

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La deshidratación es una de las formas más antiguas de procesar alimentos. Consiste en eliminar una buena parte de la humedad de los alimentos, para que no se arruinen.

Las técnicas de procesamiento de alimentos, son útiles para reducir las pérdidas de frutas en las épocas de abundancia, permitiendo que se puedan guardar para comercializarlas o consumirlas cuando son escasas.

Los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutritivo original si el proceso se realiza en forma adecuada.

Se puede deshidratar frutas, verduras, granos, pescado e incluso algunos tipos de carnes.

Las frutas son ideales para procesar utilizando esta técnica, ya que su alto contenido de azúcares y ácidos ayudan a la conservación.

La deshidratación puede hacerse simplemente colocando las frutas partidas en pequeños pedazos al sol, o bien utilizando deshidratadores.

Los deshidratadores pueden ser caseros o industriales. (CEDIT, 2006)

Consideramos que la utilización de secadores solares para el deshidratado de frutas proporciona varias ventajas desde el punto de vista práctico y económico. Además, podemos promover la utilización de energía renovable (solar) la cual tiene menores impactos ambientales que el de las fuentes convencionales. (CEDIT, 2006)

1.2. JUSTIFICACIÓN

El deshidratador solar se puede usar con: frutas, hortalizas, plantas medicinales y otros.

Se justifica la presente investigación por los siguientes aspectos:

- Bajo costo de inversión y utilización.
- Diseño simple para construir.
- Flexibilidad en la aplicación por diferentes materias primas.
- Alta calidad en los productos finales.

Estos beneficios y la amplia aplicación de los deshidratadores solares fueron los motivos que me llevaron al estudio de dos deshidratadores solares utilizando dos frutas como la manzana (*Malus silvestris* Mill.) y la piña (*Ananas comosus* (L.) Merrill.).

La idea de tener productos con mejor calidad y con un costo relativamente bajo debería ser de interés para las familias del área rural tanto como urbana que podrían aprovechar y aprender a aplicar estas nuevas tecnologías. Incluso para uso doméstico es válida la adquisición de un secador solar que haga durar más nuestros productos.

Algunas de las razones por las cuales es importante secar los alimentos son:

- Conservar los alimentos durante muchos meses y consumirlos conservados en períodos de escasez o fuera de temporada.
- Asegurar la calidad de la alimentación de la familia durante todo el año.
- Aprovechar la energía gratis y limpia del sol y la gran cantidad de frutas que todos los años se producen, como manzanas, piñas, uvas, aguacates entre otras sólo durante algunos meses.

1.3. PROBLEMA

La conservación de los alimentos por deshidratación es uno de los métodos más antiguos para hacer conservables los alimentos, el cual tuvo su origen en los campos de cultivo cuando se dejaban deshidratar de forma natural las cosechas de cereales, heno y otros, antes de su recolección o mientras permanecían en las cercanías de la zona de cultivo.

La producción de frutas estacionarias en los distintos lugares, en mayoría o minoría pasa que, por algún factor, difícil llegar al destino de venta o que no cubran los costos de producción.

Por otra parte, las frutas pueden llegar a ser desechadas debido a la excesiva oferta y bajos precios, lo que ocasiona no darle ningún valor agregado.

El secado en Tarija se lo realiza en esteras, nailon, sobre techos, hornos, etc. dando como resultado productos de baja calidad, contaminados por hongos, moscas y otros.

La necesidad de poder conservar la fruta, viendo la forma precaria que conserva la gente actualmente por la falta de tecnología y la que existe es de mala calidad, se busca que con el proceso de deshidratación que conlleva a la prolongación del tiempo de vida para la utilización de los productos como alimento, manteniendo su nivel nutritivo o para poder permitir su manipulación y transformación y por ende hacer que este llegue a cuantos lugares sea posible.

El éxito de este procedimiento reside en que, además de proporcionar estabilidad microbiológica, debido a la reducción de la actividad del agua, y físico-química, aporta otras ventajas derivadas de la reducción del peso, en relación con el transporte, manipulación y almacenamiento.

Por lo que se considera la aplicación de una tecnología sencilla como la construcción de secadores solares que se pueda replicar en nuestros hogares, lo que consistiría en una alternativa viable para la conservación de alimentos, como son las frutas de la manzana (*Malus silvestris* Mill.) y la piña (*Ananas comosus* (L.) Merrill.).

1.4. HIPÓTESIS

Para el desarrollo del siguiente trabajo se plantea lo siguiente:

1.4.1. Hipótesis de Investigación

Con la construcción de los deshidratadores “tipo carpa y tipo armario” se obtendrá la pérdida de humedad en peso y en el menor tiempo.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

- Determinar el efecto comparativo de dos tipos de deshidratadores solares de la manzana (*Malus silvestris* Mill.) y la piña (*Ananas comosus* (L.) Merrill.).

1.5.2. Objetivos Específicos

- Construir dos deshidratadores solares de bajo costo, que proporcionen una alternativa de conservación de frutas.
- Determinar el efecto de deshidratación de la manzana frente al efecto de deshidratación de la piña.
- Comparar el efecto deshidratante de ambos (manzana y piña) en los prototipos de tipo carpa y del tipo armario.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. HISTORIA

Todo lo que existe en este planeta, tiene un antecedente, un motivo y por ende una historia, entre los que destaca la fruta deshidratada que, al parecer en nuestros tiempos ha tenido gran aceptación por parte de las personas de todas las edades, al ser un alimento nutritivo y sabroso.

Pero no es algo que se haya descubierto ahora, es una técnica que se viene usando desde hace ya muchos siglos, cuando no existían los refrigeradores o los alimentos no estaban enlatados y adicionados con químicos que los conservaran por más tiempo.

El primer antecedente que se tiene de la fruta deshidratada, está liderado por la uva pasa, que según diversa documentación, la cultura de los fenicios, fue uno de los más grandes grupos humanos de la antigüedad que se sirvió de esta técnica para alimentarse. Otras culturas como los egipcios, griegos, indios y mayas, también se sirvieron de aquí para conservar sus alimentos. Y es de donde se sabe que, todo tipo de productos se puede deshidratar.

Por otro lado, los alimentos secos, fueron de gran utilidad en épocas de grandes guerras, pues se debe saber que, uno de los principales factores que debilita a cualquiera de los dos grupos en lucha, es la falta de comida, por lo que, cuando eran tiempos de guerras, las esposas de los guerreros, preparaban cantidades considerables de semillas, carnes, vegetales y frutos, para que sus esposos tuvieran con que alimentarse y sobrevivir a la guerra.

Por ejemplo, en los Diarios de navegación de Cristóbal Colón, se documenta que una de las principales fuentes de alimentación de él y sus tripulantes, fueron los alimentos desecados, pues no olvidemos que navegaron por largos meses en alta mar y era difícil tener acceso a otro tipo de comidas, por lo que fueron suficientes para mantener vivos a todas las personas que con él se aventuraban a nuevas tierras.

Disponible en: <https://www.google.com/amp/www.instantia.com/antecedentes-de-la-fruta-deshidratada/amp/>

Como bien se expone la fruta y comida seca, lleva siglos en la historia de la humanidad. Actualmente, existen diversas alternativas para realizar el proceso de deshidratación de alimentos, dentro de las cuales se considera el deshidratador solar. Los equipos empleados para este fin presentan mayor eficiencia que el secado al sol y menores costos de operación que los deshidratadores mecanizados. Los deshidratadores solares son una opción viable y económica que contribuye a la reducción de emisiones nocivas al ambiente.

La aplicación de procesos de deshidratación de alimentos ha sido útil para su conservación, reducción del peso y disminución de espacio de almacenamiento, ya que es un método que permite la eliminación de cierto contenido de humedad, alargando su vida útil y manteniendo gran parte de sus propiedades. A lo largo del tiempo se han modificado dichos procesos con la implementación de nuevas tecnologías que amplían la variedad de productos y presentaciones (Garcia,et.al.2012)

Para la deshidratación es esencial la ventilación, ya que lo importante no es calentar el producto, sino eliminar su humedad. Este proceso es fácil pero delicado y requiere de cuidados y condiciones específicas para obtener un buen secado, los productos tienen que ser colocados de tal forma que haya suficiente espacio entre las partes que los componen (Almada, *et. al.*, 2005).

2.2. DEFINICIÓN DEL SECADO

Se entiende por secado de los alimentos a la extracción deliberada del agua que contienen.

El contenido original del agua de los productos agrícolas varía entre el 30% y el 90% de la masa; mediante los procesos de deshidratado, el contenido de agua es reducido a un porcentaje entre el 8 y el 16%. (Vásquez, T.et.al.1997)

2.3. CONCEPTOS BÁSICOS DE DESHIDRATACIÓN

El deshidratado de alimentos, trata de la remoción del agua hasta un punto donde se inhiben el deterioro microbiano y la actividad enzimática.

El deshidratado se diferencia de otros procesos de extracción del agua, que utilizan calor, especialmente en que durante el mismo no se da un proceso de cocción o sobre calentamiento, y de esta manera el producto final conserva sus cualidades nutritivas.

La humedad de muchos productos alimenticios naturales oscila entre 70 y 90 %. Los productos deshidratados llamados secos, deben tener al final del proceso un contenido de agua entre 10 - 20% y hasta un 50% los de humedad intermedia. (Vásquez, T.et.al.1997)

Además de la humedad final de un producto deshidratado, un parámetro esencial de tomarse en cuenta es la medida de la actividad de agua (**aw**), los valores preferenciales para este parámetro varían entre 0.7 - 0.6 o menos, con lo cual se consigue una buena conservación; además de permitir mejor conservación la deshidratación de productos alimenticios, ofrece más ventajas como ser:

- Transformar grandes cantidades de producto, para evitar pérdidas de cosecha en periodos de abundancia.
- Conseguir que su consumo se realice durante todo el año.
- Facilitar su almacenamiento y transporte.
- Bromatológicamente los productos deshidratados tienen mayor poder alimenticio ya que al perder gran parte de su contenido de agua se concentran los Hidratos de carbono, sustancias pépticas, proteínas, grasas, sales minerales, que se encuentran en sus tejidos.
- Se abren nuevas oportunidades para generar nuevas fuentes de trabajo e ingresos. (Vásquez, T.et.al.1997)

2.4. ENERGÍA SOLAR

El sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde que dio sus primeros pasos en la tierra, puede satisfacer todas nuestras necesidades.

El aprovechamiento de la energía solar con tecnologías muy simples fue realizado por el hombre desde sus comienzos.

La energía solar tiene dos características importantes: su condición de energía prácticamente inagotable y el hecho de ser no contaminante. Es una fuente de energía disponible, en mayor o menor medida, en cualquier parte del planeta, pudiendo ser colectada u transformada en el lugar de utilización. (Durán, J. et.al.2004)

2.5. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Conservar los alimentos consiste en bloquear la acción de los agentes (microorganismos o enzimas) que pueden alterar sus características originarias (aspecto, olor y sabor). Estos agentes pueden ser ajenos a los alimentos (microorganismos del entorno como bacterias, mohos y levaduras) o estar en su interior, como las enzimas naturales presentes en ellos. Desde hace más de diez mil años existen métodos de conservación que se han ido perfeccionando: curado, ahumado, refrigeración, la aplicación del calor para el cocido y la deshidratación de los alimentos. El gran desarrollo de la industria conservera, Por otra parte, los métodos de conservación hoy cumplen doble función, mantener el alimento en buenas condiciones y aportar unos sabores muy apreciables.

Disponible en:

(<http://www.webconsultas.com/dietaynutricion/higienealimentaria/metodosdeconservacion-de-alimentos-2685>)

2.6. TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN

Los métodos de conservación de alimentos han sido usados desde tiempos antiguos para asegurar, o al menos facilitar, la supervivencia de las civilizaciones humanas.

2.6.1. Conservación por Frío: las bajas temperaturas son muy eficaces para conservar por que hacen que los microorganismos que los estropean se reproduzcan con más dificultad o que sean incapaces de hacerlo.

2.6.2. Conservación por Calor: la pasteurización y la esterilización son las principales técnicas de conservación por calor.

2.6.3. Por Deshidratación: dado que los microorganismos que estropean los alimentos necesitan agua para vivir y proliferar, privar de agua el medio en que se encuentran es un método de conservación alimentario eficaz y conocido desde tiempos antiguos.

2.6.4. Con Productos Conservadores: la sal, el alcohol, el aceite, el vinagre, y la miel son usados para conservar alimentos desde hace muchos milenios.

2.6.5. Por Fermentación: es un método de conservación basado en la acción de microorganismos como la levadura (un tipo de hongo) que se utiliza para preparar productos lácteos como yogurt y el queso, así como bebidas con alcohol.

2.6.6. Por Revestimiento: en este caso la conservación se debe a la protección del alimento frente a la entrada de microorganismos problemáticos gracias a compuestos químicos con efectos aislante, como pueden ser la cera, la vaselina o algunos tipos de barniz.

2.6.7. Conservación al Vacío: consiste en reducir la cantidad de aire, y por tanto de oxígeno, del medio en que se encuentra el alimento. Este método también es conocido como “conservación en atmosfera controlada”.

2.6.8. Con Aditivos Alimentarios: son productos con efectos antibióticos que periten que los alimentos no se estropeen por que mantienen a raya el desarrollo d microorganismos.

2.6.9. Por Ionización: consiste en aniquilar los microorganismos mediante el uso de radiaciones ionizantes emitidas por diversas fuentes posibles (por ej. Cañones de electrones).

Disponible en: (<https://www.google.com/amp/s/viviendolasalud.com/dieta-y-nutricion/metodos-deconservacionde-alimentos>)

2.7. TIPOS DE DESHIDRATADORES SOLARES

Existen muchas y diferentes técnicas para efectuar el secado de productos alimenticios como ser: secado solar tradicional, secado solar técnico y secado mediante equipos industriales.

En todos estos casos el proceso consiste en entregar una cierta energía al producto para eliminar el agua que contiene.

Los más conocidos son:

- El secado solar directo
- El secado indirecto
- El secado solar mixto

2.7.1. Secado solar directo

El método más sencillo para secar alimentos consiste en la exposición del producto directamente a los rayos solares.

Sin embargo, dicho método presenta inconvenientes: existe demasiada dependencia de las condiciones climáticas (a veces es necesario recoger el producto cuando llueve), requiere un grado de mano de obra para remover el producto durante el tiempo de secado, las condiciones higiénicas son precarias.

El secado directo o tradicional de productos alimenticios es difícil de programar y se corren riesgos de perder el producto por lluvias, vientos, acción de insectos y roedores. (Moreno, 2000)

2.7.2. Secado solar indirecto

El colector y la cámara de secado están separados. El aire es calentado en el colector y la radiación no incide sobre el producto colocado en la cámara de secado. La cámara de secado no permite la entrada de la radiación sola. (Moreno, 2000)

2.7.3. Secado Solar Mixto

El SSM busca aprovechar mejor la energía solar, a través de técnicas de mejoramiento del secado solar tradicional, utilizando determinados equipos, incrementando el potencial de adsorción de agua del aire, y el control del flujo de aire a través del producto.

Además, busca proteger el producto contra contaminantes ambientales y permitir un mejor control del proceso de secado.

Son aquellos donde la colección de radiación utiliza tanto en el colector solar previo a la cámara de secado como en la misma de secado. El secador solar mixto presenta varias ventajas; en primer lugar, el control del proceso es más simple. Es fácil de integrar una fuente auxiliar de energía para construir un sistema hídrico. (Moreno, 2000, Almada, et. al., 2005)

El secador a construir dependerá de las necesidades del consumidor y del tipo de producto que se desee deshidratar, un secador solar puede ser rústico y constar de una cubierta de plástico para encerrar el calor del sol y lograr el efecto de invernadero, también se pueden colocar cristales y usar pintura negra para elevar la temperatura en el interior del secador; la desventaja de este último es que se incrementan los costos. Hay secadores con resistencias eléctricas, aún mucho más costosos. En el mercado actual los secadores se cotizan entre los \$20,000.00 a \$30,000.00 por los fabricantes de equipos agroindustriales (Rico, 2010)

2.8. TIPO “ARMARIO”

Es un modelo más complejo para secar todo tipo de alimentos, especialmente aquellos que necesitan mantener un buen color y proteger sus propiedades naturales.

Consiste en una cámara de secado y un colector solar inclinado, unidos entre sí en la parte inferior de la cámara. En ésta se encuentran superpuestas varias bandejas de secado removibles con tejido. Las bandejas están protegidas por una puerta colocada en la pared trasera de la cámara (Moreno, 2000)

La cámara de secado consiste de una caja cerrada dentro de la cual se colocan bandejas con rejillas que permiten el flujo de aire caliente a través de los alimentos. Esta cámara está recubierta de plástico transparente o madera para evitar la salida del aire caliente. Su función es el secado de los alimentos, este secado se lleva a cabo por circulación del aire caliente proveniente del colector solar. Al ser una cámara cerrada impide la exposición directa de los alimentos a la radiación solar, favoreciendo la conservación de las propiedades nutritivas de los alimentos. Para la salida del aire caliente con la humedad extraída de los alimentos se instala una chimenea en la parte superior trasera de la cámara de secado (Moreno. 2000)

2.9. TIPO “CARPA”

Es un modelo sencillo, compacto, liviano, plegable y transportable para secar cualquier tipo de alimento en pequeñas cantidades. Está hecho de una estructura metálica (que puede ser también de madera) de la forma de una carpa triangular, cubierta en gran parte por una lámina de plástico transparente, resistente a los rayos ultravioletas (polietileno larga duración) y puede tener diferentes tamaños.

Las aberturas de ventilación están ubicadas abajo, por uno de los lados longitudinales y arriba por el otro, los dos cubiertos de malla mosquitero para evitar el ingreso de insectos. A 20 cm del suelo aproximadamente se encuentra la bandeja de secado removible, consistiendo en un tejido por ejemplo de hilo de nylon. Sobre éste se coloca una gasa o una malla fina sobre la cual se colocarán los productos a secar. ((Moreno. 2000)

2.10. PIÑA (*Ananas comosus* (L.) Merrill.)

2.10.1. Origen

La piña (*Ananas comosus* (L.) Merrill.) es originaria de Sudamérica, de zonas Tropicales y Subtropicales del Brasil.

2.10.2. Clasificación Taxonómica

- o Reino: Vegetal.
- o Phylum: Telemophytae.
- o División: Tracheophytae.
- o Subdivisión: Anthophyta.
- o Clase: Angiospermae.
- o Subclase: Monocotyledoneae
- o Orden: Farinosales
- o Familia: Bromeliaceae
- o Nombre científico: *Ananas comosus* (L.) Merrill.).
- o Nombre común: Piña

Fuente: HERBARIO UNIVERSITARIO (T.B.), 2018

2.10.3. Producción

Producción mundial 12.5 millones de toneladas métricas.

Continente asiático 51 % (6.2 millones de toneladas métricas).

Continente americano, 31% (3.8 millones de toneladas métricas) Brasil, se destaca como el segundo productor del mundo con un 13% del total producido.

La piña es una de las frutas más consumidas mundialmente después de la banana y la naranja.

En Bolivia la producción se encuentra concentrada en la región tropical del departamento de Cochabamba al igual que en los departamentos de Santa Cruz y Beni.

En 2016 se ha tenido cerca de 3.500 hectáreas de superficie de producción de piña en el país, mientras que las ventas superan los 20 millones de dólares, "Podemos decir que el año 2016 por ejemplo un 60 por ciento se ha consumido en el mercado local como fruta fresca, un 25 a 30 por ciento ha ido a lo que es la agroindustria, (Erlan Oropeza director del Fondo Nacional de Desarrollo Integral de Bolivia).

2.10.4. Descripción del Fruto

Este fruto es ampliamente reconocido por sus propiedades diuréticas y desintoxicantes. Posee forma oblonga o cónica; color verdoso amarillento, rojizo o amarillo anaranjado, según la variedad y el estado de madurez.

El fruto pertenece al grupo de los múltiples, pues está formado por la fusión de todos los carpelos de la inflorescencia. La planta no puede reproducirse sexualmente, porque el fruto es abortivo, es decir, que no llega a formar semillas.

Cambio del color de la cáscara del verde al amarillo en la base de la fruta. Las piñas son frutas no climatéricas por lo que se les debe cosechar cuando están listas para consumirse.

Disponible en: <http://www.sicsantacruz.com/sic/index.php/fruticultura/156-cultivo-de-pina>

2.10.5. Valor Nutricional de la Fruta de la Piña

El principal componente de la fruta de la piña es el agua, que constituye aproximadamente el 85% de su peso.

Cuadro N°1 Valor Nutricional del Fruto de la Piña

Valores nutricionales de la piña	
Calorías	50.0kcal
Agua	85g
Hidratos de carbono	13.12g
Proteínas	0,54g
Grasa total	0.12g
Ceniza	0.22g
Fibra	1.4g
Almidón	0.0g
Azucares totales	9.85g
Vitamina C	47.8mg
Vitamina B1(Tiamina)	0.079mg
VitaminaB2 (Riboflavina)	0.032mg
Vitamina B3 (Niacina)	0.5mg
Vitamina B5 (Ácido pantoténico)	0.213mg
Vitamina B6	0.112mg
Vitamina E	0.02mg
Zinc	0.12mg

Calcio	13.0mg
Hierro	0.29mg
Magnesio	12.0mg
Fósforo	8.0mg
Potasio	109.0mg
Sodio	1.0mg
Manganeso	0.927mg
Cobre	0.11mg
Selenio	0.1mg
Ácidos grasos saturados	0.009g
Ácidos grasos Monoinsaturados	0.013g
Ácidos grasos Poliinsaturados	0.04g

Fuente: Dieta y nutrición.NET

2.11. MANZANA (*Malus silvestris* Mill.)

2.11.1. Origen

Es originaria desde el mar Caspio y el Caucaso a Europa Central y Meridional.

2.11.2. Clasificación Taxonómica

- o Reino: Vegetal.
- o Phylum: Tracheophyta.
- o División: Tracheophyta.
- o Subdivisión: Anthophyta.
- o Clase: Angiospermae.
- o Subclase: Dicotyledoneae
- o Grado Evolutivo: Archichlamydeae
- o Grupo de Ordenes: Corolinos
- o Orden: Rosales
- o Familia: Rosaceae
- o Subflia.: Pomoideae
- o Nombre científico: *Malus silvestris* Mill.

Fuente: HERBARIO UNIVERSITARIO (T.B.), 2018

2.11.3. Producción

La manzana es una planta caducifolia, que se cultiva en zonas con inviernos fríos, en la actualidad se han ampliado a áreas de clima templado o tropical. El desarrollo de nuevas variedades con menor requerimiento de frío como resultado de la investigación genética y el desarrollo de nuevas tecnologías han permitido cultivar esta fruta en zonas con invierno templado y en áreas tropicales como Indonesia donde no existe acumulación de frío en invierno. En las zonas tropicales se pueden obtener dos cosechas por año; la brotación y floración se consigue a través de la defoliación. (FAUTAPO.2014)

Actualmente, la manzana es sin duda la especie cuyo cultivo alcanza mayor difusión en el mundo. En Europa son grandes productores Francia, Italia, Alemania. España y Rusia.

En América, Estados Unidos, Canadá, Argentina, Chile, México son importadores de manzanas.

China, Japón y Grecia son igualmente cultivadores de manzana.

Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda, también (Sfarcich.R.Y.2010).

En la actualidad la superficie total estimada de manzana en Bolivia es de 495,0 hectáreas, la cual es muy reducida comparada a otros países ya que ni siquiera aparece en las estadísticas de la FAO. El volumen anual de manzana alcanza a 3145,2 toneladas, producción que no cubre ni el 20% del consumo local. El reducido volumen de producción se puede explicar por los bajos rendimientos por unidad de superficie (FAUTAPO.2014).

Los principales departamentos que cultivan y producen manzana son Chuquisaca y Santa Cruz, seguido de Cochabamba, Potosí y La Paz (FAUTAPO.2014).

2.11.4. Descripción del Fruto

La manzana, es un fruto carnosos (pomo); según su forma puede ser achatada y/o redondeada.

Tanto la forma como el color y sabor de los frutos difieren en una amplia gama que depende de la variedad: la fruta denominada Golden presenta un color dorado brillante; Royal Gala tienen una piel rojiza y otras como la verde doncella son verdes. (Sfarcich.R.Y.2010)

2.11.5. Componentes y Propiedades Nutritivas de la Manzana

Desde el punto de vista nutritivo la manzana es una de las frutas más completas y enriquecedoras en la dieta. Un 85% de su composición es agua, por lo que resulta muy refrescante e hidratante. Los azúcares, la mayor parte fructosa y en menor proporción, glucosa y sacarosa de rápida asimilación en el organismo, son los nutrientes más abundantes después del agua.

Es fuente discreta de vitamina E o tocoferol y aporta una escasa cantidad de vitamina C y entre otros nutrientes que la manzana aporta son:

Potasio 35,4 %

Calcio 26.1 %

Sodio 26.15%

Magnesio 9.1%

Ácido fosfórico 14.0%

Silicato 4.32%

Disponible en: <https://www.vix.com/es/imj/salud/2011/04/21/propiedades-nutritivas-de-la-manzana>

2.11.6. Usos de las Manzanas

Consumo en fresco, fabricación de sidra, elaboración de zumos y mostos sin fermentar y aguardientes como el famoso "Calvados", muy apreciado en Francia.

Con su pulpa se elaboran dulces, jaleas, compotas y mermeladas; y sus frutos enteros o troceados, escarchados y conservas (Sfarcich.R.Y.2010).

2.12. RELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS DE SECADO Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL ALIMENTO

El comportamiento de secado de sustancias higroscópicas tales como los alimentos es complejo y variable de un alimento a otro.

Este comportamiento puede estudiarse experimentalmente en diversos tipos de secadores, midiendo la pérdida de peso de un producto sólido en el curso del tiempo, en función de diferentes parámetros (por ejemplo, velocidad, temperatura y humedad del aire de secado).

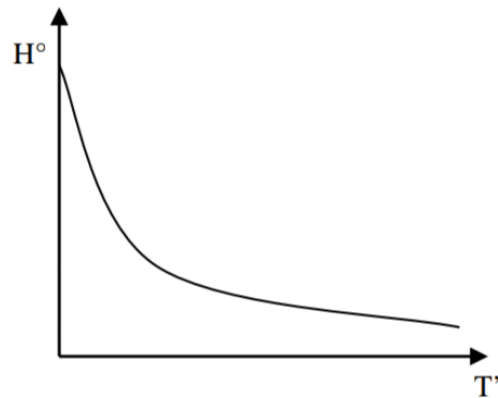
Las "curvas de secado" se obtienen llevando sobre un diagrama, en función del tiempo, el contenido de agua del producto o bien la velocidad de secado.

También se puede representar la velocidad de secado en función del contenido de agua del producto.

Si se observa el proceso de deshidratado en el tiempo, se obtiene una cinética como la indicada en el gráfico N° 1, donde puede observarse que al principio hay una caída muy rápida del contenido de humedad y luego se va desacelerando y haciéndose asintótico.

Esto quiere decir que, cuanto más baja es la humedad final, más dificultosa es su extracción del tejido vegetal. (Gastón, A.et.al.2013)

Figura N° 1 de la humedad en relación al tiempo.



2.12.1. Actividad de Agua

La conservación por desecación o deshidratación podría definirse ahora como la disminución por evaporación del contenido de agua libre en el producto hasta un tenor tal que la disponibilidad hídrica sea reducida a límites que permitan la auto preservación, en otros términos, que la “actividad de agua” sea limitante del desarrollo microbiano y de las reacciones básicas de deterioro (enzimas, Maillard y rancidez).

Antiguamente se decía que la evaporación parcial del agua y la adición de azúcares generaban una 'presión osmótica' tal que tornaba difícil el medio para el desarrollo de microorganismos.

En la actualidad se trabaja con el concepto de “actividad de agua” o “Aw” (activity water) que expresa la mayor o menor “disponibilidad” de agua en un alimento, es decir, la cantidad de agua "libre", no ligada químicamente a ninguna sustancia o molécula. (Gastón, A.et.al.2013)

2.12.2. Los Microorganismos y la Actividad de Agua

Las frutas en general poseen al estado natural una actividad de agua de 0,94 a 0,97 (fáciles de ser atacadas microbiológicamente).

Con valores de A_w menores a 0,92 el crecimiento de algunos microorganismos se retarda, paraliza o inhibe; ello explica la relativa estabilidad de conservación de los productos deshidratados donde se evapora agua libre disponible.

En el siguiente cuadro N° 2 se ilustra la A_w mínima aproximada para el crecimiento de grupos de microorganismos según el autor Scott, W. J. (1957).

Actividad agua	Crecimiento de microorganismos
0.91	Mayoría de bacterias dañinas
0.88	Mayoría de levaduras dañinas
0.80	Mayoría de hongos dañinos
0.75	Bacterias halófilas
0.65	Mohos xerófilos
0.60	Levaduras osmófilas

Puede apreciarse que los mohos son menos exigentes que las bacterias, ya que con A_w elevadas proliferan estas últimas más rápido que levaduras y mohos (excepto a pH ácidos), y en general se puede concluir que, para una especie determinada, el rango de A_w que permite su crecimiento y desarrollo es tanto más amplio cuando más apropiadas le sean otras condiciones del medio, incluida la temperatura.

Por otro lado, la mayoría de los microorganismos que causan enfermedades de alta peligrosidad para el ser humano necesitan A_w relativamente altas para su desarrollo.

En el siguiente cuadro N° 3 se ve los microorganismos y la Aw que necesitan para su desarrollo:

Aw	Crecimiento de microorganismos
0.95	Salmonella sp.
0.95	Clostridium botulinum
0.96	Escherichia coli
0.86	Staphylococcus aureus
0.95	Bacillus subtilis

Las frutas desecadas a 25% de humedad tienen un valor aproximado de 0,79 donde sólo pueden proliferar mohos y más dificultosamente levaduras (a menos que exista una dilución en superficie). (Gastón, A.et.al.2013)

2.13. DETERIOROS COMUNES EN LA DESHIDRATACIÓN

Si la deshidratación y las condiciones de almacenamiento son adecuadas, los microorganismos que sobrevivieron a todas las etapas del proceso difícilmente puedan desarrollar en los productos terminados con humedades de equilibrio menores al 20%.

Pero hay que tener presente que esporas de bacterias y de algunos géneros de hongos han sobrevivido y forman parte de la contaminación bacteriana normal del producto terminado. Por ello es que cuando las condiciones del depósito son húmedas o se prevé el embasamiento con humedades mayores a 20%, pueden desarrollar especialmente mohos en la superficie de los frutos. Químicamente se los puede controlar con el uso de soluciones. (Gastón, A.et.al.2013)

El pardeamiento no enzimático o reacción de Maillard es una reacción química en la que se combinan azúcares simples con aminoácidos, derivados de estructuras

proteicas degradadas; la reacción genera sustratos de color pardo a negros que deterioran el color significativamente.

Esta reacción se promueve por temperatura, pH y desnaturalización proteica. El uso del dióxido de azufre o soluciones de metabisulfito son formas de interferencia química o bloqueo de la reacción.

El pardeamiento enzimático ocurre cuando las células se rompen y se liberan los contenidos plasmáticos al medio.

Si no se inactivan las enzimas causan grandes trastornos de las características órgano-sensoriales. Tal es así que se ven afectados los colores claros (oxidadas), aparecen gustos a heno (peroxidadas), pérdida de textura (pectinasas), enranciamiento de grasas (polifenoloxidasas), etc.

Los tratamientos térmicos tales como escaldados o sancochados tienen por finalidad inactivar todas estas enzimas para evitar los deterioros mencionados. (Gastón, A.et.al.2013)

2.14. FACTORES QUE RIGEN EL PROCESO DE SECADO

Durante la deshidratación de los alimentos pueden presentarse cambios físico-químicos tales como: caramelización, decoloración, pérdida de textura y forma física, pérdida de sustancias volátiles y/o de cualidades nutritivas.

La naturaleza de estos cambios es afectada por la transferencia de calor y masa (parámetros de secado) y las características físico-químicos del producto que se va a deshidratar.

2.15. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TIEMPO DE SECADO

El tiempo de secado depende de varios factores. Los más importantes son:

- Tipo de producto (mayor contenido de agua, mayor tiempo)
- Tamaño de los trozos del producto (más grande, mayor tiempo)
- Temperatura del aire (más elevada, menor tiempo)
- Humedad relativa del aire (más elevada, mayor tiempo)

- Velocidad del aire (más elevada, menor tiempo).

(Almada, et. al., 2005)

2.16. TIEMPO DE SECADO

El tiempo de secado de las frutas depende de varios factores tales como: tipo de producto, tamaño de los trozos, temperatura del aire, humedad relativa del aire, velocidad del aire. (Almada, et. al., 2005)

Para el secado se deben de tomar en cuenta tres etapas distintas: La etapa inicial de secado del producto, en la cual la rapidez con la cual se elimina humedad en función del tiempo aumenta.

La rapidez del secado permanece constante y es independiente del sólido, de modo que, para las mismas condiciones externas, el proceso es similar al que se daría en la superficie de una masa de agua.

Una vez que la humedad superficial ha sido eliminada, la humedad interna comienza a ser eliminada, pero, en consecuencia, la rapidez del secado disminuye a medida que se va perdiendo humedad interna por evaporación en la superficie (Moreno, 2000; SAGARPA, 1998).

2.17. UNIFORMIDAD DE LOS TROZOS

Los productos secos destinados a la industrialización y almacenamiento prolongado, necesitan homogeneidad en cuanto a su humedad para facilitar la evaluación y el control de sus cambios físicos y químicos durante el procesamiento y el tiempo que permanezca en el almacén.

La uniformidad de los trozos del producto a secarse tiene influencia sobre la homogeneidad del contenido de agua.

Para cada producto hay formas y tamaños óptimos que requieren ser determinados. (Vásquez, T.et.al.1997)

2.18. CALIDAD DEL SECADO

Para evitar o reducir el deterioro del producto durante y después el secado o mejorar su calidad de alguna forma, se le da un tratamiento previo al producto el cual consiste en un proceso físico y/o químico anterior al secado, existen los siguientes tipos de tratamientos previos: blanqueado, sulfitado, tratamiento de ácidos orgánicos, uso de bicarbonatos de sodio, agrietado, salado, almibarado, etc. (Almada, et. al., 2005)

2.19. PRE-TRATAMIENTOS DE LOS PRODUCTOS A SER DESHIDRATADOS

Los pre-tratamientos influyen grandemente en la calidad del producto final, tanto a nivel organoléptico como en los resultados de la composición final del mismo.

En los procesos de pre-tratamientos se utilizan preservantes y aditivos para fines tan diversos como la aceleración del proceso de secado, el blanqueado, la disminución de la flora microbiana o la retardación de los procesos de pardeamiento. (Vásquez, T.et.al.1997)

2.19.1. Para la Aplicación de los Pre-Tratamientos Deben Observarse Ciertas Normas:

La aplicación de los pre-tratamientos es variable en cuanto al tiempo de inmersión del producto a deshidratar en la solución del reactivo, concentración de los reactivos, temperatura de la solución y otros; tomando en cuenta los diferentes productos e inclusive factores como el estado de madurez de la materia prima, variedad y tamaño.

Existen normas que deben observarse para la utilización de cierto tipo de reactivos utilizados con frecuencia por ejemplo en los derivados del azufre, se especifican proporciones máximas permitidas, formas de utilización y alimentos en los que se permiten. (Vásquez, T.et.al.1997)

2.19.2. Los Pre-Tratamientos Tienen Importancia en el Proceso y en el Producto Final

Sin embargo, existen también otro tipo de sustancias, como el azúcar y la sal, en los que prácticamente no hay límite legal en cuanto a cantidad, pero una condicionante es el sabor obtenido, por lo que existe la necesidad de especificar la cantidad utilizada en el producto. (Vásquez, T.et.al.1997)

2.19.3. Preservantes y Aditivos

Un preservante es cualquier sustancia que, añadida a un alimento, previene o retarda su deterioro. Los aditivos se añaden al producto para contribuir a la textura, al sabor y al color del mismo. (Vásquez, T.et.al.1997)

Existe una gran variedad de preservantes y aditivos:

2.19.3.1. Bióxido de azufre: es tóxico para los mohos, bacterias y en menor grado para las levaduras. Bloquea la acción enzimática, impidiendo la decoloración del producto, y disminuyendo las pérdidas de algunas vitaminas.

2.19.3.2. Bióxido de carbono: ejerce una acción conservante sobre ciertos microbios, a concentraciones mayores a la atmósfera.

2.1.3.3. Acido benzoico: (y sus sales) es más efectivo contra levaduras y bacterias que contra mohos. Puede utilizarse en concentraciones de hasta 0.1%. Este preservante se usa más en sidra, manzana, jugos, y encurtidos.

2.19.3.4. Ácido ascórbico y ácido cítrico: son agentes sobre el oscurecimiento de los tejidos de las frutas y hortalizas que han sido fraccionadas por el corte, mondado o molido.

2.19.4. Pre-tratamientos

2.19.4.1. Blanqueado (sulfitado)

La adición de sulfitos inhibe las reacciones de oscurecimiento o pardeamiento de los productos a deshidratar, actúa sobre los azúcares del producto, minimizando esta posibilidad.

La aplicación de sulfitos y derivados tales como:

- bisulfito de sodio (NaHSO_3),
- bisulfito de potasio (KHSO_3),
- bisulfito de calcio $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$,
- metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$),
- metabisulfito de potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$),

Se efectúa mediante inmersión de los productos a deshidratar, en soluciones acuosas del aditivo cuya concentración varía de **0.5 %** al **1 %** y a temperatura ambiente por el lapso de 5 a 10 minutos.

Para obtener esas concentraciones se debe disolver por cada litro de agua 5 gramos del sulfito para tener una concentración de 0.5%, y 10 gramos por cada litro de agua potable para tener una concentración del 1%. (Vásquez, T.et.al.1997)

2.20. PASOS PRINCIPALES PARA SECAR ALIMENTOS

2.20.1. Materia Prima

La materia prima está constituida por frutas maduras, sin lesiones por magulladuras o microorganismos.

Es importante que toda la materia prima que se utilice tenga el mismo nivel de madurez indicado.

2.20.2. Seleccionar (Primera vez)

Separar los productos en buen estado y descartar los productos en mal estado que tengan daños más significativos que se deben eliminar como podredumbres, mohos, pústulas, daños de granizo, etc. Para el proceso de secado, el estado de madurez no siempre es motivo de descarte y depende del criterio de la persona. (Almada, et. al., 2005)

2.20.3. Lavar (Primera vez)

Se realiza con el fin de eliminar suciedad y posibles restos de sustancias tóxicas como plaguicidas y fitofármacos, se debe lavar con agua limpia. (Almada, et. al., 2005)

2.20.4. Pelado

Sólo se pelan aquellas frutas que presentan cáscaras o piel muy dura, áspera o provista de pigmentos naturales que puedan ser afectados por los procesos posteriores y también se quita todas las partes inservibles del producto: tallo, semillas y las partes descompuestas, lastimadas o inmaduras, etc.

Los sistemas de pelado pueden ser manuales (cuchillos), mecánicos (tornos o tambores de fricción), físicos (con vapor de agua o inmersión en agua caliente) o químicos-físicos (con soluciones cáusticas y temperatura). (Almada, et. al., 2005)

2.20.5. Cortar

Según el producto y la presentación deseada, cortar en forma de cubos, trozos, rodajas o tiras. En todos los casos el espesor de los pedazos no debe pasar los 0,5 a 1 cm de grueso, para favorecer un secado adecuado. (Almada, et. al., 2005)

2.20.6. Lavar (Segunda vez)

Por segunda vez con abundante agua para eliminar cualquier suciedad, cáscara que pueda haber. (Almada, et. al., 2005)

2.20.7. Pretratar

Pretratamiento tal como el baño en solución de metabisulfito de sodio o potasio. (Almada, et. al., 2005)

2.20.8. Secar

Colocar los productos preparados sobre los tamices de secado en capas delgadas y regulares. Es preferible poner los productos a secar bien temprano a la mañana, para extraer la mayor cantidad de agua durante el primer día. Durante el secado se debe controlar regularmente los productos. Al finalizar el secado, retirar los productos del secadero. (Almada, et. al., 2005)

2.20.9. Seleccionar (Tercera Vez)

Antes de envasarlos separar aquellas partes mal secadas o quemadas. (Almada, et. al., 2005)

2.20.10. Envasar

Después del secado los productos tienen que ser envasados rápidamente, para que no vuelvan a humedecerse por la humedad del ambiente. Para el efecto se pueden utilizar bolsas de polipropileno o polietileno, que se tienen que sellar con vela o una máquina selladora. Etiquetar cada recipiente con los siguientes datos: contenido, peso, fecha de envasado. (Almada, et. al., 2005)

2.20.11. Almacenar

Para la buena conservación de los productos secos, debe almacenarlos en buenas condiciones:

- Guardar los productos en un lugar seco, aireado, si es posible fresco y protegido de la luz.
- Este lugar debe ser limpio y protegido de insectos y ratones.
- Cada cierto tiempo, hay que controlar el estado de los productos.
- No depositar los productos almacenados en el suelo ni contra las paredes para evitar el riesgo de absorber humedad.
- Si los productos secos son de buena calidad y están en buenas condiciones de almacenado pueden conservarse durante muchos meses. (Almada, et. al., 2005)

2.21. PREPARACIÓN PARA EL SECADO

Para que un fruto se seque rápido y de manera uniforme, hay que colocar el secador al sol una media hora antes de introducir los frutos previamente picados o rebanados y pretratados. (SAGARPA, 1998)

Una vez concluido el proceso de preparación y pretratamiento de los productos, se los tiene que llevar inmediatamente al secadero y colocar en las bandejas de malla.

Según el tipo de secadero se puede llenar bien las bandejas con el producto y se tiene que dejar un cierto porcentaje de espacio libre entre los trozos para que el aire pueda circular libremente a través de las bandejas. Para aprovechar al máximo de los rayos solares se debe colocar desde la mañana.

2.22. DETERMINACIÓN DEL FIN DEL SECADO

El criterio más importante para definir el fin del secado es el contenido residual de humedad. La humedad es la cantidad de agua evaporable existente en un producto y se expresa con relación a su masa total o a su masa seca. Existen diferentes métodos para medir el contenido de humedad de un producto.

La determinación directa del contenido de humedad implica medir la masa del producto y la masa seca correspondiente (Moreno, 2000), por lo tanto, se puede determinar el momento justo para finalizar el secado a través de la evolución del peso de una muestra de producto que se está secando. (Almada, et. al., 2005)

La humedad presente dependerá del producto para obtener un secado adecuado la reducción de agua en frutos debe ser de 90%. Por lo que el tiempo de deshidratado de frutas, depende del tipo de frutas, el tamaño de los trozos o piezas que se estén deshidratando, la temperatura en el deshidratador y el nivel de humedad del aire. (SAGARPA, 1998).

El deshidratado de frutas, debido al contenido de agua de las mismas, toma algo más de tiempo, el cual puede ser de 2 a 5 días en el deshidratador solar. (SAGARPA, 1998)

Para determinar el final del secado se determina la pérdida de peso del producto que se está deshidratando, de aquí la importancia de tener registrado el peso inicial neto de los alimentos a deshidratar.

Para determinar el punto final del secado es necesario conocer los siguientes conceptos:

2.22.1. Contenido Residual de Humedad (Hs)

Es el porcentaje de humedad recomendable que debe tener el producto seco, para garantizar una óptima calidad y condiciones de conservación. El Hs varía en función

del tipo de alimento y sus valores pueden encontrarse en tablas de tecnología de alimentos. (Almada, et. al., 2005)

2.22.2. Humedad del Producto Fresco (Hf)

Es el porcentaje de agua que contiene el alimento antes de ser sometido al proceso de secado, su valor puede encontrarse de forma similar al Hs.

El criterio más importante para definir el fin del secado es el contenido residual de humedad, que no tiene que superar los valores indicados en el cuadro N° 4. Podemos determinar el momento justo para finalizar el secado a través de la evolución de la masa de una muestra de producto que se está secando. (Vásquez, T.et.al.1997)

Para el efecto se requiere una balanza de precisión y realizar los cálculos utilizando las fórmulas que a continuación se describen.

$$(1) \mathbf{Hf} = (Pf - Pms) / Pf * 100\%$$

$$(2) \mathbf{R} = (100\% - Hf) / (100\% - Hs) = Ps / Pf$$

$$(3) \mathbf{Ps} = R * Pf$$

Ms= Masa seca Hf = Humedad fresca en %

Mf = Masa fresca Hs =Humedad seca en %

Pms= Peso materia seca R = Rendimiento

- Calcular la Humedad fresca (Hf) usando la fórmula (1).

- Calcular con la fórmula (2) el rendimiento (R), que va a ser un valor constante para cada tipo de producto.

- Se elige una muestra del producto fresco que se va secar y se le mide la masa (Mf). Anotar el valor en una tabla.

- Calcular con la fórmula (3) la masa seca (Ms) que corresponde a la Humedad seca (Hs) recomendable.

El punto más importante para definir el final del deshidratado de frutas es el contenido residual de humedad (Hs), el cual no debe superar los valores recomendados.

Desde el punto de vista del contenido de humedad inicial, los productos suelen clasificarse en 4 grupos:

1. Muy alto: Mi ($> 80\%$) ej. tenemos frutas, hortalizas etc.
2. Alto: Mi (60 - 80%) ej. café, mandioca, etc.
3. Intermedio: Mi (35 - 60%) ej. cacao, maní, etc.
4. Bajo: Mi (15 - 35%) ej. cereales, oleaginosas, etc.

(Vásquez, T.et.al.1997)

2.22.3. Temperatura máxima

El valor más alto de temperatura que puede soportar un producto, sin pérdidas significativas en sus principios activos o componentes nutricionales característicos, recibe el nombre de temperatura máxima.

Cada producto soporta una temperatura máxima que depende del uso, del tipo de producto (fruta, cereal, hortalizas etc.), de la humedad y del grado de madurez. También depende del tiempo durante el cual el producto está sometido a esa temperatura. (Almada, et. al., 2005)

Cuadro N° 4 de Porcentajes de Humedad Residual (Hs) y Humedad de Producto Fresco (Hf) y Temperaturas Máximas Tolerables °C de la Piña y Manzana.

Producto	Hf (%) *	Hs (%) **	Temp. Max °C *** *
Piña	85	16	50
Manzana	84	14	50

Fuente: Informe técnico PSS – 03

* Contenido inicial de humedad (% de masa total)

** Humedad recomendable para conservación (% de masa total)

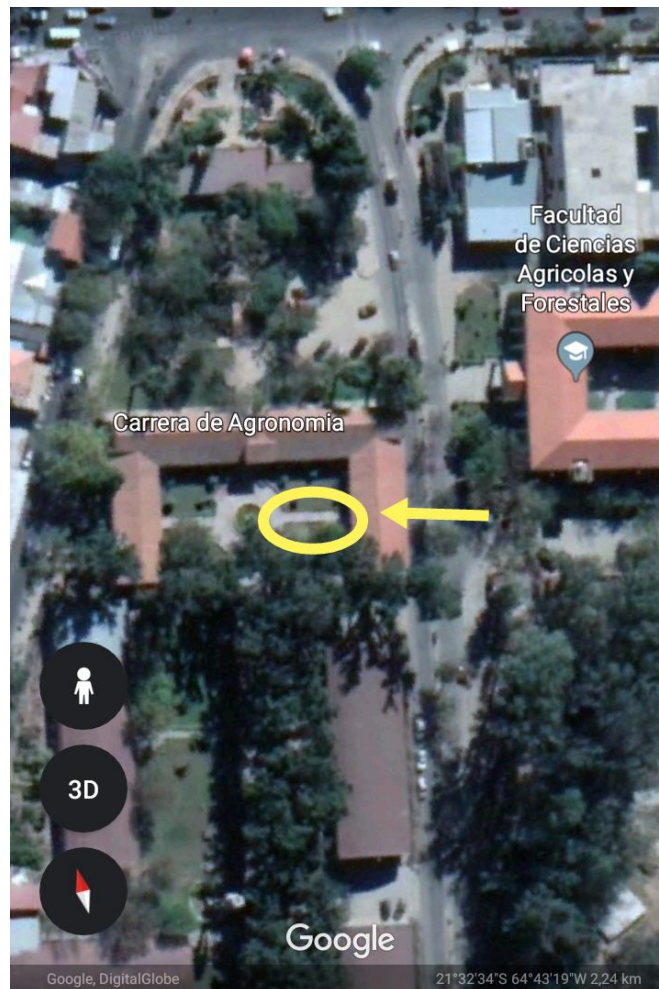
*** *Temperatura máxima tolerable

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El presente trabajo de estudio se realizó en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho ubicado en la zona del Tejar, el cual se encuentra geográficamente ubicado en la Ciudad de Tarija, Provincia Cercado a $21^{\circ}33$ de latitud Sur y $64^{\circ}48$ de longitud Oeste, a una altura de 1859 m.s.n.m.



3.2. Clima. Según los datos proporcionados por la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho la temperatura media anual de la zona del tejar es de 17°C , con una precipitación promedio anual de 606,1 mm y finalmente con una humedad relativa del 60%.

3.3. MATERIALES

Los materiales a utilizar en la investigación son los siguientes:

3.3.1. EQUIPOS Y MATERIALES

Los materiales que se utilizaran en esta investigación son los siguientes:

3.3.1.1. Equipos

- Madera
- venesta
- vidrio
- Martillo
- Destornilladores
- Tornillos
- Metro
- Cuchillo
- Fuentes o lavadores
- Balanza
- Bolsitas
- Jarra Plástica Capacidad 1 Litro
- Meta bisulfito de potasio

3.3.1.2. Materia Prima o Insumos

- Manzanas (*Malus silvestris Mill.*).
- Piña (*Ananas comosus (L.) Merrill.*).

3.3.1.3. Tipo Armario

CANT	UND	MATERIALES
1	UND	Venesta de 4,00m x 2.50m x 4mm
3	METRO	Listón de Madera de 1”
1	AEROSOL	Color negro
1	METRO	Malla milimétrica
1	METRO	Vidrio de 1m x 50 cm
1/2	BOLSA	Clavos de 1/2”
2	UND	Bisagras pequeñas
1	UND	Aldaba pequeña
1	UND	Calamina de 0.48m x 0.90m
10	UND	Tornillos

3.3.1.4. Tipo Carpa

CANT	UND	MATERIALES
4	METRO	Listón de madera de 1"
2	METRO	Vidrio transparente 1m x 40cm
1	METRO	Malla milimétrica
¼	BOLSA	Clavos de 1/2"

3.4. METODOLOGÍA

Tras consultar en internet diferentes modelos de deshidratadores se decidió escoger el secador solar directo tipo carpa y el secador indirecto tipo armario dado la disponibilidad de recursos.

Se realizó un rediseño de los modelos seleccionados. Estos se ensamblaron en el taller Mancilla, contando con la mano de obra de los ayudantes de dicho taller.

Los deshidratadores se los ubico en un lugar donde se podía captar la mayor cantidad de luz solar.

Se realizaron pruebas con dos tipos de fruta (piña y manzana), para lograr los objetivos planteados.

Se llevaron a cabo cuatro pruebas, con dos productos (piña y manzana) por separado para determinar el efecto comparativo de los dos tipos de deshidratadores solares de tipo carpa y armario.

3.4.1. Primera y Segunda prueba

La primera prueba se realizó entre el 17 y 18 de septiembre del año 2018 y la segunda se realizó entre el 19 y 20 de septiembre del 2018.

Las mediciones que se realizaron en estas pruebas fueron, peso del producto al inicio y al final después de haber aprovechado la luz solar para el control de eliminación de agua en el secador.

Los productos se retiraron cuando alcanzaron el porcentaje aproximado de conservación según la teoría que nos sugiere en la página N° 35.

3.4.2. Procedimiento

Para la realizar la presente investigación fue necesario primero la construcción de los dos deshidratadores solares tipo carpa y tipo armario.

3.4.3. Construcción del Secador Solar Tipo “Armario”

3.4.3.1. Colector Solar

Se utilizó madera de 1cm de grosor, el colector solar tiene una estructura de 1.00m de largo por 0.54m de ancho, dos tablas de madera de 1m de largo por 0.15m de alto para que sirvan de soporte del vidrio, la parte superior del colector tiene 0.27m de inclinación desde la superficie del suelo y la parte inferior está en contacto con la superficie del suelo, tiene un ancho de 0,54m en la parte superior está libre para el ingreso de las ondas de calor y en la parte inferior tiene igual 0,54m de ancho y tiene una cubierta de malla milimétrica que es de 0,15m de ancho por 0,54m de largo, para que funcionen como entrada y salida del aire.

Se colocó chapa doblada en zigzag pintada de color negro, para aumentar su superficie de intercambio de calor con el aire, la cual se puso al interior y posteriormente, se colocó un vidrio en la parte superior el cual se fijó con silicón para evitar que se deslice, dado que el colector tendrá una posición inclinada.

3.4.3.2. Cámara de Secado

Se utilizó venesta de 4mm de grosor para la cubierta de la cámara de secado de 1.15m de alto por 0,50m de ancho para formar la parte paralela a la puerta, la parte lateral de la cámara tiene una puerta la cual es de ancho 0,50m x 1,15m de alto que cuenta con dos bisagras la cual permita el manejo de las muestras sea más fácil, en la parte trasera de la cámara es de (1m de alto por 0.50m de ancho), en la parte superior tendrá una inclinación de 15cm para que el aire pueda fluir libremente cubierta con malla milimétrica, se colocaron guías para colocar las bandejas de secado, en ésta irán superpuestas 4 bandejas de secado removibles las cuales tienen estructura de un bastidor que constaran de 4 listones (0,50m x 0.43m) y malla milimétrica de tal forma que puedan lavarse cada vez que se vaya a colocar o retirar.



3.4.3. Secador Solar Directo Tipo “Carpa”

Es un modelo más sencillo que el anterior, compacto, liviano, y transportable para secar cualquier tipo de alimento en pequeñas cantidades.

Tiene una estructura de 1m de largo por 0,60m de ancho, de madera (listones) de la forma de una carpa triangular, cubierta en gran parte por vidrio transparente.

Las aberturas de ventilación están ubicadas abajo, por uno de los lados longitudinales y arriba por el otro, estos tienen una medida de 0.16m de ancho por 0.94m de largo, las dos cubiertas de malla milimétrica para evitar el ingreso de insectos.

A 20 cm del suelo aproximadamente se encuentra la bandeja de secado removible, consistiendo en un tipo bastidor con malla milimétrica de 0,45 m de largo por 0, 45m de ancho.



La presente investigación se realizó en el laboratorio de conservas de la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales el procedimiento fue el siguiente:

Para elaboración de la manzana (*Malus silvestris Mill.*) deshidratada se optó por el método tradicional o artesanal, en el cual sólo utilizamos el metabisulfito de potasio como aditivo químico para conservación de la manzana deshidratada.

3.4.4. PARA LA DESHIDRATACIÓN DE LA MANZANA SE REALIZARÓN LOS SIGUIENTES PASOS:

3.4.4.1. Compra de la materia prima (manzana)

La manzana que se utilizó para la deshidratación se la adquirió del mercado campesino.

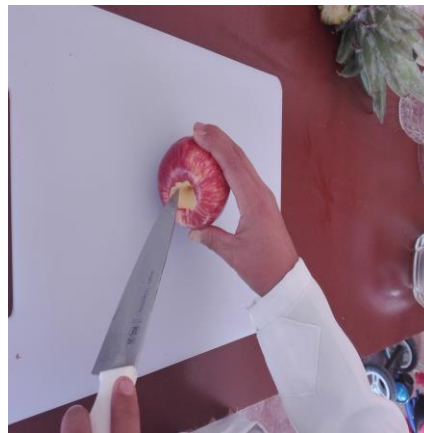
3.4.4.2. Selección/clasificación: La materia prima está constituida por manzana madura, sin lesiones por magulladuras o microorganismos, con grado de madurez adecuada, cuyo color de cáscara sea preponderantemente rojizo y con fragancia fuerte y acentuada a manzana, descartando las que están en mal estado, muy maduras o con manchas.



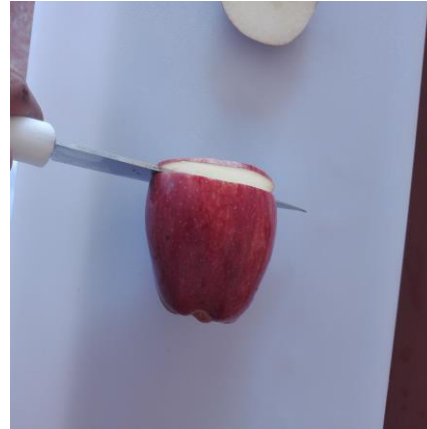
3.4.4.3. Lavado/desinfección: Se realizó el lavado con agua limpia y desinfección de los materiales y equipos con los que vamos a trabajar.



3.4.4.4. Seleccionar (Segunda vez): Se cortó con un buen cuchillo todas las partes inservibles del producto: pedúnculo o rabillo, semillas y las partes descompuestas, lastimadas o inmaduras, etc.



3.4.4.5. Cortado: Se cortó la manzana de 2 a 3 mm aproximadamente para tener la presentación deseada y en forma de rodajas. En todos los casos el espesor de los pedazos no debe pasar los 0,5 a 1 cm de grueso, para favorecer un secado adecuado.



3.4.4.6. Lavar (Segunda vez): Por segunda vez con abundante agua se lavó las rodajas de manzana para eliminar cualquier suciedad, que pudo haber quedado.



3.4.4.7. Peso: Se pesó cada una de las rodajas de la manzana en una balanza analítica y se anotó cada uno de los datos.



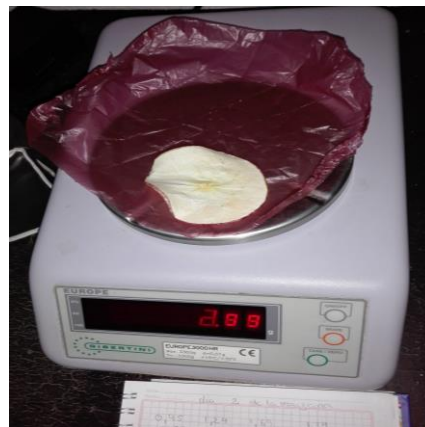
3.4.4.8. Pretratar: Se utilizó metabisulfito de potasio 0.9g para 1lt de agua fría durante 10 minutos, para evitar el pardeamiento no enzimático o reacción de Maillard que es una reacción química en la que se combinan azúcares simples con aminoácidos, derivados de estructuras proteicas degradadas; la reacción genera sustratos de color pardo a negros que deterioran el color significativamente.



3.4.4.9. Secar: Se colocó las rodajas de manzana pretratadas sobre los tamices de secado.



3.4.4.10. Peso: En la tarde se procede a alzarlas y llevarlas al laboratorio para pesarlas de nuevo cada una de las rodajas para saber cuánto de agua perdieron.



3.4.4.11. Colocado a secar (segunda vez): Nuevamente se las vuelve a colocar a secar para que alcancen el peso deseado para la conservación.

3.4.4.12. Peso: Nuevamente se las pesa cada una de las rodajas para saber si ya alcanzaron el peso aproximado de conservación.

3.4.4.13. Seleccionar (Tercera Vez): Antes de envasarlos se separará aquellas partes mal secadas o quemadas.



3.4.4.14. Envasar: Después del secado, las rodajas de manzana deshidratada se las envasaron rápidamente, para que no vuelvan a humedecerse por la humedad del ambiente; para el efecto se utilizó bolsas de polipropileno, que se sellaron con vela.



3.4.4.15. Almacenamiento: Se guardó los productos de manzana en un lugar seco, aireado, fresco y protegido de la luz. Este lugar es limpio y protegido de insectos y ratones, cada cierto tiempo, se controló el estado de los productos.

No se colocó los productos almacenados en el suelo ni contra las paredes para evitar el riesgo de absorber humedad.

Se dio buenas condiciones de almacenado para que se conserve durante muchos meses.



3.5.5. PARA LA DESHIDRATACIÓN DE LA PIÑA SE REALIZARON LOS SIGUIENTES PASOS:

3.5.5.1. Compra de la materia prima (Piña)

La Piña que se utilizó para la deshidratación se la adquirió del mercado campesino de la ciudad de Tarija.

3.5.5.2. Selección/clasificación: La materia prima estuvo constituida por piña madura, sin lesiones por magulladuras o microorganismos, con grado de madurez adecuada, cuyo color de cáscara sea preponderantemente morado y con fragancia fuerte y acentuada a piña, descartando las que están en mal estado, muy maduras o verdes.



3.5.5.3. Lavado/desinfección: Se realizó el lavado con agua limpia y desinfección de los materiales y equipos con los que vamos a trabajar.

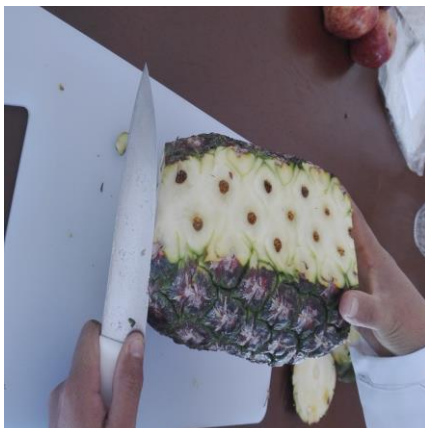


3.5.5.4. Seleccionar (Segunda vez): Se cortó con un buen cuchillo todas las partes inservibles del producto: cascara y las partes descompuestas, lastimadas, etc.

Se Colocó la piña horizontalmente en la tabla de cortar y se quitó aproximadamente 2.5 cm (1 pulgada) bajo la corona (el extremo verde y puntiagudo), y 2.5 cm (1 pulgada) por encima de la base.

Después se puso verticalmente sobre la tabla de cortar, y se quitó la cascara en línea recta desde la parte superior de la piña hasta la parte inferior en un solo corte.

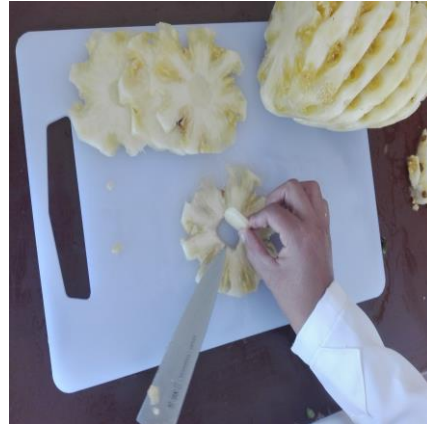
Se eliminó los “ojos o puntos marrones en la piña, en forma de líneas diagonales de arriba abajo, de manera que la superficie quedo de forma de un patrón espiral alrededor de todo el perímetro.



3.5.5.5. Lavar (Segunda vez): Por segunda vez con abundante agua se lavó la piña para eliminar cualquier suciedad, que pudo haber quedado.



3.5.5.6. Cortado: Se cortó la piña en forma horizontal en rodajas delgadas de 2mm aproximadamente, se retiró con el cuchillo la parte del centro de las rodajas por la consistencia dura que tienen y para tener la presentación deseada. En todos los casos el espesor de los pedazos no debe pasar los 0,5 a 1 cm de grueso, para favorecer un secado adecuado.



3.5.5.7. Peso: Se pesó cada una de las rodajas de piña en una balanza analítica y se anotó cada uno de los datos.



3.5.5.8. Pretratar: Se utilizó metabisulfito de potasio 0.9g para 1lt de agua fría durante 10 minutos, para evitar el pardeamiento no enzimático o reacción de Maillard que es una reacción química en la que se combinan azúcares simples con aminoácidos, derivados de estructuras proteicas degradadas; la reacción genera sustratos de color pardo a negros que deterioran el color significativamente.



3.5.5.9. Secar: Se Colocó las rodajas de piña pretratadas sobre los tamices de secado y posteriormente expuestas a la luz solar.



3.5.5.10. Peso: En la tarde se procede a alzarlas y llevarlas al laboratorio para pesar las rodajas de nuevo para saber cuánto de agua perdieron durante las horas que estuvieron expuestas a la luz solar.



3.5.5.11. Seleccionar (Tercera Vez): Antes de envasarlos se separó aquellas partes mal secadas o quemadas.



3.5.5.12. Envasar: Una vez terminado el secado y tras una eventual transformación adicional, las rodajas de piña deshidratada se envasaron inmediatamente para evitar la rehidratación del producto seco por la humedad. El envase se hizo en bolsas de polipropileno transparente, cuya abertura se selló con el calor de una vela.



3.5.5.13. Almacenamiento: Se guardó los productos de piña en un lugar seco, aireado, fresco y protegido de la luz. Este lugar es limpio y protegido de insectos y ratones, cada cierto tiempo, se controló el estado de los productos.

No se colocó los productos almacenados en el suelo ni contra las paredes para evitar el riesgo de absorber humedad.

Se dio buenas condiciones de almacenado para que se conserve durante muchos meses.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESHIDRATADORES SOLARES CONSTRUIDOS

4.1.1. DESHIDRATADOR SOLAR TIPO CARPA

El deshidratador solar tipo carpa cuenta con las áreas esenciales para que el proceso de desecado de los productos sea eficaz.

Este tipo de deshidratador es de forma triangular. El área de captación solar es la misma que la de desecado.

Cuenta una apertura en la parte inferior que es por donde entra el aire fresco, mientras que por otra apertura en la parte superior es por donde sale el aire cálido con un cierto nivel de humedad. En este tipo de deshidratador la circulación del aire es por convección natural.



4.1.2 DESHIDRATADOR SOLAR TIPO ARMARIO

Se logró la construcción de un deshidratador solar tipo armario que aprovecha la energía solar para calentar aire, provocando por convección, una corriente de aire caliente que pasa entre los productos colocados en su camino, secándolos, y arrastrando la humedad al exterior por una abertura.

El deshidratador cuenta con las áreas esenciales para que el proceso de desecado de los productos sea eficaz. La forma y ubicación de cada una de estas áreas es distinta en función al modelo. Las áreas fundamentales son:

4.1.2.1. Área de captación. – Es el área que recibe la radiación solar y la transforma en el calor con el cual se van a deshidratar los productos.

4.1.2.2. Área de desecado. -Donde se encuentra el producto a desecar.

4.1.2.3. Área de evacuación de la humedad. – Lugar donde el aire cargado de humedad se pierde en la atmósfera.

4.1.2.4. Área de entrada de aire fresco– Punto por el que entra el aire en sustitución del que se ha evacuado.

4.1.2.4. Sistema de circulación del aire-La circulación de aire en torno al producto a deshidratar es muy importante, ya que evacua la humedad ya extraída manteniendo un ambiente seco lo que acelera la deshidratación. Atendiendo a la técnica que se emplee para mover el aire existe el sistema:

4.1.2.5. Circulación natural por convección. - Se trata del movimiento natural de ascensión del aire caliente. El aire al calentarse, disminuye su densidad y tiende a ascender sobre el medio más denso. Este fenómeno es llamado convección. En este deshidratador solar se utiliza este movimiento natural del aire para hacerlo pasar por donde se encuentra el producto a desecar y posteriormente sacarlo del sistema.

La salida del aire crea una depresión que provoca que el aire fresco del exterior entre en el sistema y sea de nuevo calentado reciclando el proceso. Mientras existe aporte de calor solar la circulación por convección se mantiene.

Esta técnica es adecuada para este sistema de deshidratación.

Es un modelo complejo para secar todo tipo de alimentos, especialmente aquéllos que necesitan mantener un buen color y proteger sus propiedades naturales como la piña y la manzana.

Consiste en una cámara de secado y un colector solar inclinado removible, unidos entre sí en la parte inferior de la cámara. En ésta se encuentran superpuestas 4 bandejas de secado removibles con tejido de malla inalámbrica.

El colector está cubierto con vidrio y tiene en su interior una chapa de color negro doblada en zigzag, para aumentar su superficie de intercambio de calor con el aire. El aire ambiental entra por la extremidad inferior del colector, que está cubierta por una malla mosquitero, y se calienta gradualmente.

Entra finalmente en la cámara, donde atraviesa las bandejas ejerciendo su poder secador. Tiene una ventana de aire en la parte superior de la cámara que garantiza la buena ventilación del aparato, cubierta de malla mosquitero.

4.2 SECADO DE LA MANZANA EN EL DEHIDRATADOR TIPO CARPA

En la deshidratación de la manzana se analizó la pérdida de agua en el tiempo y el peso.

El punto más importante para definir el final del deshidratado de la manzana es el contenido residual de humedad (Hs), el cual no debe superar los valores recomendados.

Producto	Hf (%)	Hs (%)
Manzana	84	14

Se utilizó las siguientes fórmulas para saber el contenido residual de humedad (Hs) que a continuación se describen.

Ms= Masa seca Hf = Humedad fresca en %

Mf = Masa fresca Hs =Humedad seca en %

Pms= Peso materia seca R = Rendimiento

4.2.1. Cálculo del rendimiento (R), que va a ser un valor constante para cada tipo de producto.

$$R = (100\% - Hf) / (100\% - Hs) = Ps / Pf$$

$$R = (100\% - 84\%) / (100\% - 14\%) = 16 / 86 = 0.19g$$

4.2.2. Cálculo de la masa seca (Ms) que corresponde a la Humedad seca (Hs) recomendable.

$$Ps = R * Pf$$

$$Ps = 0.19g * 7.91g = 1.50 g$$

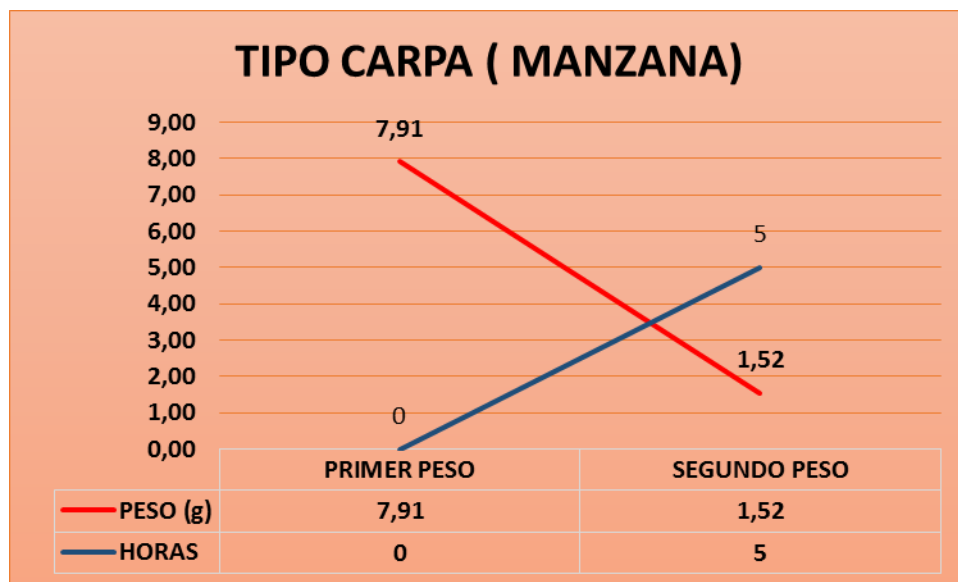
De 7,91g peso fresco (Pf) promedio de las rodajas de manzana tiene que bajar hasta alcanzar un peso seco (Ps), de 1.50g

Primer pesado antes de colocarse al secador: 7.91g peso fresco

Segundo pesado después de estar 5 horas en el secador: 1.52g peso seco

Las características observadas después del secado fueron: aspecto físico oscuro, duras al tacto y el olor se conservó. Las condiciones durante el secado de pérdida de peso en el tiempo se observan en la siguiente gráfica.

Gráfica N° 1 de deshidratación de manzana en el secador solar tipo carpa.



De acuerdo a la gráfica N° 1 podemos observar la pérdida de agua y la ganancia de sólidos en las rodajas de manzana al iniciar el proceso de secado el peso fresco de las rodajas es de 7,91g. Después de 5 horas de exposición se tiene un peso 1,52g, en el cual se observó que la velocidad de pérdida de agua disminuyó, a lo que se puede atribuir a los cambios estructurales que se presentan en el tejido. También se observó que el efecto de la temperatura sobre el deshidratador tipo carpa es homogéneo, provocando esto que la manzana se deshidrate de forma uniforme.

4.3. SECADO DE LA MANZANA EN EL DESHIDRATADOR TIPO ARMARIO

El punto más importante para definir el final del deshidratado de la manzana es el contenido residual de humedad (Hs), el cual no debe superar los valores recomendados.

Producto	Hf (%)	Hs (%)
Manzana	84	14

Se utilizó las siguientes fórmulas para saber el contenido residual de humedad (Hs) que a continuación se describen.

Ms= Masa seca Hf = Humedad fresca en %

Mf = Masa fresca Hs =Humedad seca en %

Pms= Peso materia seca R = Rendimiento

4.3.1. Cálculo del rendimiento (R), que va a ser un valor constante para cada tipo de producto.

$$R = (100\% - Hf) / (100\% - Hs) = Ps / Pf$$

$$R = (100\% - 84\%) / (100\% - 14\%) = 16 / 86 = 0.19g$$

4.3.2. Cálculo de la masa seca (Ms) que corresponde a la Humedad seca (Hs) recomendable.

$$Ps = R * Pf$$

$$Ps = 0.19g * 7.74 g = 1.47g$$

De 7,74g peso fresco (Pf) promedio de las rodajas de manzana tiene que bajar hasta alcanzar un peso seco (Ps), de 1.47g

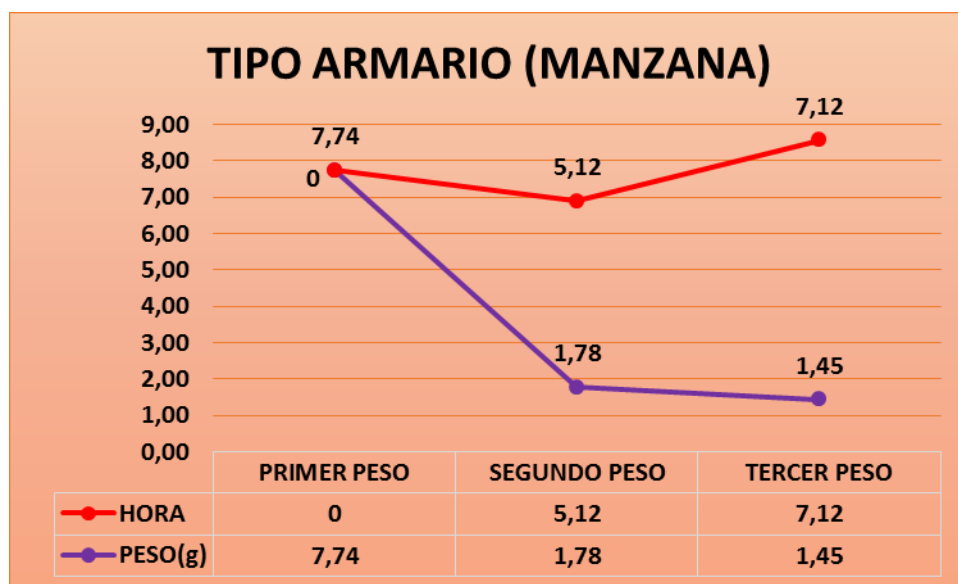
Primer pesado antes de colocarse al secador: 7.74g peso fresco

Segundo pesado después de estar 5 horas y 12 minutos en el secador: 1.75g peso en reducción de humedad.

Tercer pesado después de estar 7 horas y 12 minutos en el secador: 1.45g peso seco.

Las características observadas después del secado fueron: aspecto físico oscuro, duras al tacto y el olor se conservó. Las condiciones durante el secado de pérdida de peso en el tiempo se observan en la siguiente gráfica.

Gráfica N° 2 de deshidratación de manzana en el secador solar tipo armario.

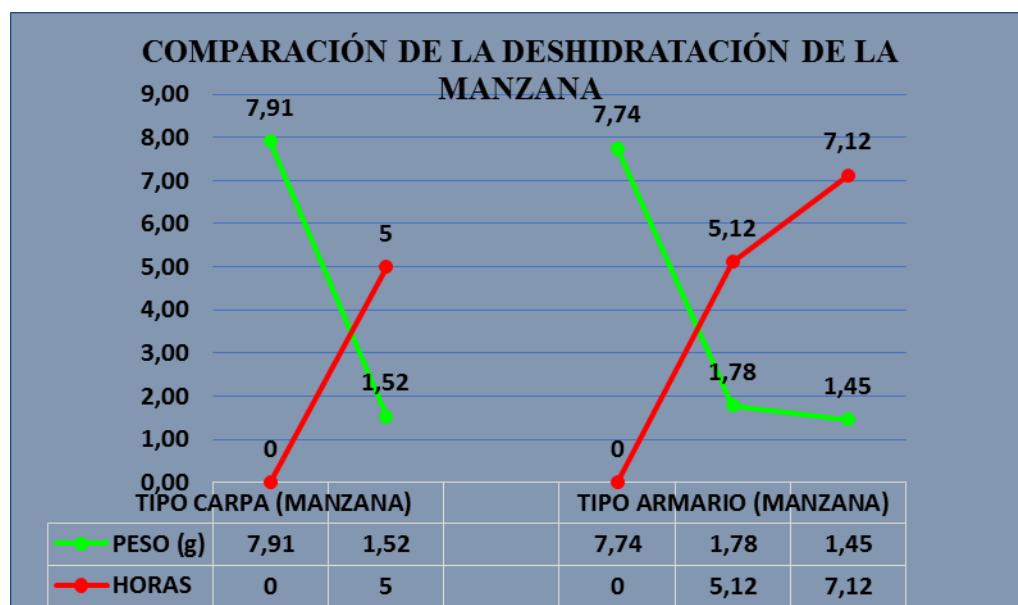


De acuerdo a la gráfica N° 2 podemos observar la pérdida de agua y la ganancia de sólidos en las rodajas de manzana, al iniciar el proceso de secado el peso fresco de las rodajas es de 7,74g. Después de 5 horas y 12 minutos de exposición se tiene un peso 1,78g, posteriormente la velocidad de pérdida de agua disminuyó, a lo que se puede atribuir a los cambios estructurales que se presentan en el tejido, llegando a las 7 horas y 12 minutos con un peso de 1,45g. También se observó que el efecto de la

temperatura dentro del deshidratador tipo armario no es igual, provocando esto que la manzana no se deshidrate de forma uniforme.

4.4 COMPARACIÓN DEL SECADO DE LA MANZANA EN AMBOS DESHIDRATADORES

Gráfica N° 3 de deshidratación de manzana en los secadores solares tipo carpa y armario.



De acuerdo a la gráfica N° 3 se muestra el peso en el tiempo de deshidratación de la piña en los secadores solares tipo carpa y tipo armario.

Se observan los pesos antes del proceso de deshidratación de la manzana en el deshidratador tipo carpa 7,91g y el tipo armario 7,74g.

Cuando se pesó por segunda vez se observó la pérdida de agua y la ganancia de sólidos en las rodajas de la manzana. En el tipo carpa después de 5 horas de exposición en el sol se tiene un peso de 1,52g y en el tipo armario después de 5 horas y 12 minutos se tiene un peso de 1,78g. Se pesó por tercera vez las rodajas de manzana, el deshidratador tipo armario alcanzó a las 7 horas y 12 minutos un peso de 1,45g.

4.5 SECADO DE LA PIÑA EN EL DEHIDRATADOR TIPO CARPA

El punto más importante para definir el final del deshidratado de la piña es el contenido residual de humedad (Hs), el cual no debe superar los valores recomendados.

Producto	Hf (%)	Hs (%)
Piña	85	16

Se utilizó las siguientes fórmulas para saber el contenido residual de humedad (Hs) que a continuación se describen.

Ms= Masa seca Hf = Humedad fresca en %

Mf = Masa fresca Hs =Humedad seca en %

Pms= Peso materia seca R = Rendimiento

4.5.1. Cálculo del rendimiento (R), que va a ser un valor constante para cada tipo de producto.

$$R = (100\% - Hf) / (100\% - Hs) = Ps / Pf$$

$$R = (100\% - 85\%) / (100\% - 16\%) = 15 / 84 = 0,18g$$

4.5.2. Cálculo de la masa seca (Ms) que corresponde a la Humedad seca (Hs) recomendable.

$$Ps = R * Pf$$

$$Ps = 0,18 * 39,47g = 7,10g$$

De 39,47g peso fresco (Pf) promedio de las rodajas de manzana tiene que bajar hasta alcanzar un peso seco (Ps), de 7,10g

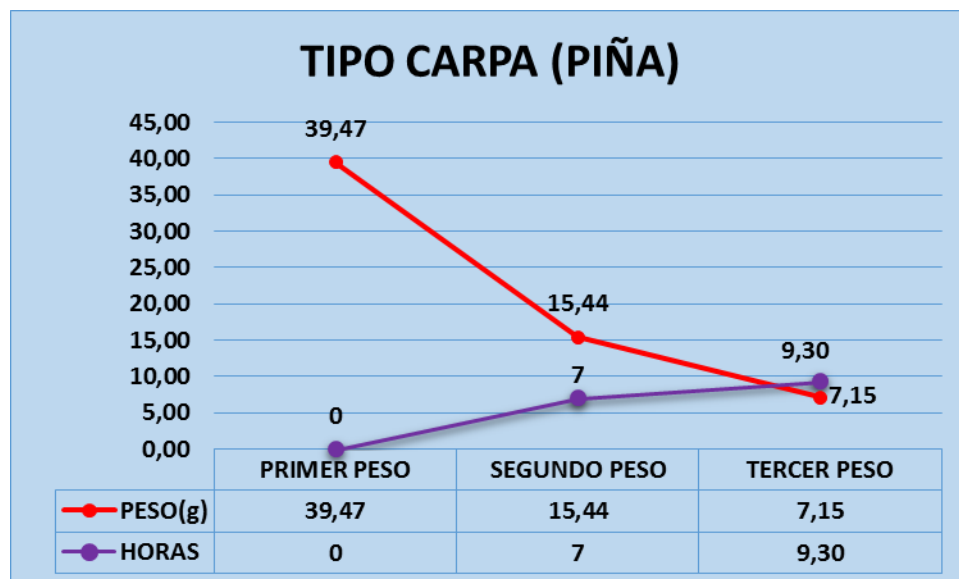
Primer pesado antes de colocarse al secador: 39,47g peso fresco

Segundo pesado después de estar 7 horas en el secador: 15,44g peso en reducción de humedad.

Tercer pesado después de estar 9 horas y 30 minutos en el secador: 7,15g peso seco.

Las características observadas después del secado fueron: aspecto físico oscuro, duras al tacto y el olor se conservó. Las condiciones durante el secado de pérdida de peso en el tiempo se observan en la siguiente gráfica.

Gráfica N° 4 de deshidratación de piña en el secador solar tipo carpa.



De acuerdo a la gráfica N° 4 podemos observar la pérdida de agua y la ganancia de sólidos en las rodajas de piña. Al iniciar el proceso de secado el peso fresco de las rodajas es de 39,47g. Después de 7 horas de exposición se tiene un peso 15,44g la posteriormente la velocidad de pérdida de agua disminuye, a lo que se puede atribuir a los cambios estructurales que se presentan en el tejido, llegando a las 9 horas y 30 minutos con un peso de 7,15g. También se observó que el efecto de la temperatura sobre el deshidratador tipo carpa es homogéneo, provocando esto que la piña se deshidrate de forma uniforme.

4.6 SECADO DE LA PIÑA EN EL DESHIDRATADOR TIPO ARMARIO

El punto más importante para definir el final del deshidratado de la piña es el contenido residual de humedad (Hs), el cual no debe superar los valores recomendados.

Producto	Hf (%)	Hs (%)
Piña	85	16

Se utilizó las siguientes fórmulas para saber el contenido residual de humedad (Hs) que a continuación se describen.

Ms= Masa seca Hf = Humedad fresca en %

Mf = Masa fresca Hs =Humedad seca en %

Pms= Peso materia seca R = Rendimiento

4.6.1. Cálculo del rendimiento (R), que va a ser un valor constante para cada tipo de producto.

$$R = (100\% - Hf) / (100\% - Hs) = Ps / Pf$$

$$R = (100\% - 85\%) / (100\% - 16\%) = 15 / 84 = 0,18g$$

4.6.2. Cálculo de la masa seca (Ms) que corresponde a la Humedad seca (Hs) recomendable.

$$Ps = R * Pf$$

$$Ps = 0,18 * 36,21g = 6,52g$$

De 36,21g peso fresco (Pf) promedio de las rodajas de manzana tiene que bajar hasta alcanzar un peso seco (Ps), de 6,52g

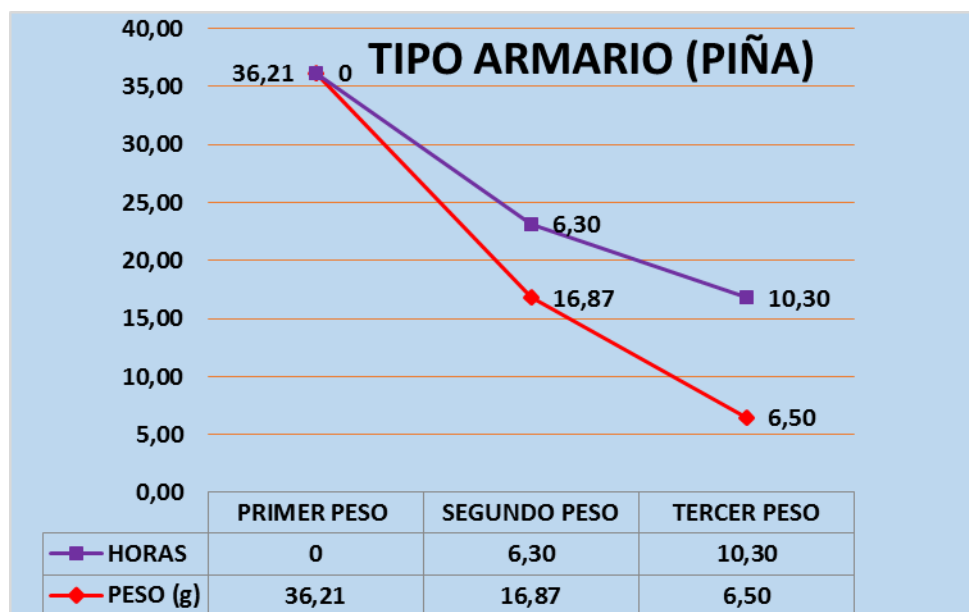
Primer pesado antes de colocarse al secador: 36,21g peso fresco.

Segundo pesado después de estar 6 horas y 30 minutos en el secador: 16,67g peso (reducción de humedad).

Tercer pesado después de estar 10 horas y 30 minutos en el secador: 6,50g peso seco.

Las características observadas después del secado fueron: aspecto físico oscuro, duras al tacto y el olor se conservó. Las condiciones durante el secado de pérdida de peso en el tiempo se observan en la siguiente gráfica.

Gráfica N° 5 de deshidratación de piña en el secador solar tipo armario.

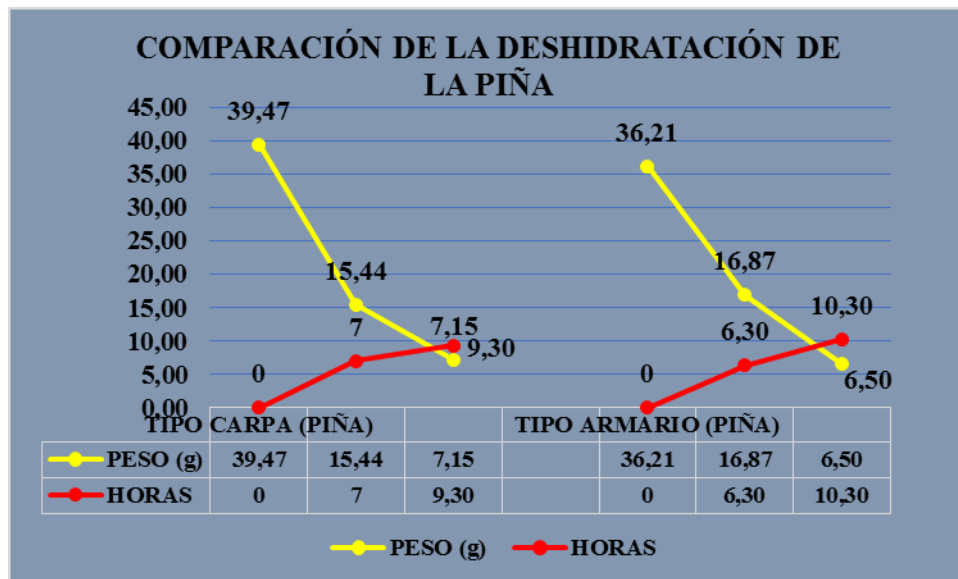


De acuerdo a la gráfica N° 5 podemos observar la pérdida de agua y la ganancia de sólidos en las rodajas de piña. Al iniciar el proceso de secado el peso fresco de las rodajas es de 36,21g. Después de 6,30 horas de exposición se tiene un peso 16,87g posteriormente la velocidad de pérdida de agua disminuye, a lo que se puede atribuir a los cambios estructurales que se presentan en el tejido, llegando a las 10 horas y 30 minutos con un peso de 6,50g. También se observó que el efecto de la temperatura

dentro del deshidratador tipo armario no es igual, provocando esto que la piña no se deshidrate de forma uniforme.

4.7 COMPARACIÓN DEL SECADO DE LA PIÑA EN AMBOS DESHIDRATADORES

Gráfica N° 6 de deshidratación de manzana en el secador solar tipo armario.



De acuerdo a la gráfica N° 6 se muestra el peso en el tiempo de deshidratación de la piña en los secadores solares tipo carpa y tipo armario.

Se observan los pesos antes del proceso de deshidratación de la piña en el deshidratar tipo carpa 39,47g y el tipo armario 36,21g.

Cuando se pesó por segunda vez se observó la pérdida de agua y la ganancia de sólidos en las rodajas de la piña. En el tipo carpa después de 7 horas de exposición en el sol se tiene un peso de 15,44g y en el tipo armario después de 6 horas y 30 minutos se tiene un peso de 16,87g. Se pesó por tercera vez las rodajas de piña, el deshidratador tipo carpa después de 9 horas y 30 minutos, alcanzó como peso final 7,15g y el deshidratador tipo armario a las 10 horas y 30 minutos llegó a pesar 6,50g.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se construyó dos deshidratadores solares, con bajos costos tipo carpa 30.80 USD y tipo armario 55.30 USD siendo accesible a las personas.
- Los pesos antes del proceso de deshidratación de la manzana en el deshidratar tipo carpa es de 7,91g y el tipo armario de 7,74g.
- La pérdida de humedad de la manzana hasta alcanzar el peso óptimo, se la obtiene con el deshidratador tipo carpa a las 5 horas de exposición a la luz solar, y con el deshidratador tipo armario el peso optimo se obtiene a las 7 horas y 12 minutos.
- Se observan los pesos antes del proceso de deshidratación de la piña en el deshidratar tipo carpa 39,47g y el tipo armario 36,21g.
- La pérdida de humedad de la piña hasta alcanzar el peso optimo, se la obtiene con el deshidratador tipo carpa a las 9 horas y 30 minutos de exposición a la luz solar, comparado con la perdida de humedad hasta el peso optimo obtenida en 10 horas y 30 minutos en el deshidratador tipo armario.
- Los valores de la pérdida de peso decaen con mayor intensidad cuando las muestras de manzana y piña están en el deshidratador tipo carpa.
- Las mayores velocidades de eliminación de agua, se han producido entre las primeras horas tanto en el deshidratador solar tipo carpa como el de tipo armario después de haber sido puestas en los deshidratadores.
- Las duraciones de los períodos de secado varían de un secador a otro y de un producto a otro, de tal forma que es en los resultados donde se fijan estos valores.
- El mejor deshidratador solar es el de tipo carpa por que la deshidratación de las frutas es en menor tiempo con relación al peso perdido.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso del deshidratador tipo carpa por que obtiene el peso óptimo en menor tiempo que el tipo armario.
- Cuando se quiera iniciar un secado de fruta realizarlos en días donde se tenga temperaturas altas con radiación directa hacia los secadores, evitando los días nublados.
- Se recomienda que los cortes de las rodajas no deben ser más de 3 a 5 mm para que se pueda obtener el peso óptimo en el menor tiempo.
- Los prototipos pueden ser construidos con materiales reciclables.
- Si se quiere deshidratar más fruta el deshidratador tipo armario tiene mayor capacidad de volumen.