

MANUAL

Deshidratación de tomate

(*Solanum lycopersicum*):

revisión de elementos técnicos y proceso



Autoras:

Laura Brenes-Peralta

Marianella Gamboa-Murillo

Ana Cecilia Segreda Rodríguez

Escuela de Agronegocios

Tecnológico de Costa Rica , 2018

Deshidratación de tomate (*Solanum Lycopersicum*): revisión de elementos técnicos y proceso



Autoras:

Laura Brenes-Peralta

Marianella Gamboa-Murillo

Ana Cecilia Segreda Rodríguez

Escuela de Agronegocios

Tecnológico de Costa Rica , 2018

El presente documento ha sido generado como producto del proyecto “Mejora tecnológica y revisión de elementos de costos de sistemas de deshidratación de tomate (*Solanum lycopersicum*);” financiado por la Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica-FITTACORI bajo el Código 26-17 y ejecutado por colaboradoras de la Escuela de Agronegocios del Tecnológico de Costa Rica-TEC y del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria-INTA en convenio con el Tecnológico de Costa Rica. El mismo se ejecutó durante el año 2017 en la Planta Piloto Agroindustrial y el Campo de Prácticas Docentes e Investigación Agropecuaria de la Escuela de Agronegocios del TEC con un apoyo significativo de la Gerencia del Programa Nacional de Tomate y el Programa de de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria PITTA Tomate.

Los proyectistas desean externar un especial reconocimiento a los estudiantes asistentes de la Escuela de Agronegocios que aportaron a este proyecto, Sres. Alonso Navarro González, Andrey Ureña Jiménez, y especialmente Alonso López Serrano, así como al Máster Carlos Eduardo Gómez Córdoba, asistente administrativo de la Planta Piloto Agroindustrial del TEC y al Sr. Adolfo Marín Marín, colaborador quien propuso diseños de prototipos de deshidratación solar para este proyecto.

635.642

B837m

Brenes Peralta, Laura Patricia

Manual deshidratación de tomate (*Solanum Lycopersicum*), revisión de elementos técnicos y proceso : valor agregado en tomate. Manual de

capacitación / Laura Patricia Brenes Peralta, Marianella Gamboa Murillo,

Ana Cecilia Segreda Rodríguez. – 1 edición – Cartago, Costa Rica :

Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2018

36 páginas : ilustraciones, fotografías, diagramas, tablas

Referencias

Disponible en formato digital pdf.

ISBN: 978-9930-541-19-7

ISBN: 978-9930-541-21-0 (e-book)

El contenido del documento es responsabilidad de las autoras, funcionaria de la Escuela de Agronegocios del Tecnológico de Costa Rica y del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria-INTA en convenio con el Tecnológico de Costa Rica. Las opiniones que esta publicación expresa no reflejan necesariamente las opiniones de FITTACORI, el INTA o el Tecnológico de Costa Rica.

Contenido

Contenido.....	4
Índice de figuras.....	5
Introducción.....	6
Generalidades de la deshidratación	7
Tipos de deshidratadores según principio de intercambio de calor.....	8
Tipos de deshidratadores según fuente energética.....	8
Diseños de deshidratadores.....	10
Deshidratador solar de Carpa.....	10
Deshidratador solar de Túnel.....	11
Deshidratador solar tipo Ropero.....	12
Deshidratador tipo Contenedor.....	13
Cuarto o cámaras de secado.....	14
Aspectos técnicos relacionados a la deshidratación.....	16
Procesos de deshidratación	17
Principios	17
Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).....	18
Pasos para un buen proceso de deshidratación.....	18
Equipo para deshidratación de tomate.....	24
Comentarios finales.....	29
Referencias	30

Índice de figuras

Figura 1	Resumen de tipos de deshidratador basados en el mecanismo de intercambio de calor	9
Figura 2	Secador industrial por convección.....	10
Figura 3	Deshidratador tipo carpa.....	12
Figura 4	Deshidratador tipo túnel.....	13
Figura 5	Deshidratador tipo ropero.....	14
Figura 6	Secador tipo contendor.....	15
Figura 7	Cámara de secado instalada en ingeniería Forestal del TEC, Cartago.....	16
Figura 8	Explicación de la Dra. Salas Garita durante visita de campo al secador solar de Ingeniería Forestal del TEC, marzo 2017.....	16
Figura 9	Factores que intervienen en el tiempo de secado solar.	17
Figura 10	Diagrama de proceso de tomate deshidratado dulce	20
Figura 11	Diagrama de proceso de tomate deshidratado salado.....	21
Figura 12	Ejemplo de materia prima empleada.....	22
Figura 13	Tomate inmerso en almíbar y salmuera respectivamente, para su deshidratación osmótica.....	23
Figura 14	Tomate después de la deshidratación osmótica y dispuesto en bandejas para proceso de secado en los sistemas evaluados	24
Figura 15	Características sensoriales esperadas en el producto deshidratado.....	25
Figura 16	Diseño del prototipo de deshidratador solar desarrollado para el presente proyecto.....	26
Figura 17	Vistas del prototipo de deshidratador solar construido como parte del proyecto.....	27
Figura 18	Palabras de bienvenida de la Gerente del Programa Nacional de Tomate Ing. Ligia López a la sesión del PITTA y Capacitación en Deshidratación de tomate.....	28
Figura 19	Imagen de una de las secciones expositivas durante la actividad de transferencia de tecnología.....	28
Figura 20	Sesión demostrativa del proceso de deshidratación osmótica en la Planta Piloto Agroindustrial de la Escuela de Agronegocios del TEC, con una parte de los asistentes.....	29
Figura 21	Observación del prototipo de deshidratador construido en el Campo de Prácticas Docentes e Investigación Agropecuaria del la Escuela de Agronegocios del TEC con una porción de los participantes	29

Introducción

La condición biológica de los productos agrícolas, entre ellos el tomate (hortaliza de fruto del género de las solanáceas), hace que posea una corta vida útil, con efectos en su comercialización, y la competitividad de la agrocadena y sus actores.

Un estudio de caso realizado en el 2016, llegó a determinar que para las fincas en estudio pertenecientes al Valle Central que cultivaban tomate tipo bola de manera convencional, podrían encontrarse pérdidas de producto en un rango del 3% al 10%, y entre un 3% y 11% en centros de comercialización como CENADA, siendo las causas mecánicas las más comunes. Al tratarse de un fruto acuoso, se presentan características que favorecen que las abrasiones, compresiones y magulladuras sean motivo de daños y descartes de la hortaliza en su estado fresco.

Estudios realizados previos de la Escuela de Agronegocios del TEC, con el PITTA TOMATE y el Programa Nacional de Tomate del MAG, FITTACORI, el INTA y el Consorcio PRIICA Tomate, han propuesto al tomate deshidratado como una opción de agregación de valor.

El cultivo de tomate en Costa Rica reviste gran importancia económica y social, al generar ingresos familiares directos, empleos y aportar a la dieta del costarricense con un producto sano, inocuo y de alto valor nutritivo. Se considera la hortaliza más sembrada y consumida a nivel nacional con concentración de la producción en las Regiones Centrales del país principalmente. Sin embargo, enfrenta retos técnicos, socio-económicos, ambientales, y de competitividad, donde la agregación de valor y agroindustrialización resultan en alternativas de interés.

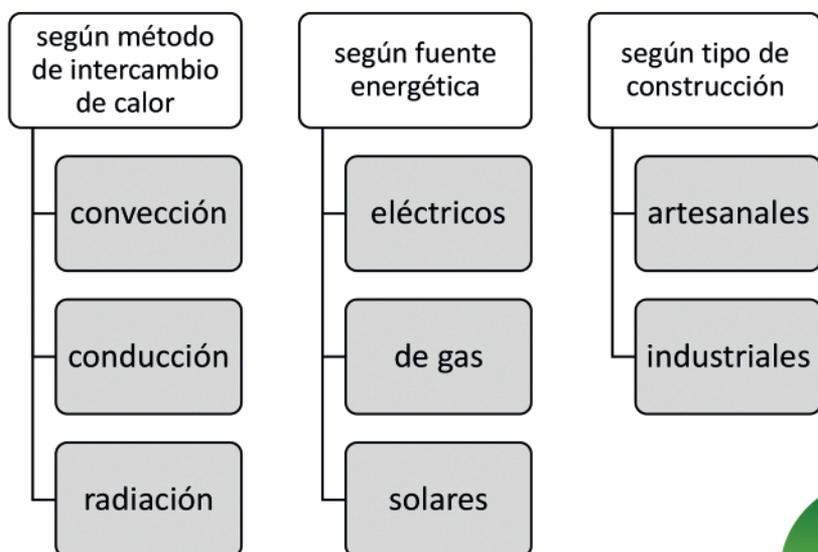
Dar seguimiento a las opciones de agregación de valor a la producción primaria, es considerado una herramienta de mejora en la competitividad de las agrocadenas, por lo que se presenta el siguiente documento que sintetiza parte de los resultados, compilaciones y observaciones realizadas durante la ejecución del proyecto de Investigación y Transferencia de Tecnología financiado por FITTACORI durante el 2017, bajo la ejecución de la Escuela de Agronegocios del TEC y su convenio con el INTA.

Generalidades de la deshidratación

El proceso de deshidratación se refiere al proceso en que la pérdida de agua por evaporación es forzada y asistida, caso distinto al término desecación que se refiere a cuando el proceso se da por vías naturales según lo establecido por el Codex Alimentarius. Este proceso de eliminación del agua de los productos agrícolas permite la inhibición de la acción enzimática que presenta incidencia en la calidad del alimento por deterioro de características sensoriales, físicas y químicas; una reducción en costos de transporte, embalaje y almacenaje aportando eficiencia a las etapas de logística y comercialización, la concentración de compuestos que aportan nutricionalmente, al sabor, aroma o a cualidades aromáticas y medicinales de los productos.

La deshidratación se considera una de las técnicas más antiguas de conservación de alimentos, y se ha determinado que usualmente se mantienen muchos de los nutrientes que el alimento posee. Esta se logra mediante un asocio de factores ambientales en el medio (deshidratador), como son el aumento de la temperatura, y circulación de aire seco, los cuales al incidir sobre el alimento que se desea deshidratar evaporan la humedad contenida en el producto pasando al aire en forma de vapor. Por tal motivo, se requiere además un mecanismo que permita que el aire cargado de la humedad extraída del alimento, sea retirado del medio o bien del agua si el vapor sufre condensación en el sistema, por lo que deberá contarse con un mecanismo de drenaje y eliminación del agua extraída.

Existen varias clasificaciones para los deshidratadores, por ejemplo:



Tipos de deshidratadores según principio de intercambio de calor
 Existe variedad de secadores y deshidratadores, ya que se han realizado investigaciones para la conservación de producto como, granos, frutas, hortalizas carnes y otros, por lo que existe una clasificación general basada en el principio de intercambio de calor empleado, a saber:

Convección	Conducción	Radiación
<ul style="list-style-type: none"> • El intercambio calórico se da por medio de la convección, es decir el aire caliente hace contacto con el alimento y por ende se da la eliminación de agua. Estructuralmente los secadores en este caso se podrán tener bandejas o ser rotatorios. 	<ul style="list-style-type: none"> • En el caso de conducción, debe existir una superficie sólida, la cual transfiere el calor al producto que se posee sobre o pase por ella, por ejemplo, secadores de tambores, o al vacío entre otros. 	<ul style="list-style-type: none"> • En este caso la pérdida de agua se da por la acción de rayos de luz, como en el caso de algunos secadores solares, los cuales aprovechan la radiación solar para su proceso

Figura 1 Resumen de tipos de deshidratador basados en el mecanismo de intercambio de calor

Fuente: resumido con base en Vidal (2013)

Debe aclararse que, por ejemplo, que en el caso de la radiación, podrá tenerse un diseño de deshidratador que resulte en la radiación directa sobre el producto lo cual propiciaría su deshidratación, aunque existen contraindicaciones en este caso debido a afectaciones sobre las características sensoriales y nutricionales del alimento, o bien podría utilizarse el principio de radiación solar sobre estructuras llamadas colectores, las cuales actúan como un “recolector de calor”, calienta el aire en el medio e inicia un proceso de convección como el también mencionado en el esquema anterior.

Tipos de deshidratadores según fuente energética

También se hace una clasificación, basada en la fuente energética que se emplea, detectando así deshidratadores que funcionen a base de energía eléctrica, gas o

combustibles, así como a base de energía solar. En ambos casos podrían detectarse opciones de equipos industriales para pequeña o gran escala, así como equipos de tipo artesanal.

Los secadores o deshidratadores eléctricos y de gas, funcionan como hornos convencionales de horneado, en los cuales se disponen bandejas con el alimento, y se realiza una eliminación de humedad gracias a la corriente de aire caliente, observando la temperatura la cual no deberá superar los 70°C dado que no se desea iniciar un proceso de cocción.

Con respecto a efectos ambientales, los deshidratadores de convección, alimentados por energía eléctrica o por gas, poseen un impacto, relacionado directamente o indirectamente con la producción de la energía. Para el caso costarricense, la matriz energética se compone en más del 98% de una generación mediante fuentes renovables como la hidroeléctrica, eólica, geotérmica aunque también podrá existir generación por fuentes fósiles, con el consecuente asocio a emisiones al ambiente. En el caso de fuentes como el gas, se detectarán impactos a raíz de gases producidos durante su combustión también. En general, los diseños varían en tamaño, materiales y en precio, en donde un ventilador recircula el aire caliente para la producción de la pérdida de humedad de alimento mediante el calor generado por una fuente energética que calienta usualmente un sistema de resistencias que irradiarán calor al medio (aire).



Figura 2. Secador industrial por convección.

Fuente: (Vidal, 2013)

Por el contrario, los deshidratadores solares son sistemas en los cuales se recurre al uso de la radiación solar y corrientes de aire para lograr la pérdida de agua de los productos agrícolas. Básicamente consiste en tomar los rayos del sol y generar un efecto invernadero en el secador con el fin de aumentar la temperatura y lograr a deshidratación de los productos. Para lograr captar dicha energía solar se recurre a un colector solar, el cual está

formado por una superficie metálica oscura y una cobertura transparente que podrá ser de vidrio o material acrílico, la cual permite la entrada de los rayos del sol y evita que se escape el aire caliente. Ahora bien, estos sistemas pueden contar también con alguna otra energía auxiliar para los periodos con deficiencia de radiación solar, aprovechar las horas de la noche o forzar una mayor circulación del aire y por tanto velocidad de deshidratación.

El aire que se encuentra dentro del colector solar es el encargado de eliminar la humedad contenida en los alimentos, para lograr dicho efecto es importante considerar tres factores clave:

1. El aire debe alcanzar una temperatura de 40-70%
2. El aire debe poseer bajo contenido de humedad
3. Debe mantenerse un flujo constante de aire

Para lograr eliminar la humedad de los alimentos es importante que el aire cargado de vapor de agua salga del colector solar, para lo cual se requiere un flujo de aire continuo lo cual se puede lograr con una chimenea, o realizar un flujo forzado con mediante un ventilador.

Últimamente, las tendencias de consumo que buscan alimentos saludables, proponen la conservación de alimentos mediante deshidratación por permitir mantener propiedades nutricionales de los alimentos, pero además, se empieza a dar importancia respecto al impacto ambiental que los procesos generan. Por esto, el secado solar se ha venido estudiando ya que al utilizar como principal fuente de energía los rayos del sol, se evitan emisiones al ambiente asociadas a otras fuentes energéticas.

Respecto a los sistemas solares y operados con otra fuente energética, se observan distintas ventajas y desventajas, como podrán ser la estandarización del proceso en los equipos industriales y el control de elementos como la temperatura, humedad y flujo de aire. Por el contrario, los secadores solares podrán estar expuestos a más variaciones. En todo caso, la observación a las normas que garanticen la inocuidad de producto y el logro de características de calidad buscadas en el mercado, deberá ser constante independientemente del sistema del que se trate.

Diseños de deshidratadores

Existen diferentes diseños de captadores solares los cuales dependerán de la disponibilidad de materiales, espacio y el tamaño, proceso, disponibilidad económica, tiempo y condiciones climáticas de la zona. A continuación, una síntesis de ellos, localizados en distintas fuentes bibliográficas y experiencias generadas en Costa Rica.

Deshidratador solar de Carpa

Es el modelo más sencillo, compacto, liviano plegable y transportable. Consiste en una estructura metálica de forma de carpa triangular, cubierta es su mayoría por una lámina de

plástico transparente (preferiblemente polietileno de larga duración). Posee aberturas para ventilación a los lados y una superior, las cuales deben estar cubiertas protegidas con mallas para evitar la entrada de insectos o partículas del medio ambiente.

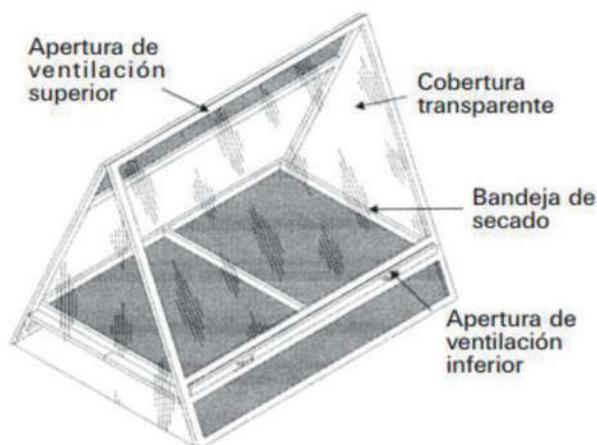


Figura 3. Deshidratador tipo carpas.

Fuente: (Almada, Caceres, Machaín-Singer, & Pulfer, 2005)

Deshidratador solar de Túnel

Este consiste en un túnel horizontal elevado con una base rígida de hierro y una cobertura transparente de lámina de polietileno de larga duración, separado un área de secado y otra como colector solar. Al aire circula de forma horizontal pasando del colector a las bandejas con el alimento por secar. Para generar el flujo de aire es necesaria la utilización de un ventilador eléctrico, o bien elaborar una chimenea, la cual ayuda a generar el flujo de salida del aire húmedo, pero no es tan efectiva como el ventilador.

Las bandejas de secado son removibles y se pueden retirar lateralmente como cajones de un ropero, de igual forma posee una maya en las salidas y entradas de aire para evitar la entrada de insectos. Este sistema logra aumentar a temperatura de 20-25°C superior a la temperatura ambiental.

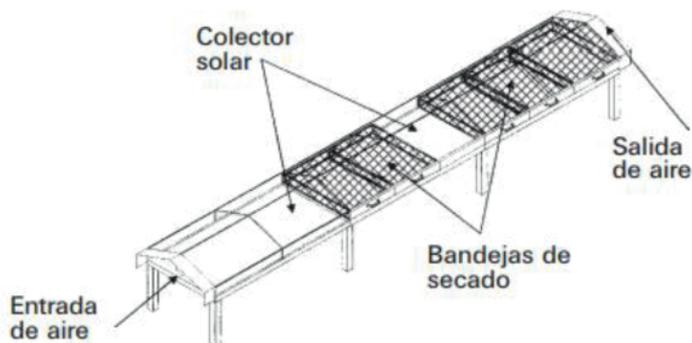


Figura 4. Deshidratador tipo túnel

Fuente: (Almada, Caceres, Machaín-Singer, & Pulfer, 2005)

Deshidratador solar tipo Ropero

Este consiste en una cámara de secado y un colector solar inclinado, unidos entre sí en la parte inferior de la cámara de secado. En la cámara de secado se encuentran las bandejas con el producto y en el colector solo se realiza el aumento de temperatura del aire, el cual va a subir por la estructura de la cámara de secado.

El colector está cubierto de vidrio y en su interior posee una chapa de zinc negro en forma de zigzag (con el fin de aumentar el área de contacto del aire con el metal caliente). El aire a temperatura ambiental entra por la parte inferior del colector, en donde se encuentra una malla para evitar ingreso de posibles contaminantes y reducir la fuente de entrada generando mayor presión y por tanto velocidad del aire. Con este sistema se logra aumentar la temperatura del aire de 25-30 °C superior a la ambiental. Para mejorar el proceso y reducir el tiempo de secado se puede colocar un extractor eléctrico en la parte superior de la cámara de secado, pero también se puede colocar una chimenea pudiendo tener algunas dificultades de circulación.

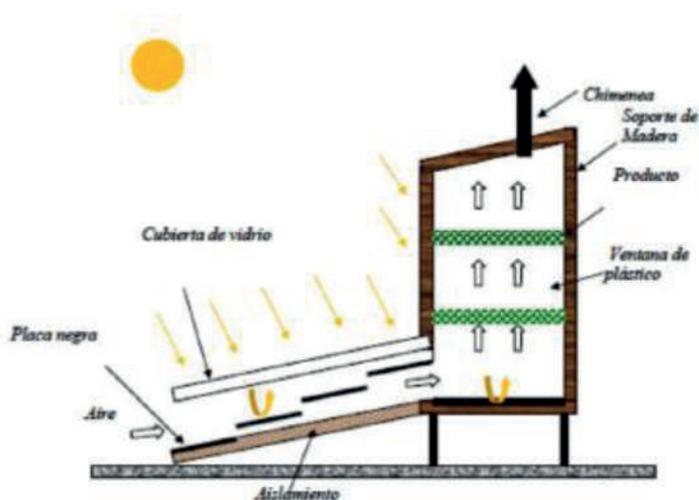


Figura 5. Deshidratador tipo ropero
Fuente: (Espinoza S, Innovación en el deshidratado solar, 2016)

Deshidratador tipo Contenedor

El diseño se basa en el de un contenedor para transporte de mercancías, con la incorporación de componentes de techo activo solar en una unidad, como parte de la estructura principal, utilizando estos paneles como muros y techo del contenedor. El techo solar activo, consiste en una superficie traslúcida y una placa absorbente de radiación color negro. Para la placa traslúcida se utiliza el policarbonato alveolar transparente y como superficie absorbente de la radiación solar un panel aislante, el cual se compone de una plancha trapezoidal de acero de color negro y un aislante de poliuretano. Debido a su estructura se reduce el costo de materiales creando una única unidad del tamaño de un container comercial, factor que facilita su transporte.



Figura 6. Secador tipo contenedor.

Fuente: (Espinoza S, Innovación en el deshidratado solar, 2016)

Cuarto o cámaras de secado

Estos podrán tener distintos tamaños y confeccionarse a base de distintos materiales, pero normalmente se caracterizan por ser infraestructuras fijas de mayor capacidad, con asocio de fuentes energéticas. En el caso del TEC, la Escuela de Ingeniería Forestal ha propuesto un diseño principalmente para secado de madera; sin embargo, pruebas preliminares dejaron ver su efectividad en el secado de materiales agroindustriales también. Entre los elementos básicos destacan el establecimiento de cimientos, puertas de ingreso, fuentes de alimentación de otra fuente energética, paredes, ventilas, ventiladores para acelerar y asegurar el movimiento del aire, y se presta especial atención al techo y el colector. El techo requiere especial atención pues es el área de captación de energía solar para calentar el aire que hará la deshidratación. Se puede hacer de distintos materiales, esperando que la energía solar pase a través de él eficientemente, caliente el colector y “atrape” esta energía evitando que escape de nuevo al medio. El colector se ubica entre el techo y el producto por deshidratar, con el fin de capturar la energía solar, transformarlo en calor y transmitirlo al aire el cual circulará en medio del producto (por convección y ayudado por los ventiladores y localización de las ventilas). El colector podrá ser de distintos materiales pero es necesario considerar su grosor y color, idealmente se podrá tratar de una plancha de hierro de al menos 3, de espesor y color negro para capturar la mayor energía solar posible.

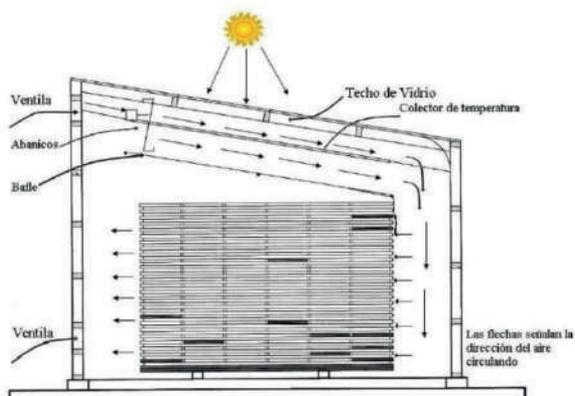


Figura 7. Cámara de secado Instalada en Ingeniería Forestal del TEC, Cartago
 Fuente: (Salas Garita, Moya Roque, & Córdoba Foglia, 2008)



Figura 8. Explicación de la Dra. Salas Garita durante visita de campo al secador solar de Ingeniería Forestal del TEC, Cartago
 Marzo 2017

Aspectos técnicos relacionados a la deshidratación

El aire caliente posee una cierta capacidad de absorbanza de vapor de agua, para lo cual existe una relación, la cual señala que por cada 20°C de aumento de temperatura del aire, su capacidad absorbente es triplicada y la humedad relativa se reduce a un tercio. La humedad y la actividad de agua (A_w) son factores importantes en las operaciones unitarias de secado y deshidratación, debido a que estos están relacionados con reacciones de deterioro del producto. Esto se explica al determinar que a mayor A_w y humedad existen mayores posibilidades de ataques microbianos. Por otra parte, es importante considerar que durante el proceso de deshidratación cada vez que la humedad disminuye se requiere de mayor energía para eliminar la humedad, esto por cambios en la estructura (físico-química) del producto que hace que el agua sea cada vez más difícil de eliminar del producto.

La posición de un secador solar también será clave para la exitosa operación de este, pues el potencial de aprovechamiento de la radiación solar en el sistema dependerá de la incidencia de los rayos solares. Para el caso costarricense, las experiencias desarrolladas por Ingeniería Forestal del TEC indican que los secadores deberán orientarse norte a sur, pues el país se ubica en el Hemisferio Norte. Adicionalmente, la inclinación del techo deberá ser en orientación sur para asegurar la incidencia mayormente perpendicular de los rayos a lo largo del año, esto particularmente cuando se tiene un sistema dijo como los cuartos o cámaras de secado (se verá más adelante en este texto). El grado de inclinación es otro factor por considerar y deberá corresponder con la latitud en que se localice el país, recomendándose que sea del 10% para Costa Rica.

Elementos como los anteriores, hacen considerar entonces sobre los aspectos que inciden en el tiempo de secado, el cual se va a ver afectado por:



Figura 9. Factores que intervienen en el tiempo de secado solar.

Fuente: adaptado de (Almada, Caceres, Machaín-Singer, & Pulfer, 2005)

Se observa de la ilustración anterior, que el lograr que el sistema alcance mayores temperaturas del aire que está circulando, así como una mayor velocidad de este, permitirá reducir el tiempo de deshidratación. Por su parte, la humedad relativa ambiental hará que se dure más tiempo, y el tipo de producto, así como su presentación podrán incidir en el tiempo de la deshidratación también.

Procesos de deshidratación

Principios

Para llevar a cabo cualquier proceso industrial, incluida la deshidratación de tomate es muy importante considerar una serie de aspectos técnicos que van a formar parte de la cadena de procesamiento, mismos que se deberán controlar antes, durante y después en el desarrollo de un producto alimenticio, con el fin de ofrecerle al consumidor productos de calidad e inocuos, como símbolo de la seguridad alimentaria esperada por éstos.

Debe recordarse normalizar las unidades de medición utilizando siempre unidades establecidas globalmente por el Sistema Internacional de Unidades (S.I.U.). Entre las más empleadas en procesos alimentarios se acostumbra las siguientes:

Masa: g (gramos) o kg (kilogramos)
Volumen: mL (mililitros) o L (litros)
Temperatura: °C (grados Celsius) (*)
Tiempo: s (segundos)
Longitud: m (metros) o km (kilómetros)

(*) En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de temperatura es el Kelvin (K). Sin embargo, está muy generalizado el uso de otras escalas de temperatura, concretamente la escala Celsius (o centígrado) a diferencia de Estados Unidos, en donde se utiliza la escala Fahrenheit. En estas escalas, la unidad es el grado. Por lo tanto, una diferencia de temperatura de un Kelvin equivale a una diferencia de un grado centígrado. A diferencia de los grados Celsius (°C) o Fahrenheit (°F), Kelvin (K) nunca se precede de «grado» ni del símbolo: °. Esto se debe a que no es una escala de medida como las otras, sino una unidad de medida.

Igualmente, es importante llevar el registro de todos los procedimientos en un procesamiento de agregación de valor o agroindustrial. De ahí que sea importante registrar con las unidades correspondientes datos de la cantidad de materia prima que ingresa a proceso, contar con una formulación y seguirla según un diagrama de proceso planteado, contar con un plan de proveedores de higiene, de plagas, de emergencia y de control de puntos críticos para garantizar la inocuidad de los productos, entre otras cosas. Esta información debe llevarse de manera ordenada y accesible incluyendo fecha, responsables, actividad, tiempos y movimientos entre otras cosas. Se debe establecer como normativa de la empresa, que la modificación de cualquier factor debe ser respaldada por la persona encargada de producción.

Lo anterior facilitará la generación de fichas técnicas que aporten la información necesaria para conocer las características técnicas de los diferentes ingredientes, aditivos, material de empaque, materia prima o equipos por utilizar en el desarrollo de cada producto.

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Son los procedimientos que se deben aplicar antes, durante y después de cada procesamiento de alimentos, con el fin de prevenir la contaminación microbiana, química o física del producto terminado o durante su preparación, empaclado o distribución. Es un prerrequisito del HACCP Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC o HACCP, por sus siglas en inglés) es un proceso sistemático preventivo para garantizar la inocuidad alimentaria, de forma lógica y objetiva, exigidos actualmente a todas las plantas procesadoras de alimentos.

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), involucran la infraestructura de la empresa, higiene del personal, de la planta de proceso, de los utensilios, la calidad de la materia prima, del equipo que se vaya a utilizar para elaborar un determinado producto, de los parámetros de control de calidad (temperatura de llenado, tiempo de sellado y enfriado, pH, ° Brix, entre otros), control de plagas y mantenimiento entre otras cosas.

Otros prerrequisitos a considerar en una empresa agroindustrial son los Procedimientos de Operación Estándar de Limpieza y Desinfección (SSOP por sus siglas en inglés) y el Programa de Aprobación de Proveedores (PAP); los cuales a su vez unidos con las BPM y el SSOP ayudan en la implementación del Sistema HACCP.

Pasos para un buen proceso de deshidratación

En general, para la deshidratación de frutas y hortalizas, incluyen pasos para garantizar un producto inocuo y con los atributos de calidad que el consumidor esperaría para este tipo de producto. En general, se busca que el color se mantenga lo más similar al producto fresco, con alguna intensificación del tono, sabor y aroma del tomate. Las operaciones por seguir se pueden resumir mediante un diagrama de proceso como el que se muestra a continuación. Ahora bien, debe indicarse que a raíz de los proyectos desarrollados entre el TEC y FITTACORI, se ha considerado elaborar tomate deshidratado el cual lleva un proceso intermedio de deshidratación osmótica que se explicará en breve, pero que podrá dar un sabor dulce o salado al producto, esto porque el tomate se introduce en una solución azucarada llamada almíbar o en una solución salada denominada salmuera. Por eso, se presentan a continuación los diagramas de proceso para ambos casos.

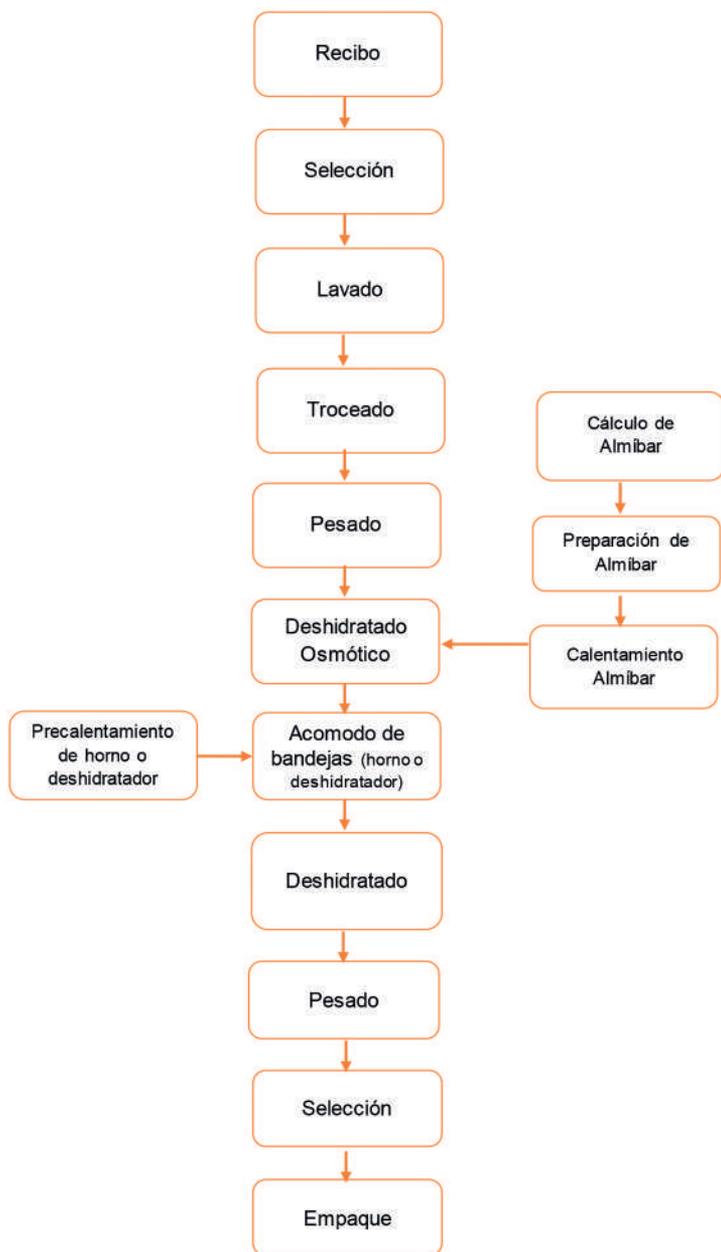


Figura 10. Diagrama de proceso de tomate deshidratado dulce
Fuente: Ana Cecilia Segreda

Para el caso del tomate deshidratado osmóticamente en salmuera, se presenta el siguiente diagrama.

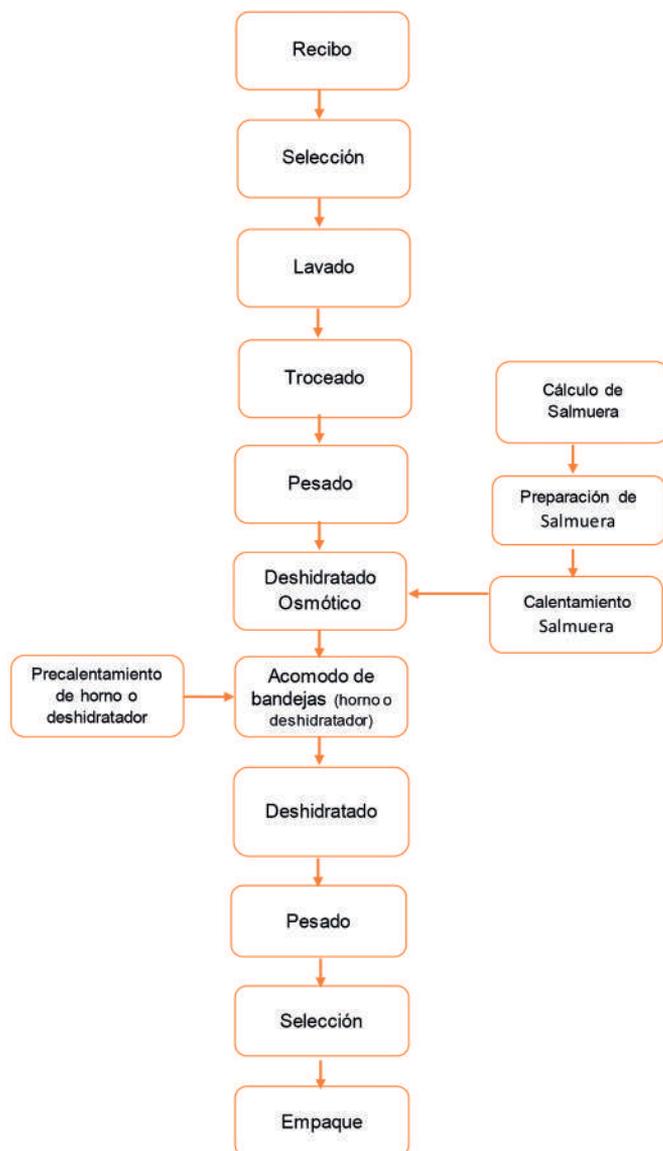


Figura 11. Diagrama de proceso de tomate deshidratado salado
Fuente Marianella Gamboa Murillo, Laura Brenes-Peralta,
Luis Fernando Campos Meléndez (t), Ricardo Salazar Díaz,
Carlos Robles Rojas (2014)

Se extrae del proceso anterior las operaciones unitarias que deberán comprenderse para obtener tomate deshidratado dulce y salado, según sea el caso. Ambos procesos suponen la recepción de materia prima como una primera operación donde debe observarse preliminarmente el producto, pesarse y registrar ese dato.



Figura 12 Ejemplo de materia prima empleada
Fuente Alonso López

Sigue la selección para descartar producto dañado si existiera evitando así contaminación y daño de la materia prima y producto final a futuro. Se sigue con un lavado el cual tiene la función de eliminar partículas de suciedad o contaminantes que pudieran estar presentes, por lo que se recomienda hacerlo con agua y un material no abrasivo pero que sí permita por rozamiento la remoción de partículas contaminante o suciedad.

Posteriormente se sigue con el troceado en la presentación que se desea dar al producto, lo cual podrá ser manual (como en este caso) o con equipo para este fin. Se recomienda trocear el producto como un aspecto de presentación, además de permitir un deshidratado más rápido y homogéneo al tener una mayor superficie de exposición al aire que circula en el deshidratación y que propiciará la disminución de humedad en el fruto.

Seguidamente se pesará el producto que ingresa a proceso lo cual tendrá la función de aportar el dato para cálculo de rendimiento posterior, así como de facilitar el cálculo de la cantidad de almíbar o salmuera por preparar.



Figura 13 Tomate inmerso en almíbar y salmuera respectivamente, para su deshidratación osmótica.

Fuente Alonso López

La deshidratación osmótica se inicia con el ajuste del volumen de agua y la concentración de la solución buscada (salada o dulce), se procede a preparar la solución y a calentarla. Una vez lista se procede con la operación de deshidratado osmótico la cual consiste en la inmersión del tomate en este líquido hasta alcanzar la concentración buscada (y humedad esperada la cual según las pruebas debiera disminuir en un 15% aproximadamente respecto al tomate fresco). Este proceso se basa en el fenómeno de variación de la concentración de dos medios para igualarse, pasando por una membrana semipermeable conocido como ósmosis. Indica que se puede usar en este caso soluciones hipertónicas azucaradas.

Deshidratado osmótico en almíbar

- Cada Presentación de rodajas, trozos y cuartos de tomate
- Cara presentación probada en horno de convección convencional y en deshidratador eléctrico
- Concentración de 25°Brix

Deshidratado osmótico en salmuera

- Cada Presentación de rodajas, trozos y cuartos de tomate
- Cara presentación probada en horno de convección convencional y en deshidratador eléctrico
- Concentración de sal al 4%

Además de la deshidratación osmótica, varios autores coinciden que antes, después o alternativamente a este proceso pueden haber operaciones llamadas de pre-tratamiento (previo a la deshidratación térmica usual).

El pretratado se refiere a aplicación de algún proceso como blanqueados o escaldados, baños en soluciones ácidas, saladas o aditivos, entre otros.

El objetivo de esta práctica se relaciona a la inactivación de enzimas y reducción de carga microbiológica, mantenimiento del color, ablandamiento de tejidos y/o eliminación de alguna cantidad de agua de los tejidos, entre otros. Estas prácticas tienen funciones preservantes pudiendo imprimir algún sabor, ya sea ácido, dulce o salado, según la solución empleada. El agrietado y pelado son otras prácticas usadas en algunos productos, y su función es “romper” o eliminar la cáscara y permitir la salida de agua de los tejidos.

Seguidamente el tomate se dispone en las bandejas del sistema de deshidratación, se opera el mismo y al finalizar se vuelve a pesar para calcular el rendimiento. Es importante registrar información como la temperatura (que no deberá sobrepasar los 80°C), el tiempo del proceso, la humedad inicial y final obtenida, así como los pesos iniciales y finales del producto.



Figura 14 Tomate después de la deshidratación osmótica y dispuesto en bandejas para proceso de secado en los sistemas evaluados

Fuente Alonso López

Finalmente, el producto resultante que sea aceptable según los parámetros de calidad que se establecieron se empaqueta, para finalizar así el proceso.

Respecto a la deshidratación específicamente de tomate, las obras consultadas citan principalmente información de FAO respecto a humedad y temperatura recomendada para el proceso. Se estima una humedad inicial de 95% y una final de 8%, lo que implica rendimientos finales usualmente inferiores al 15% según el grado de humedad al que se lleve el producto.

Entre los aspectos sensoriales deseados en un producto deshidratado, están los siguientes:

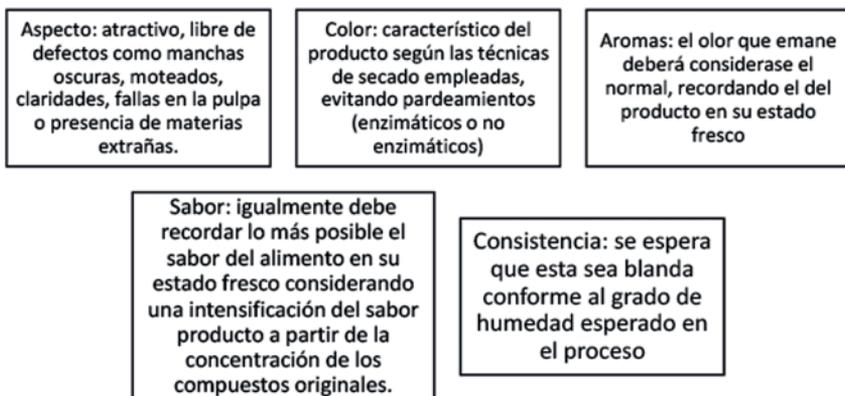


Figura 15 Características sensoriales esperadas en el producto deshidratado
Fuente (Adaptado de Gascón, Muravnick, & Andreuccetti, 2013)

Equipo para deshidratación de tomate

Las experiencias desarrolladas han permitido evaluar varios sistemas de deshidratación, probado que técnicamente es posible hacer el proceso en ellos; sin embargo cada uno aporta elementos que deben considerarse cuidadosamente a la hora de considerar un emprendimiento, como serían el costo de inversión y depreciación, el mantenimiento, los costos operativos representados por la fuente energética empleada y su costo así como la duración del proceso y por tanto la necesidad de recurrir a mano de obra que esté cuidando el procesos, así como rendimiento final y características sensoriales.

A continuación algunos ejemplos de equipos como los operados en los proyectos ejecutados en el marco de la cooperación entre el TEC, FITTACORI y el INTA.

1. horno de convección: este consistió en un horno convencional que usualmente se utiliza para panificados, pero que empleado a baja

temperatura permitiría deshidratación, permitiendo además dar un uso adicional a un equipo ya existente.

2. deshidratador eléctrico el cual corresponde a un horno de aire forzado y resistencias que opera a temperaturas no superiores a los 60°C.

3. prototipo de deshidratación solar desarrollado en el TEC como se muestra en las siguientes imágenes, y del que se resumen algunos aspectos técnicos básicos.

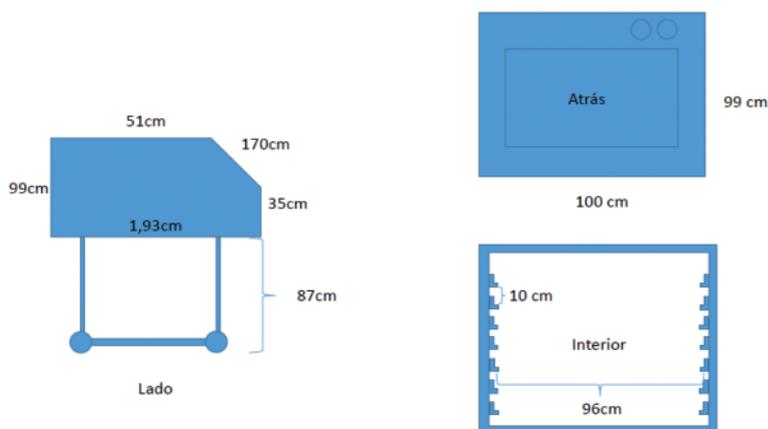


Figura 16 Diseño del prototipo de deshidratador solar desarrollado para el presente proyecto

Fuente Alonso López, diseño Adolfo Marín Marín

El deshidratador consta de una cámara de secado de 51cmx100cm con una altura de 96cm con ranuras para colocación de bandejas cada 10 cm. Lo anterior permite teóricamente una carga aproximada de 22,5kg según se distribuya el producto en las bandejas. Hacia la parte frontal se ubicó el colector solar el cual constaba de 49cmx36cm cuya base fue una placa de metal pintada de negro para permitir mayor absorción de la radiación solar y calentamiento del aire que entraba por una ranura dejada en la parte basal frontal de la estructura (tapada con cedazo para permitir circulación de aire, pero no ingreso de partículas o insectos). Además, en la porción superior de la estructura se colocó una chimenea para permitir la salida de aire caliente y húmedo, y se colocó un techo inclinado de vidrio para asegurar el paso de los rayos del sol hacia el colector solar.



Figura 17 Vistas del prototipo de deshidratador solar construido como parte del proyecto.

La construcción del equipo sumó ₡798.199,33, distribuidos en un 59% en costo de materiales y 41% en mano de obra. Entre los materiales se incluyeron tintes, pinturas y diluyentes, productos metálicos, plásticos y de vidrio, y repuestos y accesorios varios. Respecto a los materiales, es vital indicar que este se trata de un prototipo donde deberá considerarse a futuro el tipo de material, aislamiento y sanitación correspondiente para coincidir con la normativa para asegurar la inocuidad de alimentos, entre ellos el asegurarse que no exista desprendimiento de las pinturas empleadas, que el producto toque solo superficies plásticas limpias y desinfectadas y valorar el uso de un techo distinto al de vidrio o bien uno que contenga mecanismos de seguridad en caso de ruptura, sin que esto afecte la capacidad de transmisión de la radiación solar a lo interno del sistema.

A nivel operativo, el deshidratador mostró temperaturas máximas de 60°C con diferencias de temperatura en las bandejas a nivel alto, medio y bajo del sistema, lo que implica que se recomienda rotar las bandejas cada cierto tiempo para asegurar una deshidratación más uniforme en el equipo, así como la inserción de un mecanismo de ventilación que permita la convección del aire de manera más homogénea. Esto presenta a posibilidad de agregar mediante un panel solar y batería, la colocación de un ventilador a lo interno del sistema que mueva la masa de aire que ingresó al sistema, se calentó en el colector y pasa a través del producto para salir con la humedad extraída de él por la chimenea en la parte superior. Este panel y batería también podrían permitir la colocación de una resistencia que permita el mantenimiento del calor durante la noche permitiendo un proceso más continuo y con menores posibilidades de rehidratación durante la noche, lo cual es muy posible.

Nota: el desarrollo de los procesos anteriores fue compartido con productores de tomate de la Región Central Oriental, Occidental y Sur del país y el PITTA Tomate el 12 de setiembre de 2017.



Figura 18. Palabras de bienvenida de la Gerente del programa Nacional de Tomate Ing. Ligia López a las sesión del PITTA y Capacitación en Deshidratación de tomate



Figura 19. Imagen de una de las secciones expositivas durante la actividad de transferencia de tecnología



Figura 20. Sesión demostrativa del proceso de deshidratación osmótica en la Planta Piloto Agroindustria de la Escuela de Agronegocios del TEC, con una parte de las asistentes



Figura 21. Observación del prototipo de deshidratador construido en el Campo de Prácticas Docentes e Investigación Agropecuaria de la Escuela de Agronegocios del TEC, con una porción de los participantes

Comentarios finales

Existen distintas posibilidades para realizar el proceso de deshidratación de tomate, pudiendo tratarse del uso de equipos como hornos de convección operado a temperaturas que no superen los 80°C para no llegar a la cocción del producto, deshidratadores eléctricos o deshidratadores solares.

Todos ellos aportarán características técnicas, de rendimiento y de costo distintas que deberán ser consideradas en el caso de considerar incursionar en un emprendimiento de este tipo. Por esto se recomienda ampliar estudios y pruebas en esta técnica de agregación de valor, adecuados a las condiciones de la zona productiva y el emprendimiento del que se trate. Así mismo, se refuerza la necesidad de ahondar en estudios de factibilidad según cada caso de interés de incursionar en la producción de tomate deshidratado, considerando aspectos de mercado, técnicos, de costo e inversión, ambientales, administrativos y legales.

Videos

Video buenas prácticas de manufactura. Video INOCUIDAD ALIMENTARIA BPM HACCP VIDEO APLICATIVO DIDACTICO CODEX ALIMENTARIUS. En: https://www.youtube.com/watch?v=wK-k42sl_dw

Video Organización Mundial de la Salud. Las cinco claves para la inocuidad de los alimentos. En: <https://www.youtube.com/watch?v=ULZSfFVpLtQ>

Video Vías de contaminación de los alimentos. En: <https://www.youtube.com/watch?v=9uFhvu8F3QU>

Referencias

- Almada, M., Caceres, M. S., Machaín-Singer, M., & Pulfer, J. C. (2005). *Guías de Uso de Cocinas, Hornos y Secaderos Solares*. Paraguay: UNESCO, COSUDE, Fundación Celestina Pérez de Almada.
- Alzamora, S. M., Guerrero, S. N., Nieto, A. B., & Vidales, S. L. (2004). *Food Agricultural Organization*. (FAO, Ed.) Recuperado el Junio de 2017, de FAO: <http://www.fao.org/3/a-y5771s.pdf>
- Bergues, C., Bériz, L., & Griñán, P. (2013). Secadores solares directos: Una experiencia para su extensión y generalización en la zona oriental de Cuba. *Tecnología Química*, 33(1), 31-40. Recuperado el 20 de Agosto de 2017, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852013000100004&lng=es&tlng=es
- Bermúdez, Mario. (2018). *Energía en Costa Rica evoluciona a generación limpia, pero crecimiento se desacelera en último quinquenio*. Obtenido de Gobierno de Costa Rica: <http://gobierno.cr/energia-en-costa-rica-evolucion-a-generacion-limpia-pero-crecimiento-se-desacelera-en-ultimo-quinquenio/#more-27464>
- Brenes-Peralta, L., Jiménez-Morales, M., & Gamboa-Murillo, M. (2016). *Diagnóstico de Pérdidas y Desperdicio de Alimenticio en dos canales de comercialización de la Agrocadena de Tomate Costarricense para su posterior Disminución*. Obtenido de Repositorio TEC: <http://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6458>
- Brenes-Peralta, L. (2016). *Marco orientador para la agregación de tomate costarricense*. Cartago, Costa Rica : Tecnológico de Costa Rica.
- Brenes-Peralta, L., Gamboa-Murillo, M., & Jiménez-Morales, M. (2015). *Desarrollo de productos saludables con valor agregado a partir de tomate para brindar alternativas de comercialización de los excedentes de producción primaria a los productores nacionales y pre-factibilidad de mercado de dichos productos*. Obtenido de <http://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6451>

- Campos-Meléndez, L. F., Gamboa-Murillo, M., Salazar-Díaz, R., Rojas-Robles, C. H., & Brenes-Peralta, L. P. (2014). *Estudio de sistemas de producción sostenible de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) para innovación de productos saludables con Valor Agregado y la aplicación de un modelo de gestión de costos*. Cartago, Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica (RepositorioTEC).
- Córdova Tello, D. (2017). Fruta deshidratada. *XVII Encuentro Nacional de Alimentación y Desarrollo Comunitario*. Mérida, Yucatán, México: Subdirección de Orientación y Educación Alimentaria.
- De-Michelis, A., & Ohaco, E. (s.f.). DESHIDRATACION Y DESECADO DE FRUTAS, HORTALIZAS Y HONGOS Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala. Argentina. Recuperado el 22 de Agosto de 2017, de http://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cartilla_secado.pdf
- Echeverriarza, M. P. (2005). Guías de Uso de Cocinas, Hornos y Secaderos Solares. (UNESCO, Ed.) Montevideo, República Oriental del Uruguay. Recuperado el 27 de Agosto de 2017, de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/ED-Guiasecaderosolar.pdf>
- Espinoza S, J. (2016). Innovación en el deshidratado solar. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería Vol.24 no.Especial Agosto*, 72-80.
- Espinoza S, J. (2016). Innovación en el deshidratado solar. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24(Especial), 72-80. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000500010>
- Gascón, A., Muravnick, N., & Andreuccetti, C. (2013). *DESECACIÓN Y DESHIDRATACIÓN DE VEGETALES*. Obtenido de file:///C:/Users/labrenes/Downloads/Deshidratado_de_Vegetales_2013.pdf
- Guzmán Hernández, T., Araya Rodríguez, F., Obando Ulloa, J., Rivero Marcos, M., Castro Badilla, G., & Ortega Castillo, J. (2016). *Uso de tecnología solar en actividades agropecuarias de la Región Huetar Norte de Costa Rica, Parte 1 | 2016*. Santa Clara

de San Carlos Ciudad Quesada, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. Obra independiente ISBN 978-9968-641-99-9.

IICA. (2014). Agregación de valor a productos de origen agropecuario -Elementos para la formulación e implementación de políticas públicas. En W. Heinrich, M. González, M. Blanco, H. Riveros, & L. Morán, *Unidad 1.1: El Mercado* (págs. 6-7). San José, Costa Rica: IICA.

López Marín, L. (2017). Generalidades de la agrocadena de tomate (*Solanum lycopersicum*). En L. Brenes-Peralta, L. López Marín, M. Jiménez-Morales, & M. Gamboa-Murillo, *Memoria del 4º Congreso Nacional del Cultivo de Tomate* (pág. 40). San José, Costa Rica: Editorial Tecnológica. ISBN 978-9930-541-00-5.

Paltrinieri, G., Figuerola, F., & Rojas, L. (1993). *Food Agricultural Organization*. Recuperado el Setiembre de 2017, de FAO: <http://www.fao.org/docrep/x5062s/x5062S00.htm#Contents>

Rosales, R. (2009). *La Formulación y Evaluación de Proyectos con énfasis en el Sector Agrícola*. San José, Costa Rica: EUNED.

Salas Garita, C., Moya Roque, R., & Córdoba Foglia, R. (2008). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR SOLAR PARA MADERA. TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS FORESTALES, INFORME TÉCNICO N°1. *Kuru: Revista Forestal Costa Rica No.5(14)*.

Segreda-Rodríguez, A. (2017). *Generación de valor agregado al tomate y contribuciones para mejorar la seguridad alimentario y nutricional de pequeños productores costarricenses*. Obtenido de IICA-Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (PRIICA): <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2017/B4198e.pdf>

Vidal, A. (Diciembre de 2013). Tesis de grado: Diseño y construcción de un deshidratador híbrido con energías alternas. DF, México. Recuperado el 26 de Agosto de 2017, de <http://tesis.bnct.ipn.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/15329/1/im%2021-13.pdf>



El contenido del documento es responsabilidad de las autoras, funcionaria de la Escuela de Agronegocios del Tecnológico de Costa Rica y del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria-INTA en convenio con el Tecnológico de Costa Rica. Las opiniones que esta publicación expresa no reflejan necesariamente las opiniones de FITTACORI, el INTA o el Tecnológico de Costa Rica.

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

