



Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

COLEGIO DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**“PRODUCTOS DESHIDRATADOS DE TOMATE
SALADETTE (*Solanum Lycopersicum L*) UNA
ALTERNATIVA DE CONSERVACIÓN Y
PROCESAMIENTO DIRIGIDO A LA POBLACIÓN
INFANTIL DE LA SIERRA NORTE DEL ESTADO DE
PUEBLA”**

TESIS PROFESIONAL

**Para obtener el Título de:
Licenciatura en Ingeniería en Alimentos**

Presenta:

YADIRA ESPINDOLA PILARES

Director de Tesis:

Dra. Ma. Lorena Luna Guevara

Co asesor

Dra. Adriana Delgado Alvarado

Puebla, Pue. Febrero 2021

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	7
INTRODUCCIÓN.....	8
OBJETIVOS	10
Objetivo General.....	10
Objetivos particulares	10
HIPÓTESIS	11
MARCO TEÓRICO	12
CAPITULO 1. GENERALIDADES DEL TOMATE	12
1.1 INTRODUCCIÓN.....	12
1.2 TAXONOMÍA.....	15
1.3 VALOR NUTRITIVO Y COMPOSICIÓN	16
1.4 CONTENIDO DE LICOPENO.....	17
CAPÍTULO 2 DESHIDRATACIÓN Y TIPOS DE DESHIDRATADORES	20
2.1 INTRODUCCIÓN.....	20
2.2.1 SECADOR SOLAR	23
CAPÍTULO 3. DESHIDRATACIÓN EN FRUTAS Y HORTALIZAS	24
3.1 TIPOS DE PRODUCTOS A BASE DE FRUTOS DESHIDRATADOS.....	25
CAPITULO 4. EVALUACIÓN SENSORIAL	26
4.1 Percepción sensorial.....	26
4.2 Pruebas sensoriales.....	27
METODOLOGÍA	29
5.1 REGIÓN DE ESTUDIO.....	30
5.2 SELECCIÓN Y RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	31
5.3 PREPARACIÓN DEL FRUTO FRESCO.....	32
5.4 PRUEBAS FISICOQUÍMICAS.....	33
5.4.1 COLOR.....	33
5.4.2 pH y Sólidos Solubles (°Brix).....	34
5.4.3 FIRMEZA	35
5.5 CONTENIDO DE LICOPENO.....	36
5.6 DESARROLLO DE PRODUCTOS.....	37
5.7 DESHIDRATACIÓN SOLAR.....	42
5.8 ANÁLISIS EN PRODUCTO TERMINADO.....	43

5.8.1 CONTENIDO DE LICOPENO EN FRUTO DESHIDRATADO	43
5.8.2 PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS.....	44
5.8.3 PRUEBAS SENSORIALES.	45
CAPITULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
6.1 FRUTO FRESCO	47
6.1.1 Análisis fisicoquímico.....	47
6.1.2 Color	47
6.1.3 Contenido de Licopeno.....	48
6.2 FRUTO DESHIDRATADO	49
6.2.1 Análisis fisicoquímico.....	49
6.2.2 Color	51
6.2.3 Secado	52
6.2.4 Contenido de Licopeno.....	53
6.2.5 Análisis microbiológico	54
6.2.6 Evaluación sensorial	55
CONCLUSIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del tomate.....	15
Tabla 2. Valor nutritivo de los frutos de tomate (100g fruto).....	17
Tabla 3. Contenido de licopeno en diversos alimentos.....	19
Tabla 4. Diferentes tipos de deshidratación.....	22
Tabla 5. Composición proximal de frutas y hortalizas.....	24
Tabla 6. Uso de frutas y verduras deshidratadas.....	25
Tabla 7. Indicador de colores para racimos en la planta.....	31
Tabla 8. Formulación para aderezo de rebanada (P1).....	39
Tabla 9. Formulación del recubrimiento y aderezado.....	41
Tabla 10. Condiciones de deshidratado.....	43
Tabla 11. Propiedades fisicoquímicas de fruto fresco.....	47
Tabla 12. Color en fruto fresco.....	47
Tabla 13. Comparativo de pH.....	49
Tabla 14. Comparación de grados °Brix.....	50
Tabla 15. Resultados de análisis microbiológicos (UFC/g) de los deshidratados.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes variedades de tomate.....	14
Figura 2. Tomate tipo saladette.....	14
Figura 3. Estructura química del Licopeno.....	17
Figura 4. Diagrama de flujo.....	29
Figura 5. Invernaderos de producción de tomate en la localidad de Tonalapa, Tetela de Ocampo, Puebla.....	30
Figura 6. Mapa del Estado de Puebla, Localización Tétela de Ocampo, Puebla.....	30
Figura 7. Plantas de estudio en invernadero.....	31
Figura 8. Almacenamiento de tomate.....	32
Figura 9. A) Desinfectado de tomate en grado de madurez de consumo. B) Rebanado de tomate. C) Tomate fresco cortado en cubo.....	32
Figura 10. Colorímetro marca Minolta modelo CR-300.....	33
Figura 11. A) Prueba de pH a jugo de tomate. B) Prueba de sólidos solubles en Refractómetro ATAGO.....	34
Figura 12. Prueba de firmeza en tomate saladette madurez de consumo sobre maduro.....	35
Figura 13. Prueba en termo balanza OHAUS MB 45.....	35
Figura 14. A) Reactivos para llevar a cabo la prueba del contenido de licopeno. B) Proceso de enfriamiento y centrifugación para evaluar la muestra. C) Separación de fases de la muestra.....	36
Figura 15. Diagrama de flujo elaboración de Producto 1 (P1).....	38
Figura 16. Rebanada de tomate aderezada.....	39
Figura 17. Diagrama de flujo- Elaboración de producto 2, cubo de tomate deshidratado.....	40
Figura 18. Prototipo de secador solar, diseñado por el Dr. José Guillermo Pérez Luna del Departamento de Semiconductores de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.....	42
Figura 19. Charola de deshidratador con tomate cortado en cubo.....	42

Figura 20. Separación de fases en muestra de producto terminado, para evaluar contenido de licopeno.....	43
Figura 21. Conteo de UFC: Bacterias mesofilas aerobias.....	44
Figura 22. Conteo UFC: Coliformes totales.....	44
Figura 23. Conteo de UFC: Hongos y levaduras.....	45
Figura 24. Escala hedónica de 7 puntos, dirigida a niños.....	45
Figura 25. Comparación de parámetros de color (L, a, b) entre fruto fresco, rebanada de jitomate deshidratada (P1) y cubo de jitomate deshidratado (P2). Donde (FF) es Fruto Fresco, (P1) es Producto 1 Rebanada y (P2) es Producto 2 Cubo.....	51
Figura 26. Curvas de secado en P1 y P2.....	52
Figura 27. Comparación de contenido de Licopeno en las diferentes muestras de tomate. Donde (FF) es Fruto Fresco, (P1) es Producto 1 Rebanada y (P2) es Producto 2 Cubo.....	53
Figura 28. Grupo de panelistas evaluación sensorial. B) Panelista masculino de 9 años evaluando P2. C) Panelista femenino evaluando P1.....	55
Figura 29. Resultados de la evaluación sensorial.....	56

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a mis padres Carlos Espindola y Rosario Pilares, por el apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida y la conclusión de esta.

A mi familia quienes son mi motivación principal, por siempre ser mi inspiración y contar con su apoyo incondicional.

De manera cordial a mi asesora de tesis Dra. María Lorena Luna Guevara por brindarme su paciencia, ayuda y enorme guía que me llevo a concluir este proceso.

También quiero agradecer al Colegio de Postgraduados, en particular la Dra. Adriana Delgado Alvarado por la asesoría, apoyo y acompañamiento en el laboratorio durante las determinaciones realizadas en esta tesis.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L) es considerado como una de las hortalizas de mayor importancia en varios países del mundo, por el gran número de productos que se obtienen de él. Mundialmente ocupa el segundo lugar entre las hortalizas debido a su nivel de producción, la cual es superada solamente por el cultivo de la papa. En México, el tomate está considerado como la segunda especie hortícola más importante, debido a la superficie sembrada y por sus niveles de producción. Siendo los principales estados productores: San Luis Potosí, Michoacán, Puebla, Zacatecas, Coahuila (SIAP, 2020)

Puebla ocupa el cuarto lugar en la producción nacional de tomate. En la Sierra Norte del estado la producción de tomate se realiza en invernaderos de algunos municipios como Tétela de Ocampo, Zacatlán, Aquixtla e Ixtacamaxtitlan, inclusive de la Mixteca, que es una zona de difícil disponibilidad de agua. (SAGARPA, 2013). Cabe mencionar que a través de la instalación de invernaderos que proporcionan condiciones controladas de producción, se ha detonado esta actividad.

Como la producción en invernaderos de tomate en el estado va en aumento, se requiere una diversificación a través del incremento en las formas de procesamiento y empaque en la que el producto es presentado.

Por otra parte existe una tendencia mundial hacia un mayor consumo de frutas y hortalizas, motivado fundamentalmente por una creciente preocupación por una dieta más equilibrada (FAO, 2006). Asimismo, estos vegetales son consumidos crudos o con muy poca preparación debido a que las principales preocupaciones del consumidor es que se encuentren libres de contaminantes que puedan afectar la salud y mantengan su aportación nutrimental. Estas características pueden medirse mediante pruebas químicas, microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales, así no solo se determina el estado del fruto sino que también se obtiene la información nutricional.

El fruto de tomate contiene nutrientes benéficos para el organismo como el licopeno que le da un excelente color natural al alimento y también sirve como un ingrediente funcional con beneficios para la salud importantes más allá de la nutrición básica (Kaur, 2005). Una dieta rica en licopeno se relaciona con un menor riesgo de ciertos tipos de cáncer debido a la protección de este antioxidante contra el daño oxidativo (Johnson, 2000).

Cabe mencionar el alto contenido de agua en el fruto de tomate, lo vuelve un producto altamente perecedero, por lo cual se requiere proceso de conservación como el secado. Con el cual se puede prevenir la pérdida post-cosecha y extender el tiempo de vida útil del producto.

De acuerdo a lo mencionado, se plantea la opción de productos hechos a base de tomate deshidratado por ser una alternativa nutritiva y baja en grasas de consumo entre menores en edad escolar.

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar dos productos tipo “*snacks*” utilizando tomate deshidratado, los cuales se evaluaron mediante análisis fisicoquímicos, sensoriales y contenido de licopeno. Asimismo, se analizaron los indicadores microbiológicos para garantizar la inocuidad de los productos.

Objetivos particulares

- Seleccionar y clasificar la materia prima mediante pruebas fisicoquímicas (Color, pH, sólidos solubles, porcentaje de humedad, firmeza).
- Desarrollar dos productos a base de tomate deshidratado, considerando dos geometrías: la rebanada y el cubo.
- Evaluar la estabilidad microbiológica de los frutos deshidratados mediante la evaluación de los grupos indicadores: bacterias mesófilas aerobias, Coliformes totales, hongos y levaduras.
- Analizar el contenido de licopeno en fruto fresco y productos deshidratados.
- Evaluar el nivel de aceptación de los productos deshidratados mediante pruebas sensoriales con niños de 9 a 12 años, utilizando la escala hedónica de 7 puntos, en una escuela primaria de la localidad en estudio.

HIPÓTESIS

En este trabajo de investigación se especula que los productos elaborados con la geometría cubo y rebanada de tomate 1 y 2, presentarán diferencias significativas en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas, contenido de licopeno y nivel de aceptación sensorial.

MARCO TEÓRICO

CAPITULO 1. GENERALIDADES DEL TOMATE

1.1 INTRODUCCIÓN

Existen más variedades de tomate que de cualquier otra hortaliza en el mundo (Foolad, 2007) además su amplio consumo se atribuye a la versatilidad de su uso, ya que puede consumirse directamente o añadido a otros alimentos. También se puede transformar en diversos productos, tales como: pastas, productos mínimamente procesados, jugos, salsas y sopas (Labate et al. 2007). Sin embargo, las frutas y hortalizas son productos altamente perecederos y los esfuerzos realizados para elevar la producción se pierden en las etapas subsiguientes, ocurriendo grandes pérdidas posteriores a la cosecha.

La productividad del tomate por unidad de superficie continúa creciendo, los rendimientos varían en un amplio rango en función de las tecnologías empleadas, desde el cultivo a cielo abierto, hasta la producción en invernaderos altamente tecnificados con sistemas automatizados de riego y nutrición. Las inversiones en agricultura protegida están orientadas a mejorar los niveles de rentabilidad del cultivo (FIRA, 2016). Particularmente la producción de frutas y hortalizas en el estado de Puebla ha tenido una evolución importante en los últimos años, para la cual muchos productores han preferido la agricultura protegida. Las estadísticas oficiales reportan que la superficie es de más de 25 mil hectáreas, sin considerar acolchados y túneles bajos (SIAP/SAGARPA, 2016). Debido a que su cultivo se ha adaptado a las condiciones de invernadero y es posible encontrar tomate fresco durante todo el año. Pero aunado lo anterior la producción de tomate pequeño o en exceso, además de la maduración del fruto, conlleva a que el fruto no pueda ser comercializado y requiera ser utilizado como alimento para ganado o desechado, teniendo pérdidas económicas considerables.

La situación mencionada ha propiciado la necesidad de generar alternativas de conservación del tomate en la Sierra Norte del Estado de Puebla, generando productos que mantengan sus propiedades nutricionales y funcionales.

Los deshidratados de tomate pueden significar una opción viable de consumo para la población infantil, debido a que en esta etapa de vida en ocasiones se consumen alimentos carentes de nutrientes.

Además los comportamientos de alimentación que se aprendan durante la infancia, se reflejarán en la salud de la vida adulta. Por lo tanto, la identificación y la modificación de comportamientos de salud inadecuados, pueden ser mejoradas y se puede reducir el impacto negativo en la salud a largo plazo por prácticas de nutrición deficientes. Adicionalmente los hábitos de consumo durante la infancia están orientados principalmente hacia los productos tipo “snacks” o botanas y golosinas (Moore, 2007).

Los alimentos que se consumen en el horario escolar pueden representar hasta un tercio de la ingestión diaria de energía, por lo que es necesario ofrecer alimentos nutritivos que permitan una ingestión adecuada de nutrimentos.

Las cooperativas escolares con frecuencia ofrecen productos poco benéficos para la alimentación y salud de los educandos como bebidas endulzadas, dulces y golosinas que propician el consumo excesivo de energía y nutrimentos como sodio, grasas saturadas e hidratos de carbono simples que pueden condicionar el desarrollo de malos hábitos alimentarios y a largo plazo, representar factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónico degenerativas, incluyendo la obesidad (Flores-Huerta, 2008).

En cuanto al fruto tomate (*Solanum lycopersicum* L) se refiere, existen una gran gama de variedades y tipos en México como se puede observar en la Figura 1, entre las más representativas se encuentran los tipo, bola, cherry y saladette, siendo este último el que se ubica en primer lugar de acuerdo a su producción (Notario, 2012)



Figura 1. Diferentes variedades de tomate.

El tomate saladette es un fruto en forma de pera (figura 2) es una de las hortalizas más consumidas, es originaría de Sudamérica e introducida a el resto del mundo. Este fruto presenta un alto valor nutricional y una escasa cantidad de calorías, esto se debe a su composición porcentual, ya que más del 90% del fruto es agua. Contiene azúcares simples que le confieren un ligero sabor dulce y algunos ácidos orgánicos que le otorgan el sabor característico (Pamplona, 2005).



Figura 2. Tomate tipo saladette.

1.2 TAXONOMÍA

En función a su nombre científico, *Solanum Lycopersicum L*, el tomate es una especie de la familia de las solanáceas, su taxonomía se describe a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía del tomate

DIVISIÓN	NOMBRE
Reino	Plantae
División	Magnoliopyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asterídae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	Solanum
Especie	Lycopersicum

Fuente: Pamplona, 2005

La descripción botánica de la planta del tomate es perenne de porte arbustivo. Puede desarrollarse en forma rastrera, semirrecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas). Su sistema radicular puede describirse como: raíz principal, raíces secundarias (numerosas y potentes), raíces adventicias, tallo principal, hojas de bordes dentados, flores amarillas que tienen cinco piezas reunidas en ramilletes laterales y fruto que al madurar adquiere un color rojo en la cáscara y en la pulpa, que es dividida en lóculos con semillas. El color del tomate, verde al principio y rojo cuando madura, se debe a una sustitución de clorofila por carotenos (CONABIO, 2001)

1.3 VALOR NUTRITIVO Y COMPOSICIÓN

Los nutrientes se definen como la aportación de compuestos a un organismo, que pueden ser utilizados para una variedad de procesos vitales, como suplir energía, formar células o regular funciones del organismo. (Salguero, 2008)

Los tomates son ricos en β caroteno, licopeno y otros antioxidantes (Zamora, 2007). La aportación de fitoquímicos y antioxidantes que se pueden obtener del tomate, es una propiedad significativa debido a que el de tomate es accesible para los mexicanos y el fruto aporta la cantidad necesaria de antioxidantes que necesita el cuerpo humano.

El antioxidante principal de este fruto, el licopeno que le da un excelente color natural al alimento y también sirve como un ingrediente funcional con beneficios para la salud importantes más allá de la nutrición básica (Kaur, 2005).

Asimismo, en el tomate encontramos principalmente vitaminas, la más abundante es la C, (23 mg/100g), este porcentaje cubre la tercera parte de las necesidades diarias, también contiene vitaminas B1, B2, B6, niacina y folato. Los carbohidratos tienen una aportación considerable, así como los minerales en los cuales se destacan el potasio, el hierro, el magnesio y el fósforo (González-Aguilar et al, 2005)

La mayor parte de las frutas y hortalizas contienen más de 80 g de agua por cada 100 g de producto, tabla 2.

El contenido en agua depende de la cantidad que haya tenido disponible el tejido (Wills et al., 1998)

Tabla 2. Valor nutritivo de los frutos de tomate (100g fruto)

COMPONENTE	CANTIDAD
Agua (%)	95
Licopeno (mg)	12-20
Proteína (g)	1.1
Carbohidratos (g)	4.7
Ca (mg)	13
P (mg)	27
Na (mg)	3
K (mg)	244
Ácido ascórbico (mg)	23
Tiamina B1 (mg)	0.06
Rivoflavina B2 (mg)	0.04
Vitamina A (mg)	0.09

Fuente: Valadez, 1996

1.4 CONTENIDO DE LICOPENO

El licopeno es un carotenoide de estructura cíclica, isómero del beta caroteno, que carece de actividad provitamina A (por no contar con el anillo de Beta-ionona), (Figura 3), cuya fórmula es $C_{40}H_{56}$.

Se encuentra en la naturaleza como pigmento natural liposoluble responsable del color rojo y naranja de algunas frutas y verduras y se caracteriza por poseer una estructura química de cadena abierta alifática formada por cuarenta átomos de carbono con trece enlaces dobles de los cuales once son conjugados, por lo que es muy reactivo frente al oxígeno y a los radicales libres (Vitale et al,2010).

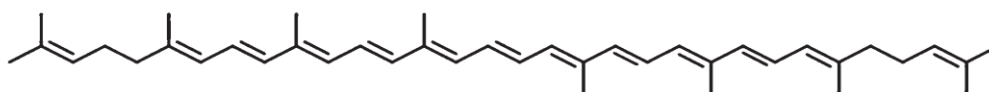


Figura 3. Estructura química del Licopeno

El licopeno es considerado el principal pigmento responsable de la coloración roja del tomate y es el carotenoide más abundante y comprende aproximadamente de 80 a 90% de los pigmentos presentes. La cantidad de licopeno en tomate fresco puede variar dependiendo de la especie, la madurez y las condiciones ambientales en las que la fruto a (Shi, 2000).

Los tomates y sus productos derivados son las mayores fuentes de licopeno y son considerados importantes contribuidores de carotenoides en la dieta humana, solo entre el 10 y el 30% del licopeno es absorbido, estas cadenas se incorporan dentro de las micelas de los lípidos que forman parte de la dieta y se absorbe por difusión pasiva en la mucosa intestinal, y luego se libera para ser transportado por las lipoproteínas (Galhardo et al, 2009).

El licopeno es el principal antioxidante presente en este fruto, los antioxidantes son componentes con capacidad para neutralizar los radicales libres de nuestro cuerpo. (Medline Plus, 2009).

Los radicales libres son moléculas que se producen cuando el cuerpo degrada los alimentos o por la exposición ambiental al humo del tabaco y la radiación (Zamora, 2007). Los radicales libres pueden dañar las células y pueden representar un papel importante en las enfermedades cardíacas, el cáncer y otras enfermedades.

Otras fuentes de licopeno son la sandía, la guayaba rosa, la papaya y la toronja, entre otras (Gross, 1987), estos frutos se caracterizan por su color rojizo pasando por tonalidades hasta llegar al naranja, como se muestra en la Tabla 3.

Su concentración depende de su ingestión alimentaria, pero está poco influenciada por la variación del día a día, debido a que la vida media del licopeno en plasma es de 12 a 33 días. (Waliszewski, 2010)

Tabla 3. Contenido de licopeno en diversos alimentos

ALIMENTO	CONTENIDO DE LICOPENO (mg/100 gr)
Tomate, fresco	12-20
Tomate, jugo	5.00-11.60
Tomate, salsa	6.20
Tomate, pasta	365
Tomate, sopa	7.99
Sandia	2.3-7.2
Guayaba rosa	5.23-5.50
Toronja	0.35-3.36
Papaya	0.11-5.3
Zanahoria	0.65-0.78
Calabaza	0.38-0.46

Fuente: Rao et al, 2006

CAPÍTULO 2 DESHIDRATACIÓN Y TIPOS DE DESHIDRATADORES

2.1 INTRODUCCIÓN

Se desconoce cuándo inicio la conservación de alimentos por deshidratación pero la historia nos muestra que nuestros antepasados aprendieron como secar alimentos por ensayo y error. La deshidratación es el proceso en el cual hay pérdida de líquidos, en cuanto a los alimentos es una de las formas más antiguas de conservación, ya que por medio de este método se disminuye la actividad de agua y por lo tanto se inhibe al crecimiento de microorganismos y otros procesos de descomposición que dependen de la humedad (Barbosa et al, 2001).

Además de la conservación el secado se utiliza para reducir dificultad en el embalaje, manejo, almacenamiento y transporte, pues el secado reduce el peso y el volumen (Barbosa et al, 2001). La deshidratación es una operación en la que se da el transporte simultaneo de calor y masa. En esta operación debe aportarse el calor sensible y el calor de sublimación necesario para la evaporación, mientras que el vapor de agua se transporta por el interior del alimento hacia la atmósfera circundante.

Debido a que los productores de tomate de la Sierra Norte del Estado de Puebla requieren una optimización en el uso y procesamiento en sus cosechas.

La deshidratación solar puede significar una alternativa viable para la conservación de este tipo de fruto. Adicionalmente los deshidratados obtenidos tendrían cabida en su comercialización si forman parte en la formulación de algunos productos infantiles que contengan compuestos funcionales.

Hoy en día la industria de alimentos deshidratados constituye un sector muy importante dentro de la industria alimentaria extendido por todo el mundo. En el mercado puede encontrarse una amplia variedad de productos deshidratados

(vegetales, frutas, carnes, pescados, cereales y productos lácteos) o formulados a partir de ingredientes deshidratados como es el caso de las salsas y sopa en polvo (Fito et al., 2001).

2.2 SECADO

A lo largo de la historia se han implementado diferentes tipos de secadores para la deshidratación, la selección de un equipo depende de la naturaleza del producto que va a ser procesado, la forma deseada del producto terminado, la economía y las condiciones de operación.

El calor requerido para el secado puede ser suministrado por convección, conducción y radiación. Además en el procesado de alimentos se puede utilizar tanto el secado directo como el indirecto. En los secadores indirectos el calor es transmitido hacia el alimento mediante placas metálicas calientes del recipiente y por contacto directo entre las partículas calientes y frías del alimento. Los secadores directos utilizan aire caliente es cual pasa a través del alimento (Cook et. al., 1991).

Para deshidratación de los alimentos hay diferentes técnicas de eliminación de agua como: prensado, centrifugación, evaporación superficial, osmosis, liofilización, absorción, adsorción y congelación (Fito et al., 2001).

Existen diferentes tipos de deshidratadores, estos son adecuados a las necesidades y características de cada producto como se muestra en la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Diferentes tipos de deshidratación

TIPOS DE DESHIDRATACIÓN	DESCRIPCIÓN
Deshidratado por aspersión.	Un líquido o suspensión se atomiza en una corriente de gas caliente para obtener una lluvia de gotas finas. El agua se evapora de dichas gotas con rapidez, y se obtienen partículas secas de sólido que se separan de la corriente de gas.
Deshidratado al vacío.	La transferencia de calor se realiza mediante radiación y conducción mediante banda continua con esclusas de vacío en la entrada y la salida.
Deshidratado en túnel.	Suelen ser compartidos de charolas que operan en serie. Los sólidos se colocan sobre las charolas que se desplazan continuamente por un túnel con gases calientes que pasan sobre la superficie de cada bandeja.
Deshidratado en charolas.	Se esparce el sólido uniformemente sobre una charola de metal de 10 a 100 mm de profundidad. Estos secadores tienen charolas que se cargan y se descargan de un gabinete. La transmisión de calor puede ser directa del gas a los sólidos, o indirecta, utilizando repisas o bases calientes, serpientes de radiador o paredes refractarias al interior de la cubierta.
Deshidratado por liofilización.	La deshidratación se da sometiendo al alimento a temperaturas muy bajas en una atmósfera de alto vacío.
Deshidratado mediante aporte de energía (Microondas).	El producto se expone a ondas electromagnéticas de alta frecuencia.

Fuente: Fito et al., 2001

2.2.1 SECADOR SOLAR

El secador solar al aire libre ha sido utilizado desde tiempos inmemorables para el secado de carne, pescado, madera y otros productos agrícolas como medio de conservación. Entre las ventajas que presenta el secado solar, la más destacable es la energía que utiliza (limpia, renovable y que no puede ser monopolizada). (Fito et al., 2001). Además el secado al sol Tiene la ventaja de ser sencillo y de bajo costo, sin embargo requiere de largos tiempos, lo cual puede generar consecuencias adversas en la calidad del producto, como son: la falta de control sobre el proceso, falta de uniformidad en el secado, la contaminación por el medio ambiente (hongos, bacterias, insectos, pájaros o roedores y polvo).

Los secadores solares se clasifican en 2 grupos:

Convección natural: Este tipo de secador no utiliza ventilador o soplante eléctrica. La velocidad de secado es baja y no existe mucho control de la temperatura y humedad. Solo se puede procesar una pequeña cantidad de producto y algunos productos cambian su color y aroma (Garm, 1987).

Convección forzada: Que requiere la utilización de ventiladores o soplantes para bombear el aire, y esto permite el paso de aire precalentado a través del producto (Garm, 1987). Se puede secar rápidamente una mayor cantidad de productos

CAPÍTULO 3. DESHIDRATACIÓN EN FRUTAS Y HORTALIZAS

Las frutas y hortalizas forman una parte muy importante en la alimentación mundial, se caracterizan por su alto contenido en nutrientes, y bajo contenido calórico, pero además por la cantidad considerable que tienen de agua en su composición. En la tabla 5, se menciona la composición proximal de algunas frutas y hortalizas, incluido el tomate.

Tabla 5. Composición proximal de frutas y hortalizas

Producto	Agua %	Energía (kcal)	Proteína s (g)	Grasas (g)	Hidratos de carbono (g)	Fibra (g)
Calabaza	95.9	15	0.7	0.2	2.2	1.0
Champiñón	91.4	31	1.8	0.3	4.0	2.5
Lechuga	95.3	17	1.5	0.3	1.4	1.5
Pepino	96.7	13	0.7	0.2	1.9	0.5
Rábano	95.3	17	1	0.1	2.7	1
Tomate	94.0	22	1	0.1	3.5	1.4
Zanahoria	88.7	40	0.9	0.2	7.3	2.9

Fuente: FEN, 2018

En diversas frutas y hortalizas se utilizan métodos de secado para su preservación, así como para la reducción de peso y volumen. Estos procesos varían de un fruto a otro, ya que la cantidad de agua y el método de secado dependen del producto final deseado.

3.1 TIPOS DE PRODUCTOS A BASE DE FRUTOS DESHIDRATADOS

Existen varios productos que están hechos a base de frutos deshidratados y esto se debe a que facilitan su uso, conservación y su consumo fuera de temporada, de ahí que sean ampliamente desarrollados por la industria alimenticia, Tabla 6.

El alimento tipo *snack* es aquel tipo de comida fácil de llevar y de comer, usualmente del tamaño de un bocado y que se consume entre comidas regulares. En la actualidad se han incorporado los “snack saludables” y dentro de ellos, las frutas secas y las mezclas de fruta seca y frutos secos, comercializados en formato “ready-to-eat”, tabla 6, como bocados de fruta seca como producto individual, mezclada en paquetes o en barras, con distintas semillas, granos, cereales, etc. (Correa, 2011). De los productos más conocidos utilizando esta técnica de conservación están los plátanos, manzanas, verduras mixtas, fresas, mango y tomate.

Tabla 6 Uso de frutas y verduras deshidratadas

Alimento deshidratado	Uso en la industria alimenticia	Producto
Fresas, manzanas, uva pasa.	Barras Snack	
Arándanos, fresas, manzana, uva y frutas exóticas deshidratadas.	Cereales	
Verdura deshidratada zanahoria, chícharo, elote y papa.	Sopas instantáneas	
Tomate deshidratado en polvo	Sopas y purés	

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO 4. EVALUACIÓN SENSORIAL

La palabra sensorial se deriva del latín *sensus* que quiere decir sentido. La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene ventaja que de la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, utilizando sus cinco sentidos, los cuales son el medio con los que el ser humano percibe y detecta el mundo que lo rodea (Anzaldúa, 1994).

El análisis sensorial es la disciplina que aprovecha la capacidad de los sentidos para reaccionar ante los estímulos fisicoquímicos de los alimentos, permitiendo medir, analizar e interpretar las reacciones del ser humano al percibir sus características. Estos estímulos son comparados en el cerebro con estímulos almacenados durante experiencias previas, y son transformados posteriormente en conceptos que permiten al ser humano evaluar y emitir un juicio acerca de la calidad sensorial de un producto (González, 2009).

La evaluación sensorial es la disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones a las características de los alimentos y materiales, como son percibidos a través de los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Moskowitz et al., 2006).

4.1 Percepción sensorial

La percepción se define como: “La capacidad de la mente para atribuir información sensorial a un objeto externo a medida que la produce”. Entonces la valoración de un producto alimenticio se percibe a través de uno o de dos o más sentidos. La percepción de cualquier estímulo ya sea físico o químico, se debe principalmente a la relación de la información recibida por los sentidos, denominados también como órganos receptores periféricos, los cuales codifican la información y dan respuesta o sensación, de acuerdo a la intensidad, duración y calidad del estímulo, percibiéndose su aceptación o rechazo (Carpenter, 2002).

4.2 Pruebas sensoriales

Para evaluar las diferencias, semejanzas, calidad, intensidad de los atributos sensoriales y la aceptación o el rechazo de un producto, se han desarrollado una serie de pruebas sensoriales.

Existen diversas formas de clasificarlas, por una parte las pruebas analíticas, y por otro las pruebas afectivas.

4.2.1 Pruebas analíticas: Se dividen en pruebas discriminativas y pruebas descriptivas

4.2.2 Pruebas afectivas: Las pruebas afectivas también denominadas test hedónicos, proporcionan una fotografía al instante de la apreciación de un producto o de una gama de productos por parte de una población de consumidores. Se realizan con sujetos no seleccionados ni entrenados, los denominados jueces afectivos.

Las pruebas afectivas conviene realizarlas en grupos numerosos. Se pueden llevar a cabo en laboratorios de evaluación sensorial o en salas de condiciones controlables. Se pueden emplear este tipo de pruebas en condiciones de consumo habituales del producto, de ahí que puedan llevarse a cabo en el hogar del sujeto, escuelas, plazas, etc.

Algunos ejemplos de las pruebas afectivas son:

- a) Pruebas de preferencia. En estas pruebas se pretende saber si los jueces prefieren una determinada muestra frente a otra. En este caso, no se busca la capacidad de los jueces para discriminar muestras, simplemente se quiere conocer su opinión como consumidor habitual del producto.

- b) Medida de grado de satisfacción. Cuando se pretende evaluar más de dos muestras a la vez, o se quiere obtener más información acerca de un producto que en la prueba anterior, se realiza este tipo de prueba. Para ello, se recurre a unas escalas hedónicas que serán los instrumentos para medir las sensaciones producidas por el producto en el juez afectivo, ya sean placenteras o desagradables

- c) Pruebas de aceptación. El deseo de una persona de adquirir un producto es lo que se llama aceptación y no solo depende de la impresión agradable o desagradable que reciba el individuo al probar un producto, sino también de aspectos culturales, socioeconómicos, etc. (Anzaldúa, 1994).

METODOLOGÍA

En el siguiente diagrama, Figura 4 se representa la metodología propuesta en la presente investigación:

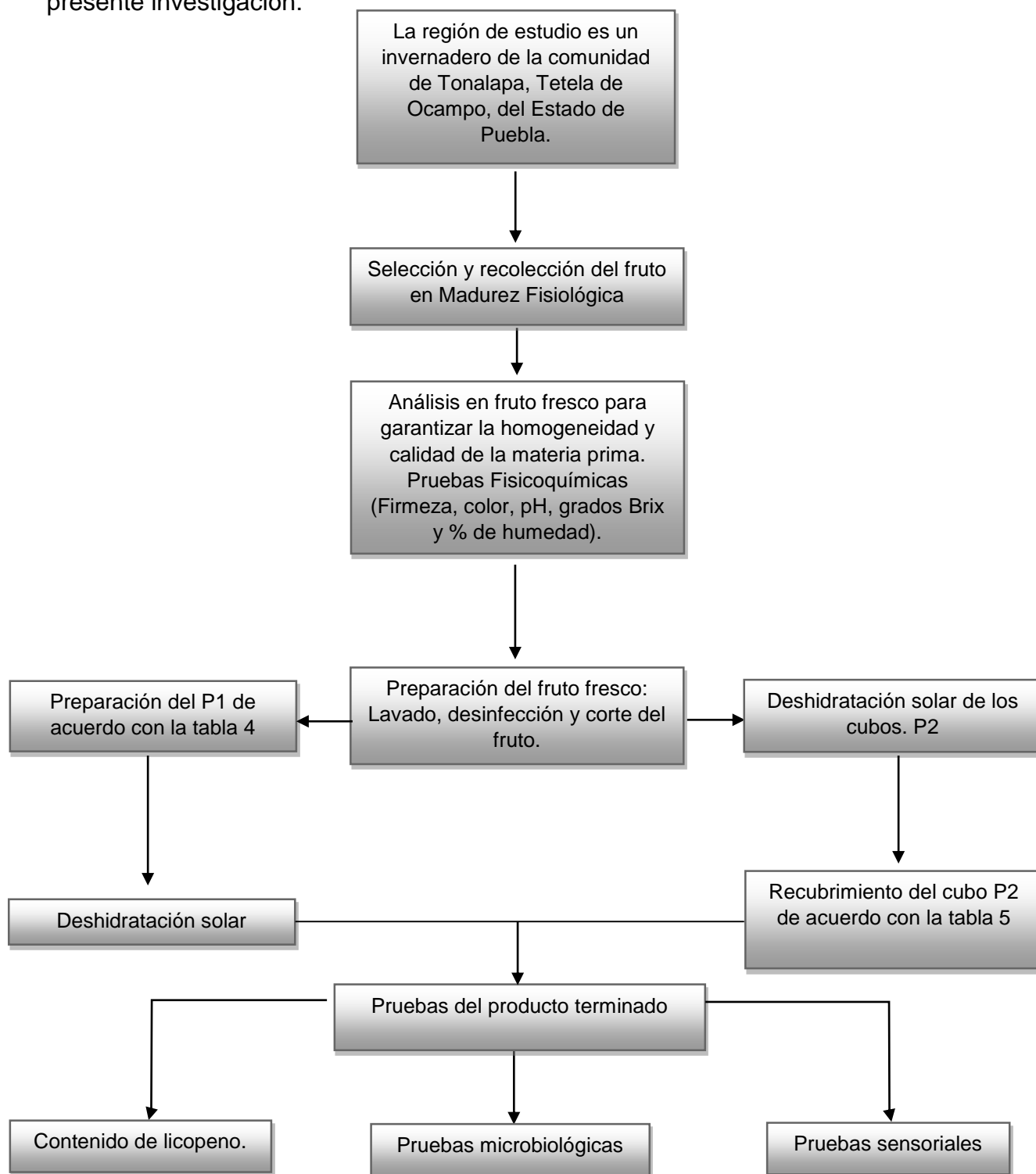


Figura 4.Diagrama de flujo

5.1 REGIÓN DE ESTUDIO

En la región de estudio, se eligió un invernadero tipo fertirrigación, Figura 5, de la comunidad de Tonalapa, en el municipio de Tetela de Ocampo Figura 6, ubicado en la sierra norte del estado de Puebla.



Figura 5. Invernaderos de producción de tomate en la localidad de Tonalapa, Tetela de Ocampo, Puebla.

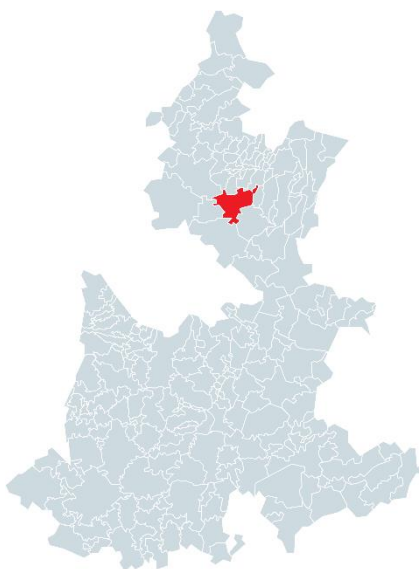


Figura 6. Mapa del Estado de Puebla, Localización Tétela de Ocampo, Puebla.




5.2 SELECCIÓN Y RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.

En un invernadero de tipo fertirrigación fueron seleccionadas 20 plantas de la zona central de este, (Figura 7) para garantizar el mismo grado de madurez de los frutos se marcaron los primeros tres racimos de cada planta: Verde para fruto crecido, amarillo para fruto pequeño y blanco para racimos en flor. Tabla 7



Figura 7. Plantas de estudio en invernadero.

Tabla 7. Indicador de colores para racimos en la planta.

RACIMOS	GRADO DE MADUREZ
	Racimo en flor
	Fruto pequeño
	Fruto crecido

El estudio se realizó con un lote de 60 frutos de jitomate tipo saladette de variedad Reserva. Una vez cosechado, se dejó en almacenamiento 10 días a temperatura ambiente para conseguir fruto sobre maduro, igualando las condiciones en las que los productores mantienen sus productos. Figura 8



Figura 8. Almacenamiento de tomate.

5.3 PREPARACIÓN DEL FRUTO FRESCO

Una vez seleccionado el fruto sobre maduro, este fruto fresco fue lavado con agua corriente y posteriormente desinfectado con una solución de agua y cloro de 1ml/L, (figura 9). Posteriormente el fruto fue cortado de acuerdo a las especificaciones de cada uno de los productos. Para el producto 1 (P1): Rebanada, 3mm grosor, y el producto 2 (P2): Cubo, 5mm³ de grosor.



A

B

C

Figura 9. A) Desinfectado de tomate en grado de madurez de consumo.

B) Rebanado de tomate. C) Tomate fresco cortado en cubo.

5.4 PRUEBAS FISICOQUÍMICAS

Las pruebas se realizaron en fruto fresco antes ser procesado o sometido a cualquier cambio, para verificar la homogeneidad, color, pH, grados °Brix, firmeza y contenido de humedad.

5.4.1 COLOR.

Se llevó a cabo esta prueba usando un colorímetro marca Minolta modelo CR-300, y se determinaran bajo los parámetros L^* , a^* y b^* , los tres parámetros en el modelo representan L^* la luminosidad de color , ($L^*=0$ rendimientos negro y $L^*=100$ indica blanca), a^* , su posición entre rojo y verde (valores negativos indican verde mientras valores positivos indican tonalidades rojizas) y su posición entre amarillo y azul (b^* , valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo), figura 10. Las mediciones se realizaran en la zona ecuatorial de los frutos.

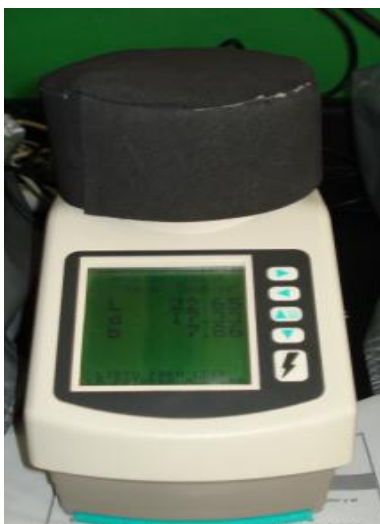


Figura 10. Colorímetro marca Minolta modelo CR-300.

5.4.2 pH y Sólidos Solubles (°Brix).

La medición de pH se efectuó bajo el método NMX-FF-317.S-1978 Con un potenciómetro, analizando 4 ml de jugo, figura 11. Sólidos solubles totales (°Brix), agregando 2 gotas de jugo de producto en la ventana de lectura de un refractómetro,



Figura 11. A) Prueba de pH a jugo de tomate. B) Prueba de solidos solubles en Refractómetro ATAGO.

5.4.3 FIRMEZA

La prueba se efectuó de acuerdo con el método de la NXM-FF-014-1982 el cual consiste en determinar la fuerza de penetración, figura 12. Se realizó en tres partes del fruto, en la zona central de este, con un penetrómetro marca TR modelo FT011.



Figura 12. Prueba de firmeza en tomate saladette madurez de consumo sobre maduro.

5.4.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad se realizó con una muestra de cada una de las geometrías (cubo y rebanada) en una termo balanza OHAUS MB 45, figura 13.



Figura 13. Prueba en termo balanza OHAUS MB 45.

5.5 CONTENIDO DE LICOPENO

Para la extracción y cuantificación del contenido de licopeno se analizó de acuerdo con lo reportado por Sadler *et al.* (1990) utilizando 0.1g de tomate fresco previamente homogenizado en 1mL de agua. A 0.4g del puré fueron adicionados 19 mL de la mezcla (hexano, acetona y etanol en una proporción de 2:1:1), se agitó vigorosamente durante 15min y fue colectada la fase no polar. (Figuras 14)

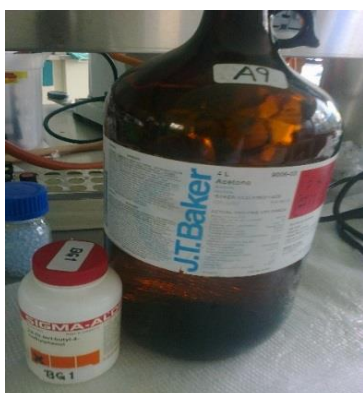
Finalmente la absorbancia se evaluó a 503 nm y se calcularon las concentraciones de acuerdo con las siguientes expresiones.

$$LC = \text{Abs} \times \text{EC} / \text{TM}$$

Dónde: LC es el contenido de licopeno (mg de licopeno/kg)

EC es el coeficiente de extinción (31.2)

TM es la muestra deshidratada (g).



A



B



C

Figura 14. A) Reactivos para llevar a cabo la prueba del contenido de licopeno. B) Proceso de enfriamiento y centrifugación para evaluar la muestra. C) Separación de fases de la muestra.

5.6 DESARROLLO DE PRODUCTOS

El tomate que se utilizó en este proceso no tiene tamaño definido y solo se condiciona que se encuentre en madurez de consumo y esté libre de contaminantes externos como plagas o una madurez muy avanzada.

El fruto se preparó una vez que se encuentra sobre maduro, fue lavado con agua corriente y posteriormente desinfectado con una solución de agua y cloro de (5ml/L), fue cortado y aderezado. Se desarrollaron dos productos, el producto 1 (P1) es una rebanada de tomate deshidratado, aderezada con un saborizante enchilado y el producto 2 (P2) un cubo de tomate deshidratado recubierto con una goma y saborizado igualmente con chile en polvo.

PRODUCTO 1 (P1) REBANADA DE TOMATE ADEREZADA.

El desarrollo del tomate en rebanada se muestra en el siguiente diagrama de flujo, figura 15.

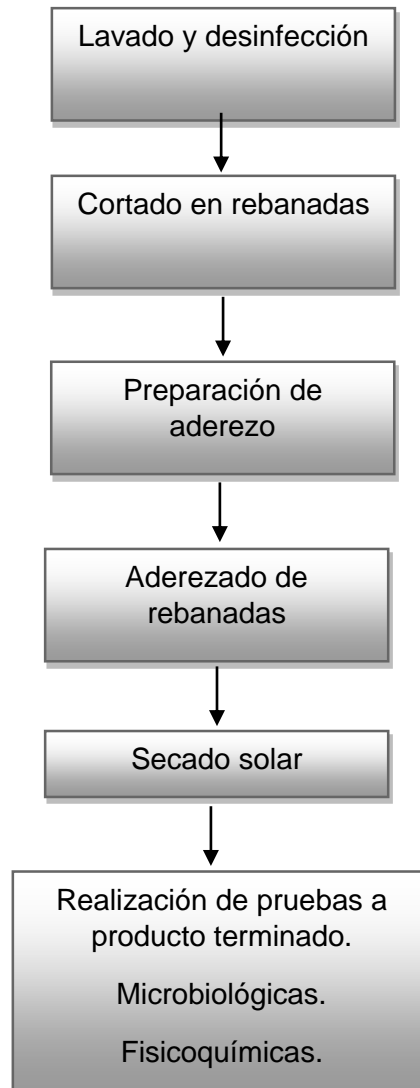





Figura 15. Diagrama de flujo elaboración de Producto 1 (P1).

Preparación de aderezo:

Se mezcló uniformemente una combinación agridulce de chamoy granulado, chamoy en polvo y sal. Las porciones de los ingredientes se muestran en la Tabla 8

Tabla 8. Formulación para aderezo de rebanada (P1)

PRODUCTO	CANTIDAD	IMAGEN
Chamoy granulado	1 K	
Chamoy en polvo	1 K	
Sal	100 g	

La rebanada del fruto fresco se cubrió completamente con la preparación anterior antes de ser introducidas en el secador solar, figura 16.

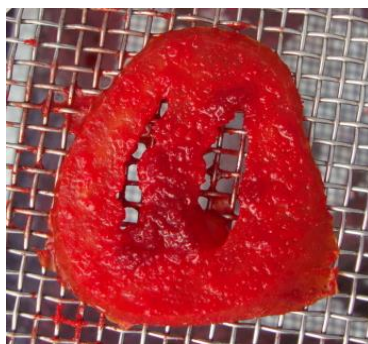


Figura 16. Rebanada de tomate aderezada.

PRODUCTO 2 (P2) GOMITA DE TOMATE.

Para el proceso de elaboración de producto 2, se realizó una mezcla de los aditivos pectina, grenetina y aderezo sabor agridulce con agua purificada. El tomate deshidratado en forma de cubo se cubrió con esta mezcla y finalmente se aderezó. El procedimiento y formulación, (figura 17) para el desarrollo del producto 2 se describe en el siguiente diagrama de flujo esquematizando en la figura XXX

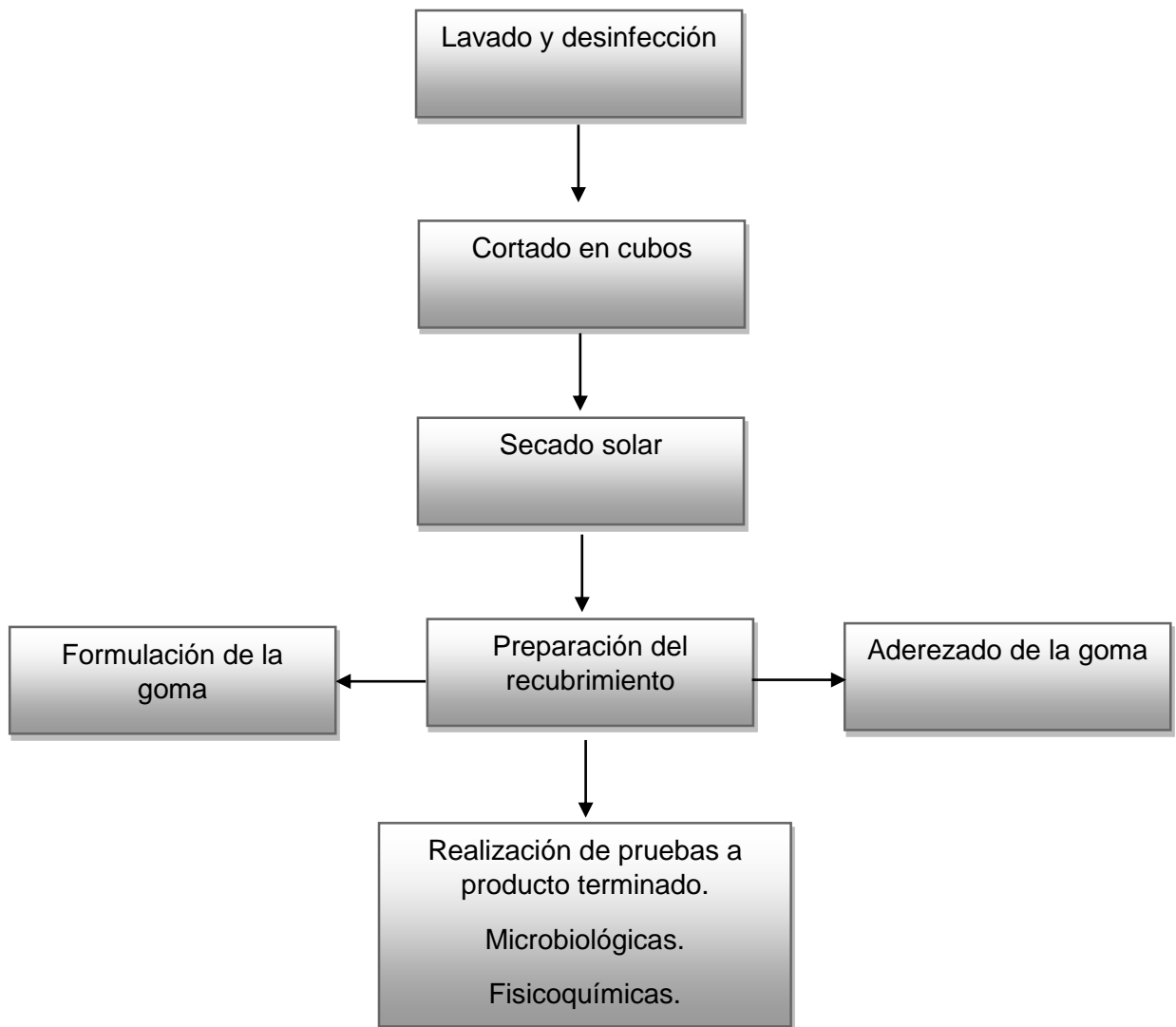









Figura 17. Diagrama de flujo- Elaboración de producto 2, cubo de tomate deshidratado.

Preparación del recubrimiento

Para elaborar la goma los ingredientes se reportan en la Tabla 9, se agregó agua caliente, grenetina, saborizante chamoy, ácido cítrico y azúcar, se dejó hervir hasta que se redujo. En el aderezado se mezcló el chamoy granulado y el chamoy en polvo, en esta mezcla seca y se pre diseñó la forma que tomo la goma, posteriormente se vierte la combinación anterior y antes de secar por completo se introducen los frutos deshidratados.

Tabla 9. Formulación del recubrimiento y aderezado

INGREDIENTE	CANTIDAD	IMAGEN
Agua caliente	1 L	
Grenetina	150 g.	
Saborizante chamoy	25 g.	
Ácido cítrico	10 g.	
Azúcar	100 g.	
Chamoy granulado	1 K	
Chamoy en polvo	0.5 K	

Fuente: Elaboración Propia.

5.7 DESHIDRATACIÓN SOLAR

Para el deshidratado de los productos se utilizó un prototipo de secador solar con un medio de secado de aire por convección, se colocaron las rebanadas y los cubos en la charola de secado, figura 18 y se sometieron a deshidratación solar, figura 19.



Figura 18. Prototipo de secador solar, diseñado por el Dr. José Guillermo Pérez Luna del Departamento de Semiconductores de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

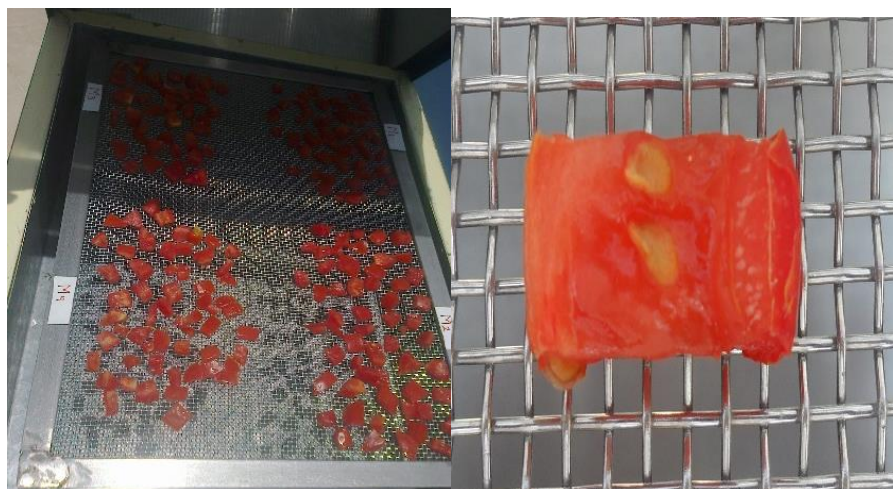


Figura 19. Charola de deshidratador con tomate cortado en cubo.

Las condiciones de deshidratado se representan en la tabla 10.

Tabla 10. Condiciones de deshidratación

CONDICIONES DE DESHIDRATACIÓN	MUESTRA	
	REBANADA (P1)	CUBO (P2)
Temperatura ambiente (°C)	26	26
Masa inicial de la muestra (g)	3.458	1.248
Masa final de la muestra (g)	0.772	0.079
Tiempo de secado (hr)	6	8
Contenido inicial de la humedad de la muestra (%)	90.7	90.7

5.8 ANÁLISIS EN PRODUCTO TERMINADO

5.8.1 CONTENIDO DE LICOPENO EN FRUTO DESHIDRATADO

Se le realizó la prueba para evaluar el contenido de licopeno en rebanada y en cubo deshidratado, las concentraciones de este se determinan de acuerdo al apartado 5.5 (figura 20).

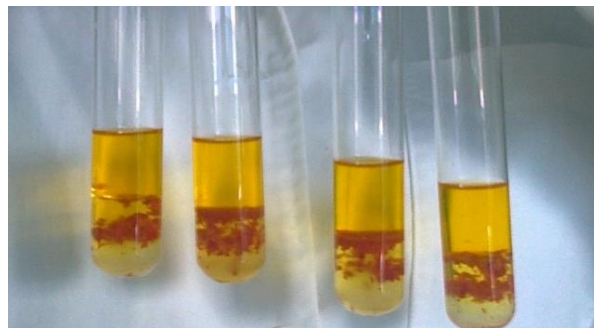


Figura 20. Separación de fases en muestra de producto terminado, para evaluar contenido de licopeno.

5.8.2 PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS

Los dos tipos de productos deshidratados en el secador solar propuestos fueron analizados microbiológicamente.

Bacterias mesofilas aerobias: Se realizó el estudio en un medio de cultivo cuenta estándar, figura 21, con 6 diluciones y por el método de vertido en placa, bajo la NOM-092-SSA-1994.

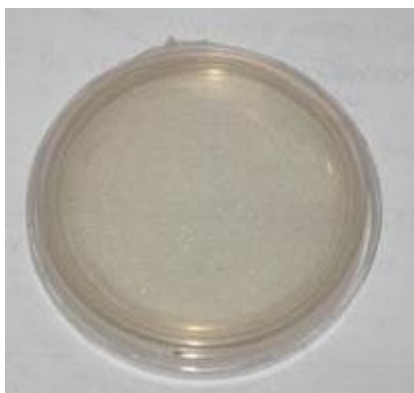


Figura 21. Conteo de UFC: Bacterias mesofilas aerobias.

Coliformes totales: El análisis se realizó en un medio de cultivo rojo bilis, con la técnica de vertido en placa, figura 22, bajo la NOM-113-SSA1-1994.

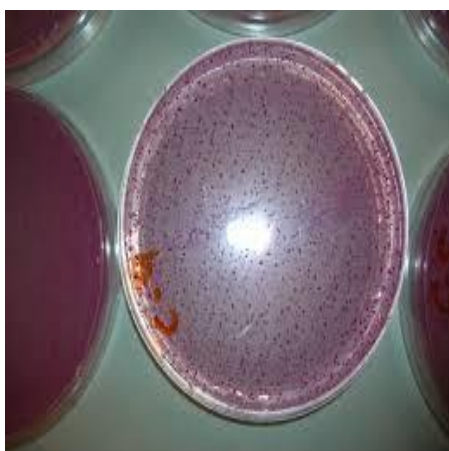


Figura 22. Conteo UFC: Coliformes totales

Hongos y levaduras: Se empleó el método de vertido en placa con un medio de cultivo agar papa dextrosa, figura 23, bajo la NOM-111-SSA1-1994.



Figura 23. Conteo de UFC: Hongos y levaduras


5.8.3 PRUEBAS SENSORIALES.

Se llevó a cabo una prueba de aceptación para los productos mencionados basada en una escala hedónica de 7 puntos, figura 24. Que fue aplicada en la escuela primaria de la comunidad con un total de 50 panelistas para cada producto, de edades que van de los 9 a los 12 años.

Prueba de aceptación de snack

Nombre: _____ Año: _____ Fecha: _____

Señala la carita con la que te identifiques.



Escribe lo que más te gusto:
Escribe lo que menos te gusto:

Figura 24. Escala hedónica de 7 puntos, dirigida a niños.

CAPITULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los análisis fueron realizados por cuadruplicado ($n=4$), los resultados se reportan como los promedios y fueron analizados de acuerdo a una prueba de comparación de medios llamada TUKEY.

Para confirmar si existe diferencia significativa.

De acuerdo a la metodología anterior se presentan los resultados de estudio, basados en los objetivos planteados.

6.1 FRUTO FRESCO

Las variables tales como el peso, tamaño, color, pH y sólidos solubles (°Brix) son considerados parámetros de calificación en tomate fresco, estas propiedades físicas están asociadas a su aceptación en el mercado y valor nutricional. (Martínez Hernández et al, 2016)

6.1.1 Análisis fisicoquímico

La tabla 11 muestra las propiedades fisicoquímicas del fruto fresco almacenado a temperatura ambiente como indicador de calidad antes de someter el fruto al deshidratado.

Tabla 11. Propiedades fisicoquímicas de fruto fresco

MUESTRA	pH	°Brix	Contenido de humedad	Firmeza
FRUTO FRESCO	4.38 \pm 0.10	4.57 \pm 0.09	90.70% \pm 0.01	2.3 \pm 0.08

6.1.2 Color

El desarrollo de color en el tomate es un indicador de la etapa de madurez y calidad, el color rojo es debido a la degradación de las clorofilas y a la síntesis de los carotenoides. (López et al, 2004)

Las muestras de fruto fresco fueron evaluadas en madures de consumo Tabla 12

Tabla 12. Color en fruto fresco

MUESTRA	a	b	L
FRUTO FRESCO	30.97 \pm 0.94	23.37 \pm 0.92	30.66 \pm 0.48

6.1.3 Contenido de Licopeno

El contenido de licopeno encontrado en los frutos analizados es de 5.6 mg/ 100g de tejido, esto es similar a lo reportado por Ordoñez et al (2010), quienes indican un contenido de 0.88-7.74 mg/100 g en tomate fresco.

6.2 FRUTO DESHIDRATADO

Una vez que el fruto se deshidrató se realizaron nuevamente las pruebas fisicoquímicas, para confirmar si este proceso pudo generar algún efecto en estas propiedades.

6.2.1 Análisis fisicoquímico.

6.2.1.1 pH

La medición de pH en frutos frescos de tomate se utiliza para conocer los parámetros de acidez en el mismo, además es un valor que determina si los microorganismos son capaces de crecer en el alimento (Gastronomía solar, 2018)

El valor de pH para fruto fresco es superior que el registrado en los productos sometidos al tratamiento de secado, Tabla 13. Luna Guevara et al (2020) reportan un valor de 4.02 de pH en tomate deshidratado, observándose una disminución entre ambos tipos de productos. Se observó una reducción en el pH, en deshidratado tipo cubo.

Tabla 13. Comparativo de pH.

MUESTRA	pH
FRUTO FRESCO	4.38 ^A
DESHIDRATADO 1 (REBANADA)	4.06 ^B
DESHIDRATADO 2 (CUBO)	4.03 ^B

De acuerdo a los a los resultados en el comparativo de pH, si existen diferencias significativas entre el fruto fresco y el fruto sometido a deshidratación.

6.2.1.2 Grados °Brix

Los valores de grados °Brix están directamente relacionados con el sabor del tomate y aunque se refleja una disminución en los productos deshidratados, aún están presentes después de este proceso Tabla 14.

Tabla 14. Comparación de grados °Brix

Tomate	°Brix
Fruto Fresco	4.57 ^A
DESHIDRATADO 1 (Rebanada)	4 ^B
DESHIDRATADO 2 (Cubo)	3.27 ^C

Las determinaciones se realizaron con una n=4

Los resultados del análisis señalan que existe una diferencia significativa entre las 3 muestras.

6.2.2 Color

El color en las diferentes muestras de fruto tanto fresco como ambos productos deshidratados tienen variaciones significativas, figura 25. Para los valores de **L** el indicador de luminosidad los más altos corresponden para fruto fresco, en cuanto a los productos deshidratados los resultados son semejantes entre sí.

En el parámetro **a**, el indicador más significativo se encuentra en la rebanada deshidratada, posteriormente el fruto fresco y el de menor valor fue el cubo deshidratado. Mientras la cromatida **b** presentó valores que se incrementaron en fruto fresco, seguido de cubo deshidratado y por último la rebanada aderezada. Las reducciones en el valor de **L** indican una mayor oscuridad en el producto deshidratado de acuerdo con Okanlawon et al 2002, se forman productos que generan cambios en el color (rojo oscuro) debido a las reacciones de Maillard a es un indicador de rojo Brand et al 2006.

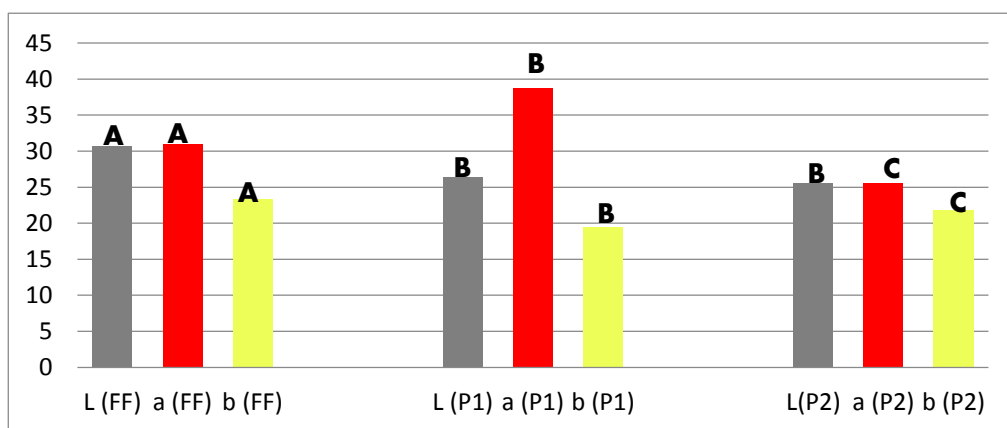


Figura 25. Comparación de parámetros de color (**L**, **a**, **b**) entre fruto fresco, rebanada de tomate deshidratada (P1) y cubo de tomate deshidratado (P2). Donde (FF) es Fruto Fresco, (P1) es Producto 1 Rebanada y (P2) es Producto 2 Cubo.

Los resultados de color entre el fruto fresco y las diferentes geometrías de fruto deshidratado presentan diferencias significativas siendo la Luminosidad (**L**) la que se conservó uniforme en los frutos deshidratados.

6.2.3 Secado

El contenido de humedad en un alimento se refiere al agua contenida en el fruto del tomate y puede expresarse como base húmeda y base seca. Este estudio se realizó al fruto fresco, a rebanada y cubo deshidratado. Los contenidos de humedad del fruto fresco fueron de 90.7%, siendo similares a lo reportado por Gómez (2009).

Mientras que los valores de humedad correspondieron a 9.6% y 12.6%, correspondientes a rebanada (P1) y cubo (P2) respectivamente. Con respecto al tiempo de deshidratación se necesitaron 6 horas para la rebanada y 8 horas para el cubo, la pérdida de peso se representan con las siguientes curvas. (Figura 26)

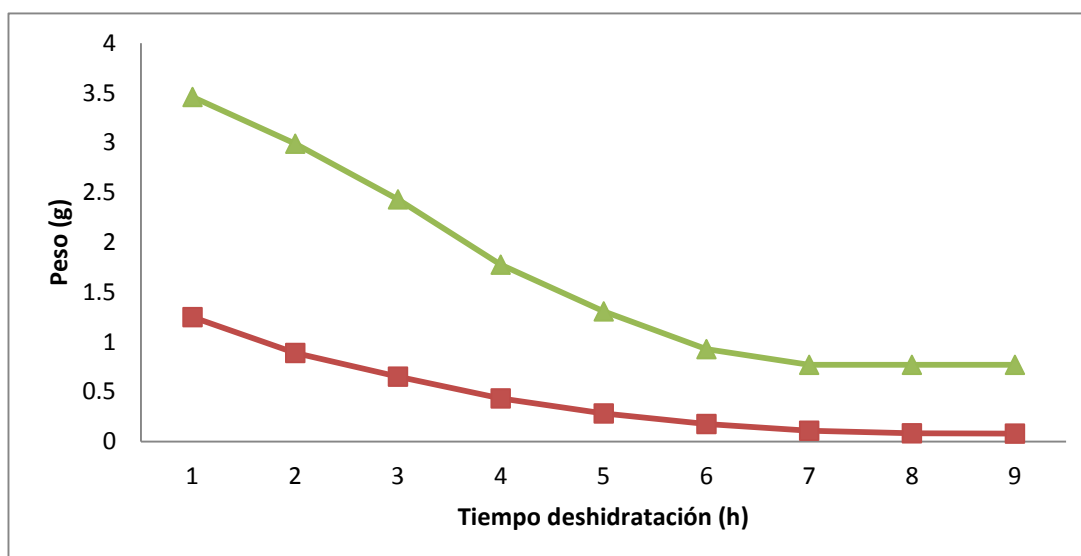


Figura 26. Curvas de secado en el Producto 1 (verde) y Producto 2 (rojo)

Luna Guevara et al 2020 muestra un contenido de humedad de 17% en tomate deshidratado, en comparación a 9.6% en P1 y 12.6% en P2.

Las diferencias en los contenidos de humedad pueden estar relacionados con las variaciones en la temperatura de secado o con la intensidad de la radiación solar

6.2.4 Contenido de Licopeno

La degradación del licopeno depende del tipo de tratamiento, la temperatura, el tiempo, la presencia de luz y oxígeno (Goula et al, 2005).

El contenido de licopeno del producto 1 (rebanada) fue de 2.17mg/100g, mientras que el producto 1 (cubo) presento un valor de 3.03 mg/g, ambos valores fueron menores a los reportado por Zapata et al (2007) con un contenido de 3.99 mg/100 g, sin embargo ellos utilizaron el proceso de deshidratación por convección en frutos de tomate. Sin embargo, Luna Guevara et al 2020 reporta un contenido de licopeno de 2.84 mg/100g utilizando la deshidratación solar como método de conservación del tomate.

En la figura 27 se muestran las diferencias entre los contenidos de licopeno entre el fruto fresco y los productos deshidratados cubo y rebanada, indicando que la mayor concentración de licopeno existe en el fruto fresco, posteriormente la geometría de cubo y por último la geometría en rebanada, figura 27.

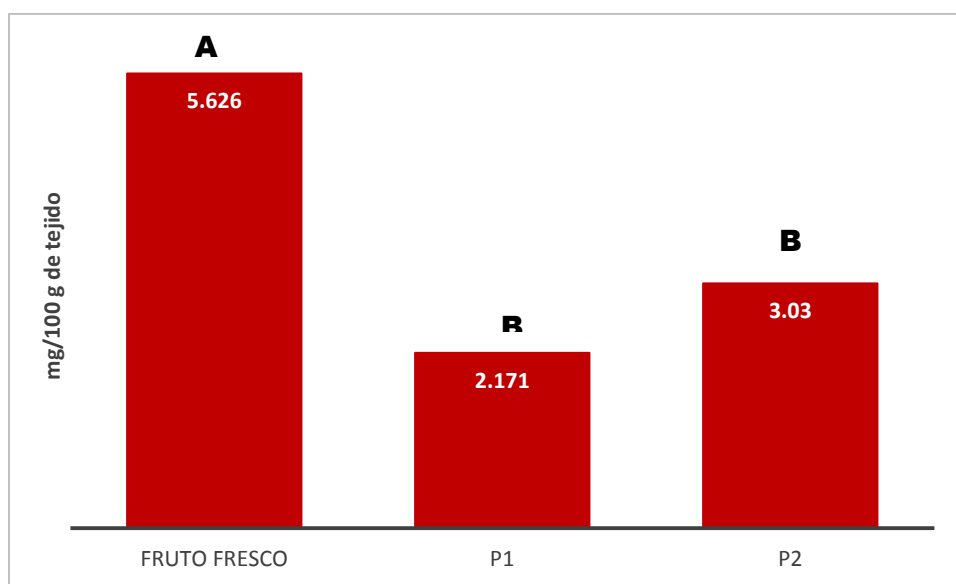


Figura 27. Comparación de contenido de Licopeno en las diferentes muestras de tomate. Donde (FF) es Fruto Fresco, (P1) es Producto 1 Rebanada y (P2) es Producto 2 Cubo.

6.2.5 Análisis microbiológico

Los resultados de los análisis microbiológicos de los indicadores de los frutos deshidratados se presentan en la tabla 15. Los cuales mostraron valores muy similares entre sí. Los resultados de las Bacterias Mesofilas Aerobias fueron menores a los valores permisibles reportados por la NOM 093 (150×10^3 UFC/g) correspondiente a producto deshidratado.

Mientras que los coliformes totales y hongos y levaduras, fueron muy similares entre sí para ambos productos.

Tabla 15. Resultados de análisis microbiológicos (UFC/g) de los deshidratados.

ANÁLISIS	CUBO	REBANADA
BMA	18×10^3	22×10^3
CT	4×10^3	3×10^3
H y L	13×10^3	17×10^3

6.2.6 Evaluación sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial, arrojan una preferencia al producto número 2 (goma). A partir de la escala hedónica de los 50 panelistas encuestados,, la mayoría señaló preferencias positivas (me gusta y me encanta) (Figura 28) Cabe mencionar que el producto 2 también presentó un mayor contenido de licopeno. Sin embargo este producto mostró el menor pH y menores grados °Brix (tablas 10 y 11). Los contenidos de licopeno Figura 27 están asociados con compuestos bioactivos presentes en las muestra, mientras que los parámetros pH y °Brix están relacionados con los parámetros de la aceptación del producto del tomate. Turhan A. y Şeniz, V 2009



A

B

C

Figura 28. Grupo de panelistas evaluación sensorial. B) Panelista masculino de 9 años evaluando P2. C) Panelista femenino evaluando P1

Los resultados de la prueba hedónica se representan en la siguiente grafica Figura 29 demostrando que la goma obtuvo preferencias significativas de agrado.

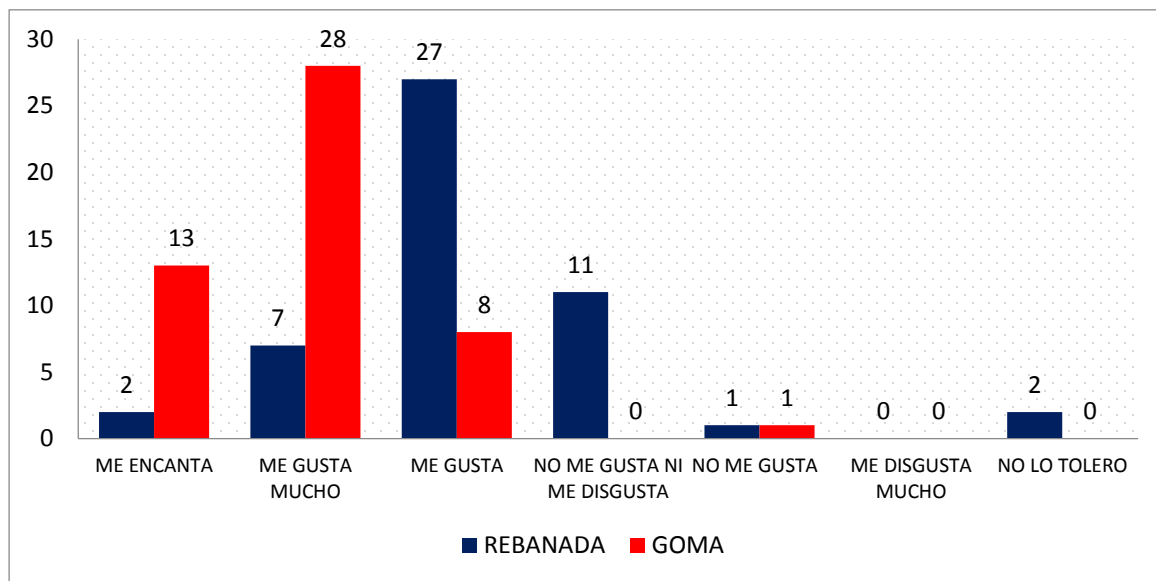


Figura 29. Resultados de la evaluación sensorial.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación a continuación se enlistan las siguientes conclusiones:

- Los parámetros de pH, color, °Brix y contenido de licopeno de los frutos frescos correspondieron a un grado de tomates sobre maduro.
- Los productos deshidratados mediante secado solar mostraron los siguientes contenidos de humedad, 9.6 para P1 (Rebanada) y 12.6 P2 (cubo).
- Las propiedades fisicoquímicas de los frutos deshidratados tuvieron un comportamiento variante en comparación con el fruto fresco.
- Se obtuvieron dos productos: Una rebanada saborizada y una goma de tomate. Mismos que se sometieron a evaluación sensorial.
- Los panelistas (niños entre 7 a 10 años) prefirieron el producto 2, goma de tomate con un nivel de aceptación de Me gusta mucho a Me encanta.
- En cuanto al beneficio nutricional como característica de estos productos, se encuentra contenido de licopeno en ambos productos, pero con mayor contenido fue el snack tipo gomita con 3.03 mg/ 100gr de fruto fresco.
- Los análisis microbiológicos realizados a los productos se encontraron dentro de los límites permisibles microbiológicos (para Bacterias Mesofilas Aerobias es de 150,000 UFC/mL, para Coliformes Totales de 100 UFC/mL y para Hongos y Levaduras no hay un límite conocido sin embargo el conocimiento de estos ayuda a conocer las condiciones sanitarias) en el desarrollo de ambos productos, los cuales lo vuelven una alternativa inocua de consumo.
- La metodología de deshidratación empleada en esta investigación resulta en ser un proceso viable para la conservación para frutos de tomate que no consiguen comercializarse en la región de la sierra Norte del estado de Puebla.
- Finalmente se cumplió el objetivo de obtener dos productos que pueden ser consumidos como una opción saludable en niños de la comunidad de Tetela

de Ocampo, permitiendo que los productos obtenidos en los mismos invernaderos de la región sean aprovechados con un valor agregado por una población susceptible de consumo.

BIBLIOGRAFÍA

Anzaldúa Morales Antonio. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. España. Editorial Acribia S. A.1994.

Barbosa Canovas Gustavo V, Vega Mercado Humberto 2001. Deshidratación de Alimentos. Editorial Acribia. S.A

Carpenter Rolando P., David H. Lyon, Terry A. Hasdell. Análisis sensorial en el desarrollo y control de calidad de alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España S.A.2002.

Conabio. Descripción botánica, 2012 Composición química del tomate, disponible: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersicon-esculentum/fichas/ficha.htm>

Cook, E.M. y DuMont, H. D. 1991 Process Drying Practice. McGraw-Hill, New York.

Correa Manuel Francisco, 2011 Estudio de Mercado Snacks de Fruta Deshidratada EEUU. Disponible en:http://www.prochile.gob.cl/wpcontent/blogs.dir/1/files_mf/documento_08_12_11174052.pdf

De Abreu, W. C., Barcelos, M. D. F. P., de Barros Vilas Boas, E. V., & da Silva, E. P. (2014). Total antioxidant activity of dried tomatoes marketed in Brazil. International journal of food properties.

FAO 2006 <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4893S/y4893s08.htm>

FEN 2018, Fundación Española de la Nutrición. Frutas y Hortalizas: Nutrición y Salud en la España del siglo XXI.

FIRA. 2016. Panorama Agroalimentario, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Tomate rojo.

Fito Maupoey Pedro, Ana María Andrés Grau, José Manuel Barat Baviera, Ana María Albors Sorolla., 2001. Introducción Al Secado De Alimentos Por Aire Caliente; Editorial Universidad Politencina De Valencia.

Flores-Huerta S, M Kl ünder-Klünder y P Medina-Bravo 2008. La escuela primaria como ámbito de oportunidad para prevenir el sobrepeso y la obesidad en los niños. Bol.

Foolad, R. M. 2007 Genome Mapping and Molecular Breeding of Tomato. International Journal of Plant Gemonics.

Galhardo R, Ferraz Da Silva E. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioixidants. Food Rev Int 2009; 25: 313-325.

Garg, H.P. (1987) "Solar food drying" Advances in solar energy technology. Vol. 3 Edit Reidel Publishing. Dordrech, Holland.

Gastronomia Solar 2018 <https://gastronomiasolar.com/ph-alimentos/>

Gomez GMS, 2009. Tesis: Deshidratado de tomate saladette en un secador de charolas giratorias, Universidad Tecnológica de la Mixteca, México.

González Aguilar Gustavo A., Emilio Álvarez Parrilla, Laura de la Rosa, Isela G. Olivas, J. Fernando Ayala Zavala. Aspectos nutricionales y sensoriales de vegetales frescos cortados. Editorial Trillas. México, D.F.2009.

González-Aguilar. A. Gustavo, Gardea.A.Alonso, Cuamea-Navarro Fabiola, (2005) Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados.

Goula A. M., Adamopoulos K. G. 2005. Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. LWT-Food Science and Technology 38(5), 479-487.

Gross J. Pigments in fruits. London: Academic Press, 1987.

Gustafson, F. G., 1926. Growth Studies of fruits. Plant Physiol.

Hein H., Jaeger S., Carr T. y Delahunty C. 2008. Comparison of five acceptance and preference methods. Food Quality and preference.

<http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4893S/y4893s08.htm>

Investigación variedades, 2008, disponible en:
<http://www.eltomate.net/variedades.html>

Jiménez, D.F., 2003. Enfermedades del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Ed. Limusa. México, D.F. 102 p.

Johnson, E. J. (2000). The role of lycopene in health and disease. *Nutrition in Clinical Care*, 3, 35–43.

Kaur, D., Sogi, D. S., Gary, S. K., & Bawa, A. S. (2005). Flotation-cum sedimentation system for skin and seed separation from tomato pomace. *Journal of Food Engineering*, 71, 341–344.

Kumar R, Salwe KJ, Kumarappan M. Evaluation of Antioxidant, Hypolipidemic, and Antiatherogenic Property of Lycopene and Astaxanthin in Atherosclerosis-induced Rats. *Pharmacognosy Research*. 2017;9(2):161-167.

Labate, J. A., et al 2007 Tomato. In: *Genome mapping and molecular breeding in plants*. Vol 5 Vegetales. Ed: C K Springer-Verlag. Berlin, Alemania. PI-125.

Lawless, H.T. y Heymann, H. 1998. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Chapman and Hall. New York.

LOPEZ, A.F. & GOMEZ, P.A. (2004): Comparison of color indexes for tomato ripening. *Hortic. Brasileira*, 22, 534– 537.

LOPEZ, A.F. & GOMEZ, P.A. (2004): Comparison of color indexes for tomato ripening. *Hortic. Brasileira*, 22, 534–537.

Luna-Guevara María Lorena; González-Sánchez Teresita; Delgado-Alvarado Adriana; Ramos-Cassellis María Elena; Pérez-Luna José Guillermo; Luna-Guevara Juan José (2020). Study of the quality and antioxidant properties of

tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) under different postharvest and dehydration conditions.

MARTINEZ-HERNANDEZ, G.B., BOLUDA-AGUILAR, M., TABOADA-RODRIGUEZ, A., SOTO-JOVER, S., MARIN-INIESTA, F. & LOPEZ-GOMEZ, A. (2016): Processing, packaging, and storage of tomato products: influence on the lycopene content. *Food Eng. Rev.*, 8, 52–75.

Matissek, Schnepel, Steiner (1998) *Análisis de los alimentos. Fundamentos, métodos y aplicaciones*. Editorial Acribia Zaragoza España. pp. 7 – 165.

Medline Plus Antioxidantes., 2009.
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/antioxidants.html> Página actualizada 27 noviembre 2009

Meyners, M. 2006. Easy and powerful analysis of replicated paired preference tests using the χ^2 test. *Food quality and preference*.

Moore B Jean. 2007 *Operaciones de autocuidado asociadas a la nutrición en madres de escolares chilenos*.

Moskowitz, H.R., Beckley, J.H. y Resurreccion, A.V.A. 2006. *Sensory and Consumer Research in Food Product Design and Development*. Blackwell Publishing Ltd. Oxford.

NMX-FF-014-1982: PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS, PARA USO HUMANO-FRUTA FRESCA-DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN.

NMX-FF-317.S-1978: DETERMINACIÓN DE pH EN ALIMENTOS.

NOM-093-SSA1-1994: PRÁCTICAS DE HIGIENE Y SANIDAD EN LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS QUE SE OFRECEN EN ESTABLECIMIENTOS FIJOS.

NOM-111-SSA1-1994: BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE MOHOS Y LEVADURAS EN ALIMENTOS.

NOM-113-SSA1-1994: BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE MICROORGANISMOS COLIFORMES TOTALES EN PLACA.

Notario M., C.M. Sosa M., M.E. 2012. El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.): aporte nutrimental, enfermedades postcosecha y tecnologías para su almacenamiento en fresco. Temas selectos de ingeniería de alimentos. Vol 6.

Okanlawon, S. O., Ibrahim, M. H., & Oyebanji, A. O. (2002). Effect of pre-drying treatment on the storage of dried tomatoes. *Tropical science* 40-41.

Ordóñez A, Balanza M, Martín F, Flores C. Estabilidad del carotenoide licopeno en tomates en conserva. *Inform Tecnol* 2009; 20: 31-37.

Pamplona R. Jorge D. (2005). Revista: Alimentos y su poder curativo Editorial Safeliz.

Peinado Martínez José Luis, Rafael Vidal Herrera, José Antonio Grado Díaz, Jesús Armando Gándara Fernández, 2013. Deshidratación de alimentos utilizando energía solar térmica. Departamento de Energías Renovables Universidad Tecnológica de Ciudad. Juárez. CULCyT// Mayo-Agosto, 2013

Pradeep Khanna (2006) National Soybean Research Laboratory, University of Illinois, Urbana. Disponible en: <http://www.wishh.org/workshops/intl/honduras/aug06/pradeep-sp-aug06.pdf>

Producción Jitomate, 2010 disponible en: www.sagarpa.gob.mx/agonegocios/Documents/pablo/.../Jitomate.pdf

Rao AV, Ray MR, Rao LG. Lycopene. Adv Food Nutr Res 2006; 51:99-164.

Sadler G., Davis J, Dezman D., 1990. Rapid Extraction of Lycopene and β -carotene from Reconstituted Tomato Paste and Pink Grape-fruit Homogenates. Journal of Food Science, (55), 1460-1461.

Sagarpa 2013 <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
SAGARPA.2009:<http://www.sicde.gob.mx/portal/bin/notasEstadoPdf.php?estado=puebla&fecha=2009-07-20>.

Salguero L. Hernán Mauricio (2008) Programa Educativo Autodidáctico – Diccionario Enciclopédico Tomo 4. Ediciones Culturales Internacionales

Sancho V. Josep, Bota P. Enric, De Castro M. Juan José, (1999) Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Cap. 1,5 Pág. 26, 190-220.

Shi J. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. Crit Rev Food Sci Nutr 2000;40:1-42.

SIAP 2020. Boletín mensual de producción Tomate rojo (Jitomate)

SIAP/SAGARPA. 2016. Atlas Agroalimentario 2016.
http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016.

TURHAN, A. & ŞENİZ, V. (2009): Estimation of certain chemical constituents of fruits of selected tomato genotypes grown in Turkey. Afr. J. Agric. Res., 4, 1086–1092.

Valadez, L. A. 1996. Producción de hortalizas. ED. Limusa. México.

Vitale A, Bernatene E, Pomilio A. Carotenoides en quimioprevención: licopeno. Acta Bioquim Clin Latinoam 2010; 44; 195-238.

Wakeling, I. y Macfie, H. 1995. Designing consumer trials balanced for first and higher order of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. Food Quality and Preference. 6(4):299-308.

Waliszewski K, Blasco G. Propiedades nutraceuticas del licopeno. Salud Pública Mex 2010; 52: 254-265.

Wayne W. Fish, Penelope Perkins Veazie and Julie K. Collins., 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organics solvents. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 309-317.

Wills R., B. Mc Glasson, D. Graham y D. Joyce. 1998. *Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. Editorial Acribia, Zaragoza España. pp. 7 – 165.

Zamora S. Juan Diego., 2007. *Antioxidantes: Micronutrientes en Lucha por la Salud* Programa de Maestría en Nutrición Humana. Universidad de Costa Rica. *Rev. Chil. Nutr.* V.34 N.1 Santiago Mar.

Zapata, L.M., L. Gerard, C. Davies y M.C. Schvab; Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates, *Ciencia, Docencia y Tecnología*: 35, 173-193 (2007).