los mismos. Dichos ácidos influyen notoriamente en el color, el sabor y la estabilidad de los productos alimenticios (Calvo, 2009). En la industria de alimentos, los frutos de alta acidez son de gran importancia, ya que se logra reducir la adición de acidificantes y proporcionan una mejor nutrición, seguridad alimentaria y calidad organoléptica (Muller, 1977).

6.2.5- Cenizas

El contenido de cenizas encontrado para la pulpa de tomate de árbol fue de 1,08 %, tal como puede observarse en la Tabla 5. Dicho valor difiere de los encontrados en la literatura. Cuevas (2012) reportó un valor de 2,64 %; por su parte, Tabares y Velásquez, en 2003, un valor de 0,82 %. Lo anterior es interesante puesto que se presenta gran variabilidad en el contenido de cenizas en la pulpa de tomate de árbol, por lo cual sería interesante conocer su composición, debido a que podría ser una buena fuente de minerales.

6.2.6.- Compuestos fenólicos totales

El valor encontrado de compuestos fenólicos totales en la pulpa de tomate de árbol, fue de $2,97 \pm 0,30$ mg %, pudiéndose considerar una buena fuente de estos compuestos.

Los compuestos fenólicos son sustancias de naturaleza química que forman parte de un grupo amplio de metabolitos secundarios presentes en las plantas, con variación en su estructura química, englobando más de 8000 compuestos (Martínez y col., 2000, citado por Carmona, 2011).

6.2.7.- Carotenoides totales

El resultado obtenido para carotenoides totales en la pulpa analizada de tomate de árbol corresponde a 39,90 mg %, dicho valor se aproxima al valor de 60,00 mg % reportado por Moreno y col., en 2003.

Debido a la presencia en su molécula de un cromóforo consistente total o principalmente en una cadena de dobles enlaces conjugados, estas moléculas proporcionan a frutos y verduras colores amarillos, anaranjados y rojizos (Martinez y col., 2000). Lo anterior es interesante, ya que además de tener que ver con el color, conocer el contenido (mg %) de carotenoides que posee la pulpa de tomate de árbol servirá para inferir cómo afecta el procesamiento la estabilidad de estos compuestos, las cuales también son de importancia como sustancias antioxidantes protectoras del organismo.

6.2.8.- Actividad de agua

El valor de actividad de agua, encontrado en la pulpa analizada de tomate de árbol, fue de $0,980 \pm 0,001$ %, este valor sugiere un alto contenido de humedad total libre, la cual estaría disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo diversas reacciones químicas y bioquímicas que afectan a su estabilidad.

La actividad de agua está relacionada con la textura de los alimentos. Los alimentos con una actividad de agua elevada tienen una textura más jugosa, tierna y masticable. Cuando la actividad de estos productos disminuye, aparecen atributos de textura indeseables como dureza, sequedad y endurecimiento. En cambio, los alimentos con una actividad de agua baja son

crujientes y quebradizos; sí su actividad de agua aumenta, la textura cambia, produciéndose el reblandecimiento del producto. La actividad de agua también afecta a otras propiedades como la agrupación y aglutinación de productos en polvo y granulados (Díaz, 2009).

6.2.9.- Color

La determinación del color se realizó sobre la base de la medición de los parámetros L^* , a^* y b^* . Según DeMan (1999), la luminosidad (L^*) es una medida aproximada de la respuesta del ojo al blanco y el negro. Es decir, un blanco perfecto tendría un valor L^* de 100, mientras que un negro absoluto correspondería a 0. El parámetro a^* (matiz) es la medida en que se refleja la intensidad del color dominante, un valor positivo indica un color rojizo, mientras que un valor negativo indica color verde. Por su parte, b^* al ser positivo corresponde al color amarillo, mientras que si es negativo sería azul.

Como puede observarse en la Tabla 5, los valores obtenidos para el color de la pulpa de tomate de árbol fueron $L^* = 15,96 \pm 0,04$; $a^* = 31,14 \pm 0,03$ y $b^* = 16,32 \pm 0,14$, lo que indica que posee baja luminosidad y valores que muestran tendencia hacia el rojo y amarillo, estos valores son bastante similares a los obtenidos por Cuevas (2012), que reportó valores de L^* de 19,68; a^* de +32,46 y b^* de +17,50.

6.3.- Desarrollo de las formulaciones para la elaboración de hojuelas de tomate de árbol

Como se indicó en Materiales y Métodos, el desarrollo de un alimento en forma de hojuelas a base de tomate de árbol, se fundamentó en probar en la

pulpa de tomate de árbol, diferentes formulaciones basadas en sólidos solubles y almidón. Para esto se variaron los contenidos de sólidos solubles de 10; 20; y 30 °Brix de la mezcla y las proporciones de almidón de maíz de 5; 10; 15; 20 y 30 %.

De las 15 formulaciones probadas, sólo resultaron útiles 4, las cuales corresponde a 10 y 20 °Brix, cada una con proporciones de almidón de 5 y 10 % respectivamente (Tabla 6), ya que con más de 10 % de almidón la mezcla se tornaba en una masa imposible de manejar para su deshidratación en deshidratador de bandejas.

6.4.-Curvas de secado

Con la finalidad de conocer el tiempo necesario para lograr alcanzar el menor contenido de agua para las hojuelas de tomate de árbol, elaboradas con las formulaciones seleccionadas, se procedió a realizar la curva de secado a la temperatura de 45 °C en el deshidratador de bandejas.

En la Figura 6, se pueden observar las curvas a partir del tiempo 0 hasta transcurridas 12 horas de secado. Como puede observarse para las 4 formulaciones, después de 8 horas se alcanza prácticamente la estabilidad en la pérdida de peso, por lo que resulta innecesario continuar el secado. Debido a lo anterior, se tomó como tiempo de secado a 45 °C para obtener las hojuelas el tiempo de 8 horas.

Por otra parte, se observa en la gráfica que las formulaciones de acondicionamiento a 20° Brix tienden a perder agua más lentamente y la humedad final alcanzada es mayor que en aquellas acondicionadas a 10° Brix. Lo anterior obviamente se debe al efecto de retención de agua debido al

azúcar, ya que el azúcar añadido interactúa con el agua dificultando su evaporación. Debido a lo anterior, en las formulaciones acondicionadas a 10° Brix se alcanzó un contenido de humedad final alrededor de 80,00 %, en tanto que las acondicionadas a 20 °Brix el contenido final de humedad fue de aproximadamente 70,00 %.

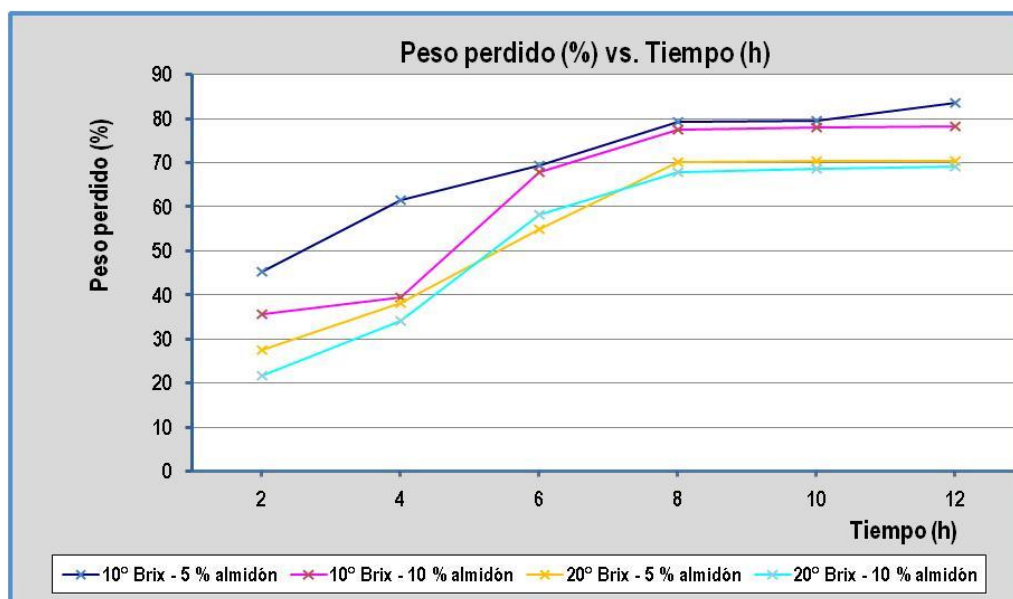


Figura 6. Curvas de pérdida de peso en las pulpas acondicionadas de tomate de árbol durante el secado.

6.5.- Caracterización química y física de las hojuelas de tomate de árbol elaboradas con las formulaciones seleccionadas

6.5.1.- Contenido de Humedad

En la Tabla 6 pueden observarse los valores de contenido de humedad de las hojuelas elaboradas con tomate de árbol utilizando las 4 formulaciones seleccionadas, dichos valores variaron entre 6,12 % y 8,56 %. Estos son lo suficientemente bajos como asegurar su estabilidad en cuanto al crecimiento de microorganismos y detener las reacciones bioquímicas.

Entre dichos valores se encontraron diferencias estadísticamente significativas, debido a las variaciones en las proporciones de sacarosa (molécula hidrofílica) y almidón. En comparación con el contenido de humedad de la pulpa analizada (88,95 %), el de las hojuelas de tomate de árbol es más bajo, producto obviamente del proceso de deshidratación.

Tabla 6. Análisis químicos, físicos realizados a las hojuelas de tomate de árbol, elaboradas con cuatro formulaciones seleccionadas

Formulación		1	2	3	4
Humedad (%)		7,89 ± 1,16 ^a	6,12 ± 0,76 ^b	8,56 ± 0,26 ^a	8,56 ± 0,29 ^a
Sólidos solubles		27,98 ± 0,07 ^a	29,80 ± 0,02 ^a	49,55 ± 0,01 ^b	52,72 ± 0,06 ^b
Aw		0,59 ± 0,01 ^a	0,51 ± 0,00 ^b	0,55 ± 0,01 ^c	0,54 ± 0,00 ^c
Acidez Total Titulable** (%)		0,31 ± 0,01 ^a	0,29 ± 0,03 ^a	0,24 ± 0,00 ^b	0,23 ± 0,04 ^b
Cenizas (%)		3,95 ± 0,05 ^a	3,20 ± 0,05 ^b	2,19 ± 0,54 ^c	2,06 ± 0,10 ^c
Compuestos Fenólicos Totales (mg%)		12,54 ± 3,09 ^a	5,32 ± 1,52 ^b	7,32 ± 1,39 ^b	8,47 ± 2,91 ^{ab}
Carotenoides Totales (mg%)		0,79 ± 0,07 ^a	3,46 ± 0,95 ^b	2,25 ± 0,76 ^b	2,59 ± 0,55 ^b
Actividad de Agua		0,59 ± 0,01 ^a	0,51 ± 0,00 ^b	0,55 ± 0,01 ^c	0,54 ± 0,00 ^c
Color	L*	25,20 ± 0,38 ^a	25,37 ± 0,09 ^a	25,99 ± 0,05 ^b	30,37 ± 0,07 ^c
	a*	5,93 ± 0,53 ^a	22,72 ± 0,06 ^c	13,72 ± 0,04 ^b	14,13 ± 0,02 ^b
	b*	2,75 ± 0,23 ^a	4,38 ± 0,06 ^b	6,76 ± 0,04 ^c	7,27 ± 0,01 ^d

Formulación: 1= pulpa 10°Brix + 5% de almidón; 2= pulpa 10°Brix + 10% de almidón; 3= pulpa 20°Brix + 5% de almidón; 4= pulpa 20°Brix + 10% de almidón.

Valores expresados como media ± desviación estándar.

Número de replicas= 3.

Letras diferentes en la misma fila indican que existen diferencias estadísticamente significativas (p > 0,05).

**expresada como ácido cítrico.

6.5.2.- Sólidos solubles

El contenido de sólidos solubles para las cuatro formulaciones de las hojuelas de tomate de árbol se reportan en la Tabla 6. Como puede observarse

las dos formulaciones de 10° Brix presentaron un menor contenido de sólidos solubles, 27,98 y 29,80° Brix, para 5 y 10 % almidón, respectivamente, no encontrando diferencias significativas entre ellas, mientras que para las dos formulaciones de 20 °Brix se obtuvo 49,55 y 52,72° Brix, para 5 y 10 % almidón respectivamente, sin diferencias significativas entre ellas.

Se sabe que la medición de sólidos solubles es un buen estimador del contenido de azúcar. Por lo tanto, las formulaciones que contenían mayor cantidad de azúcar son las que presentaron mayor contenido de sólidos solubles.

6.5.3.- pH

Como puede observarse en la Tabla 6, en los resultados obtenidos de pH para las hojuelas de tomate de árbol elaboradas, se encontraron valores que van desde 3,80 a 3,90, con diferencias estadísticamente significativas. Las hojuelas con 10° Brix presentaron un mayor pH, siendo el caso contrario para las que tienen 20° Brix.

Al evaporar el agua de las mezclas se concentran los solutos presentes en las mismas, aumentando la concentración de ácidos por lo el pH disminuye (Carmona, 2011).

6.5.4.- Acidez total titulable

De las cuatro formulaciones, las que presentaron la mayor acidez total titulable fueron las de 10° Brix con 5 y 10 % almidón (0,31; 0,29%), siendo estos valores ligeramente más altos que el de las formulaciones que contenían 20° Brix con 5 y 10 % almidón (0,24; 0,23%), respectivamente. Entre las

formulaciones de 10 y 20 °Brix, se encontraron diferencias significativas, pudiéndose atribuir esto al contenido de sacarosa en las formulaciones.

Es importante mencionar que las hojuelas elaboradas presentaron mayor contenido de acidez titulable que la pulpa de tomate de árbol (1,60 %). Esto se debe a que al someter la pulpa a proceso de deshidratación, la concentración de ácidos aumenta.

6.5.5.- Cenizas

El contenido de cenizas encontrado en las hojuelas elaboradas estuvo de 2,06 a 3,95 %, encontrándose diferencias significativas entre todos los valores, los mismos están por encima del valor encontrado en la pulpa de tomate de árbol analizada (1,08 %). Esto puede deberse a que al evaporar el agua contenida en el alimento, la fracción correspondiente a compuestos inorgánicos es mayor, al igual que sucede con los sólidos solubles.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que a las temperaturas en las que se lleva a cabo el proceso se produce la pérdida de ciertos minerales como el Ca y el P, y la volatilización de otros como el Na, K y Cl (Caravasa, 2003). Esto es relevante, ya que sería interesante conocer su composición exacta para saber cuáles son los minerales presentes y ver si realmente es una buena fuente de estos micronutrientes.

6.5.6.- Compuestos fenólicos totales

Los valores encontrados de compuestos fenólicos totales están entre 5,32 y 12,54 mg %, encontrándose diferencias significativas entre ellos, resultados que a su vez están por encima del valor encontrado en la pulpa de tomate de árbol (2,97 mg %). Lo que sugiere que, a pesar del proceso de deshidratación al cual fue sometido el alimento, las hojuelas elaboradas con tomate de árbol siguen siendo una buena fuente de estos compuestos.

Los polifenoles son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas durante su desarrollo normal y se incrementa su contenido en respuesta a las condiciones de estrés, tales como las infecciones, radiaciones UV y otros. Estos componentes están muy diversificados y, a su vez, derivan de la fenilalanina y tirosina. Las plantas pueden contener fenoles simples, ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides, estilbenos, taninos hidrosolubles y condensados, lignanos y ligninas (Muñoz y col. 2009). Según Boticario (2005), los polifenoles, como antioxidantes, ejercen su acción principal durante la fase de iniciación de un tumor, evitando el daño celular derivado del estrés oxidativo, lesión del DNA y favoreciendo la reparación del DNA dañado, la membrana celular y la función inmunitaria.

6.5.7.- Carotenoides totales

Los resultados obtenidos para el contenido de carotenoides totales, estuvieron entre 0,79 a 3,46 mg %, observándose diferencias estadísticamente significativas entre estos; además, son valores que están por debajo al encontrado en la pulpa (39,90 mg %). Esta disminución pudo ser causada por la deshidratación a la que fue sometida la pulpa.

Los carotenoides (pigmentos naturales), además de aportar color al producto, revisten interés nutricional debido a que algunos de ellos poseen actividad como provitamina A, son excelentes antioxidantes, inhiben el desarrollo de cáncer y actúan como agentes anti-VIH (Kumar y Sinha, 2004). Estas propiedades beneficiosas se deben a la estructura poliénica de los carotenoides, la cual, al mismo tiempo, es responsable de su inestabilidad química ante el calor y otros agentes, siendo la oxidación la principal causa de las pérdidas de este componente durante el procesamiento térmico de los alimentos (Rodríguez-Amaya, 1999; Durán y Moreno-Álvarez, 2000; Hernández y Moreno-Álvarez, 2000).

6.5.8.- Actividad de agua

Respecto a la actividad de agua hubo disminución significativa de la misma, ya que al someter la pulpa, con un valor de 0,98, a desecación en el deshidratador de bandejas, se evapora el agua disponible.

El secado de alimentos es una operación unitaria destinada a la eliminación de humedad mediante aplicación de calor en condiciones controladas e implica la transferencia simultánea de calor, masa y cantidad de movimiento, donde el calor penetra en el alimento para evaporar el agua que es retirada por una fase gaseosa insaturada circulante o aire de secado (Camacho y col., 2007).

De esta manera, la reducción del contenido de humedad en las hojuelas elaboradas aumenta la vida útil del producto, ya que ocasiona un descenso de la actividad de agua, lo que inhibe el crecimiento microbiano y disminuye la velocidad de reacciones deteriorativas.

6.5.9.- Color

En la Tabla 6 se reportan los parámetros de color (L^* , a^* y b^*) determinados en las cuatros formulaciones de las hojuelas de tomate de árbol elaboradas. La luminosidad L^* resultó diferente para las formulaciones correspondientes a 10 y 20° Brix, encontrándose esta entre valores de 25,20 y 30,37° Brix, siendo el valor más alto de luminosidad en la hojuela correspondiente a la formulación de 20° Brix con 10 % almidón y la menos luminosa la correspondiente a la formulación de 10° Brix con 5% almidón. Estos valores de luminosidad pueden deberse a la cantidad de almidón agregada. Al comparar estos valores con los de las pulpa, se puede observar que las hojuelas son más claras (mayor L^*) que la pulpa de tomate de árbol, lo cual indica que la adición de sacarosa y almidón aumentan la luminosidad del producto.

En relación a la intensidad del color (a^*) de los hojuelas, se puede observar que se encuentran entre valores de +5,93 y +22,72, siendo mayor para las hojuelas con la formulación 10° Brix con 10 % de almidón, existiendo diferencias significativas entre las mismas. Dichos valores indican que a medida que el contenido de almidón aumenta, la hojuela es más roja, esto quizá por un proceso protector del almidón sobre los carotenoides y/o la producción de compuestos vía reacciones de Maillard.

Por último, en cuanto al parámetro b^* (intensidad) los valores obtenidos oscilan entre +2,75 y +7,27, con diferencias significativas entre todas las hojuelas. Los valores, por ser positivos, implica la prevalencia del color amarillo, y la tendencia, es igual que en el parámetro anterior, al aumentar la cantidad de sacarosa y almidón, incrementa la tendencia al color amarillo.

Finalmente, al comparar los valores obtenidos de las hojuelas con los de la pulpa se puede inferir que el proceso de deshidratación debe afectar los pigmentos que contribuyen con el color rojo y amarillo, ya que los respectivos valores son menores que los encontrados en la pulpa, esto quizá a que la deshidratación pueden ocasionar la oxidación de los carotenoides.

6.6 -. Determinación de propiedades funcionales

6.6.1- Solubilidad

En la Tabla 7 pueden observarse los resultados de solubilidad para las hojuelas elaboradas, además se aprecia que existen diferencias estadísticamente significativas entre todas. Comparando entre sí estos resultados, los valores para las hojuelas acondicionadas con 10 % de almidón de 10 y 20° Brix respectivamente, presentaron una mayor solubilidad que las acondicionadas con 5 % almidón. A pesar de tener un contenido de almidón considerable, éstas presentan una mejor solubilidad, debido probablemente al proceso de gelatinización que se produce durante la fase de calentamiento hasta ebullición, durante el acondicionamiento de la pulpa, antes de someterla al proceso de secado en bandejas.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Carmona 2011, los cuales se realizaron en base a hojuelas de parchita. La solubilidad resultó mayor en aquellas que contenían menor proporción de almidón, quizá porque este hidrocoloide puede tender a formar redes que retengan a los solutos en su interior.

Según Picado y Álvarez (2008), la solubilidad, es la capacidad de una sustancia de disolverse en otra. El grado en que una sustancia logra disolverse

en otra depende de la naturaleza, tanto del soluto, como del disolvente, además de otras causas, tales como, la temperatura. En términos generales, cuanto mayores sean las atracciones existentes entre el soluto y el solvente, mayor será la solubilidad (Brown y col., 2004).

En la mayoría de los casos, sobre todo cuando se trata de solutos sólidos, la solubilidad aumenta si también lo hace la temperatura (Picado y Álvarez, 2008)

Este análisis es de gran importancia al momento de darle una aplicación funcional a las hojuelas de tomate de árbol elaboradas. La solubilidad a temperatura ambiente puede ser un parámetro útil en el caso de productos de tipo instantáneos, tales como bebidas. Pensando en lo anterior, las hojuelas con un contenido de 10 % de almidón, serían una buena opción por presentar el mayor porcentaje de solubilidad en las muestras analizadas. A su vez, en este tipo de productos el color jugaría un papel fundamental, puesto se buscaría conservar las propiedades de la pulpa del tomate de árbol; en este caso las hojuelas formuladas con 10° Brix y 10 % de almidón presentaron la coloración más parecida a la pulpa, siendo entonces las más adecuadas cuando sea requerida solubilidad a temperatura ambiente.

6.6.2- Viscosidad aparente

Como puede observarse en la Tabla 7 los valores de viscosidad encontrados en las muestras que contienen 5 % almidón para una velocidad de 30 rpm, son de 80 y 270 cP, respectivamente para 10 y 20° Brix, estos valores difieren estadísticamente entre sí y están por debajo de las hojuelas acondicionadas con 10 % de almidón. Los valores encontrados para estas

muestras son 650 y 450 cP, para 10 y 20 °Brix respectivamente, esto debido a la formación de una estructura más viscosa en las hojuelas que contenían más almidón, lo que hace que la resistencia del líquido a fluir sea mayor para las hojuelas acondicionadas con 10 % de almidón.

Tabla 7. Propiedades funcionales evaluadas en las hojuelas de tomate de árbol con las formulaciones seleccionadas

Formulación		1	2	3	4
Solubilidad (%)		20,82 ± 0,23 ^b	55,79 ± 0,04 ^c	20,51 ± 0,18 ^b	41,06 ± 0,34 ^a
Viscosidad Aparente (cP) *	30 r.p.m.	80 ± 4,3 ^b	650 ± 15,31 ^c	270 ± 0,26 ^a	450 ± 26,5 ^c
Fuerza de gel		ND	ND	ND	ND
Consistencia del gel		ND	ND	ND	ND

Formulación: 1= pulpa 10°Brix + 5% de almidón; 2= pulpa 10°Brix + 10% de almidón; 3= pulpa 20°Brix + 5% de almidón; 4= pulpa 20°Brix + 10% de almidón.

Número de replicas= 3.

ND=no determinado

* = medida con la aguja número 4.

6.6.3 – Formación de gel

De las 4 formulaciones (10° Brix 5 y 10 % almidón; 20° Brix 5 y 10 % almidón), ninguna formó gel, por ésta razón no se determinó este parámetro. Sin embargo, las soluciones más viscosas fueron las correspondientes a la relación 1:10 tanto para 10° Brix como para 20° Brix.

Para las formulaciones con 5 % de almidón, correspondientes a 10 y 20° Brix, la de 20° Brix, (mayor contenido de sólidos solubles) presentó una suspensión más viscosa. Para las formulaciones con 10 % de almidón, correspondientes a 10 y 20° Brix, se observa apenas a observar un sobrenadante viscoso.

Como era de esperarse, en las hojuelas acondicionadas con una menor cantidad de almidón (5 %) y menor cantidad de sólidos solubles el sobrenadante es más rojo, pero menos viscoso. Por su parte, las hojuelas acondicionadas con una mayor cantidad de almidón (10 %) y mayor proporción de sólidos solubles, el sobrenadante fue más claro y mucho más viscoso.

6.6.4- Consistencia del gel

Este parámetro no se determinó porque no hubo formación de gel.

7.- Conclusiones

Los frutos de tomate de árbol ofrecen una alta proporción de pulpa, lo que los hace una materia prima óptima para la elaboración de alimentos, dicha pulpa posee un alto contenido de humedad y un pH bajo. Según los parámetros de color medidos, la pulpa es de luminosidad baja y hay predominio de los colores rojo y amarillo.

Para el desarrollo de las hojuelas de tomate de árbol se seleccionaron 4 formulaciones, las cuales corresponde a 10 y 20 °Brix, cada una con proporciones de almidón de 5 y 10 % respectivamente.

Las hojuelas elaboradas presentaron bajo contenido de humedad, pH y actividad de agua, lo cual es una característica importante ya que favorece su conservación a temperatura ambiente.

El color de las hojuelas de tomate de árbol elaboradas, en comparación con el de la pulpa indica que el procesamiento y la incorporación de sacarosa y almidón afectan el color de la misma. A su vez, las proporciones de azúcar y almidón también afectaron las propiedades funcionales de las hojuelas obtenidas.

Las hojuelas formuladas hasta alcanzar 10° Brix y con 10 % de almidón presentaron la coloración más parecida a la pulpa fresca, y además una mayor solubilidad, siendo las más adecuadas cuando se requiera de mayor solubilidad a temperatura ambiente.

La solubilidad a temperatura ambiente puede ser un parámetro útil para el caso de productos de elaboración instantánea tales como bebidas, debido a esto, las hojuelas con un contenido de 10 % de almidón, serían una buena opción por presentar la mayor solubilidad y viscosidad.

8.-RECOMENDACIONES

- Probar obtener hojuelas utilizando deshidratador de tambor.
- Realizar los análisis funcionales con una mayor proporción de hojuelas en la relación hojuelas:agua.
- Realizar análisis, para conocer la composición del % de cenizas presente en las hojuelas elaboradas con las formulaciones seleccionadas.
- Probar obtener una bebida reconstituida elaborada a partir de las hojuelas obtenidas en base a los análisis funcionales.
- Hacer evaluación de consumidores con las bebidas reconstituidas elaboradas a partir de las hojuelas desarrolladas.

9.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. 1992. Cereal Laboratory Methods. Editado por The American Association of Cereal Chemists. 8va. Ed., St Paul, Minnesota, USA, Vols. I y II..
- Acosta, H.; Villada, H.; Torres, G.; y Ramírez, J. 2006. Surface morphology of Sour Cassova and native Pottato thermoplastic Starches by Optical and atomic Force Microscopy. *Inf. Tec.* **17** (3):1-4.
- Alvarez, R.; Manzano, J.; Materano, W. y Valera, A. 2009. Caracterización química y sensorial del vino artesanal de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* (Cav.) Sendth). *Rev. UDO Agr.* **9** (2): 436-441.
- Aponte, A.; Debrot, E. Arnal, E.; Solórzano, R. y Ramos, F. 2005. Diagnóstico de las enfermedades del tomate de árbol en los estados Aragua y Miranda, Venezuela. CENIAP HOY (Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias). Número 9. http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n9/arti/aponte_a/arti/aponte_a.htm
- Araya H., Lutz M. 2003. Alimentos funcionales y saludables. *Rev Chil Nut.* (30) 1.
- Alvidez A.,González B., Jiménez Z. 2002. Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *Rev. Sal. Pub. y Nut.* (3) 3.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of Analysis, Decimoquinta edición. Arlington Virginia, Vol II.
- Badui, S. 2006. Química de Alimentos. Editorial Pearson Educación. Cuarta edición, México.

- Barrera V., Tapia C., Monteros A., 2004. Tubérculos andinos alternativos para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Tercera Edición. Ecuador.
- Belitz, H., Grosch, W. 1997. Química de los alimentos. Editorial Acribia, Segunda edición. Zaragoza, España.
- Bohs, L. 1989. Ethnobotany of the genus *Cyphomandra* (Solanaceae). *Econ. Bot.* **43** (2): 143 - 163.
- Brucher, H. 1989. Useful Plants of Neotropical Origin. Springe Verlag, Berlin – Heidelberg – New York.
- Boticario, B. 2005. Una alimentación sana puede prevenir el cáncer. *An. acad. far.* **7**:18.
- Brennan, J. 1980. Las operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia. Segunda edición, Zaragoza. España.
- Bukasov, S. 1963. Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. *Pub. Mis.* **20**:23-30.
- Calvo, B y col., 2011. Nutrición salud y alimentos funcionales. Editorial Aranzdi S.A.A. Tercera edición. España
- Calvo, M. 2009. Bioquímica de los Alimentos. Disponible en: <http://www.milksci.unizar.es/bioquimica/uso.html>. [consulta 01 de Septiembre de 2013]
- Camacho, B. 2007. Efecto del secado solar en los contenidos de humedad, carbohidratos, carotenoides totales e índices de peróxido del mesocarpio de la palma de Coroba (*Attalea spp.*). *Inter* (**32**). (4). 7.
- Caravasa, F., Castel, J., Guzmán, J., Delgado, M., Mena, Y., Alcalde, M., Gonzales, P. 2003. Bases para la producción animal. Editorial Los autores, Tercera edición. Sevilla, España.

- Cárdenas, M. 1969. Manual de plantas económicas de Bolivia. Editorial Icthus. Tercera edición, Cochabamba, Bolivia.
- Carmona, Z. 2011. Desarrollo de Hojuelas de Parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) elaboradas con deshidratador de doble tambor. Tesis de Licenciatura Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Carrasco R, Encina C,. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante de compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Rev Soc Quim Perú. 74, N° 2 (108-124).
- Cegarra, J. 1968. Estudio comparativo de algunos índices químicos y físicos en variedades de mangos (*Mangífera indica* L.) injertados importantes desde el punto de vista de su aprovechamiento industrial. Rev. Fac Agron. 4 (4). 5-23.
- Cuevas, M. 2012. Desarrollo de láminas flexibles enriquecidas con calcio de parchita. (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degenerer) con tomate de árbol (*Chymondra betacea* Sendth) y parchita con fresa (*Fragaria* sp). Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- DeMan, J, 1999. Principles of Food Chemistry. Tercera edición. Editorial Springer. USA.
- Desrosier, N. 2006. Conservación de alimentos. Editorial Continental. Vigésima Sexta Reimpresión. México.
- Díaz, C. y Munera, G. 2002. Contribución al conocimiento de los sistemas productivos de tomate de árbol, lulo, granadilla y mora. Seminario I. Colombia.

- Driscoll, R. 2004. Food dehydration. En Food Processing. Principles and Applications. Cap. 2. 41-44. J. Scott Smith y Y. H. Hui (Ed). Blackwell Publishing. Iowa, EUA.
- FAO, 1995. Fruit and vegetable processing. En Vegetable Specific Processing Technologies. FAO Agricultural Services Bulletin No.119. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma.
- Fouque, 1973. Cyphomandra betacea sendt. *Fruits*. **28** (1): 43.
- García-Casal, M. 2007. La alimentación del futuro: Nuevas tecnologías y su importancia en la nutrición de la población. *An. Venez. Nutr.* **20** (2): 108-114.
- Galavitz, J. 2012. Estrategias tecnológicas sustentables para deshidratar frutas, verduras y legumbres. Segunda edición. Editorial panamericana. España.
- Gil, A. 2010. Tratado de nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Editorial Médica Panamericana. Madrid.
- Harbers, L. 1975. Starch Granule Structural Changes and Amylolytic Patterns in Processed Sorghum Grain. *J. Anim. Sci.* **41**: 1496-1501.
- Herrera, C. y Bolaños N. 2003. Química de alimentos: manual de laboratorio. Editorial de la Universidad de Costa Rica, Primera edición, San José, Costa Rica.
- Hood, L.F. 1982. Current concepts of starch structure. Publishing Inc. Wesport. CT. EUA.
- Hoyos, J. 1989. Frutales en Venezuela. Sociedad de Ciencias Naturales. La Salle. Segunda edición. Caracas, Venezuela.

- INN. 2001. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Publicación N° 54. Serie Cuadernos Azules. Instituto Nacional de Nutrición. Caracas, Venezuela.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, 1997.NTC 4015. Frutas frescas. Tomate de Arbol. Especificaciones.
- Jane, J.; Kasemsuwan, T.; Leas, S.; Zobel, H. y Robyt, J. 1994. Anthology of starch granule morphology by scanning electron microscopy. *Starch/Stärke* **46**: 121-129.
- Khalil, C. 1962. Fruticultura Colombiana. Editorial Bedout. Cuarta edición, Medellín, Colombia.
- Krokida M., Karathanos V., Maroulis Z., Marinos-Kouris D. 2003. Drying kinetics of some vegetables. *J. Food Eng.* **59**: 391 - 403.
- Kumar J; Sinha AK. 2004. Resurgense of natural colourants: a holistic view. *Nat. Prod. Lett.* **18**: 59-84.
- Labuza, T.; McNally, L.; Gallagher, D.; Hawkes, J. y Hurtado, F. 1972. Stability of Intermediate Moisture Foods. *J. Food Sci.* **37**: 154 - 159.
- Lindeboom, N.; Chang. R. y Tyler, T. 2004. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches. *A Review, Starch/Stärke*, **56**: 89-99.
- Mapoey, P. 2010. Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Quinta edición. Editorial Universidad politécnica de Valencia. España.
- Martínez, I.; Periago, M.; y Ros, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Facultad de Veterinaria. Murcia, España. **50**(1).

- Meléndez-Martínez, A y col., 2004. Importancia Nutricional de los compuestos Carotenoides. *Ar Lat Nut.*(54).(2). 10
- Meza, N. y Manzano J. 2009. Características del fruto tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sent) basadas en la coloración del arilo, en la Zona Andina Venezolana. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Pampanito, Estado Trujillo. Venezuela.
- Mínguez-Mosquera, M.; Hornero-Méndez, D. y Pérez-Gálvez, A. 2008. Carotenoids and provitamin A in functional foods. En *Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals*. W.J. Hurst (Ed). Segunda edición. CRC Press. E.U.A. 277-335.
- Moreno, M.; Álvarez, N.; Serrano, K.; García, D. y Camacho, D. 2003. Evaluación microbiológica y fisicoquímica de néctares pasteurizados elaborados con pulpa de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* Sendth). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, **53** (3): 282-286.
- Morton, J. 1987. Tree tomato. En: *Fruits of Warm Climates*. Julia F. Morton (Ed), Miami, FL. pp. 437–440.
- Muller, C. 1977. Efeito de doses de sulfato de amônio e de cloreto de potássio sobre a produtividade e a qualidade de maracujás colhidos em épocas diferentes. Tesis de maestría. Universidad Federal de Vicosa. Brasil.
- Murcia, M.; Jiménez, A. y Martínez M. 2001. Evaluation of the antioxidant properties of Mediterranean and tropical fruits compared with common food additives. *J Food Prot.* **64**: 2037-46.
- Muñoz, A., Ramos, F., Alvarado, C., Castañeda, B., Lizardo, F. 2009. Evaluación de compuestos con actividad biológica en

- cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia*), GUINDA (*Prunus serotina*), Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) y Carambola (*Averrhoa crambola* L.) cultivadas en Perú. *Soc. Qui. Peru.* **75** (4) : 433-434.
- Ness, A. y Powles J. 1997. Fruits and vegetables and cardiovascular disease. *International Journal of Epidemiology* **26**:1-13.
- Nonhebel, G. y Moss, A. 1979. El secado de sólidos en la industria química. Editorial Reverté, S.A., Primera edición, Barcelona, España
- OMS. Organización Mundial de la Salud. 2003. Consulta Mixta FAO/OMS de Expertos en Régimen Alimentario, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas. Serie de Informes Técnicos 916. Ginebra, Suiza.
- Orrego C., 2003. Universidad Nacional de Colombia. Centro Manzanares. Colombia.
- Portela, S. 1999. Fisiología y manejo de postcosecha del tamarillo (*Cyphomandra betacea*). *Avan. Hor.* **4** (1): 33-43.
- Potter, N. 1978. La Ciencia de los Alimentos. Editorial Acribia Tercera edición, Madrid, España.
- Reina, E. 1998. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* sendt) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Programa de Ingeniería Agrícola. Universidad Sur Colombiana. Neiva, Colombia
- Repo R. y Encina Z. 2008. Determinación de la capacidad antioxidantes y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Soc. Quí. Pe.* **74** (2):108-124.

- Reyes, R. y Sanabria, O. 1993. Tomate de árbol, *Cyphomandra betaceae* (Cav) Sendtn. Etnobotanica N° 2. Gela Perfiles. <http://www.ibiologia.unam.mx/jardin/gela/page13.html>.
- Romero, R., 1961. Frutas Silvestres de Venezuela. *An. Nutr* .1: 10-12.
- Rodríguez, A.1997. Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin a carotenoids in prepared, processed and stored foods. Washington, D.C.: OMNI/USAID.
- Rodríguez, S. 1985. Aprovechamiento industrial del mango (*Mangifera indica* L.). Seminario de Grado. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Sagñay N., 2009. Control de calidad de frutilla (frágula vesca) deshidratada por método de microondas a tres potencias. Tesis de Licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.Rimbamaba, Ecuador.
- Smith L. y Cristol S, . 1972. Química Orgánica. Editorial Reverté. Segunda edición. S.A.A. Barcelona. España.
- Schotsmans, W. 2011. Tamarillo (*Solanum betaceum* (Cav.)). En: Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Mangosteen to White Sapote Vol. 4. Cap. 21. Elhadi M. Yahia (Ed). Woodhead Publishing. Philadelphia. Pp 427-442.
- Tabares C., Velásquez J. 2003. Estudio de la vida de anaquel del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) osmodeshidratado empacado en atmósferas modificadas. Trabajo final para optar al título de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Nacional de Colombia. Colombia,

- Taylor y Francis 2001. The Tamarillo (*Cyphomandra betacea*). A Review of a Promising Small Fruit Crop. Vol. 1 Issue 2.
- Torres K., 2007. Optimización de la etapa de hidrólisis ácida en el proceso de fosfatación de almidón por extrusión para la encapsulación de aceite esencial naranja. Para obtener el título de licenciada en química de alimentos. Universidad autónoma del estado de Hidalgo.
- Valderrama J. 2000. Información tecnológica. (11) 3. 50
- Vasco C.; Ruales J. y Kamal-Eldin, A. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. Food Chemistry, **111**: 816–823.
- Vázquez, C.; De Cos, A. y López, C. 2005. Alimentación y nutrición: manual teórico práctico. Editorial Edigrafos. Segunda edición. España.
- Wan, W. 2006. Drum dryers. En Handbook of Industrial Drying. Tercera edición. Cap.9. 203-213. Arun S. Mujumdar (Ed). CRC Press. E.U.A.