



“Influencia de la velocidad del proceso de elaboración sobre la calidad de dulce de tomate”

Augusto Tornesello Galván

Lugar de Trabajo:



Año: 2015

Este trabajo final de grado de la Carrera de Ingeniería Agronómica de La Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de La Universidad Nacional de La Plata, fue realizado en el Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales (LIPA) bajo la dirección del Dr. Ariel Vicente y Co-dirección del Ing. Agr. Jorge Lara.

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar agradeciendo a mi familia por todo el apoyo que me brindó a lo largo de la carrera, especialmente a mis padres, pilares fundamentales de este sueño que hoy se hace realidad. También quiero recordar y agradecer a mis compañeros de estudio, con quienes compartí innumerables experiencias enriquecedoras.

Me gustaría poner sobre relieve en estas líneas a la Universidad Nacional Argentina, pública y gratuita, y a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales en particular, que brinda la posibilidad a miles de personas de estudiar y formarse profesionalmente.

Finalmente quiero agradecer muy especialmente al cuerpo de docentes y no docentes de la cátedra de Agroindustrias que dieron cauce a esta propuesta de trabajo final, acompañándome en cada etapa con la mejor predisposición, haciendo de mi tesina un proceso muy agradable.

INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	9
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. PRODUCCIÓN HORTICOLA EN LA ARGENTINA Y EN EL CINTURÓN HORTÍCOLA DEL GRAN BUENOS AIRES	12
1.2. TOMATE, ORIGEN Y PRODUCCIÓN MUNDIAL Y NACIONAL	12
1.3. MORFOLOGIA, COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FRUTO DE TOMATE	14
1.4. INDICES DE COSECHA E INDICES DE CALIDAD	16
1.4.1. Índices de cosecha	16
1.4.2. Índices de calidad	17
1.5. CONFITURAS	18
1.5.1. Ingredientes	18
a. Fruta	18
b. Azúcar	19
c. Aditivos	21
d. Pectinas	22
1.6. PROCESO DE ELABORACIÓN DE CONFITURAS	26
1.7. INFLUENCIA DE FACTORES DE PROCESO SOBRE LA CALIDAD DE CONFITURAS	27
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	29
2.1. Objetivo general	30
2.2. Objetivos específicos	30
2.3. Hipótesis	30
3. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. Material vegetal y elaboración de dulce de tomate	32
3.2. Determinaciones analíticas	34
a. Rendimiento	34
b. Humedad	34
c. Acidez y pH	34
d. Residuo insoluble en alcohol	34
e. Azúcares	34
f. Análisis sensorial	35
g. Color	35
h. Licopeno	35
3.3. Análisis estadístico:	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1. DESCARTE Y RENDIMIENTO	37

4.2. ACEPTABILIDAD, HUMEDAD RESIDUO INSOLUBLE EN ALCOHOL, ACIDEZ y
pH, AZÚCARES E INVERSION DE LA SACAROSA40

4.3. COLOR, APARIENCIA Y CONTENIDO DE LICOPENO48

5. CONCLUSIONES.....53

REFERENCIAS.....55

X

Comentario [L1]: 3.1. y 3.2 debiera estar en mayúscula para tener ocnistencia con le formato de itulos aquí y en el cuerpo

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<u>I. TABLAS</u>	<u>Página</u>
<u>Tabla 1:</u> Principales productores mundiales de tomate (FAOSTAT, 2015).	13
<u>Tabla 2:</u> Zonas abastecedoras de tomate al Mercado Central de Buenos Aires (MCBA) en función del momento del año (Fernández Lozano, 2012).	14
<u>Tabla 3:</u> Composición de frutos de tomate (USDA Nutrient Database for Standard Reference, 2014).	15
<u>Tabla 4:</u> Contenido de pectina en algunos frutos.....	19
<u>Tabla 5:</u> Rangos de pH de algunas frutas y hortalizas.	19
<u>Tabla 6:</u> Comparación del poder endulzante de algunos sustitutos de azúcar.....	21
 <u>II. FIGURAS</u>	
<u>Figura 1:</u> Morfología del fruto de tomate.....	15
<u>Figura 2:</u> Diferentes tipos de tomate comercializados en nuestro país: A: tipo redondo, B: tipo perita, C: tipo cherry, D: tipo platense.....	16
<u>Figura 3:</u> Estados de madurez de frutos de tomate: A. Verde maduro; B. Rompiente C. Virado; D. Rosa: 30-60% de la superficie presenta un tinte rosado; E. Rojo claro; F. Rojo maduro con más de 90% de la superficie de color rojo.	17
<u>Figura 4:</u> Inversión de la sacarosa en glucosa y fructosa.....	20
<u>Figura 5:</u> Las pectinas A, se emplean como gelificantes en la industria láctea B, farmacéutica C, repostería D, de jugos E y panadera F.....	22
<u>Figura 6:</u> Uno de los usos más frecuentes de las pectinas es en la industria de las confituras.	23
<u>Figura 7:</u> Las pectinas industrialmente pueden obtenerse de cáscaras de manzana y citrus o de capítulos de girasol.	24
<u>Figura 8:</u> Estructura química de diferentes tipos de pectina.....	25
<u>Figura 9:</u> Esquema de la gelificación de pectinas de alto A y bajo metoxilo B.	26

Figura 10: Etapas de la elaboración de confituras.	26
Figura 11: Etapas iniciales de clasificación y preparación de la materia prima en el proceso de elaboración de dulce de tomate. A: Clasificación, B. Lavado y corte en cruz para el escaldado, C. Escaldado, D. Pelado y remoción de pedúnculo, E. Triturado.	33
Figura 12: Etapas finales en el proceso de elaboración de dulce de tomate. A. Paila de acero inoxidable empleada para la elaboración, B. Etapa de concentración y remoción de espuma, C Detección del punto final, D. Envasado, E. Enfriado invertido.	33
Figura 13: Porcentaje de descarte y tomate procesable (pulpa, semillas jugo y gel locular).	37
Figura 14: Evolución de los sólidos solubles durante la elaboración de dulce de tomate por cocción lenta ó rápida.....	38
Figura 15: Rendimiento de dulce de tomate (relativo a la mezcla inicial) elaborado por cocción rápida o lenta. Las letras distintas indican diferencias basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$	39
Figura 16: Aceptabilidad (aceptabilidad general, color, dulzor y acidez) de dulce de tomate elaborado por una cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$	40
Figura 17: Humedad de dulce de tomate elaborado por un cocción lenta ó rápida. Las letras distintas indican diferencias basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$	41
Figura 18: Acidez de dulce de tomate elaborado por un cocción lenta ó rápida. Las letras distintas indican diferencias basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$	42
Figura 19: pH de dulce de tomate elaborado por una cocción lenta ó rápida. Las letras distintas indican diferencias basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$	43
Figura 20: Residuo insoluble en alcohol de dulce de tomate elaborado por una cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$	44
Figura 21: Glucosa en dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$	45

Figura 22: Fructosa en dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$46

Figura 23: Sacarosa en dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$47

Figura 24: Inversión de la sacarosa en dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$48

Figura 25: Luminosidad (L^*) de dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$49

Figura 26: Color superficial (a^*) de dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$50

Figura 27: Color superficial (b^*) de dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$51

Figura 28: Apariencia de dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta.51

Figura 29: Licopeno en dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$52

RESUMEN

En la actualidad las hortalizas provenientes del Cinturón Hortícola Bonaerense se destinan casi exclusivamente al consumo de productos frescos. La incorporación de procesos de industrialización podría resultar de importancia como estrategia para: 1) aumentar el valor agregado de los productos, 2) reducir las pérdidas poscosecha, 3) aumentar la oferta de hortalizas de la región que poseen producción estacional, 4) dar un destino a la fruta descartada por defectos de forma o tamaño y 5) ampliar las posibilidades de procesamiento ante caídas de precio en las épocas de elevada producción. La elaboración de confituras es una forma muy antigua de conservación de alimentos. Las mermeladas, los dulces y las jaleas se obtienen por cocción de frutas, hortalizas o tubérculos, sus jugos y/o pulpas, con azúcares. El tiempo y temperatura empleados en la cocción determinan el tratamiento térmico recibido por las materias primas. La velocidad con la que se realiza la elaboración podría influir sobre la calidad del producto. En el presente trabajo de tesis se estudió la influencia de la velocidad con la que se realiza el proceso de elaboración sobre la aceptabilidad, composición y propiedades físicas y químicas de dulce de tomate. Para ello se elaboró dulce de tomate bajo diferentes velocidades de cocción. El rendimiento de los dulces fue de alrededor de 56% para ambos tratamientos. La evaluación sensorial por consumidores arrojó similares niveles de aceptabilidad entre los tratamientos. Esto podría deberse i) que la cocción no afectó las características del producto o bien ii) a que los consumidores poseen una alta heterogeneidad en términos de las características deseables en las confituras. A fin de evaluar esto se determinó sobre los productos, la humedad, el residuo insoluble en alcohol, la acidez, el pH, el contenido de glucosa, fructosa, sacarosa y la inversión de la sacarosa y el color (L^* , a^* , b^*). La humedad final fue de 30 y 28% para los dulces de cocción rápida y lenta respectivamente. La duración del período de cocción no afectó el pH en forma significativa aunque la acidez fue superior en los dulces de cocción rápida. El tiempo de evaporación tuvo un marcado efecto en la distribución de azúcares de los dulces. La cocción lenta resultó en un mayor contenido de glucosa y fructosa y en una concentración más baja de sacarosa. El color de los dulces elaborados por cocción rápida fue más claro y mostró una mayor presencia de componentes rojos (mayor a^*) y amarillos (mayor b^*) que los dulces de cocción lenta. Las diferencias en el color no se debieron a una degradación de licopeno en la cocción prolongada ya que no se encontraron diferencias en los niveles de dicho pigmento entre los tratamientos. En ese sentido el

color más oscuro y menos rojo de los dulces de cocción prolongada podría estar asociado a la presencia de reacciones de caramelización. En síntesis los resultados del presente trabajo de tesis muestran que la velocidad de cocción posee influencia sobre la composición y propiedades físicas y químicas del dulce de tomate.

Palabras clave: dulce, tomate, calidad, cocción

1. INTRODUCCIÓN



1.1. PRODUCCIÓN HORTÍCOLA EN LA ARGENTINA Y EN EL CINTURÓN HORTÍCOLA DEL GRAN BUENOS AIRES

La producción de hortalizas ocupa a nivel nacional unas 500.000 hectáreas y asciende a 8-10 millones de toneladas anuales. El principal destino de la producción hortícola de esta zona es el mercado interno exportándose sólo algunos productos principalmente a Brasil como la papa, cebolla y ajo. El 50% de la producción total se concentra en las provincias de Córdoba y Buenos Aires, siguiéndole en importancia Corrientes, Salta y Santiago del Estero con un 6% del total cada una. Dentro de la provincia de Buenos Aires el Cinturón Hortícola del Gran Buenos Aires aparece como una de las principales zonas productivas. La misma abarca una superficie de 5.510 km² y se extiende desde la localidad de Campana hasta La Plata (**Fernández Lozano, 2012**) incluyendo a los partidos de La Plata, Florencio Varela, Berazategui, Almirante Brown, Esteban Echeverría, La Matanza, Merlo, Moreno, Cañuelas, General Rodríguez, Luján, Marcos Paz, Pilar y Escobar, en los que encuentran unas 1.500 explotaciones en una superficie de unas 16.000 ha. La producción hortícola del Cinturón Bonaerense se destina mayoritariamente al consumo fresco aprovechando su cercanía al principal mercado consumidor del país con unos 12 millones de habitantes. Si bien hoy se observa heterogeneidad marcada entre los productores y existen algunas producciones de tipo empresarial, se destacan mayoritariamente las empresas pequeñas y medianas de tipo familiar (**CHFBA, 2005**). La comercialización se efectúa principalmente a través de mercados mayoristas distribuidos a lo largo del Gran Buenos Aires y del partido de La Plata o mediante venta directa a verdulerías y supermercados. Si bien la mayor superficie está ocupada por la producción a campo, la combinación campo-invernadero es la más representativa e incluye a la mayor proporción de los productores de la subregión (**Fernández Lozano, 2012**).

1.2. TOMATE, ORIGEN Y PRODUCCIÓN MUNDIAL Y NACIONAL

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) pertenece a la familia de las Solanáceas. Es originario de América, más específicamente de la zona andina de Perú, Ecuador, Colombia, Bolivia y Chile, desde donde se extendió al resto de América Central y meridional (**Baron et al., 2014**). Los españoles apreciaron rápidamente las cualidades organolépticas del tomate, que ya se consumía en México desde 700 años a.C. Su introducción en Europa se produjo en el siglo XVI. La producción mundial de tomate para

fresco se eleva a 211.021.843 toneladas, según los últimos datos disponibles a nivel mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (**FAOSTAT, 2015**). En 2012 la producción mundial de esta hortaliza se incrementó en un 2,2 por ciento con respecto al año anterior, continuando con su línea ascendente año tras año. China es el primer productor en el mundo, con 50 millones de toneladas, el 23,75% del total (**Tabla 1**). Le sigue India con un total de 17.500.000 toneladas (8,3%). El tercer lugar lo ocupa Estados Unidos, que produjo en 2012 más de 13 millones de toneladas (6,26% de la producción mundial). Otros países relevantes en la producción de tomate a nivel mundial son Turquía, Egipto, Irán, Italia y España.

Tabla 1: Principales productores mundiales de tomate (**FAOSTAT, 2015**).

País	Producción (T)
China	50.125.055
India	17.500.000
Estados Unidos	13.206.950
Turquía	11.350.000
Egipto	8.625.209
Irán	6.000.000
Italia	5.131.977
Mundo	161.793.834

El tomate es una de las hortalizas más importantes en la Argentina. En la actualidad se producen unas 700.000 toneladas anuales. La superficie cultivada se ubica en las 24.000 ha de las provincias de Mendoza, San Juan, Santiago del Estero, y Río Negro que están dedicadas principalmente a la industrialización (mayoritariamente tomate tipo perita para la producción de conservas). El tomate redondo se produce mayoritariamente en las provincias de Buenos Aires, Jujuy, Salta, Tucumán, Formosa, Corrientes, Santa Fe, y Río Negro. Dentro de la provincia de Buenos Aires El Cinturón Hortícola Bonaerense se ha expandido marcadamente en los últimos 10 años (**CHFBA,**

2005) con una producción que atiende la demanda de la Región Metropolitana entre Noviembre y Junio (**Tabla 2**).

Tabla 2: Zonas abastecedoras de tomate al Mercado Central de Buenos Aires (MCBA) en función del momento del año (**Fernández Lozano, 2012**).

Zona productora	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Buenos Aires (invierno)	x	x	x	x	x	x	x				x	x
Buenos Aires (a campo)	x	x	x	x	x	x						x
Santa fe (temprana)											x	x
Santa fe (tardía)				x	x							
Tucumán											x	
Rio Negro		x	x	x	x	x						
Corrientes (invierno)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mendoza	x	x	x	x	x	x						
N.O.A. (Salta y Jujuy)				x	x	x	x	x	x	x		
Formosa (invierno)				x	x	x	x	x	x	x	x	

1.3. MORFOLOGIA, COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FRUTO DE TOMATE

El fruto es una baya bi- o pluri-ocular con un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos (**Nuez, 1995**). Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas (**Figura 1**). La composición de los frutos se presenta en la **Tabla 3**. El agua es el principal componente de los frutos con un nivel cercano a 95%. Dentro de los sólidos solubles los más abundantes son los azúcares principalmente glucosa y fructosa en niveles comúnmente cercanos a 3-4%. El ácido predominante es el cítrico con niveles de 0,2-0-4%. El color de los frutos rojos maduros esta dado por la presencia del licopeno.

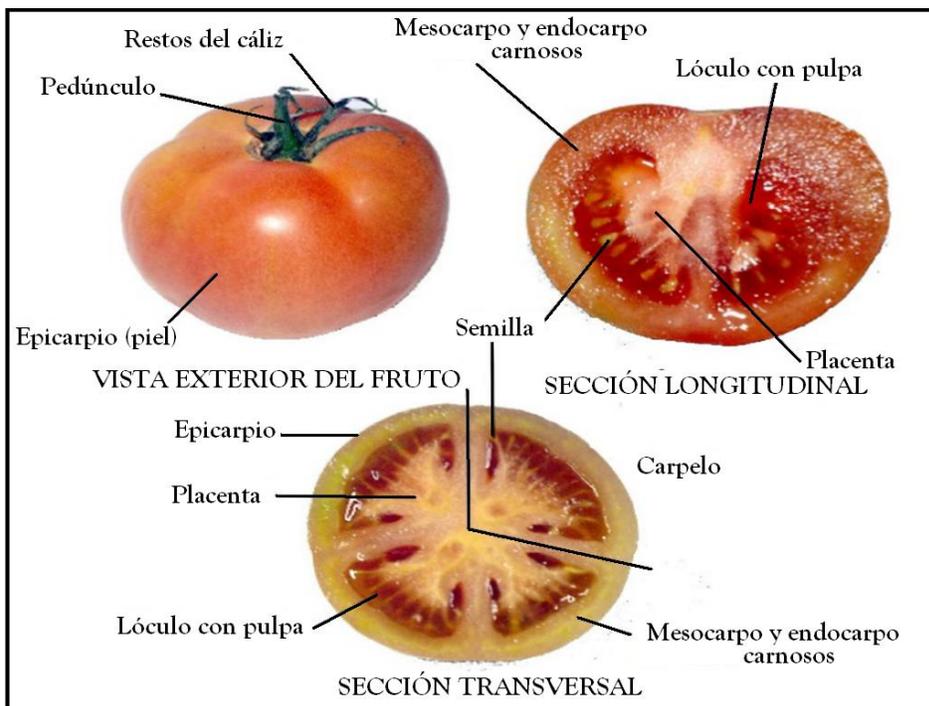


Figura 1: Morfología del fruto de tomate.

Tabla 3: Composición de frutos de tomate (USDA Nutrient Database for Standard Reference, 2014).

Nutriente	Unidad	Valor en 100 g
Agua	g	94,52
Energía	kcal	18
Proteína	g	0,88
Lípidos	g	0,2
Hidratos de carbono	g	3,89
Fibra dietaria	g	1,2
Azúcar es simples	g	2,63

Comercialmente existen diferentes tipos de tomate (**Figura 2**):

- A. *Tipo redondo*: Incluye a los tomates redondos (abarcando gran diversidad de variedades e híbridos) incluyéndose en esta clase al Platense y los denominados larga vida.
- B. *Tipo perita*: Incluye tanto a los tomates perita para la industria (de tamaño más chico), como los destinados a mercado fresco (de mayor tamaño).
- C. *Tipo cereza*: Son tomates pequeños, de menos de 5 cm de diámetro. Esta categoría se los subdivide en “cherry” cuando el tamaño de los frutos es menor de 3 cm de diámetro o cóctel cuando el tamaño de los frutos está comprendido entre 3 y 5 cm de diámetro. En cuanto a la forma los frutos pueden ser tipo pera o redondo.
- D. *Tipo platense*: Un tomate del tipo redondo (muy valorado por su sabor y aroma).

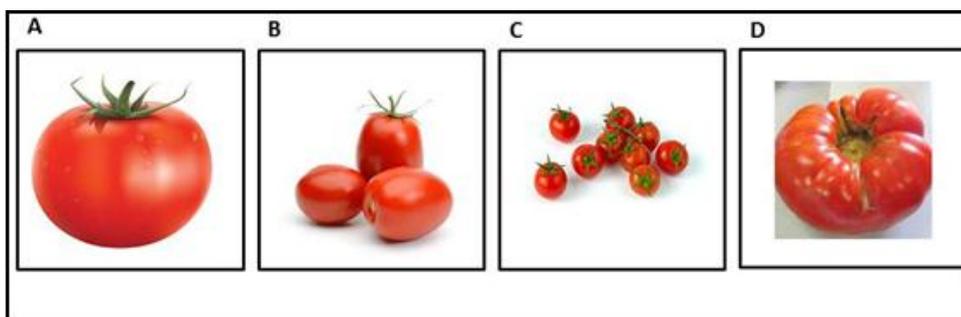


Figura 2: Diferentes tipos de tomate comercializados en nuestro país: A: tipo redondo, B: tipo perita, C: tipo cherry, D: tipo platense.

1.4. INDICES DE COSECHA E INDICES DE CALIDAD

1.4.1. Índices de cosecha

La madurez mínima para cosecha de tomate es aquella en la que si bien los frutos se encuentran superficialmente de color verde pueden madurar fuera de la planta. Este estado de “madurez fisiológica” se denomina verde maduro. Se caracteriza por que las

semillas están completamente desarrolladas y no se cortan al fraccionar el fruto. Asimismo el gel está presente en al menos un lóculo y se está formando en otros. A partir de este estado los frutos pueden cosecharse en cualquier etapa hasta el período de madurez organoléptica dependiendo de la distancia a los mercados y los requerimientos comerciales. En el caso de los tomates larga vida la maduración normal se ve severamente afectada cuando los frutos se cosechan en el estado verde maduro por lo que la mínima madurez de cosecha corresponde a la clase rosa (**Figura 3**).

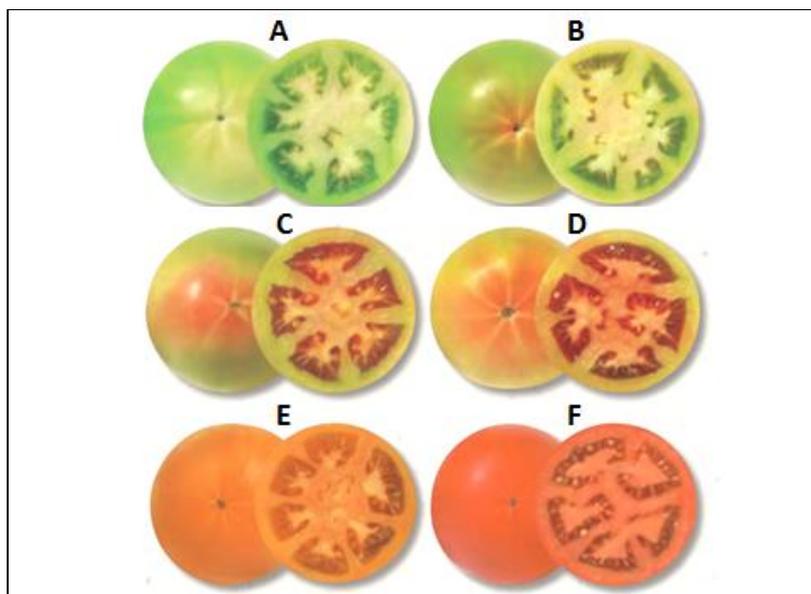


Figura 3: Estados de madurez de frutos de tomate: A. Verde maduro; B. Rompiente C. Virado; D. Rosa: 30-60% de la superficie presenta un tinte rosado; E. Rojo claro; F. Rojo maduro con más de 90% de la superficie de color rojo.

1.4.2. Índices de calidad

La calidad del tomate fresco se basa principalmente en la uniformidad de forma y en la ausencia de defectos. Los frutos deben estar bien formados (redondo, forma globosa, globosa aplanada u ovalada, dependiendo del tipo). El color debe ser uniforme (anaranjado-rojo a rojo intenso; amarillo claro) y sin hombros verdes. La apariencia debe ser lisa y con cicatrices de punta floral y pedúnculo pequeñas, sin grietas de crecimiento,

cara de gato, suturas marcadas, quemaduras de sol, daños por insectos y daño mecánico. Los frutos deben ser firmes al tacto.

1.5. CONFITURAS

Las hortalizas provenientes del Cinturón Hortícola Bonaerense se destinan casi exclusivamente a productos frescos. La incorporación de procesos de industrialización podría resultar de importancia como para aumentar el valor agregado de los productos para reducir las pérdidas poscosecha a fin aumentar la oferta de productos de la región que poseen producción estacional. Asimismo podría ser una alternativa para dar un destino a la fruta descartada por defectos de calibre o forma y para ofrecer otros destinos ante caídas de precio en las épocas de elevada producción.

La elaboración de confituras es una forma muy antigua de conservación de alimentos. Las mermeladas, los dulces y las jaleas se obtienen por cocción de frutas, hortalizas o tubérculos, sus jugos y/o pulpas, con azúcares (*De Michelis, 2008*). Las mermeladas pueden presentar trozos de frutas mientras que en el dulce las frutas son previamente tamizadas por cribas menores de 2 mm. Finalmente, la jalea se produce por concentración de jugo de frutas con azúcar para obtener un producto de no menos del 65% de sólidos solubles y una actividad acuosa (A_w) igual o inferior a 0,85.

1.5.1. Ingredientes

a. Fruta

Se puede hacer confituras de casi todas las frutas y de muchas hortalizas. Los productos más frecuentemente empleados en la Argentina son la naranja, el durazno y la frutilla. Los criterios de calidad más importantes utilizados para las frutas son:

- Estado óptimo de madurez
- Sabor
- Color
- Ausencia de manchas
- Suficiente consistencia
- Condiciones higiénicas perfectas de las materias primas y envasado.

Las frutas utilizadas en la fabricación influyen el proceso de gelificación, dependiendo de la variedad, estado de las condiciones de maduración y almacenamiento.

Los factores más importantes de los frutos son su contenido de pectina, azúcar y el contenido de ácido (**Tabla 4**) y pH (**Tabla 5**).

Tabla 4: Contenido de pectina en algunos frutos.

Alto	Medio	Bajo
Cassis (grosella negra)	Ananá	Cereza
Ciruela	Arándano	Calafate
Corinto (grosella roja)	Cítricos	frutilla
Manzana	Frambuesa	Guinda
Membrillo	Loganberry	Maqui
Uva espina	Zarzamora	Sauco

Tabla 5: Rangos de pH de algunas frutas y hortalizas.

Fruta u Hortaliza	Rango típico de pH
Cereza	3,2-4,3
Ciruela	2,8-3,6
Damasco	3,5-4,1
Durazno	3,5-4,3
Frambuesa	3,2-3,8
Frutilla	3,7-4,3
Guinda	3,1-4,0
Manzana	3,3-3,8
Membrillo	3,0-3,6
Mora de cultivo	3,0-3,7
Mosqueta	3,5-4,4
Pera	3,5-3,9
Tomate	3,9-4,4

b. Azúcar

Los azúcares son uno de los principales constituyentes de mermeladas, dulces y jaleas e influyen en la vida útil de estos productos de manera decisiva a través del contenido de sólidos solubles. Al mismo tiempo que proporcionan gusto, sabor, consistencia y eventualmente coloración (por caramelización). El edulcorante más

utilizado es la sacarosa. Ésta, en el proceso de cocción; sufre el proceso denominado “inversión” que es la hidrólisis que desdobra la sacarosa en glucosa y fructosa (**Figura 4**).

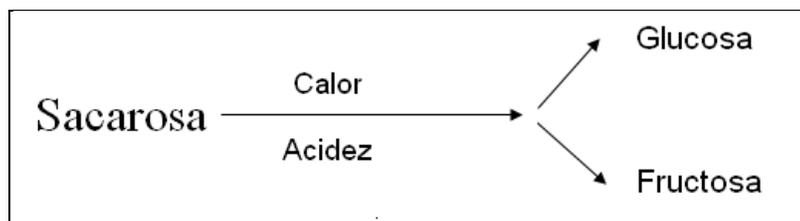


Figura 4: Inversión de la sacarosa en glucosa y fructosa

Para que el producto no tenga sabor predominante a sacarosa, no muestre problemas de cristalización en el almacenamiento y adquiera el brillo característico, el rango óptimo de conversión no debe ser mayor al 50% ni menor al 30%. Las confituras y mermeladas producidas a presión reducida son, por regla general, sólo ligeramente invertidas. La formación de azúcar invertido impide la cristalización de la sacarosa en el producto. Esta reacción es influenciada por la temperatura, el pH y el tiempo de cocción. El rango de pH más adecuado se encuentra entre los 3 y los 3,5. El tiempo de cocción no debería ser menor a 15 minutos.

En algunos casos se pueden emplear sustitutos del azúcar. Algunos de ellos se describen a continuación:

- i. Fructosa:** Es un monosacárido que se encuentra naturalmente presente en prácticamente todas las frutas. Su metabolismo en el cuerpo humano, independiente de la insulina, lo hace adecuado para la dieta de quienes padecen de diabetes. El poder calorífico de la fructosa se determina en 17 kJ/g (o 4 kcal/g), equivalente a sacarosa o glucosa. El poder edulcorante de la fructosa es mayor que el de la sacarosa

- ii. Polioles:** Forman el grupo principal de los sustitutos del azúcar. El beneficio fisiológico de este tipo de sustitutos es su valor para diabéticos (metabolismo independiente de la insulina) así como su efecto parcialmente anti-cariogénico y poder calorífico inferior. Para todos los alcoholes de azúcar su valor calorífico es de 10 kJ/g. A dosis altas (más de 20 g por persona y día) pueden ocasionar diarrea.

- iii. **Edulcorantes:** Son compuestos naturales o sintéticos con un poder calorífico muy bajo. Su poder edulcorante es, con mucho, mayor que el de la sacarosa (**Tabla 6**). Los diversos edulcorantes difieren en su perfil en el gusto, la estabilidad en medio ácido y durante el calentamiento.

Tabla 6: Comparación del poder edulzante de algunos sustitutos de azúcar.

Compuesto	Poder edulzante
Fructosa	1,10-1,30
Sorbitol	0,63
Manitol	0,50-0,60
Isomaltosa	0,45
Xilitol	0,00
Acesulfame-k	130-200
Aspartamo	200-250
Ciclamato	30-40
Sacarina	450-500
Sucralosa	aprox. 600

c. Aditivos

La legislación Argentina permite el empleo de sulfitos como antioxidantes (100 mg kg^{-1}) y ácido benzoico y sórbico como antimicrobianos (600 mg kg^{-1}). Se permite el empleo de ácidos orgánicos (cítrico, málico, tartárico, láctico, adípico) que pueden añadirse ya sea directamente durante el proceso de cocción o en solución. El ácido láctico es poco empleado; requiere para alcanzar un valor de pH definido una dosificación mayor que el ácido tartárico o ácido cítrico. El ácido tartárico se utiliza relativamente pocas veces debido a su perfil de sabor. El ácido cítrico está naturalmente presente en un gran número de frutas. Si la acidificación es excesiva (valor de pH bajo 2,8) la elasticidad del gel disminuye y los geles se vuelven firmes y quebradizos perdiendo capacidad de retener agua; proceso conocido como "sinéresis" (**De Michelis, 2008**). A valores de pH por encima de 3,5 los geles se tornan más suaves. Si el pH es muy alto la gelificación ya no es posible. Durante la elaboración de confituras se permite el uso de gelificantes. Dada la

importancia de estos en el producto se describen en forma específica en el apartado siguiente.

d. Pectinas

Las pectinas son hetero-polisacáridos estructurales de las paredes celulares vegetales. Su componente principal es el ácido poligalacturónico, que existe parcialmente esterificado con metanol. Son ampliamente empleadas en diferentes industrias como gelificantes (**Figura 5**). Son ingredientes muy importantes en la industria de los alimentos, para hacer gelatinas, helados y salsas y confituras (**Figura 6**). También se emplean en otras industrias, como la farmacéutica en productos en los que se requiere modificar la viscosidad de sus productos (**Gómez, 1998**).



Figura 5: Las pectinas A, se emplean como gelificantes en la industria láctea B, farmacéutica C, repostería D, de jugos E y panadera F.



Figura 6: Uno de los usos más frecuentes de las pectinas es en la industria de las confituras.

Se encuentran principalmente en las frutas y vegetales, para aprovechar su capacidad para balancear el equilibrio del agua dentro del sistema (**Herbstreith, 2001**). Las pectinas se obtienen de materiales vegetales que tienen un alto contenido de éstas, tales como manzanas, frutas cítricas, piña, guayaba dulce, maracuyá y remolacha. Comercialmente se las obtiene del orujo de manzana (10-15%), cáscaras de naranja (20-35%), chips de remolacha azucarera (10-20%) o infrutescencias de girasol (15-25%) (**Figura 7**). Según el tratamiento que se haga a las materias primas se obtienen pectinas con diferentes propiedades.



Figura 7: Las pectinas industrialmente pueden obtenerse de cáscaras de manzana y citrus o de capítulos de girasol.

Las pectinas se dividen en tres grupos según sus propiedades de gelificación, que están asociadas con el grado de esterificación metílica (*Herbstreith, 2001*):

1. **Las pectinas con alto índice de metoxilo** (*Pilgrim et al., 1991*), contienen más de un 50% de unidades del ácido poligalacturónico esterificadas y por lo tanto no reaccionan con iones calcio (**Figura 8**). El poder de gelificación depende, entre otros, del contenido ácido, del tipo de pectina y de la cantidad de sólidos solubles. Su gelificación ocurre por asociación de cadenas de los polisacáridos cuando la concentración de sólidos es suficientemente elevada (generalmente es más del 55%) (**Figura 9**).
2. **Las pectinas con bajo índice de metoxilo**, son las que tienen menos del 50% de unidades esterificadas del ácido poligalacturónico y por lo tanto forman geles no sólo con sólidos solubles que contienen iones calcio sino también con azúcares y otros ácidos. Las pectinas de bajo metoxilo pueden gelificar en presencia de calcio bajo ciertas condiciones

con menor contenido de azúcar. En ese sentido son de utilidad para mermeladas reducidas en azúcar.

- Las pectinas amidadas** son aquellas que han sido desmetoxiladas con amoníaco. Cuando se hace el proceso de desmetoxilación, una parte de los grupos éster se reemplaza por grupos amida, lo cual modifica las propiedades de gelificación.

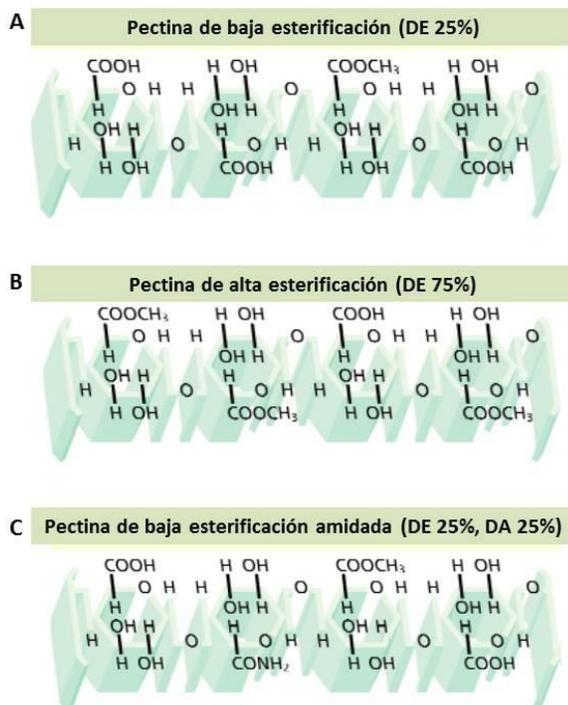


Figura 8: Estructura química de diferentes tipos de pectina.

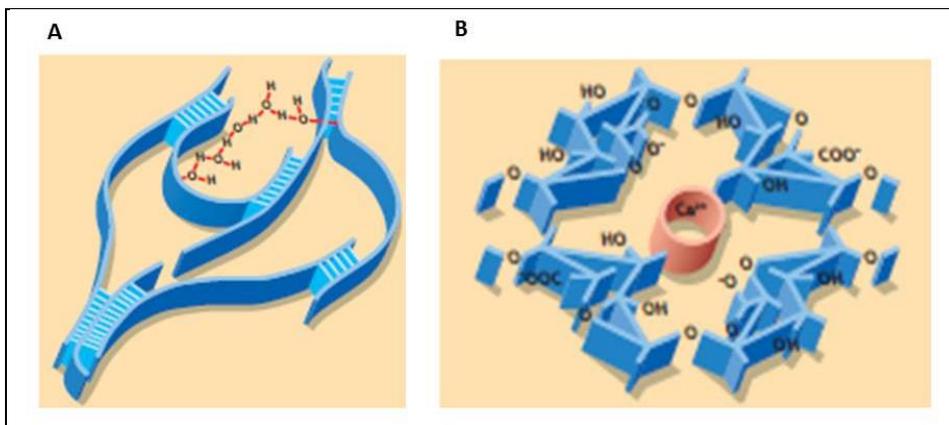


Figura 9: Esquema de la gelificación de pectinas de alto A y bajo metoxilo B.

1.6. PROCESO DE ELABORACIÓN DE CONFITURAS

El proceso de elaboración es relativamente sencillo. Las principales etapas se muestran en la **Figura 10**:

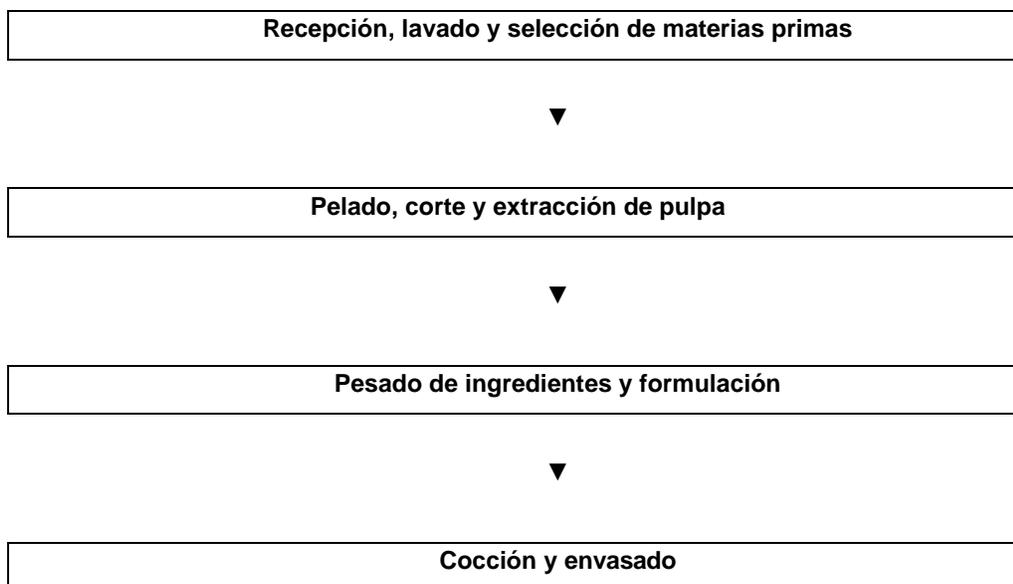


Figura 10: Etapas de la elaboración de confituras.

-Recepción, selección y lavado: Consiste en cuantificar la fruta que entrará a proceso. Esta operación debe hacerse utilizando recipientes adecuados y balanzas calibradas y limpias. En la selección se elimina la fruta que no tenga el grado de madurez adecuado o presenta pudrición o magulladuras. El lavado permite reducir la carga microbiana y eliminar suciedad adherida a la fruta. Se debe utilizar agua clorada (100-200 mg/ L).

-Pelado, corte y extracción de la pulpa: El pelado puede hacerse mediante un proceso de escaldado que facilita la separación de la piel. Por su parte el trozado se realiza con la ayuda de un despulpador de malla fina para evitar el paso de las semillas. Si no se dispone de este aparato se puede emplear una licuadora, en este caso debe utilizarse un colador para separar la fibra y las semillas.

-Pesado de ingredientes y formulación: Se pesa la cantidad de pulpa obtenida para determinar el rendimiento de extracción y para calcular la cantidad de azúcar y ácido necesarios. En este punto se agrega el ácido cítrico disuelto previamente en agua hasta pH 3,0-3,5.

-Cocción y envasado: Se realiza la evaporación hasta que se alcancen 65 % p/p de sólidos solubles. En caso de ser necesario se adiciona pectina. El envasado puede hacerse en frascos de vidrio. En el caso de usar frascos, éstos deben ser previamente esterilizados con agua hirviendo (**Barrett et al., 2004**). La temperatura de llenado no debe bajar de 75 °C durante el envasado. Si el llenado se hace en envases plásticos, éstos se tapan y se colocan en un lugar fresco para su enfriamiento, el cual tardará al menos 12 horas; para asegurarse que todo el lote está frío y haya gelificado se debe dejar en reposo por 24 horas.

1.7. INFLUENCIA DE FACTORES DE PROCESO SOBRE LA CALIDAD DE CONFITURAS

Varios trabajos han evaluado la influencia de diferentes factores del proceso de elaboración, tales como el tipo de pectinas utilizadas, el estado de madurez de los frutos, el reemplazo de azúcares por edulcorantes, el agregado de diferentes agentes gelificantes en la calidad de este tipo de productos (**Levaj et al., 2010; Suutarinen, et al., 2002; Rababah et al., 2011; Igual et al., 2011, 2013**). El tiempo y temperatura empleados

en la cocción determinan el tratamiento térmico recibido por las materias primas. En las elaboraciones industriales es dable pensar que los procesos rápidos poseen interés puesto que permiten aumentar la capacidad operativa, disminuyendo el uso de los equipos para un volumen dado de producción y los costos de mano de obra. Por su parte en elaboraciones de mermeladas a nivel doméstico tradicionales, el proceso de producción se realiza en forma más lenta. La velocidad con la que se realiza la elaboración podría influir sobre la calidad del producto. *En el presente trabajo de tesis se estudió la influencia de la velocidad con la que se realiza el proceso de elaboración sobre la composición, propiedades físicas y químicas y aceptabilidad de dulce de tomate.*

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS



2.1. Objetivo general

-Optimizar el proceso de elaboración de confituras de hortalizas con el fin de aportar experimentación e información en la búsqueda de alternativas para agregar valor a la producción hortícola.

2.2. Objetivos específicos

-Determinar la influencia del tiempo de elaboración sobre la composición, propiedades físicas y químicas y aceptabilidad de dulce de tomate.

2.3. Hipótesis

-El tiempo de elaboración afecta la composición, propiedades físicas y químicas y aceptabilidad del dulce de tomate.

3. MATERIALES Y MÉTODOS



3.1. Material vegetal y elaboración de dulce de tomate

Se utilizaron tomates (*Solanum lycopersicum* L.) tipo redondo producidos en el Cinturón hortícola de La Plata en estado de madurez rojo. Los frutos se lavaron y se escaldaron aproximadamente unos 5 minutos en agua a ebullición habiéndole realizado una escisión en cruz previamente para favorecer el pelado (**Figura 11**). Finalizado dicho tratamiento se enfriaron en agua, se pelaron, se eliminaron las zonas lignificadas y se procesaron para producir pulpa con una procesadora de mano tipo Minipymer. Se registró el peso del descarte y el peso de tomate limpio para poder calcular el rendimiento y la cantidad de azúcar a agregar. Se realizó una pre-mezcla adicionando 0,6 kg de sacarosa por kg de fruto procesado. Se ajustó el pH a 3,5 con ácido cítrico 10% p/v. Finalmente se dividió la pre-mezcla en 2 partes iguales para realizar las siguientes elaboraciones:

- 1) Cocción rápida (CR): Se realizó la concentración en un período de 1h 30min.
- 2) Cocción lenta (CL): Se realizó la concentración en un período de 4 h.

La evaporación se realizó en una paila industrial de acero inoxidable alimentada con vapor y con agitación mecánica. Cuando la pre-mezcla llegó a ebullición se eliminó la espuma superficial y se adicionó 0,2% de pectina cítrica previamente disuelta en agua tibia. La evaporación continuó hasta llegar a 65% p/p de sólidos solubles (**Figura 12**). Para verificar la dinámica de la cocción se determinó a diferentes tiempos durante el proceso de evaporación el contenido de sólidos solubles con un refractómetro digital previamente calibrado. Las muestras se envasaron en caliente en envases de vidrio previamente esterilizados en agua a ebullición por 5 min. Las muestras se taparon y los frascos se invirtieron. Las muestras una vez gelificadas se almacenaron a temperatura ambiente hasta su uso. Se realizaron las determinaciones analíticas que se detallan en la sección 3.2. Se realizaron dos elaboraciones independientes para cada tratamiento.

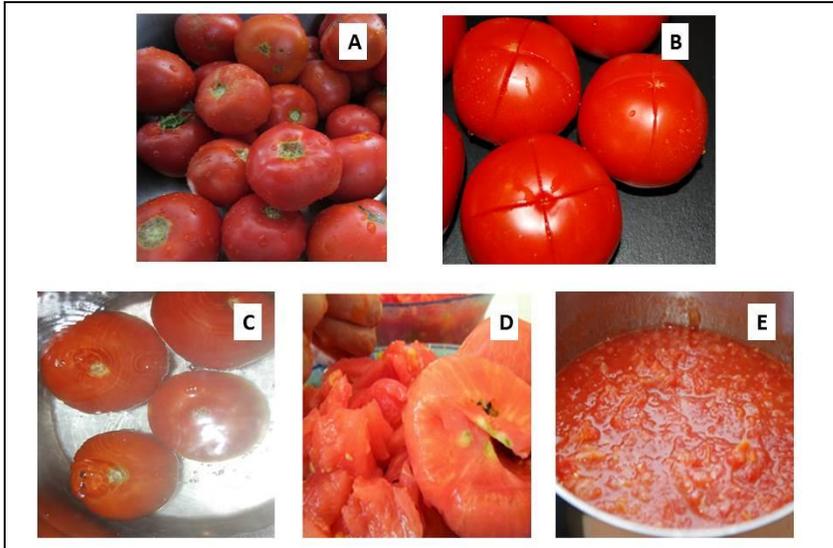


Figura 11: Etapas iniciales de clasificación y preparación de la materia prima en el proceso de elaboración de dulce de tomate. A: Clasificación, B. Lavado y corte en cruz para el escaldado, C. Escaldado, D. Pelado y remoción de pedúnculo, E. Triturado.

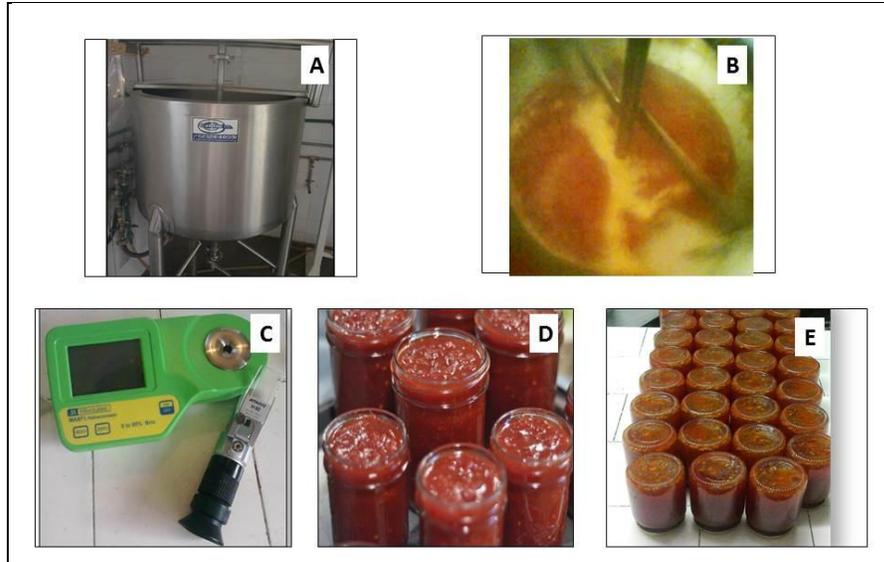


Figura 12: Etapas finales en el proceso de elaboración de dulce de tomate. A. Paila de acero inoxidable empleada para la elaboración, B. Etapa de concentración y remoción de espuma, C Detección del punto final, D. Envasado, E. Enfriado invertido.

3.2. Determinaciones analíticas

a. Rendimiento

Se pesó la cantidad de producto obtenido para cada una de las elaboraciones. Se calculó el rendimiento (n=2).

b. Humedad

Se pesaron en balanza de precisión aproximadamente 5 g de muestra en cápsulas de aluminio previamente taradas. Se llevaron las cápsulas a estufa a 60 °C hasta peso constante (**AOAC, 1980**). Los resultados se expresaron como porcentaje de humedad. Se realizaron 3 determinaciones por tratamiento y elaboración (n=6).

c. Acidez y pH

El pH se determinó con un electrodo de sólidos. Se realizaron dos determinaciones para cada una de las elaboraciones (n=4). Para la determinación de acidez se pesaron aproximadamente 5 g de muestra. Se adicionó 50 mL de agua, algunas gotas de indicador (en este caso fenolftaleína) y se disgregó la muestra. Se tituló el sobrenadante con hidróxido de sodio de normalidad conocida hasta cambio de coloración en un pH de 8,2 (**AOAC, 1980**). Los resultados se expresaron como g de ácido cítrico cada 100 g de dulce. Se realizaron 2 determinaciones para cada tratamiento y elaboración (n=4).

d. Residuo insoluble en alcohol

Se pesaron 5 g de dulce en un tubo de centrifuga. Se le agregaron 12,5 mL de agua y se disgregó la muestra. Luego se adicionaron 50 mL de alcohol etílico. Se filtró por vacío. Sobre el residuo se realizaron 3 lavados con etanol. El residuo se llevó a estufa a 60 °C hasta peso constante. Se pesó y se calculó el porcentaje de residuo insoluble en alcohol. Se realizaron 2 determinaciones para cada tratamiento y elaboración (n=4).

e. Azúcares

Se pesó 1 g de dulce, se adicionaron 12,5 mL de agua y se disgregó la muestra. Se llevó a 50 mL con etanol. La mezcla se centrifugó a 5.500 rpm durante 10 min a 4 °C; el sobrenadante se recuperó y se filtró a través de una membrana de 0,2 micras (Cole-Parmer, Estados Unidos). Los azúcares solubles se determinaron usando un sistema de cromatografía líquida de alta presión equipado con un detector de índice de refracción

(Waters IR 2414) y una columna Hypersil Oro Amino (Thermo Sci., Estados Unidos). Se empleó un flujo isocrático de 1,0 ml min⁻¹ de acetonitrilo / agua (70/30). Los resultados se expresaron como mg por kg de peso fresco. Se obtuvieron dos extractos por muestra y elaboración y las mediciones se realizaron por duplicado.

f. Análisis sensorial

Análisis de preferencia: La calidad sensorial de las mermeladas se analizó mediante un ensayo de preferencia con una escala hedónica de 9 puntos evaluándose el color, el sabor, la consistencia, el brillo y la aceptabilidad global. El panel contó con no menos de 80 consumidores no entrenados.

g. Color

Se determinó utilizando un Colorímetro Minolta CR-400. Se evaluaron los parámetros L*, a* y b*. Se realizaron 3 determinaciones para cada tratamiento y elaboración (n=6).

h. Licopeno

Muestras (0,5 g) fueron extraídas con 5 ml de hexano: acetona: etanol (2:1:1). Las muestras fueron agitadas en vortex y se agregó 1 ml de H₂O (d). Posteriormente se extrajo con cuidado la fase superior y se midió la absorbancia a 503 nm. Los resultados se calcularon usando el $\epsilon = 172.000 \text{ L mol}^{-1}\text{cm}^{-1}$ (Taber *et al.*, 2008). Se realizaron 2 determinaciones para cada tratamiento y elaboración (n=4).

3.3. Análisis estadístico:

Se utilizó un ensayo factorial y los resultados se evaluaron mediante ANOVA. Las medias se compararon mediante un test de Fisher.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1. DESCARTE Y RENDIMIENTO

Luego del escaldado y la limpieza se obtuvo un descarte que ascendió a 19%. Del remanente de tomate procesables un 78% correspondió a tejidos carnosos (meso y endocarpio) y un 22% jugo, gel locular semillas (**Figura 13**).

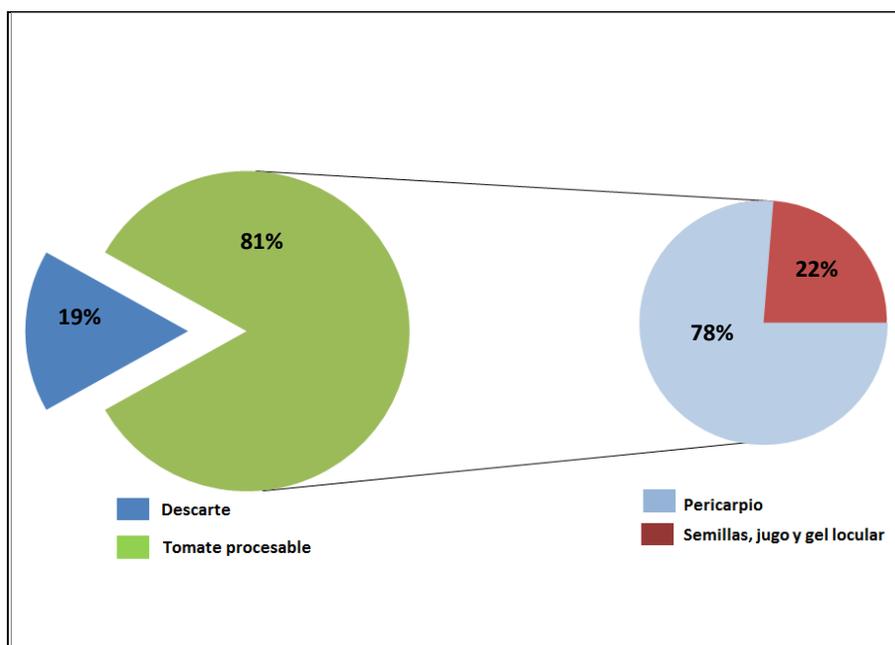


Figura 13: Porcentaje de descarte y tomate procesable (pulpa, semillas jugo y gel locular).

En las elaboraciones correspondientes a ambos tratamientos se comenzó luego del agregado de azúcar con una concentración de sólidos solubles cercana a los 25% p/p. Posteriormente se realizaron mediciones para determinar la evolución del proceso de evaporación. A partir de los 20 minutos de cocción se vislumbraron aumentos diferenciales de sólidos entre tratamientos como era esperable siendo mayor el de la cocción rápida (**Figura 14**). Las elaboraciones se terminaron con una concentración de sólidos solubles cercanas a 68%. El tiempo necesario para lograr el punto final fue de 1h 30min y 4 h para la cocción rápida y lenta respectivamente.

Comentario [L2]: Uniformar el tiempo de la cocción rápida en resumen MyM y resultados

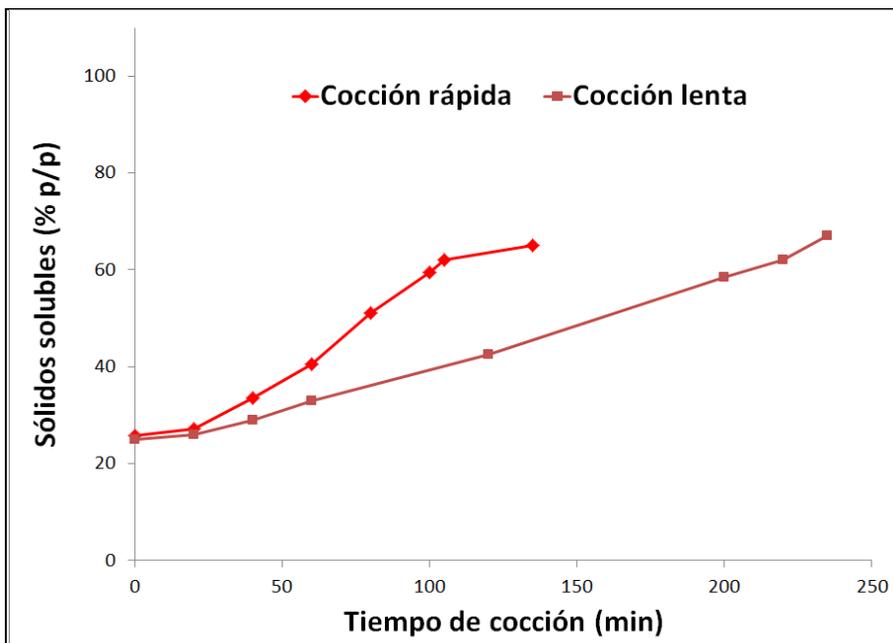


Figura 14: Evolución de los sólidos solubles durante la elaboración de dulce de tomate por cocción lenta ó rápida.

El rendimiento de dulce obtenido fue cercano a 56%. Como es esperable dado que se usaron tomates del mismo tipo, con igual proporción de azúcar y que ambos tratamientos fueron concluidos con un nivel de sólidos solubles comparable no se encontraron diferencias entre tratamientos (**Figura 15**).

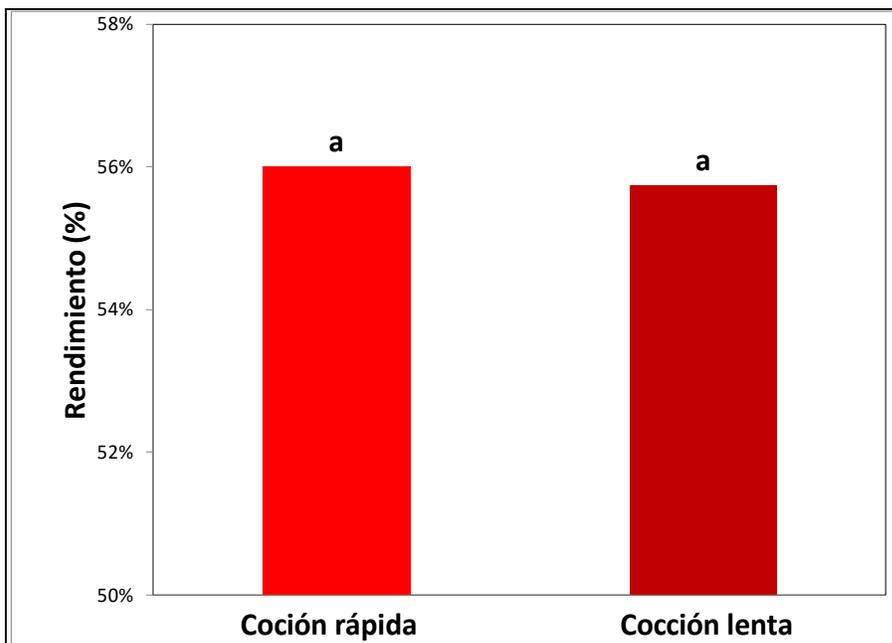


Figura 15: Rendimiento de dulce de tomate (relativo a la mezcla inicial) elaborado por cocción rápida o lenta. Las letras distintas indican diferencias basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

4.2. ACEPTABILIDAD, HUMEDAD RESIDUO INSOLUBLE EN ALCOHOL, ACIDEZ y pH, AZÚCARES E INVERSION DE LA SACAROSA

La aceptabilidad general por parte de los consumidores fue elevada para ambos tratamientos (~7-8 en una escala de 9). No se encontraron diferencias en aceptabilidad en ninguno de los atributos evaluados entre tratamientos. Esto podría deberse a que los dulces de cocción rápida y lenta fueron similares o bien a que los consumidores poseen una alta heterogeneidad en términos de las características deseables en las confituras. A fin de evaluar esto se determinó sobre los productos el rendimiento, la humedad, el residuo insoluble en alcohol, la acidez, el pH, el contenido de glucosa, fructosa, sacarosa y la inversión de la sacarosa y el color (L^* , a^* , b^*).

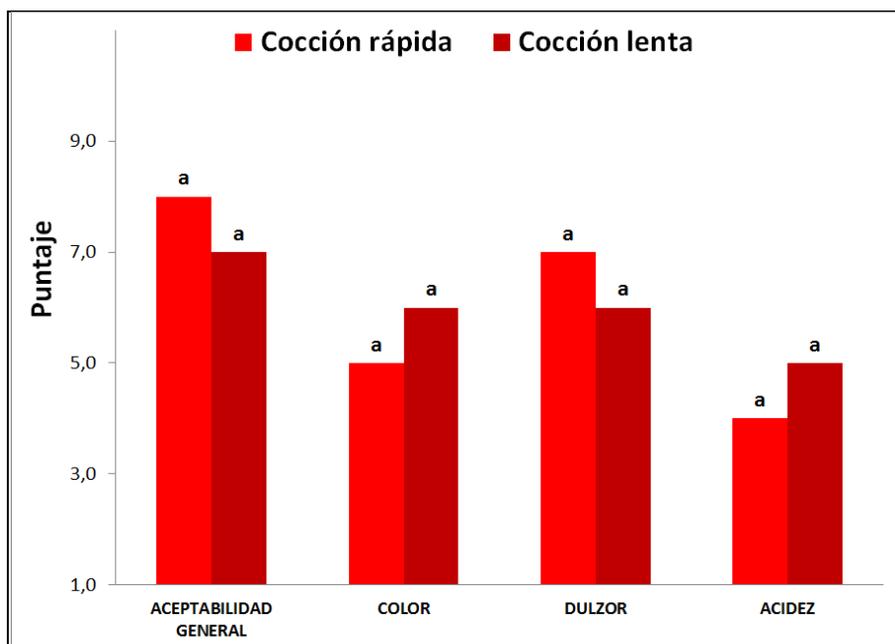


Figura 16: Aceptabilidad (aceptabilidad general, color, dulzor y acidez) de dulce de tomate elaborado por una cocción rápida y lenta por un panel de consumidores ($n=80$). Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

El contenido de humedad fue de 30% para los dulces de cocción rápida y 28% para los de cocción lenta. La diferencia encontrada en humedad se debió a cuestiones experimentales puesto que la elaboración se realizó a escala piloto y la concentración puede continuar por la inercia térmica del equipo una vez cerrada la fuente de calor.

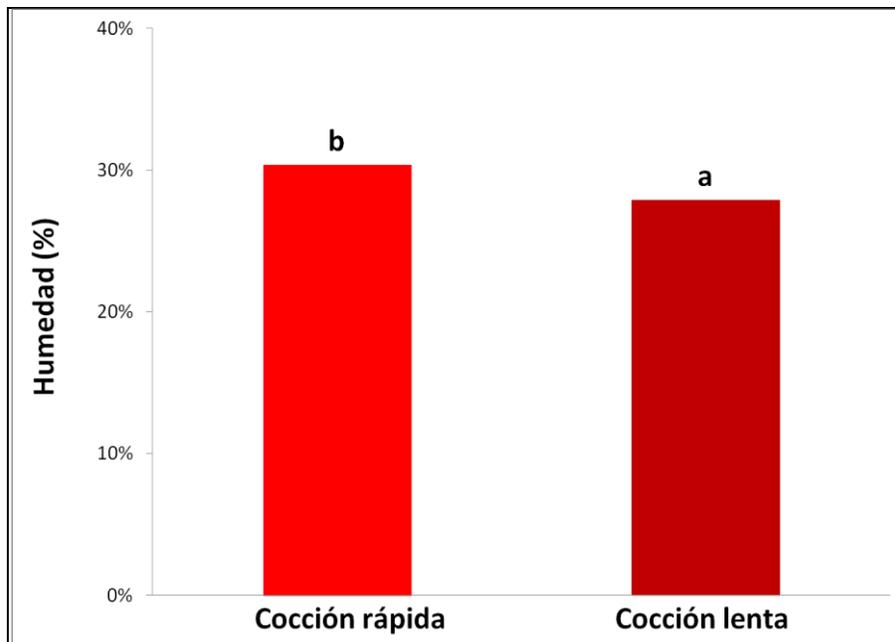


Figura 17: Humedad de dulce de tomate elaborado por un cocción lenta ó rápida. Las letras distintas indican diferencias basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

La acidez se ubicó en 0,54% para los dulces de cocción rápida y 0,48% para los de cocción lenta (**Figura 18**). A la temperatura alcanzada durante ambas elaboraciones (105°C) el ácido cítrico es esperable que sea estable. En ese sentido la diferencia encontrada entre ambos tratamientos podría deberse a la degradación de otros componentes orgánicos lábiles ante cocciones prolongadas presentes en la mezcla que aporten capacidad buffer como por ejemplo algunos aminoácidos. Esto requeriría mayores estudios. El pH se ubicó en niveles cercanos a 3,5. Mostró una leve tendencia a niveles superiores en los dulces de cocción lenta aunque las diferencias no fueron significativas (**Figura 19**).

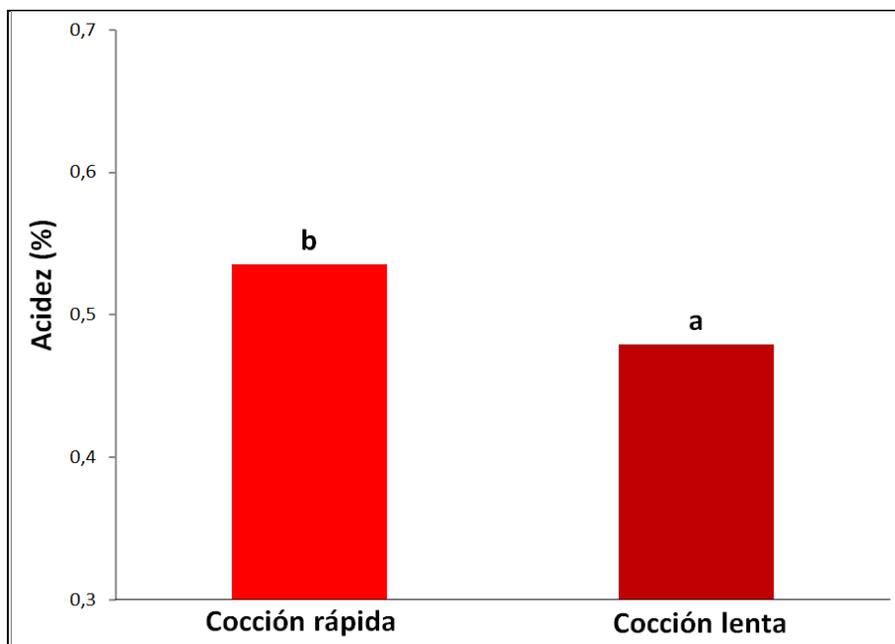


Figura 18: Acidez de dulce de tomate elaborado por un cocción lenta ó rápida. Las letras distintas indican diferencias basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

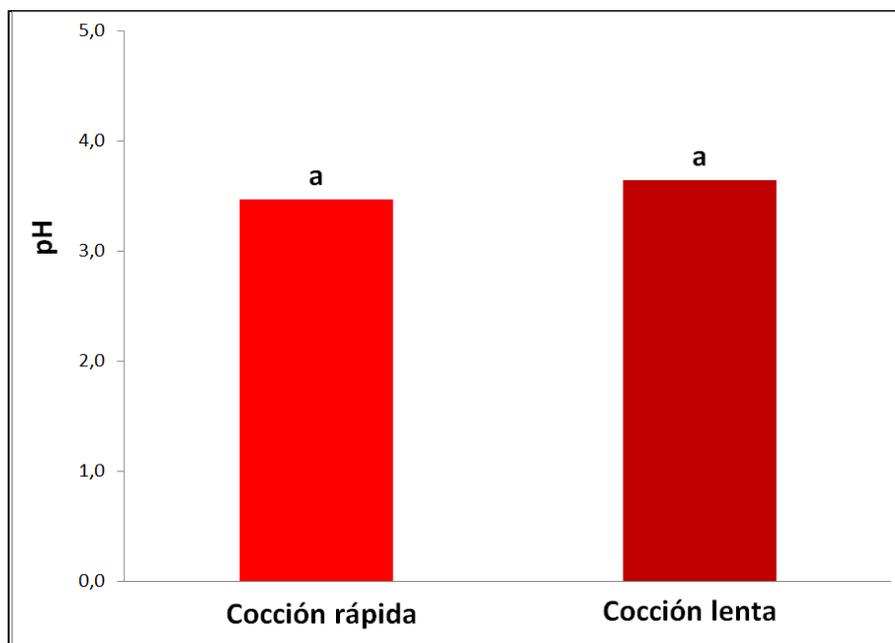


Figura 19: pH de dulce de tomate elaborado por una cocción lenta ó rápida. Las letras distintas indican diferencias basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

El residuo insoluble en alcohol (RIA) se ha empleado para estimar en forma indirecta la proporción de fruta y azúcar en mermeladas y su autenticidad (**Fügel, 2004**). Esto es debido a que la sacarosa, principal componente, es soluble en el mencionado alcohol mientras que los componentes no solubles en alcohol presente en los dulces son los polisacáridos estructurales de pared celular que provienen principalmente de los frutos (pectina, hemicelulosa, celulosa). Esta metodología de todos modos podría tener errores en la estimación de la proporción de fruta en los casos en los que se adicione de pectina como aditivo ya que este componente también es insoluble en etanol. En los tratamientos evaluados en el presente trabajo *a priori* podría esperarse un nivel similar de polisacáridos insolubles en alcohol debido a que 1) la proporción de fruta y azúcar fue igual en ambos casos y 2) la cantidad de pectina adicionada también fue semejante. A pesar de esto se observó que el contenido de RIA fue menor en los dulces provenientes de cocciones largas (**Figura 20**). Esto podría deberse a que la cocción prolongada en medio ácido haya provocado una cierta hidrólisis de las pectinas generando productos ricos en ácido

galacturónico solubles. El menor nivel de polisacáridos remanentes (RIA) en los dulces de cocción prolongada podría explicar la menor retención de agua observada en la determinación de agua por secado en estufa (**Figura 17**), puesto que se conoce la elevada capacidad de las pectinas de asociarse con este componente. En tal caso en cocciones lentas resultaría recomendable realizar el agregado de pectina en etapas más avanzadas del proceso para minimizar su degradación.

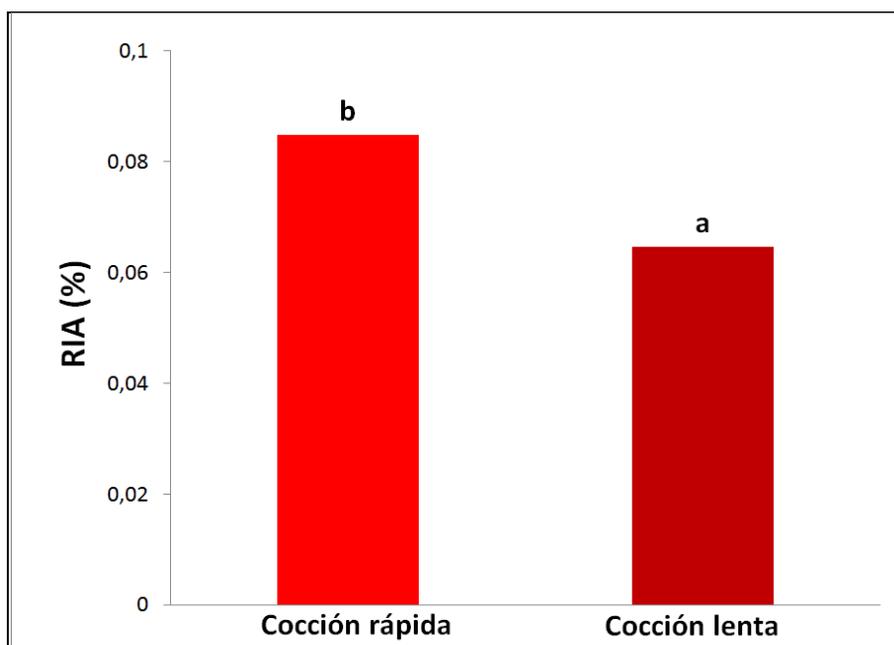


Figura 20: Residuo insoluble en alcohol de dulce de tomate elaborado por una cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

El contenido de glucosa, fructosa y sacarosa fue de 18%, 15% y 27% respectivamente en la cocción rápida, mientras que en la cocción lenta fue de 28%, 22% y 10% respectivamente (**Figuras 21, 22 y 23**).

Para que el producto no tenga sabor predominante a sacarosa, aumente en gran parte la solubilidad de los azúcares y adquiera el brillo característico, la conversión de sacarosa en azúcares simples (inversión) no debe ser mayor al 50-60% ni menor al 30% (**De Michelis, 2008**). La formación de glucosa y fructosa a partir de la sacarosa impide

además la cristalización de los dulces mejorando la conservación. Los dulces de cocción lenta presentaron en este trabajo una mayor inversión de la sacarosa (~80%) que los de cocción rápida (~55%) (**Figura 24**). Esto podría indicar que la degradación de la sacarosa es excesiva especialmente en los dulces con tratamiento térmico prolongado lo que podría conducir a una textura más similar a la de un jarabe o miel. La cocción rápida en el presente estudio provocó una adecuada inversión de la sacarosa. En caso de reducirse más el tiempo de procesamiento debería considerarse la posibilidad de agregar a la mezcla ya parte del azúcar bajo la forma de glucosa y fructosa para minimizar los problemas asociados con una limitada inversión

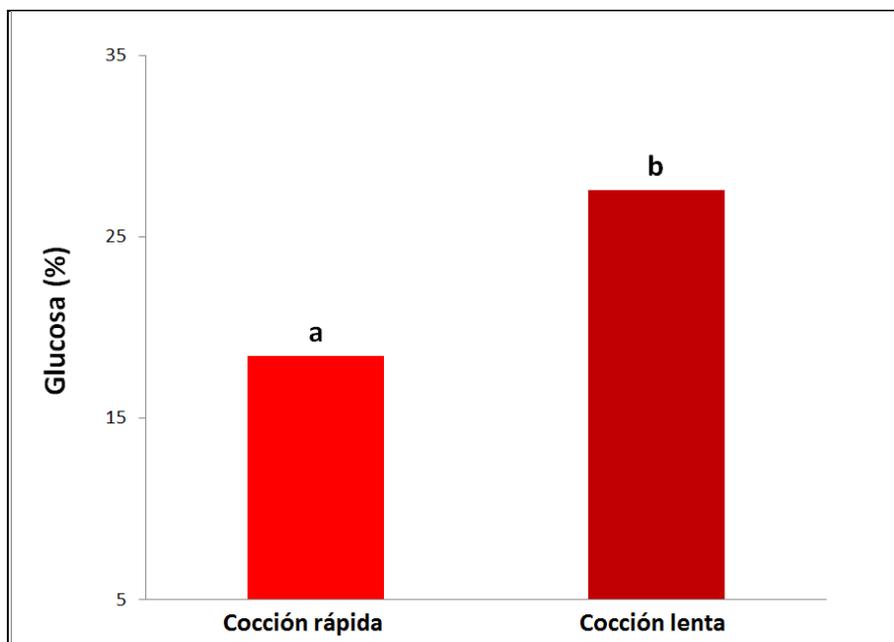


Figura 21: Glucosa en dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

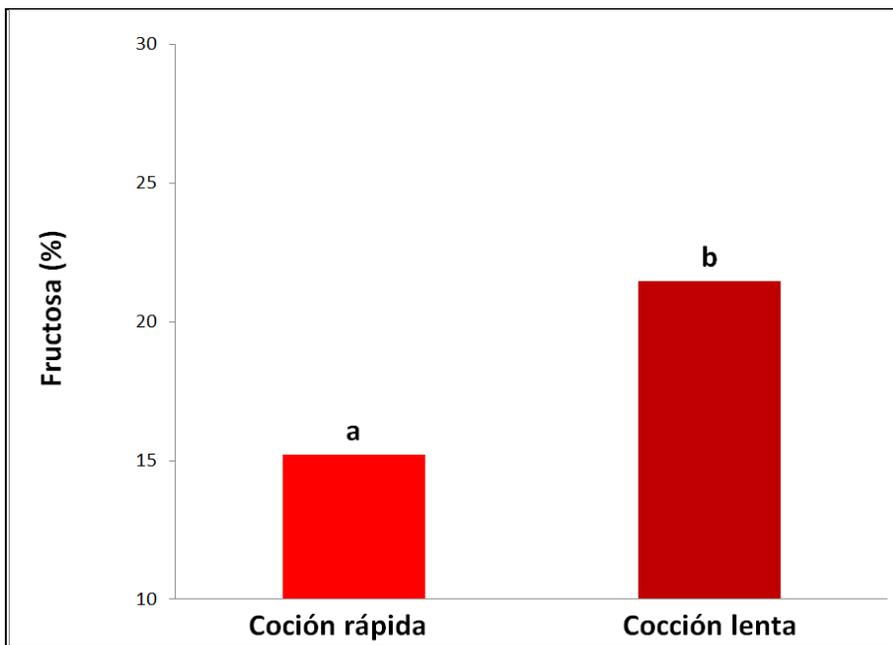


Figura 22: Fructosa en dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

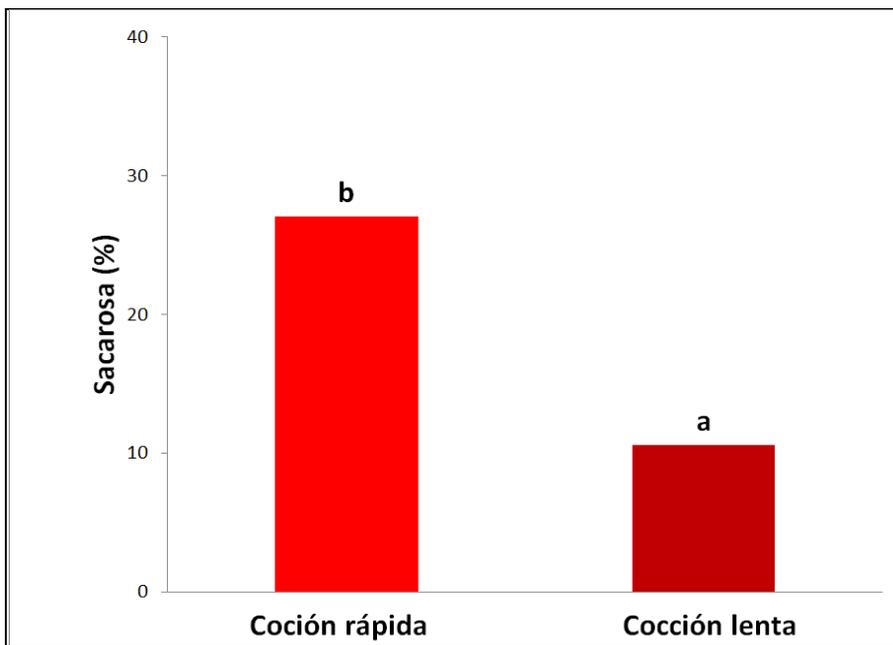


Figura 23: Sacarosa en dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

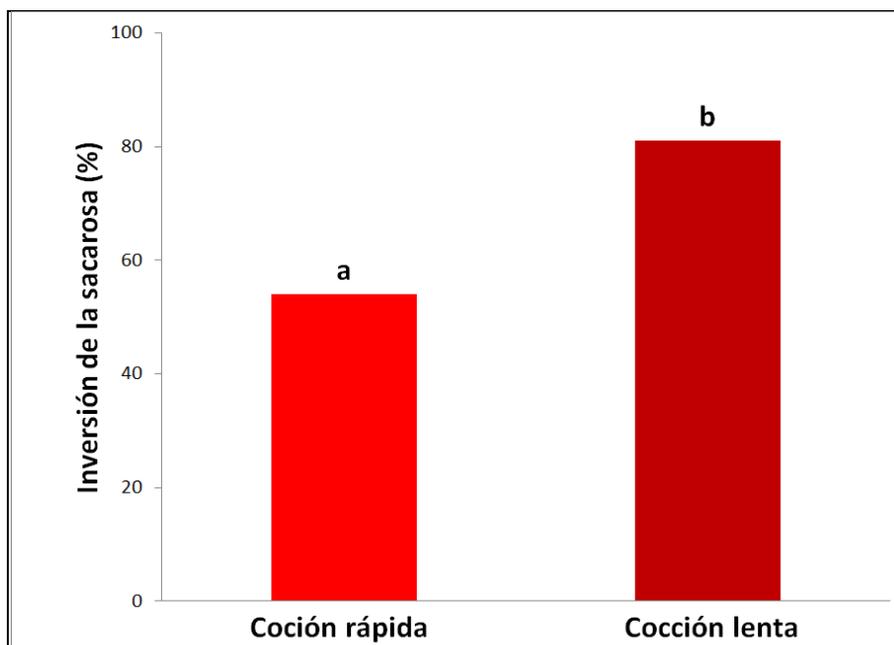


Figura 24: Inversión de la sacarosa en dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

4.3. COLOR, APARIENCIA Y CONTENIDO DE LICOPENO

En el caso de la medición de color, el equipo utilizado arroja valores de tres parámetros que son L, *a y *b. Éstos se relacionan con la proporción que un determinado color posee de sus tres componentes básicos: blanco-negro como en el caso de L*, componente rojo del color como en el caso de valores superiores de *a y proporción del componente de color amarillo lo que es indicado por valor elevados de *b.

Para interpretar las lecturas, un dato menor de L indica que el color es más oscuro, un dato menor de *a indica menos componente rojo del color y menor *b indica menos componente amarillo del color. Los resultados de las mediciones objetivas de color se observan en las **Figuras 25, 26 y 27**. Los dulces de cocción lenta fueron más oscuros (menor L*) y presentaron una menor preponderancia de componentes rojos (menor a*) y amarillos (menor b*).

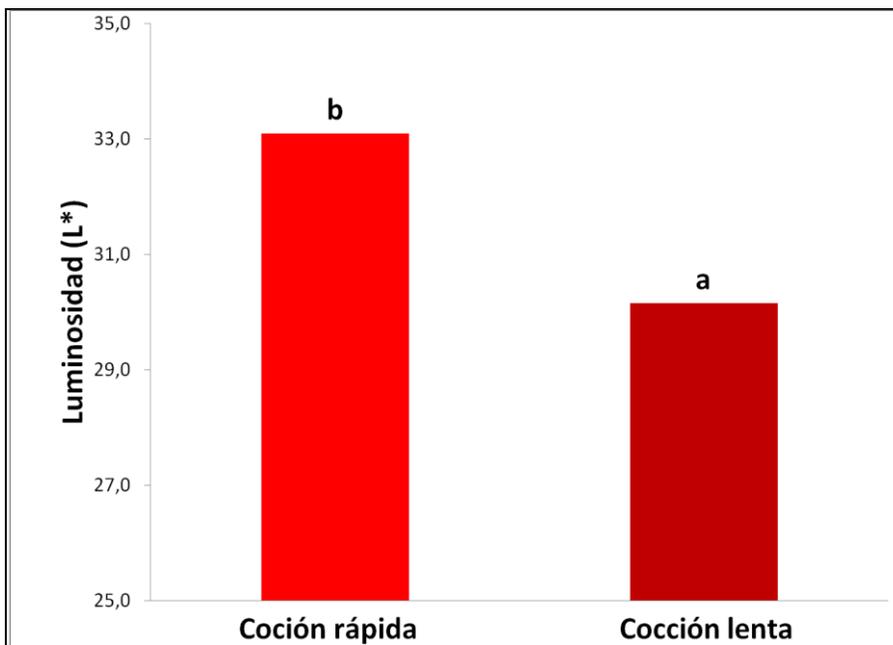


Figura 25: Luminosidad (L*) de dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

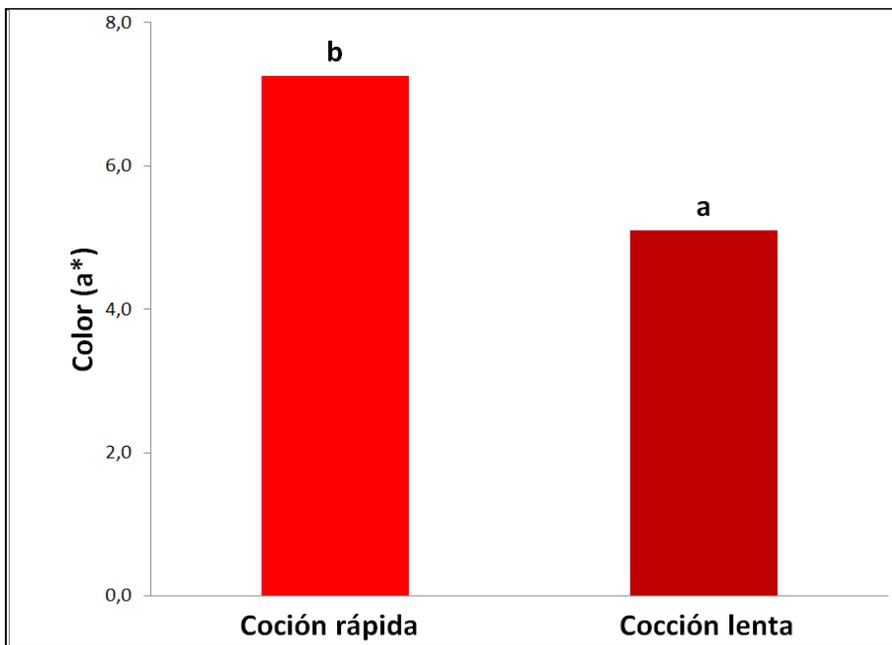


Figura 26: Color superficial (a*) de dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Más allá de las medidas instrumentales las diferencias de color entre los tratamientos era detectable en forma visual (**Figura 28**) con un tono más oscuro en el caso de los dulces obtenidos por cocción lenta.

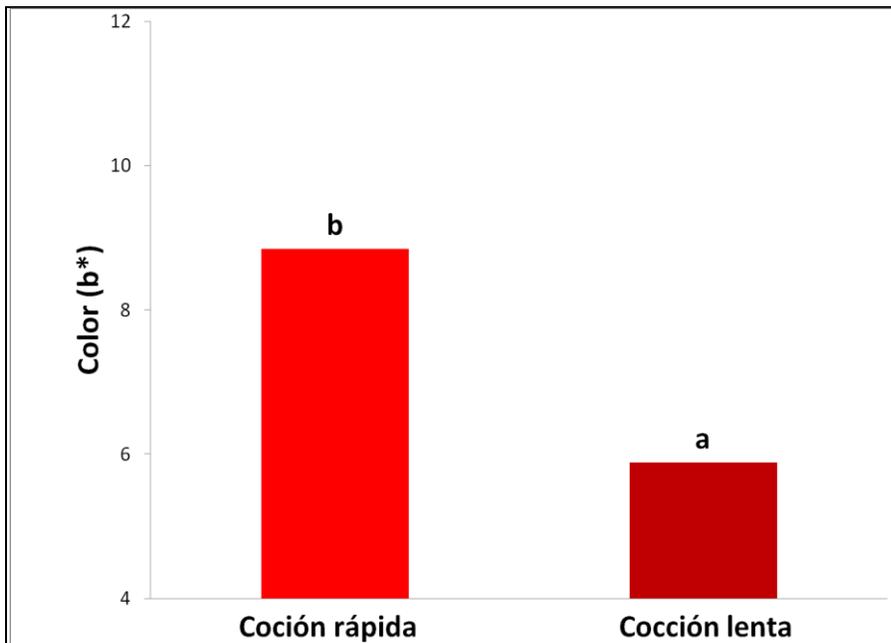


Figura 27: Color superficial (b*) de dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.



Figura 28: Apariencia de dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta.

Dado que la diferencia de color entre los tratamientos podía deberse a variaciones en los niveles de licopeno como consecuencia de la cocción diferencial se decidió determinar el contenido de este pigmento. Los niveles de licopeno se ubicaron entre 4 y 5 microgramos por gramo de producto sin diferencias entre tratamientos (**Figura 29**). Si bien los tratamientos térmicos intensos pueden favorecer la degradación de algunos compuestos presentes en los frutos, los carotenoides suelen ser bastante resistentes al calor (**Rodríguez Amaya, 2001**). Las diferencias de color entre los tratamientos podrían deberse entonces a otro factor más allá de los niveles de licopeno. Una posibilidad que requeriría mayores estudios es la mayor formación de compuestos amarrados como consecuencia de la caramelización más intensa resultante de la cocción lenta.

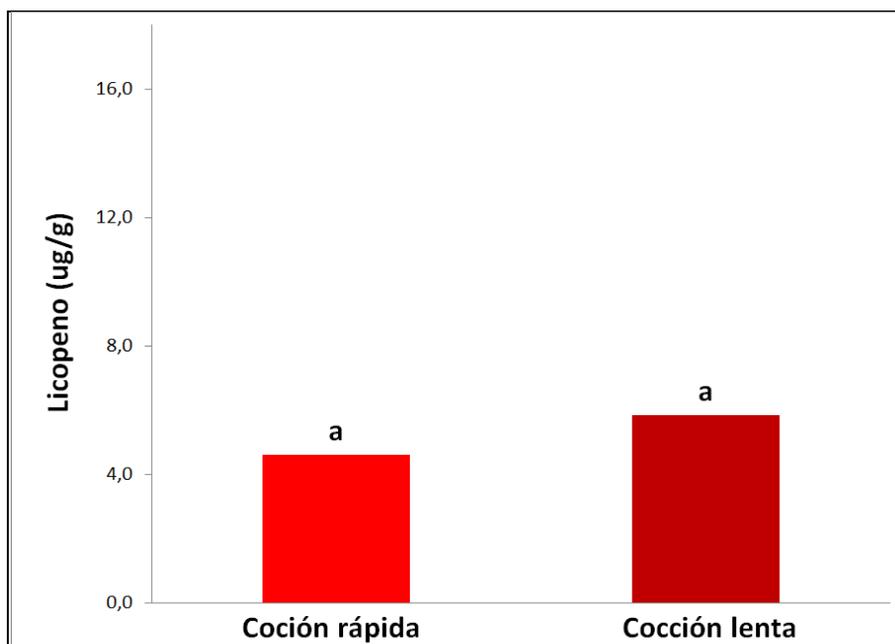


Figura 29: Licopeno en dulce de tomate elaborado por un cocción rápida y lenta. Las letras distintas indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

5. CONCLUSIONES



Los resultados del presente trabajo de tesis muestran que los dulces de tomate obtenidos por cocción lenta y rápida mostraron un similar grado de aceptabilidad. De todos modos la velocidad de cocción posee influencia sobre la composición y propiedades físicas y químicas del dulce de tomate. La duración del período de cocción no afectó el pH en forma significativa aunque la acidez fue superior en los dulces de cocción rápida. El tiempo de evaporación tuvo un marcado efecto en la distribución de azúcares de los dulces. La cocción lenta resultó en un mayor contenido de glucosa y fructosa y en una concentración más baja de sacarosa. El color de los dulces elaborados por cocción rápida fue más claro (L^) y mostró una mayor presencia de componentes rojos (a^*) y amarillos (b^*) que los dulces de cocción lenta. Las diferencias en el color no se debieron a una degradación de licopeno en la cocción prolongada ya que no se encontraron diferencias en los niveles de dicho pigmento entre los tratamientos. En ese sentido el color más oscuro y menos rojo de los dulces de cocción prolongada podría estar asociado a la reacciones de caramelización.*

REFERENCIAS

- AOAC. (1980). Official Methods of Analysis, 13th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
- Baron, C.G., Barés, C., Maradei, F. (2000). Manejo poscosecha de tomate. Mercado Central de Buenos Aires. En: <http://www.mercadocentral.gob.ar/zip tecnicas/tomate.pdf> Visitado: Ago. 2014.
- Barrett, D.M. Somogyi, L., Ramaswamy, H.S. (2004). Processing Fruits: Science and Technology, Second Edition. CRC Press. ISBN-10: 084931478X ISBN-13: 978-0849314780. 864 pp.
- CHFBA. (2005). Censo Horti-Florícola de la provincia de Buenos Aires. En: <http://www.ec.gba.gov.ar/estadistica/chfba/censohort.htm> Visitado: Sep. 2014.
- De Michelis, A. (2008). Elaboración y conservación de frutas y hortalizas. Editorial Hemisferio Sur ISBN: 9789505045907. 422 pp.
- Durst, H.D., Gokel, G.W. (2007). Experimental organic chemistry. Editorial Mc Graw Hill ISBN: 978-84-291-7155-6. 16 pp.
- FAOSTAT. (2015). Food and Agriculture Organization of the United Nations. En: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>. Visitado Feb. 2015.
- Fernández Lozano, J. (2012). La Producción de Hortalizas en Argentina. Secretaria de Comercio Interior. Mercado Central de Buenos Aires. Recuperado En: http://www.mercadocentral.gob.ar/zip tecnicas/la_produccion_de_hortalizas_en_argentina.pdf Visitado: Sep. 2014.
- Fügel, R., Carle, R., Schieber, A. (2004) A novel approach to quality and authenticity control of fruit products using fractionation and characterization of cell wall polysaccharides. Food Chemistry 87, 141–150.
- Gómez Z., Juan F. (1998). Factibilidad Técnica del Aislamiento y la Caracterización de Pectina cítrica para el Sector Agroindustrial. (Trabajo de Grado). Medellín: Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Administración
- Igual, M., Castelló, M.L., Ortolá, M.D., Andrés, A. (2011). Some quality aspects of persimmon jam manufactured by osmotic dehydration without thermal treatment. International Journal of Food Engineering 7, 1-15
- Igual, M., Sampedro, F., Martínez-Navarrete, N., Fan, X. (2013). Combined osmodehydration and high pressure processing on the enzyme stability and

- antioxidant capacity of a grapefruit jam. *Journal of Food Engineering* 114 (4), 514-521.
- Levaj, B., Bunić, N., Dragović-Uzelac, V., Kovačević, D.B. (2010). Gel strength and sensory attributes of fig (*Ficus carica*) jams and preserves as influenced by ripeness. *Journal of Food Science* 75, S120-S124.
- Nuez, F. (1995). *El cultivo del tomate*. Mundi-Prensa, 1995. ISBN, 8471145499. 793 pp.
- Pilgrim, G. W., Walter, R. H., & Oakenfull, D. G. (1991). The chemistry of high-methoxyl pectins. In R. H. Walter (Ed.), *The chemistry and technology of pectin* (pp. 24–50). San Diego: Academic Press.
- Rababah, T.M., Al-Mahasneh, M.A., Kilani, I., Yang, W., Alhamad, M.N., Ereifej, K., Al-u'datt, M. (2011). Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91 (6), 1096-1102.
- Rodríguez Amaya DB. (2001) *A guide to carotenoid analysis in foods*. Departamento de Ciência de Alimentos Faculdade de Engenharia de Alimentos Universidade Estadual de Campinas C.P. 6121, 13083-970 Campinas, SP., Brasil.
- Suutarinen, J., Honkapää, K., Heiniö, R.-L., Autio, A., Mustranta, S., Karpinen, S (2002). Effects of calcium chloride-based prefreezing treatments on the quality factors of strawberry jams. *Journal of Food Science*, 67(2), 884–893.
- Taber, H., Perkins-Veazie, P., Lil, S., White, W., Rodermel, S., Xu, Y. (2008). Enhancement of tomato fruit lycopene by potassium is cultivar dependent. *HortScience* 43, 159–165.
- USDA Nutrient Database for Standard Reference. (2015). En: <http://ndb.nal.usda.gov/> Visitado Mar 2015.