

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DE SECADO DE LA COPRA DE COCO (*Cocos nucifera*)
RALLADO**

PRESENTADO POR

LESLY ONEYDA ARGUETA NOLASCO

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE**

LICENCIADA EN TECNOLOGIA ALIMENTARIA



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE 2011

**EVALUACIÓN DE SECADO DE LA COPRA DE COCO (*Cocos nucifera*)
RALLADO**

PRESENTADO POR

LESLY ONEYDA ARGUETA NOLASCO

MILDRE ELEAZAR TURCIOS M.Sc.

Asesor Principal

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
LICENCIADO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA**

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE 2011

DEDICATORIA

AL DIVINO CREADOR DEL UNIVERSO por iluminarme con mucha sabiduría durante este proceso de aprendizaje y por permitirme llegar al final de la meta.

A mi madre Marina Nolasco, por ser mi fortaleza moral espiritual y por su apoyo incondicional conmigo.

A mis hermanos Melvin, en especial **a Nelson, Ismael, Yessenia, y Lucy Argueta** por su amor, cariño y apoyo que me brindaron todo este tiempo.

A mi hija Litzy (Taty) por regalarme los momentos más bellos de mi vida su amor, cariño y comprensión durante este tiempo (Te Amo).

A mis amigos y hermanos Karina Mejía (chakis, tostada), Karen Hernández (grilla), Heber Granados (pelan), Iván Matute (chorro), José Romero (trok), Raúl Girón (solitaria) Marisol (remolacha), Vondel Reyes, y Bayron Pineda (tomy), por su amistad, amor y cariño brindado durante estos cuatro años juntos,.

AGRADECIMIENTO

A **DIOS** que con su poder me dio fortaleza y sabiduría desde el inicio hasta alcanzar mi meta gracias padre por toda la sabiduría y fortaleza que me has brindado.

A **mis padres y hermanos**, por su apoyo amor cariño comprensión y consejos que motivaron para no detenerme y llegar hasta el final de la meta.

Al **M Sc Eliazar Turcios** por brindarme la orientación y conocimiento necesario durante la investigación, y por su amistad brindada durante los cuatro años de estudios.

Al **M Sc. Andoni Castillo, al Ing. Ramón Herrera, al Ing. Junior Marcías, al Ing. Jaime Onan Salgado** por su orientación, asesoría y amistad brindada durante el desarrollo de esta investigación.

Al **M Sc Javier Reyes Luna, (papi Luna)** por brindarme su amistad, cariño, apoyó y orientación durante los cuatro años será alguien muy especial para mí.

A **la Universidad Nacional de Agricultura** por ser el alma mater y una gran casa de estudio por permitirme iniciar mi formación académica. Y a sus autoridades, **al M Sc. Javier medina, al Ph D. Marlon Escoto** por su gran amistad y apoyo incondicional brindado durante todo este tiempo de estudio.

A la empresa agroindustrial del coco Lemenigi Lomba por haberme apoyado durante todo el tiempo de realización de la investigación, **y en especial al Ing. Liz Abraham Noralez**, por brindarme su apoyo amistad y confianza.

En especial A Norita, Ariana, Osiris, Vanesa, Danubia, Fanny, y Karla, por brindarme su apoyo amistad, durante todo este tiempo de estudio Dios las Bendiga.

A mis hermanos y amigos de la clase ARMAGEDON, por compartir momentos inolvidables por su amistad cariño por estar conmigo en todo momento

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN	pág. i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	v
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos.....	2
III. REVISION DE LITERATURA	3
3.1 La palma de coco (Cocos Nucifera) su origen, distribución y producción	3
3.1.1 Importancia económica y socio cultural del cocotero para la población garífuna de Honduras.....	5
3.2 Variedades de cocotero cultivados en Honduras.....	6
3.3 Contenido Nutricional del coco (Cocos Nucifera)	7
3.4 Productos, sub productos y usos del coco	8
3.4.1 Usos y aplicaciones del coco desecado	10
3.5 Características organolépticas del coco.....	10
3.6 Descripción del proceso de elaboración de pulpa de coco rallada y deshidratada	11
3.7 Pardeamiento enzimático en coco	13
3.8 Rancidez oxidativa de los lípidos presentes en el coco y como inhibirla.....	14
3.8.1 Mecanismo de producción de la oxidación	15
3.8.2 Como prevenir la oxidación	15
3.8.3 Como actúan los antioxidantes	16

3.9 Deshidratación de alimentos.....	16
3.9.1 Procesos básicos del secado	17
3.10 Mecanismos de transferencia de calor.....	21
3.11 Métodos de deshidratación	23
3.12 Consumo de energía en la deshidratación de alimentos	25
3.13 Fuentes de energía utilizadas en la deshidratación de alimentos.....	26
IV METODOLOGIA	27
4.1 Localización del proyecto.....	27
4.2 Materiales y Equipos	27
4.3 Metodología.....	29
4.4 Variables evaluadas	30
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
5.1 Tiempo de secado y porcentaje de Pérdida de Humedad	32
5.2 Temperaturas de referencia del deshidratador.....	34
VI CONCLUSIONES.....	38
VII RECOMENDACIONES	39
VIII BIBLIOGRAFIA.....	40
IX ANEXOS	44

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Contenido nutricional del agua de coco (para 100 ml).....	7
Cuadro 2. Contenido nutricional de la pulpa de coco tierna y madura (para 100 gramos)...	8
Cuadro 3. Tiempo, pesos % de pérdida de humedad durante el secados de pulpa de coco, 40 °C.....	32
Cuadro 4. Tiempo, pesos % de pérdida de humedad durante el secados de pulpa de coco, 45°C.....	33
Cuadro 5. Tiempos y temperaturas durante el secado de pulpa de coco a una temperatura de 40°C.....	35
Cuadro 6. Tiempos y temperaturas durante el secado de pulpa de coco a una temperatura de 45°C.....	36

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Curva de velocidad de secado. García 2000	19
Figura 2. Intercambio de calor, Instituto politécnico Nacional 2003	28
Figura 3. Curvas de secado de coco (humedad vrs Tiempo).....	34
Figura 4. Temperaturas del aire dentro y fuera del secador para el coco	35
Figura 5. Humedad del aire dentro y fuera del secador para el coco.	37

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de proceso de deshidratación de coco rallado.....	pág. 45
--	---------

Argueta Nolasco, L.O. 2011. Evaluación de secado de la copra de coco (cocos nucifera) rallado, Tesis, Lic. Tecnología Alimentaria, Catacamas Honduras, Universidad Nacional de Agricultura. 56p.

RESUMEN

El presente trabajo es parte de una investigación de la empresa agroindustrial del coco, ubicada en; Vallecito Limón Colon, el cual se llevo a cabo en la Universidad Nacional de Agricultura. Con el objetivo de realizar un estudio de secado de coco rallado utilizando deshidratación solar del coco rallado bajo diferentes condiciones de temperatura, velocidad y humedad del aire, se utilizo coco (*Cocos nucifera*) de la variedad enanos malasinos, para lo cual se evaluó un deshidratador de bandejas, con un diámetro de salida de aire de 10 m. La evaluación se realizó a una temperatura que oscila entre 40/60°C a una velocidad de 1.5 m/s. Se obtuvieron gráficos de velocidad de secado en función del tiempo y la humedad. La variable más influyente es la temperatura, un aumento de está implica un menor del tiempo de secado, para los datos analizados se produjo un 61.32% de pérdida de humedad acumulada, también se calculo la perdida de humedad considerando como humedad inicial el contenido de agua que tiene una pulpa de coco y es un valor que reporta la literatura 51.90%. Donde se observa que inicialmente el contenido de agua eliminado es significativo y luego es menor gradualmente hasta lograr una estabilización del producto.

Palabras claves: deshidratación, coco rallado, velocidad de secado.

I. INTRODUCCION

La mayor extensión del cultivo de coco en Honduras está localizada en el litoral atlántico pero también hay pequeñas concentraciones de cocos en el pacífico y pequeños lotes en el centro del país. (Alfonso Á. / Ramírez T 2008). Actualmente se estima que existen en producción unas 1,000 hectáreas de cultivo de coco, con una producción estimada de 4.6 millones de cocos, lo que vendría a convertirse en la oferta existente en el país.

La copra es la pulpa de coco, es decir, es la parte sólida del endospermo del fruto, seca y reducida a trozos, es usada extensamente en la manufactura local y mundial de confites. En el 2008 Honduras exportó un total de 440 toneladas de aceite de coco, 67 toneladas de copra como residuo vegetal ambos productos al mercado de Nicaragua y el Salvador y un total de 18 toneladas de coco seco a Estados Unidos de América. (Chavarría L. 2010).

Una de las empresas que está trabajando con productos a base de coco, es la empresa comunitaria agroindustrial del coco Lemenigi Lomba (ECACOLL); ubicada en el departamento de Colon en Vallecito Limón, la cual está produciendo agua de coco a un nivel semi industrial, aceite, tabletas o dulces, a un nivel casero, y están buscando incrementar la vida de útil de la pulpa de coco.

En el presente trabajo se pretende hacer uso de un deshidratador mixto (Uso de energía solar y combustión de biomasa) para eliminar el mayor contenido de humedad de la copra o pulpa rayada de coco hasta que esta se estabilice.

II. OBJETIVOS

2.1 General

- ✓ Evaluación de las condiciones de secado de la copra de coco (*Cocos nucifera*) rallado deshidratado, utilizando un deshidratador mixto de flujo continuo.

2.2 Específicos

- ✓ Evaluar condiciones del secado de la copra rayada de coco, tales como: tiempo de secado, temperatura, humedad relativa y velocidad para obtener un producto apto de consumo humano.
- ✓ Evaluar el proceso y mecanismo de secado a través de las curvas de velocidad de secado.
- ✓ Validar el sistema de secado que dispone la Universidad Nacional de Agricultura para la deshidratación de coco rallado.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 La palma de coco (*Cocos Nucifera*) su origen, distribución y producción

El cocotero (*Cocos nucifera*), junto con la palma africana (*Elaeis guineensis*), son las oleaginosas de mayor importancia en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, apreciadas por sus múltiples usos. La palma de coco o cocotero sobresale en importancia dentro de las especies de palmas, por su amplia distribución en las áreas tropicales del mundo y por sus numerosos y variados productos; dado que es fuente de aceites alimenticios e industriales, de alimentos, bebidas, golosinas, fibras textiles, azúcar, materiales de construcción, abrasivos, combustibles, absorbentes de gases y de otros productos que utilizan millones de personas (U.A.C., 2002).

Esta planta se asocia con el panorama general de los trópicos y especialmente de sus playas; pero cada vez se le encuentran nuevas y valiosas aplicaciones a sus productos que incrementan el interés económico por esta palma (U.A.C., 2002).

El coco se ha cultivado y ha sido usado en la India y en el Asia continental del sudeste por lo menos por 3,000 años (Bailey, L. 1941). Antes de la colonización europea del Nuevo Mundo, el coco había sido introducido a sitios insulares y de tierra firme a lo largo de la costa pacífica de la América Central, como lo muestran los reportes del principio del siglo XVI sobre su uso por los indígenas de Panamá (Fernández G. 1959). Según Corner, E. 1966, dice que en los períodos coloniales españoles y portugueses el coco se introdujo de Asia al Caribe, el noreste de la América del Sur y Brasil, citado por (Parrota J.1993).

Las regiones mundiales productoras de coco más importantes son el archipiélago Malayo, los países del sudeste del Asia, la India, Sri Lanka, las islas del Pacífico, África del este y países de la América Central y del Sur (Nambiar, S. 1988). El coco ha sido plantado a través del Caribe y se ha naturalizado a lo largo de costas arenosas. Little, E. 1964, comenta que en Puerto Rico se han establecido plantaciones cubriendo un total de 4,000 ha, la mayoría a lo largo de costas arenosas y en la costa norte en especial, citado por (Parrota J.1993).

La producción mundial de cocos ascendió a 61.09 millones de toneladas en el 2008, 6.2% más que el 2006 que la producción alcanzó las 57.5 millones de toneladas. El 85.3% de la producción mundial se concentra en el continente asiático, seguido por América con un 8.5% (Fuente: FAO). En vista de que no existe producción de cocos en ningún país de Europa, el mercado está compuesto principalmente por importaciones de terceros países y re-exportaciones a otros países dentro del mismo continente (Chavarría L. 2010).

El coco está considerado como la palmera más cultivada en el mundo, por ser la principal especie productora de grasa vegetal, tiene una gran importancia económica, social, ecológica y el paisajismo en las zonas turísticas. Este cultivo está bien adaptado a las condiciones agroclimáticas de las playas marítimas, especialmente las variedades aceiteras (Chavarría L. 2010).

En Honduras hasta comienzos de la década de los 90s, se encontraban en producción alrededor de 6,000 hectáreas de este cultivo en el litoral Atlántico hondureño, sin embargo, la variedad de coco Alto del Atlántico, con el cual estaba plantada el 90% de la zona costera del país ha sucumbido al ataque del amarillamiento letal (AL), enfermedad que fue detectada a comienzo de los años 90s y que en un tiempo de 6 años arrasó con las plantaciones de coco del país. (Fuente: Proyecto Restablecimiento de Plantaciones de Cocoteros para la Conservación de la Faja Costera del Municipio de Brus Laguna. 2007)Citado por: (Chavarría L. 2010).

Actualmente se estima que existen en producción unas 1,000 hectáreas de cultivo de coco, con una producción estimada de 4.6 millones de cocos, lo que vendría a convertirse en la oferta existente en el país. En el 2008 Honduras exportó un total de 440 toneladas de aceite de coco, 67 toneladas de copra como residuo vegetal, ambos productos al mercado de Nicaragua y el Salvador y un total de 18 toneladas de coco seco a Estados Unidos de América. (Fuente: SIECA). Citado por: (Chavarría L. 2010).

Existe un mercado para la industria del coco en Honduras. Según un sondeo del tamaño potencial de mercado en el litoral atlántico de Honduras está representado por 5,000 libras de copra rallada, 3,000 litros de aceite y 8,000 litros de agua de coco mensuales, lo que podría generar la circulación de US\$ 459,243.00 anuales.

3.1.1 Importancia económica y socio cultural del cocotero para la población garífuna de Honduras

El coco y sus derivados son fundamentales en la dieta alimenticia del pueblo Garífuna, consecuentemente ligados su cultura. El cultivo de cocotero, tradicionalmente se ha realizado a lo largo del litoral atlántico de Honduras, ha sido un cultivo de suma importancia para las poblaciones tanto Garífuna como Misquita asentados en esta zona geográfica del país, forma parte de su cultura y es una de las fuentes de ingresos para estos pueblos. Algunas formas de empleo del cocotero son:

- ✓ Ecología: la presencia de estos árboles contribuye a la regulación del microclima ya la protección de los suelos.
- ✓ Turismo: los cocoterost constituyen los paisajes costeros y embellecen las playas.
- ✓ Jardinería: se plantan en arboledas y alineados en calles, los cocoterost germinados y con las primeras hojas se venden como plantas de interior; demás de la madera del tronco se emplea en macetas para plantas ornamentales.

- ✓ **Construcción:** la madera de coco se emplea para la fabricación de casas, puentes y granjas y las palmas son empleados en los techos. La corteza exterior es dura y se emplea en el montaje de muebles.
- ✓ **Alimentación:** su consumo en fresco representa una importante fuente de energía para el organismo humano, pero además la pulpa ofrece un gran protagonismo en la elaboración y fabricados de repostería; el agua de coco se utiliza como bebida refrescante y como ingredientes para guisos, helados y platos de pescado.
- ✓ **Artesanía:** las palmas se usan para hacer canastas, sombreros, alfombras; la concha se emplea para fabricar botones, cucharas adornos; la fibra de coco es resistente al agua de mar y se utiliza para los cables y aparejo de las naves, para hacer las esteras, las mantas, los bolsos, las escobas y los cepillos.
- ✓ **Medicina:** tiene multitud de aplicaciones entre las que destacan: antiséptico, astringente, bactericida, diurético; se emplea como remedio popular contra el asma, la bronquitis, contusiones, quemaduras, estreñimiento, disentería, tos, fiebre, gripe.
(www.infoagro.com)

3.2 Variedades de cocotero cultivados en Honduras

- ✓ **Alto del Atlántico:** dentro de los gigantes, o altos en Honduras se encuentra el llamado Alto del Atlántico o cocotero común en la costa norte (antes del Huracán MITCH). Era usado principalmente por las comunidades garífunas para la producción de aceite, para consumo como fruta fresca, y preparación de alimentos, aunque el contenido de agua es alto, el sabor es poco dulce. Entre sus ventajas para cultivo están: el tamaño grande del fruto, la rusticidad de la planta, alto contenido de copra, entre otros (Alfonso Á. / Ramírez T 2008).
- ✓ **Enanos Malasino:** Existen básicamente tres tipos diferenciados por el color del fruto en: verde, amarillo y rojo o dorado. A diferencia de los tipos gigantes o altos en los cocoteros enanos la autofecundación es mayor del 94%, permitiendo su reproducción por semilla, sin perder las características de la planta madre. Por el excelente sabor del

agua, su uso potencial es la producción de agua para consumo en bebidas envasadas. El tamaño del fruto lo hace poco atractivo para consumo como fruta fresca (Alfonso Á. / Ramírez T 2008).

- ✓ **Híbrido:** Son el producto del cruce entre plantas del grupo de los gigantes y los enanos. En Centroamérica sólo se producen en Costa Rica, Nicaragua y El Salvador. Al país se han importado plantas procedentes de Costa Rica del híbrido MAPAN VIC 14, plantados en dos Municipios del departamento de Atlántida: Tela y La Ceiba, (Alfonso Á. / Ramírez T 2008).

3.3 Contenido Nutricional del coco (*Cocos Nucifera*)

El cocotero proporciona varios productos del fruto que son nutritivos para el humano. Sin embargo, en el Cuadros 1 y 2 describe la composición del agua de coco, la copra tierna y madura.

Cuadro 1. Contenido nutricional del agua de coco (para 100 ml).

Componente	Contenido
Energía	20 Kcal
Proteínas	0.1 g
Carbohidratos	5.5 g
Lípidos	0.05 g
Sodio	25 mg
Potasio	160 mg
Cloro	20 mg
Calcio	5 g
Fósforo	0.5 mg
Magnesio	0.45 mg

Fuente: Madi, En: Coconutwater, EMBRAPA. 1999

Alfonso A./Ramírez T. 2008, reporta que el agua de coco tierno, además de ser nutritiva como bebida natural, posee propiedades medicinales, y es considerada bacteriológicamente más segura que otras aguas.

Cuadro 2. Contenido nutricional de la pulpa de coco tierna y madura (para 100 gramos).

Composición	Tierna	Madura
Agua	80.6 g	51.9 g
Lípidos	5.5 g	26.1 g
Carbohidratos	11 g	15.1 g
Cenizas	0.6 g	0.9 g
Fibra	0.9 g	2.1 g
Calcio	10 mg	32 mg
Fósforo	54 mg	96 mg
Hierro	0.7 mg	1.5 mg
Tiamina	0.07 mg	0.04 mg
Riboflavina	0.04 mg	0.03 mg
Niacina	0.9 mg	0.4 mg
Vitamina	4 mg	3 mg
Energía	96 Kcal	293 Kcal

Fuente: FNRI, 1990. (Alfonso A. / Ramírez T. 2008).

3.4 Productos, sub productos y usos del coco

La fruta se cosecha con un grado de madurez intermedio (6 a 7 meses) para que el contenido de pulpa y agua sean adecuados, la fruta se transporta a granel a los lugares de consumo o industrialización, del agua de coco y la pulpa deshidratada. (U.A.C., 2002).

Cáscaras y conchas: estas se pueden comercializar, sin separarse, aunque hay empresas separadoras de fibra (conchas), que a su vez son empleados por empresas para la producción de carbón activado (U.A.C., 2002).

Agua de coco: Es una bebida refrescante, el líquido que se halla en el interior de la pulpa; cuanto menos maduro esté el fruto más abundante será y también más rico en nutrientes, se considera una bebida isotónica natural, siendo muy apreciada en los países tropicales donde se toma extrayéndolo directamente del fruto, existen en el mercado productos envasados, pero llevan un proceso de ultra pasteurización, pero también pueden ser preparados en frío, para bebidas deportivas (Gutiérrez C. 2009).

Copra de coco: la copra es la pulpa de coco, es decir, la parte sólida del endospermo del fruto, seca y reducida a trozos. Es la materia prima para la extracción del aceite de coco, la cantidad depende del estado de madurez del fruto en que sea extraída la copra. La grasa de copra contiene un 65% de aceite, ácidos grasos saturados. (U.A.C., 2002). La copra se usa extensamente en la manufactura local y mundial de confites. La cosecha mundial anual de copra se estimó en 4.9 millones de toneladas el comercio en aceite de coco fue de 1.27 millones de toneladas con un valor de \$657 millones. (Parrotta, John A. 1993).

Desde el momento de la fecundación del ovario hasta los ocho meses, se forma el 32.1% de copra, a los nueve meses el 55.7%, a los 10 meses el 77.7%, a los 11 meses el 94.1%, momento en que el fruto ha alcanzado su madurez fisiológica. De los 11 meses en adelante, el tejido de la envoltura fibrosa se deseca, se vuelve rojizo y más coriáceo, debido a una rápida deshidratación, lo que ocasiona la desaparición simultánea del agua de coco, acompañada por una pérdida de peso, tan grande, que una nuez de coco que a la edad de seis a nueve meses pesaba de 3 a 4 kg (6.6–8.8 lb), en la madurez pesa entre 1.5 a 2 kg (3.3–4.4 lb) aproximadamente.(Alfonso A. / Ramírez T. 2008).

Alfonso Á. / Ramírez T. 2008, mencionan que la copra es el producto más importante del cocotero, en general las plantaciones establecidas en el mundo persiguen este fin. Cuando la finalidad de la plantación es la producción de coco rallado, deshidratado o copra para extracción de aceite, los cocos se cosechan cuando caen al suelo o cuando uno de los cocos de un racimo está seco, estos cocos han permanecido en la planta 11 meses y el contenido de copra es el máximo posible.

La copra que es el principal objetivo industrial de la palma de coco la producción de copra, contiene aproximadamente 63 % de aceite, el resto lo constituye la humedad y los desperdicios. En promedio se requieren cinco cocos para producir un kilo de copra. Para la producción de copra es necesario reducir el contenido de humedad de la parte carnosa del fruto de un 50 a un 5%, para prevenir el deterioro microbiológico y permitir la concentración del aceite (Persley, 1992). Citado por (Robinson M. 2010).

El Centro Nacional de Producción, 1993, Cita que la copra de Coco deshidratado es el producto que se obtiene de la carne o pulpa del coco, una vez removidos la concha y la testa. Esta pulpa se desintegra o ralla y se seca a una temperatura entre los 60 o 75 °C, hasta alcanzar un contenido de humedad menor al 5%. El porcentaje de lípidos debe ser de 50 a 65% y el contenido de ácidos grasos libres menor a 0.01%.

El agua es de mala calidad para consumo humano por el sabor picante que posee. En la mayoría de los casos, los productores se limitan a recoger el fruto caído de la planta, pero si esta actividad no se realiza periódicamente, la nuez germina y la cantidad de copra se reduce, debido a que el haustorio o manzana comienza a consumirla; por lo anterior, lo recomendable es bajar los cocos que hayan alcanzado su madurez fisiológica (Alfonso Á. / Ramírez T. 2008).

3.4.1 Usos y aplicaciones del coco desecado

- ✓ *Industria confitera*, como el principal ingrediente para el sabor en las barras de chocolate o como relleno en productos de almendra.
- ✓ En la *industria panadera*, como un ingrediente saborizante o como relleno en pasteles y bollos.
- ✓ *Alimentos congelados*, como decoración para helados y otros productos congelados.
- ✓ En la industria general de alimentos procesados, como saborizante y de relleno en alimentos empacados y enlatados.
- ✓ Industria de productos de consumo, como un ingrediente listo para usar en mezclas y empacado y disecado para uso casero. (U.A.C., 2002).

3.5 Características organolépticas del coco

Color: blanco libre de manchas cafés o amarillas. Textura: tostada. Olor: será el característico del producto, sin malos olores debidos a mohos, fermentación o ranciedad.

El sabor: será el característico del producto, sin malos sabores debidos a deterioro o a la absorción de sustancias extrañas (CNP 1993).

3.6 Descripción del proceso de elaboración de pulpa de coco rallada y deshidratada

Recepción: En esta etapa es importante emplear cocos maduros; los inmaduros tendrán menor calidad. Asimismo, no deben utilizarse cocos germinados, ya que se obtendrá un producto de color deficiente, por tanto, es importante no dejar madurar los cocos demasiado tiempo. La maduración aumenta el grosor del endospermo y en consecuencia el rendimiento de producto, aumentando el contenido de aceite y se reduce el contenido de humedad. Además, la siguiente fase del proceso, la extracción de la pulpa se hace más fácil debido a que se produce una ligera contracción de la semilla dentro de la concha. (U.A.C., 2002).

Descascarado: Este paso se realiza manualmente, utilizando una estaca de madera o hierro afilado, fijada en la tierra. El coco se clava en la punta de la misma, para perforar la cáscara y el extremo redondo del coco, luego se mueve para ir removiendo la cáscara por partes, para luego separar la concha de la pulpa (CNP 1993).

Separación del casco: El casco se separa con el fin de obtener la carne o pulpa, que es la materia prima a utilizar para obtener el producto final. Debe tratar de obtenerse el mayor rendimiento posible de carne entera para facilitar las operaciones posteriores (CNP 1993).

Eliminación de la testa (cáscara café): Este proceso puede realizarse con un cuchillo curvo o con una máquina de pelado abrasivo, parece ser que el modo más eficiente es el que utiliza cuchillo, pues se obtienen mayores rendimientos de obtención de pulpa. Esta fase se hace con el objetivo de evitar tener colores oscuros en el producto rallado (CNP 1993).

Lavado y Pre-tratamiento: Una vez establecidos los pesos de la materia prima, se lleva a una lavadora, en donde entra y se adiciona agua con cloro; para eliminar el contenido de impurezas que pueda tener, el agua se va adicionando y se permite la salida del agua sucia, hasta que se considera perfectamente limpia (U.A.C. 2002). Después de lavado la pulpa se somete a un pre-tratamiento sumergiendo la pulpa de coco en una solución de agua con ácido cítrico al 1%, con el propósito de evitar el pardeamiento de la pulpa, además contribuye a controlar la a_w del producto.

Rallado: Consiste en dar un proceso de rallado a la materia prima, en un molino de discos. Un modelo de rallador muy convincente consiste en dos bateas dentadas, una fija y otra móvil, entre las cuales se introduce la materia a tratar. (U.A.C., 2002). Existen máquinas que se han diseñado para rallar el coco que se encuentra aún unido a la concha. Si se utiliza esta máquina se debe variar el proceso aquí descrito, pues no es necesario obtener la pulpa pura.

Deshidratación: El coco, por su composición, es un producto propenso al deterioro microbiano y la rancidez. Estas condiciones hacen que se tengan que utilizar estrictas medidas de higiene y temperaturas bajas para evitar pérdidas de sabor y olor, a la hora de efectuar el secado. El método más recomendado es el que utiliza la circulación de aire caliente por bandejas conteniendo el producto fresco, extrayendo el agua del mismo hasta obtener un producto con la humedad de 5% que es la deseada. La temperatura óptima de secado es de 60 °C, pues a esta se mantienen las características sensoriales propias del producto. (CNP 1993)

La copra de coco también puede secarse al sol, con secadores solares debidamente diseñados, pero se debe tener todas las precauciones necesarias para evitar la contaminación de éste con materias propias del ambiente como basura, insectos y polvo. El punto final se determina por la consistencia, quebradizo y seco pero a la vez agradable al paladar, o bien por un análisis del contenido de humedad, utilizando una estufa y una balanza analítica. (CNP 1993).

Empaque: El material que mejor protege el producto final es el laminado (papel de aluminio y polietileno de baja densidad) o bien el triple laminado (polyester, papel aluminio y polietileno) (CNP1993)

Almacenamiento: Debe mantenerse en ambientes de humedad relativa uniforme y no extrema. Si es muy alta puede rehidratarse, o si es baja (33%), el producto pierde peso, sea cual sea el tipo de empaque en que se tenga. (CNP 1993)

3.7 Pardeamiento enzimático en coco

El color café que se forma cuando se expone al aire las superficies cortadas de frutas, verduras y mariscos se conoce como pardeamiento enzimático porque las reacciones iniciales que intervienen en este fenómeno están catalizadas por enzimas. La enzima que inicia el pardeamiento en las plantas se llama polifenoloxidasa (PFO) esta enzima se conoce por causar cambios de color en muchos alimentos. Según Miller D. 2007, la PFO podría analizarse si se mide la absorción de oxígeno y/o la formación de color café en el alimento.

El pardeamiento enzimático normalmente se considera un cambio adverso porque reduce el grado de aceptación del alimento. Por tal razón se han hecho experimentos (Miller D. 2007) para encontrar métodos seguros y eficaces para evitar este fenómeno entre ellos tenemos:

Inactivación de la PFO con calor: Miller D. 2007, dice que este procedimiento se utiliza con frecuencia en verduras que se cuecen antes de su consumo. El calentamiento a las temperaturas que se requieren para inactivar la PFO podría no ser adecuado para las frutas, ya que producen sabores indeseables a cocido o texturas blandas, o ambas cosas a la vez.

Inhibición química de la PFO: Miller D. 2007, cita que se han utilizado varias estrategias para la inactivación de la polifenoloxidasas. Los sulfitos a una concentración de 0.05% por 10 min. Son inhibidores extremadamente eficaces de la PFO, pero su uso está restringido por la Food and Drug Administration (FDA, Dirección de Alimentos y Medicamentos). Porque provocan reacciones alérgicas. Otro compuesto que se utiliza son los acidulantes como el ácido cítrico que inhibe la enzima al reducir el pH por debajo del valor óptimo, y los agentes quelantes o secuestrantes como el EDTA y el ácido cítrico pueden inhibir la enzima al unirse al cobre, un cofactor esencial.

Agentes reductores: Los agentes que reducen las o-quinonas a compuestos fenólicos inhiben el pardeamiento enzimático, durante más de 50 años se ha utilizado el ácido ascórbico y el eritorbico para evitar el pardeamiento de las frutas recién cortadas. El ácido ascórbico aumenta el contenido vitamínico (vitamina A), además ayuda a prevenir la oxidación del producto durante el almacenamiento, el ácido ascórbico es soluble en agua al (0.3g/ml), (Miller D. 2007).

3.8 Rancidez oxidativa de los lípidos presentes en el coco y como inhibirla

Los ácidos grasos saturados más comunes presentes en el aceite de coco son: caprílico C8, caprílico C10, láurico C12 y mirístico C14. Dada su estructura, los ácidos grasos saturados son sustancias extremadamente estables desde el punto de vista químico. (Calvo Miguel bioquímica de los alimentos). Los antioxidantes son sustancias que se adicionan a los alimentos para evitar el enranciamiento, hay muchos alimentos que cuando entran en contacto con el oxígeno del aire, se deterioran perdiendo incluso propiedades nutritivas, especialmente por la evaporación de las vitaminas A y C. Aparte de estas vitaminas, también se deterioran las grasas de manera que se produce ese enranciamiento con la decoloración, especialmente en las frutas y hortalizas que contengan la enzima polifenoloxidasas, que se activa. (Bueno M. s.f.).

Según el Dr. Bueno M (s.f.) no solamente la oxidación de los alimentos produce pérdidas nutritivas sino que además se suele generar un sabor desagradable que hace que las personas rechacen el alimento y además se producen algunos elementos nocivos para la salud.

3.8.1 Mecanismo de producción de la oxidación

Según el Dr. Bueno M (s.f.) para poder comprender cuales son los mecanismos por los cuales estas sustancias efectúan su acción antioxidante, es prioritario conocer cuales mecanismos son los que producen la oxidación de los alimentos:

Hay un periodo de latencia previo a la evidencia clara de ese proceso de oxidación, en el que no podemos detectar a simple vista que un alimento se está oxidando. Por un lado se produce una captación de los rayos ultravioleta de la luz o simplemente del calor, por parte de las grasas contenidas en los alimentos, formándose radicales libres a partir de los ácidos grasos. Posteriormente estos radicales libres aceleran el proceso de oxidación, dando lugar a lo que llamamos periodo de propagación. El periodo de oxidación continua mientras quedan grasas por oxidarse, produciéndose a su vez algunas sustancias que generen ese olor a rancio característico, constituyendo el periodo de terminación. (Bueno M. s.f.).

3.8.2 Como prevenir la oxidación

Según el Dr. Bueno M. (s.f.) Existen fundamentalmente dos formas de prevenir la oxidación de los alimentos:

- ✓ Reducir o eliminar los factores favorecedores de la misma, especialmente los pigmentos, radiaciones ultravioletas (luz), encimas, metales, temperaturas altas, presión oxigeno y radiaciones ionizantes.

- ✓ Añadiendo algunas sustancias que frenen el proceso o lo impidan. Son los antioxidantes propiamente dichos, a nivel industrial se utilizan ambos sistemas para lo cual se toman las siguientes medidas; hidrogenación y saturación de las grasas, envasado al vacío, envases impermeables a la luz, eliminación de los residuos metálicos de la maquinaria utilizada, almacenamiento en cámaras frigoríficas, utilización de los antioxidantes autorizados por el ministro de autoridad y consumo.

3.8.3 Como actúan los antioxidantes

Según el Dr. Bueno M. (s.f.) existen diversos tipos de antioxidantes, según se mecanismo de acción, el utilizar uno u otro depende de la tecnología de la industria alimentaria. Normalmente se utilizan asociaciones de varios, buscando un sinergismo, una potenciación de los efectos antioxidantes. Otras veces se utilizan antioxidantes que de por si tienen la propiedad de potenciar a los demás, como ocurre con el ácido ascórbico. Normalmente trabajan descomponiendo los peróxidos o impidiendo la formación de complejos con el resto de los metales libres.

Hay que tomar en cuenta que los antioxidantes no deben cambiar las características del alimento en cuanto a su sabor, olor y color. Es muy importante su estabilidad según el pH del alimento al que se adicionan, para que no sufran reacciones químicas que eviten su función.

3.9 Deshidratación de alimentos

Según Heldman (1988). La disminución de la humedad de los alimentos es uno de los métodos más antiguos utilizados para su conservación. Al reducir el contenido de agua de un alimento hasta un nivel muy bajo se elimina la posibilidad de su deterioro biológico y se reducen apreciablemente las velocidades de otros mecanismos de deterioro. Además del efecto conservante, mediante la deshidratación se reduce el peso y el volumen del alimento, aumentando la eficacia de los procesos de transporte y almacenaje.

La deshidratación supone un importante desafío pues debido a la estructura de los productos, la eliminación del agua debe hacerse de modo que el perjuicio sobre su calidad sea mínimo. Esto exige que el producto seco pueda rehidratarse hasta un producto prácticamente de la misma calidad que el producto fresco. La deshidratación consiste en eliminar una gran parte de agua contenida en el producto, esta agua se elimina por evaporación, para lo cual la energía es necesaria. Esta energía se encuentra en las condiciones climáticas como el sol, aire caliente u otro calor suministrado artificialmente. (Domínguez, 2007).

El secado de alimentos es una operación unitaria destinada a la eliminación de humedad mediante aplicación de calor en condiciones controladas e implica la transferencia simultánea de calor, masa y cantidad de movimiento, donde el calor penetra en el alimento para evaporar el agua que es retirada por una fase gaseosa insaturada circulante o aire de secado. La reducción del contenido de humedad aumenta la vida útil de los productos ya que ocasiona un descenso de la actividad de agua (a_w), lo que inhibe el crecimiento microbiano y disminuye la velocidad de varias reacciones deteriorantes. (Domínguez, 2007).

3.9.1 Procesos básicos del secado

A la hora de diseñar el equipo de deshidratación para eliminar la humedad de un alimento de manera eficaz debe tenerse en cuenta los diversos procesos y mecanismos de secado que tienen lugar en el producto.

Actividad de agua: Uno de los parámetros más importantes en la deshidratación de alimentos es la condición de equilibrio que determina el límite del proceso, aunque este valor es una parte importante del gradiente que provoca el movimiento del agua, la actividad de esta se ha convertido en un factor determinante en el estudio de la estabilidad de los alimentos secos. Por definición, la humedad del agua es la humedad relativa de equilibrio dividida por 100. (Heldman, 1988).

Curvas de secado: Si en las experiencias de secado, se mantienen constantes todas las variables se determina periódicamente el contenido de humedad del sólido se obtienen una serie de datos que pueden graficarse en una misma coordenada, en la forma X_w (contenido de humedad del material) frente a t (tiempo transcurrido desde que se inicio la operación de secado), dando lugar a la curva de secado. Las cuales son: Zona A, en la cual la pendiente de la curva aumenta ligeramente con el tiempo, y se denomina periodo de inducción, zona B, de pendiente constante y la zona C, en la cual la pendiente disminuye con el tiempo.

Curvas de velocidad de secado: Se define velocidad de secado como la humedad con que disminuye la humedad del producto, es decir:

Ecu. 1

$$V_s = \frac{\partial X_w}{\partial t}$$

Por lo tanto la pendiente de la curva de secado (dX/dt) nos da la velocidad de secado en la que también pueden diferenciarse tres zonas bien definidas, anteriormente. La etapa inicial (AB) ocurre conforme el producto y el agua en él contenida se calienta ligeramente. Posteriormente se produce una reacción importante del contenido de agua a velocidad de secado constante (BC); esta etapa tiene lugar a temperatura constante, siendo esta la de bulbo húmedo del aire. En la mayoría de los casos esta etapa de velocidad de secado constante finalizará al alcanzar la humedad crítica; posteriormente existirá uno o varios periodos de velocidad de secado decreciente (CD). (Maupoe P. et, al. (2001).

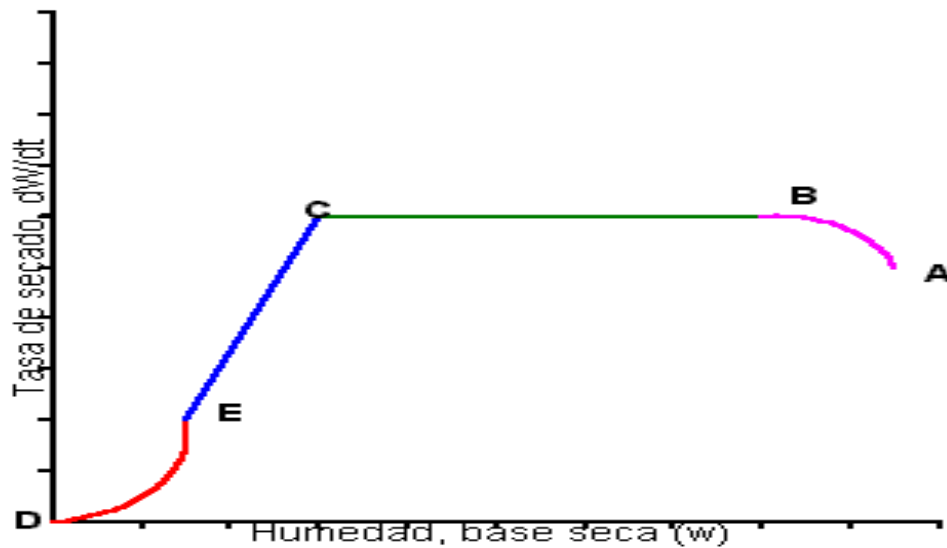


Figura 1. Curva de velocidad de secado. García 2000

Etapas en el periodo de secado periodo de inducción o de velocidad de secado creciente: en esta etapa se inicia el proceso de secado de manera que el producto se calienta y aumenta la temperatura de la interface, produciéndose una adaptación del material a las condiciones de secado, este periodo depende de numerosos factores, su duración será en función del contenido inicial de humedad del sólido, de su temperatura, de la velocidad del aire, pero a los fines de cálculo se prescinde de él ya que se considera que en su transcurso el secado tiende al régimen estacionario, es decir a los periodos B y C, en los que se centra el estudio de secado. (Maupoe P. et, al. 2001).

Periodo de velocidad de secado constante: La velocidad con que se elimina agua de la superficie del solido es menor que la velocidad con que llega a ella desde el interior del mismo. De esta manera la superficie del material se mantiene constante mojada y se comporta como una masa de liquido, de aquí que la velocidad de secado sea igual a la velocidad de evaporación del agua, que será a su vez proporcional a la velocidad del flujo de calor que llega al solido se invierte totalmente en evaporar el liquido. (Maupoe P. et, al. 2001).

Maupoe P. et, al. (2001). Comenta que a medida que transcurre el tiempo el sólido se va secando y llega un momento en que la velocidad con que el agua llega a la superficie se hace menor que la velocidad de evaporación que implicaría el uso de toda la energía que llega del aire en evaporar agua del alimento. Desde ese momento parte del calor que llega al solido se invierte en calentarlo, el contenido de humedad del producto en dicho instante se conoce como humedad crítica (X_{wc}).

Periodo de velocidad de secado decreciente: La humedad del producto sigue disminuyendo hasta alcanzar la humedad de equilibrio (X_{we}). En este periodo las líneas que se mantienen pueden ser curvas, en otros casos serán rectas o bien una combinación de ambas. En el caso que la disminución de la velocidad de secado es lineal con el contenido en humedad se supone que la evaporación del agua que contienen el material continua produciéndose en la forma que en el periodo de velocidad constante, con la salvedad que no ocurre en toda la superficie ya que comienza a parecer en zonas secas, de manera que la velocidad de secado disminuye a medida que lo hace la superficie mojada. (Maupoe P. et, al. 2001).

Transferencia de materia y calor: Según Heldman (1988) La transmisión de calor tiene lugar en el interior del alimento y está relacionada con el gradiente de temperatura existente entre la superficie y la correspondiente a la superficie del agua en el interior del alimento. Si se suministrara al agua la suficiente energía para su evaporación, el vapor generado se transportara desde la superficie de la capa humedad en el interior del producto hacia la superficie de este.

El gradiente de presión de vapor existente entre la superficie del agua en el interior y en el aire exterior al alimento es el que provoca la difusión del vapor de agua hacia la superficie de este. En la superficie del producto tienen simultáneamente los transportes de materia y calor, controlados por mecanismos convectivos. El transporte de vapor desde la superficie del alimento al aire es función de la presión de vapor mientras que la transmisión de calor desde el aire hacia el alimento depende del gradiente de temperatura. (Heldman, 1988)

3.10 Mecanismos de transferencia de calor

Calor y temperatura: Según Mulero A. (s.f.) calor y temperatura son conceptos que se confunden, pero son diferentes. La expresión hace calor es una expresión común para referirnos al concepto de temperatura, a pesar de que mencionamos la palabra calor. La temperatura es una magnitud física que se refiere a la sensación de frío o caliente al tocar alguna sustancia. En cambio el calor es una transferencia de energía de una parte a otra de un cuerpo, o entre diferentes cuerpos, producida por una diferencia de temperatura. El calor es energía en tránsito; siempre fluye de una zona de mayor temperatura a otra de menor temperatura, siempre que el volumen de los cuerpos se mantenga constante.

La materia está formada por átomos o moléculas que están en constante movimiento, por lo tanto tienen energía de posición o potencial y energía de movimiento o cinética. Los continuos choques entre los átomos o moléculas transforman parte de la energía cinética en calor, cambiando la temperatura del cuerpo. El calor se define como la energía cinética total de todos los átomos o moléculas de una sustancia. La temperatura es una medida de la energía cinética promedio de los átomos y moléculas individuales de una sustancia. Cuando se agrega calor a una sustancia, sus átomos o moléculas se mueven más rápido y su temperatura se eleva, o viceversa. (Mulero A. s.f.).

Hemos definido el calor como una energía en tránsito, de forma que sólo tiene sentido mientras está transfiriéndose de un sistema a otro. Aplicando el primer principio de la Termodinámica obtenemos la cantidad de calor que han intercambiado ambos sistemas durante un proceso cualquiera. El segundo principio establece que la transferencia de calor se produce, de forma espontánea, únicamente en el sentido de las temperaturas decrecientes.

La transferencia de energía no es un proceso instantáneo, es decir, requiere de un cierto tiempo, por lo tanto, será necesario tener en cuenta con qué velocidad se produce, y como se produce esa transferencia de un cuerpo a otro, ya que dicha velocidad dependerá

sustancialmente del mecanismo mediante el que sea transmitido el calor. Cuando dos cuerpos que tienen distintas temperaturas se ponen en contacto entre sí, se produce una transferencia de calor desde el cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura. La transferencia de calor se puede realizar por tres mecanismos físicos: conducción, convección y radiación. (Mulero A. s.f.).

Radiación térmica: Es una transmisión (emisión y recepción) de energía por medio de ondas electromagnéticas. No necesita de medio material, es decir, se propaga incluso en el vacío. Está caracterizada por una determinada longitud de onda, por ejemplo: radiación ultravioleta: 0'01 a 0'38 μm , radiación visible: 0'38 a 0'79 μm , radiación infrarroja: 0'79 a 1000 μm . Las sustancias pueden emitir radiación en distintas longitudes de onda y, por otra parte, ser atravesadas o no por radiaciones de determinadas longitudes de onda.

El ejemplo más claro es el de la radiación que proviene del Sol y calienta la Tierra. También en los calefactores eléctricos sin ventilador, en los sistemas de radiadores por agua o aceite o en las chimeneas de leña, la mayor parte del calor que recibimos es mediante radiación. Todos los objetos emiten energía radiante en una mezcla de longitudes de onda y, por otra parte, están expuestos a la radiación que les llega de los demás objetos. La emisión y recepción de radiación depende de la naturaleza de la sustancia, de su temperatura, del estado de su superficie y, en los gases, de su presión y del espesor de la muestra.

Cuando la radiación incide sobre una sustancia, parte de la energía es absorbida, aumentando la energía interna de dicha sustancia, y el resto es reflejado o transmitido. En los sólidos la parte absorbida se transmite rápidamente hacia su interior, por lo que sólo interviene en el fenómeno una capa superficial. En los gases y en algunos líquidos la absorción es mucho menor, y entonces interviene todo su volumen.

Ley de Stefan-Boltzmann: El flujo de energía radiante, o potencia radiante, emitido por un cuerpo viene dada por:

Ecu. 1

$$E = \frac{E}{t} = \epsilon \sigma AT^4$$

Donde A: es el área de la superficie del cuerpo, T: su temperatura en kelvin, y σ : es la constante de Stefan-Boltzmann: $\sigma = 5'67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ y, finalmente, ϵ es una propiedad del material del que esté hecho la sustancia, denominada emisividad, cuyo valor varía entre 0 y 1.

La emisividad de un cuerpo depende de la cantidad de radiación que puede absorber. Es decir, un cuerpo que absorbe mucha radiación emitirá también mucha radiación. Se define cuerpo negro, como aquel que es capaz de absorber toda la energía radiante que incide sobre él y su emisividad será la unidad: $\epsilon = 1$. Por el contrario, un cuerpo fuertemente reflectante tendrá una emisividad nula, y sería un mal emisor y receptor de energía radiante (por ejemplo, las paredes internas de los “termos” son muy reflectantes, para disminuir las pérdidas de calor por radiación).

3.11 Métodos de deshidratación

Deshidratado Natural: Como fuente principal utiliza la energía del sol, la mayor ventaja es que se utiliza una fuente de energía inagotable, sin costo y utiliza una tecnología más amigable con el medio ambiente, pero tiene las siguientes desventajas, depende de las fuerzas naturales, procesos lentos (2-7 días), requiere superficies extensas, poco controlado, es susceptible a contaminación, desuniforme (requiere rotación constante), y difícil para obtener productos de alta calidad. (Domínguez M. 2007).

Deshidratado Artificial: Procesos más rápidos y eficientes, mayor control de las variables del proceso, muy independientes de las condiciones ambientales. Pero, como desventaja se

tiene el alto costo de inversión y funcionamiento del equipo. (Domínguez M. 2007). El deshidratado artificial puede realizarse por diferentes métodos:

Deshidratado por aire caliente: A los deshidratadores que trabajan bajo este principio se les conoce como deshidratadores de armario y lecho. Consiste en colocar el alimento en una cámara equipada con un ventilador y canales que permiten la circulación del aire caliente alrededor del alimento, este aire es calentado mediante intercambiadores de calor o mezclado con gases de combustión a la entrada del deshidratador. (Domínguez M. 2007).

El aire elimina el agua de la superficie del producto, en algunos deshidratadores, el producto se expone directamente a la corriente del aire caliente. Sin embargo, algunos productos no permiten el contacto directo con aire caliente por lo que se utilizan intercambiadores de calor que evitan el contacto directo entre el producto y el medio de calentamiento (aire), estos deshidratadores son conocidos como deshidratadores indirectos, y aquellos donde hay contacto del producto con el aire se conocen como deshidratadores directos. (Domínguez M. 2007).

Deshidratación por osmosis: Se llama deshidratación osmótica a la concentración de alimentos mediante la inmersión del producto en una solución hipertónica. La osmosis consiste en el movimiento molecular de ciertos componentes de una solución a través de una membrana semipermeable hacia otra solución de menor concentración de cierto tipo particular de moléculas. Los solutos más utilizados en proceso de deshidratado osmótico de alimento son el cloruro sódico (sal), sacarosa (azúcar), lactosa, jarabe de maíz y glicerol. (Domínguez M. 2007).

Deshidratación por liofilización: Consiste en sacarle el agua a una sustancia congelada saltándose el paso por el estado líquido: se congela una solución y a esa baja temperatura que impide cambios químicos de deterioro, se le somete a un alto vacío que hace pasar el agua del estado sólido al estado gaseoso, sin pasar por el estado líquido. Es una forma de

deshidratar un producto a temperatura muy baja, sin el deterioro que produciría el sobrecalentamiento. (Domínguez M. 2007).

Según Heldman (1988), La disminución de la humedad de los alimentos es uno de los métodos más antiguos utilizados para su conservación. Al reducir el contenido de agua de un alimento hasta un nivel muy bajo se elimina la posibilidad de su deterioro biológico y se reducen apreciablemente las velocidades de otros mecanismos de deterioro. Además del efecto conservante, mediante la deshidratación se reduce el peso y el volumen del alimento, aumentando la eficacia de los procesos de transporte y almacenaje.

La deshidratación supone un importante desafío pues debido a la estructura de los productos, la eliminación del agua debe hacerse de modo que el perjuicio sobre su calidad sea mínimo. Esto exige que el producto seco pueda rehidratarse hasta un producto prácticamente de la misma calidad que el producto fresco. (Heldman, 1988).

Domínguez (2007), recomienda el uso del método de deshidratación para la conservación de esta pulpa. , y por lo que en el presente trabajo se va a evaluar este método de conservación el cual consiste en la deshidratación de la pulpa someténdola a una temperatura entre 60 y 70°C por un tiempo que puede oscilar entre 5 horas hasta que el producto pueda alcanzar una humedad de 5% y así evitar el crecimiento de microorganismos que afecten el producto y a la vez que se produzcan las reacciones de oxidación y rancidez en el mismo.

3.12 Consumo de energía en la deshidratación de alimentos

Frente a otros procedimientos de preservación de alimentos la deshidratación presenta algunos ventajas importantes tal y como se ha comentado anteriormente (fácil embalaje y almacenamiento; ahorros considerables en el transporte, facilidad de utilización con otros métodos combinados en la producción de alimentos en la humedad intermedia). Estas ventajas son especialmente interesantes en países en vías de desarrollo, sin embargo el

consumo de energía utilizada en los actuales procesos de deshidratación son muy importantes. Como la utilización de energías alternativas: como el uso de sub productos agrícolas directamente como combustible y la energía solar. (Maupoe P. et, al. 2001).

3.13 Fuentes de energía utilizadas en la deshidratación de alimentos

Uno de los criterios de clasificación de tipos de secaderos se basa en la manera de transmitir calor, fundamentalmente por conducción, convección y radiación. Los distintos mecanismos de transporte de calor implicados en el secado van a repercutir notablemente en la cinética del proceso y por tanto en los costes totales, pero para asegurar este último deberá tenerse en cuenta además que fuentes de energía pueden ser utilizadas para el funcionamiento de los equipos de secado. (Maupoe P. et, al. 2001).

En el secado convectivo el calor se refiere al sólido que se está secando mediante una corriente de aire caliente que además de transmitir el calor necesario para la evaporación del agua es también el agente transportador del vapor de agua que se elimina al sólido. En este tipo de secadores los aspectos energéticos se evaluarán por tanto atendiendo a la fuente de energía utilizada para la generación de aire caliente. En los secadores convectivos, el aire caliente es impulsado a través del secador por medio de ventiladores. (Maupoe P. et, al. 2001)

IV METODOLOGIA

4.1 Localización del proyecto

El experimento se realizó en la planta procesadora de vegetales de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en el municipio de Catacamas departamento de Olancho, Honduras. Esta zona se encuentra a una altura de 450 metros sobre el nivel del mar con una temperatura promedio anual, 24°C y una humedad relativa entre 80,85%.

4.2 Materiales y Equipos

Se trabajó con pulpa de coco (*Cocos nucifera*) de la variedad enano malasino, deshidratador mixto de bandejas (Solar y combustión de biomasa), balanzas, cronómetros, termómetro, rallador, ventilador, cuchillos, anemómetro, psicrómetros, agua destilada y equipo de cómputo.

EL deshidratador con que cuenta la planta de vegetales de la UNA es un equipo que se ha diseñado para la obtención de productos secos, tal equipo consta de una cámara de secado donde los productos se colocan en bandejas para una mejor circulación del aire, consta también de un horno que es alimentado con leña y tiene un intercambiador de calor, el cual ayuda a eficientar la fuerza de trabajo del deshidratador, a la vez consta de un panel de vidrio el cual capta la energía del sol y éste es movido por ventiladoras por medio del proceso de convección.

Los vidrios del panel tienen una medida el cual sirve para evaluar la cantidad de energía captada en el día soleado, la inclinación del vidrio es de 23° y la eficiencia de energía que se utiliza es un 100 % que genera el día soleado, pero al cruzar la atmósfera se pierde el 22 % quedando un 72% del cual el 6 % restante se pierde por el espesor del vidrio, la

constante de energía que llega a la tierra es de 442 BTU/h pie² todo esto servirá para calcular la energía que genera el panel ya que este consta de 3 vidrios de 8 pies de largo por 4 ancho, calculando su área total sería de 96pie² según el siguiente cálculo se puede obtener los HP que puede genera el panel.

$$(442\text{BTU}/\text{hpie}^2)(0.66) = 2.91.72\text{BTU}/\text{hpie}^2$$

$$(291.72\text{ BTU}/(\text{hpie}^2))(96\text{ hpie}^2) = 28,005\text{BTU}$$

Y un Kw=3,413 BTU, entonces Kw = 28,005 BTU/3,413 BTU = 8.2

Y 1HP = 746 Kw, por lo tanto, HP =8.2Kw/746 Kw =10.9 HP

A continuación se ilustra de como los rayos del sol recaen en el vidrio del deshidratador tomando en cuenta la ecuación anterior de capacidad de energía puede captar según su área de trabajo. Ver figura (11)

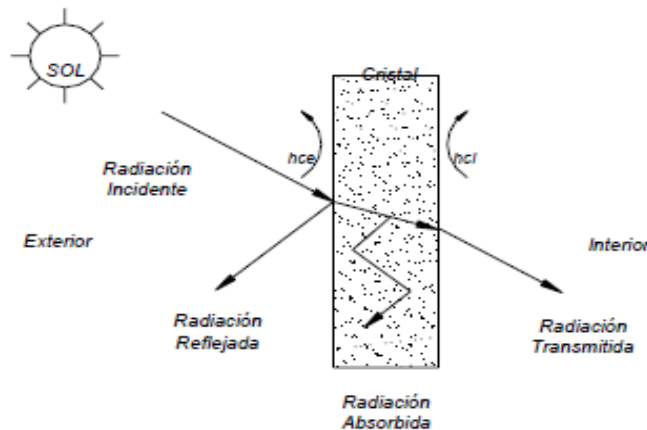


Figura 2. Intercambio de calor, Instituto politécnico Nacional 2003

4.3 Metodología

El trabajo consiste en un análisis descriptivo de todo el proceso de deshidratación de secado de la pulpa de coco

El secado como método de preservación industrial es ampliamente usado para disminuir la actividad de agua de los alimentos, por lo que se minimizan las reacciones bioquímicas de degradación en el almacenamiento a temperatura ambiente. No obstante, este proceso depende de varios factores internos, por ejemplo, el espesor y geometría del producto, y de ciertas condiciones del aire de secado, tales como la temperatura, humedad relativa y velocidad. (Vega A; Tello, C; Lemus, R. 2007).

El colector funciona de la siguiente manera: la radiación solar incidente atraviesa la superficie de vidrio, la cual calienta las superficies selectivas y la masa de aire que circula por convección; el aumento de temperatura en el alimento colocado en una de las zonas del colector evapora el agua contenida en él, la cual es retirada por la corriente de aire a través de los orificios de salida. Donde se midió un flujo de aire a una temperatura entre 40/50°C de entrada y salida del aire, con una velocidad de 1.5m/s

Elaboración del proceso de deshidratado de coco

Inicialmente se realizaron algunas experiencias en un Horno marca VwR 1305 U, para comprender y establecer algunos parámetros como ser: la conservación del aroma, la textura, el sabor, para ellos se trabajo con diferentes niveles de solución azucarada, tiempos de inmersión y diversas temperaturas. Luego se implemento en el deshidratador como sigue:

Recepción: el objetivo es descartar la materia prima que no reúne las características para el proceso como ser; cocos germinados o muy maduros ya que esto aumentan el grosor del endospermo y por ende el contenido de aceite, afectando el rendimiento y la calidad del

producto. Luego se realizo el descascarado y separación del casco con el fin de obtener la carne o pulpa, que es la materia prima a utilizar para obtener el producto final.

Rallado: la finalidad de este paso es reducir el tamaño de las partículas, para que el tiempo de secado se reduzca.

La deshidratación: el producto fresco se coloco en bandejas de madera en el colector una temperatura entre 40/50°C a una velocidad de aire de 5.2km/h de aire caliente, el punto final se determino por la consistencia quebradiza y seca o por el análisis del contenido de humedad del producto.

Envasado: se hizo en bolsas de polietileno, el cual se almaceno en un lugar limpio y fresco a temperatura ambiente.

4.4 Variables evaluadas

- **Tiempo de secado del coco rallado:** Para evaluar este proceso se peso 4 libras de coco por repetición con una humedad inicial de 52% luego se coloco en su respectiva bandeja de secado, se tomaba el peso del coco en una balanza analítica cada quince minutos hasta obtener el 5% de humedad en el coco, y se iban escribiendo los porcentajes de humedad en una hoja de registro. (ver Anexo 1).
- **Temperatura del coco rallado hasta 40/50°C:** Para evaluar esta etapa se monitoreo las temperaturas de los psicrómetros colocados en el deshidratador, donde se registraba la temperatura a través de los bulbos húmedos y secos, tanto dentro de la cámara como fuera del colector de secado y se anotaban las temperaturas en una hoja de registro. (Anexo 2)

- **Cinética de secado:** Para el estudio de la cinética de secado se utilizó una muestra de 3.6 libras de coco rallado. Los datos se obtuvieron durante el transcurso del secado pesando las muestras en una balanza analítica a intervalos de 15 minutos hasta alcanzar un peso aproximadamente constante. Luego se determinó el contenido de humedad de la muestra seca, con este valor se determinaron los valores de contenido de humedad para los diferentes tiempos.

Ecu 3

$$X_t = \frac{W - W_s}{W} \times 100$$

Donde: X_t = Humedad base seca o % pérdida de humedad.

W = Humedad inicial del producto

W_s = Humedad final

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Tiempo de secado y porcentaje de Perdida de Humedad

El Cuadro 4 muestra el tiempo de secado (de 0 a 105 min) y las diferencias de pesos de la muestra colocada en la bandeja del deshidratador durante ese tiempo, (de 3.6 libras se llego a 1.85 libras de materia seca), así como el porcentaje de pérdida de humedad según lo descrito por la ecuación 3, donde se produjo un 61.32% de pérdida de humedad acumulada, también se calculo la perdida de humedad considerando como humedad inicial el contenido de agua que tiene una pulpa de coco y es un valor que reporta la literatura 51.90%. Esta última columna muestra la decreciente perdida de agua que está en función del tiempo de secado, demostrando que inicialmente el contenido de agua eliminado es significativo y luego es menor gradualmente hasta su estabilización, esto es acorde con lo explicado en la Figura 1 (Garcia 2,000) donde en la etapa inicial (AB) se da una pérdida de humedad considerable debido a que toda el agua libre se evapora mas fácilmente por efecto del incremento de temperatura y al flujo de aire de $1.7\text{m}^3/\text{s}$.

Cuadro 3. Tiempo, pesos % de pérdida de humedad durante el secados de pulpa de coco, 40 °C.

Tiempo (min)	Peso (lb)	% Perdida humedad producto	Perdida desde Humedad inicial
0	3.6	0.00	51.90
15	2.8	22.22	40.37
30	2.6	7.14	37.48
45	2.3	11.54	33.16
60	1.95	15.22	28.11
75	1.9	2.56	27.39
90	1.85	2.63	26.67
105	1.85	0.00	26.67
Total acumulado perdida h 61.32			

Al comparar la pérdida de humedad del producto reportada en los Cuadros 4 y 5, a las diferentes temperaturas estudiadas (40 y 45°C) se puede apreciar que son diferentes, así: cuando se trabajo con una temperatura de 40°C se logro un Total de pérdida acumulada de 61.32% y a la temperatura de 45°C se alcanzo una pérdida acumulada de humedad del 69.87%

Cuadro 4. Tiempo, pesos % de pérdida de humedad durante el secados de pulpa de coco, 45°C.

Tiempo (min)	Peso (lb)	% Perdida humedad producto	Perdida desde Humedad inicial
0	4.5	0.00	51.900
20	3.6	20.000	41.520
40	3.0	16.667	34.600
60	2.5	16.667	28.833
80	2.2	12.000	25.373
100	2.2	0.000	25.373
120	2.1	4.545	24.220
Total acumulado perdida h			69.879

En ambos Cuadros 4 y 5 se puede observar la pérdida de peso y el contenido de humedad en el producto en relación al tiempo de secado, se puede observar que se inicio con una muestra de 3.6 libras de coco rallado, Cuadro 4 y termino estabilizado a un peso de 1.85 libras. La determinación de estos datos sirve para el estudio de la cinética de secado, como se aprecia en la Figura 2.

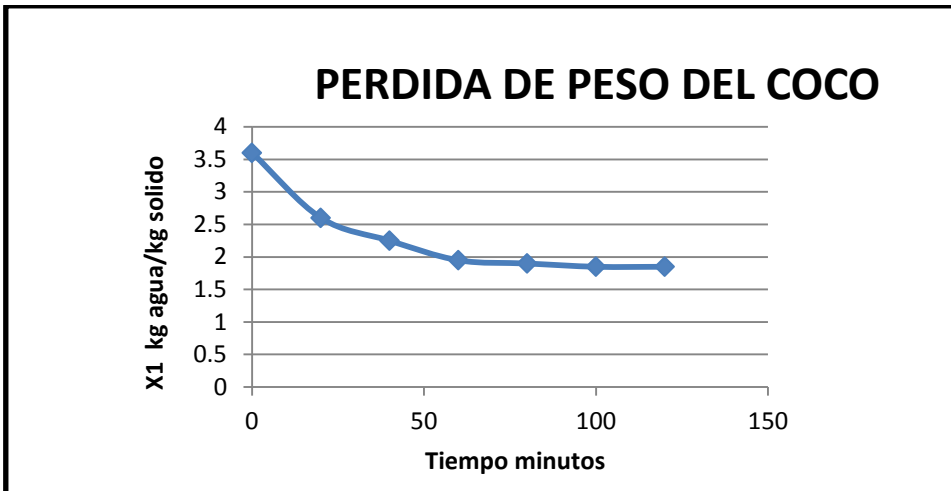


Figura 3. Curvas de secado de coco (humedad vrs Tiempo).

Los valores experimentales del contenido de agua que se perdió por kg de materia solida para los diferentes tiempos se puede observar en la Figura 2, se puede apreciar que inicialmente hay una alta velocidad de secado en los primeros 20 a 30 minutos seguido por una etapa más lenta, hasta llegar finalmente a una etapa donde las variaciones del contenido de humedad son muy escasas. Se puede observar que a los 70 minutos el contenido de humedad del coco comienza a permanecer constante. La pérdida de peso disminuye continuamente desde el valor inicial, hasta que finalmente se aproxima como limite a la humedad de equilibrio.

5.2 Temperaturas de referencia del deshidratador

Se llevo registro cada 20 minutos de la temperatura que había dentro del colector durante la realización de las repeticiones. Donde se observo que la temperatura promedio fue de $40^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}\text{C}$ de diferencia.

Cuadro 5. Tiempos y temperaturas durante el secado de pulpa de coco a una temperatura de 40°C.

Tiempo (min)	Hora	Temperaturas °C				Humedad ambiente
		Temp. Colector	Temp. salida	Humedad salida	Temp. ambiente	
0	11:45	37	37	29	28	26
15	12:00	43	31	29	26	23
30	12:15	48	38	31	26	25
45	12:30	55	49	35	27	26
60	12:45	47	47	34	29	26
75	01:00	45	46	33	29	26
90	01:15	45	44	32	29	26
105	01:30	44	43	31	29	26

La Figura 3 muestra que las temperaturas del aire dentro del colector o cámara de deshidratación es mayor que la temperatura fuera del colector, demostrando la captación de energía en el panel solar e ingresado a la cámara de secado lo que provoca ese incremento de temperatura.

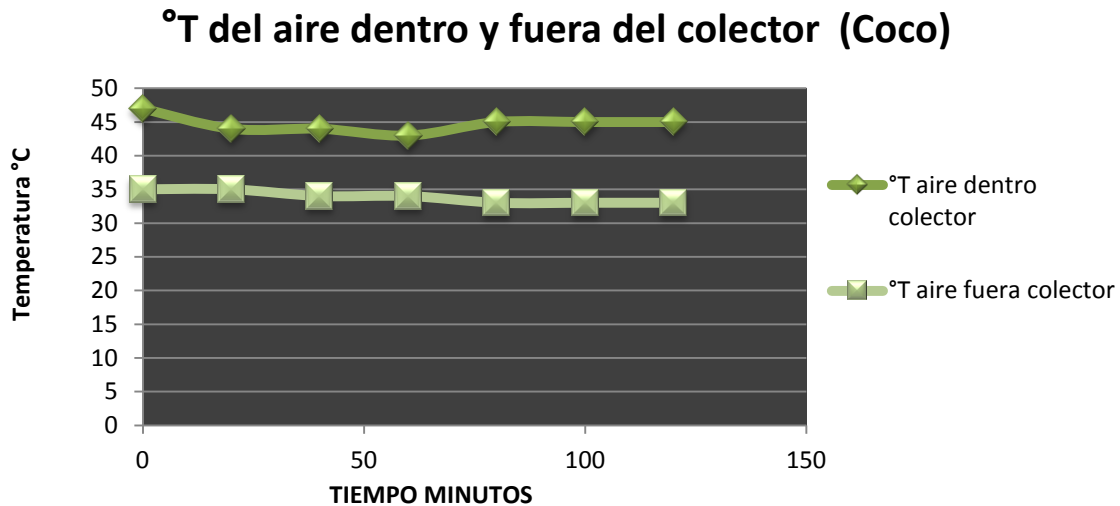


Figura 4 Temperaturas del aire dentro y fuera del secador para el coco

Es decir, ese incremento de temperatura es debido a la radiación térmica y la absorción de energía que tiene el vidrio y el cuerpo negro y asimismo generando que el aire dentro del colector sea más caliente.

Cuadro 6. Tiempos y temperaturas durante el secado de pulpa de coco a una temperatura de 45°C

Tiempo (min)	Hora	Temperaturas °C				Humedad ambiente
		Temp Colector	Temp salida	Humedad salida	Temp ambiente	
0	12:15	47	47	30	35	26
20	12:35	44	40	33	35	26
40	12:55	44	38	31	34	25
60	01:15	43	40	35	34	26
80	01:35	45	46	33	33	25
100	01:55	45	46	33	33	25
120	02:15	45	44	32	33	25

El comportamiento de la humedad del aire dentro y fuera del secador se analiza a partir de las Figuras 4. En ellas se observa que la humedad del aire en el interior del secador tiende a ser mayor que la humedad del aire exterior sobre todo cuando se inicia el proceso de deshidratación del producto, este comportamiento de la humedad del aire dentro del secador está determinado por las cantidades de vapor de agua del producto añadido al air

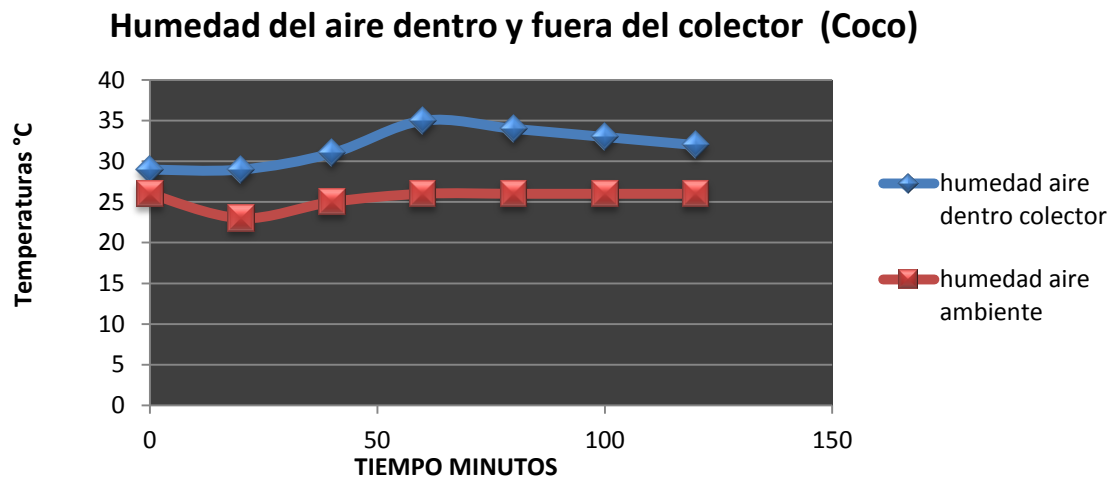


Figura 5. Humedad del aire dentro y fuera del secador para el coco.

VI CONCLUSIONES

- En el secado de la copra de coco rallado influye la humedad del producto en este caso la humedad libre inicial es de 51.9%, a una temperatura y flujo de aire constantes la velocidad de secado es rápida.
- La temperatura ideal para deshidratar coco debe oscilar entre 40 y 60°C, en un máximo de 2 horas.
- Con la velocidad de secado se pudo determinar el tiempo necesario para llevar el producto a una humedad estable el cual es de 2 horas de secado, para ser almacenado a temperatura ambiente.
- Si se incrementa la temperatura de secado el tiempo de secado será menor.

VII RECOMENDACIONES

- Que en años posteriores se sigan realizando experimentos similares utilizando tecnologías apropiadas para el caso de trabajar con volúmenes mayores utilizar un deshidratador de resistencias eléctricas.
- Antes de comenzar la investigación realizar análisis de laboratorio al producto fresco, y luego al producto terminado para poder hacer una comparación entre ambos productos.
- Realizar análisis físico-químicos y sensoriales al producto final, para poder determinar las características del producto de este y así poder hacer una validación del trabajo.

VIII BIBLIOGRAFIA

Alfonso A. / Ramírez T.(2008). Manual técnico del Cultivo del cocotero (*cocos nucifera*). (En línea) Septiembre 2008 La Lima, Cortés, Honduras, C.A. consultado el 8 julio del 2011. Disponible en. www.hondurasag.org www.fintrac.com.

Carter J. Secador de charolas. (En línea). Iztapalapa. México. Consultado el 10 diciembre 2011. Disponible en: <http://cbi.izt.uam.mx/iq/Laboratorio%20de%20Operaciones%20Unitarias/Practicas%20Laboratorios/PRACTICA6.pdf>.

Chan E. /Elevitch C. (2006). Cocos nucifera (coconut). (En línea). Abril 2006. Consultado el 8 julio del 2011. Disponible en. [Http](http://)

Chavarría L. (2010). COCO. (En línea) Honduras 1° Edición, Abril 2010. Consultado el 10 de julio del 2011, disponible en. www.hondurassiexporta.hn/download/79/.

CNP (centro nacional de producción) (1993). Ficha Técnica de industrialización de Coco (Cocos nucifera). (En línea). San José, Costa Rica consultado el 8 julio del 2011. Disponible en. http://www.cnp.go.cr/php_mysql/admin/KTML/uploads/files/boletines/coco_FTP.pdf.

CODEX STAN. Norma del Codex para el Coco Rallado Desecado (en línea). Consultado el 8 julio del 2011. Disponible en. http://www.alimentosargentinos.gov.ar/progracccccccccc0063ma_calidad/marco_regulatorio/normativa/codex/stan/177-1991.PDF.

Domínguez M. (2007). Manual técnico de procesamiento de frutas bajo reglamentos y estándares internacionales de calidad. Santa Tecla, El Salvador, C.A Desecado (en línea) consultado el 5 julio del 2011. Disponible en. [Http](http://www.codexalimentarius.net/web/more_info.jsp?id_sta=261)

FAO/OMS (1991). Norma para el Coco Rallado Desecado. (En línea) consultado el 5 julio del 2011. Disponible en. http://www.codexalimentarius.net/web/more_info.jsp?id_sta=261.

García R. (2000). Secado. (En línea). Guatemala. Citado el 13 julio de 2011. Disponible en. <http://www.ramirez.8m.net/a/investigaciones/Secado%20de%20alimentos.htm>.

Gutiérrez C. (2009). Proyecto de desarrollo productivo cadena de valor frutícola análisis del mercado para coco. El Salvador. Citado el 12 julio de 2011. Disponible en. www.epridex.org/index.php?option=com_phocadownload

Lenin, F. (1993). Estudio de factibilidad para la elaboración de coco. Rallado y Carbón Activado. San José, Costa Rica (en línea). consultado el 8 julio del 2011. Disponible en. <http://www.metabase.net/docs/meic/00687.html>.

Martin F. (1999). Multipurpose palms you can grow the world's best. (En línea). Rev. Agroforestry net. Holualoa, Hawaii USA. Consultado el 8 julio del 2011. Disponible en. <http://www.agroforestry.net/pubs/palmbk/Chapter3.html>.

Maupoe P. et, al. (2001). Introducción al secado de alimentos por aire caliente. (En línea). Edit. U PV. Valencia. Consultado el 1 de diciembre del 2011. Disponible en: <http://books.google.hn/books>. Pp 47-49

Mazariegos B. (2006). Secado de Arroz con Cáscara en un lecho fluidizado al vacío, empleando vapor sobrecalentado. (Tesis). México. Citado el 13 julio de 2011. Disponible

en.

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/mazariegos_b_d/capitulo_5.html#.

Miller D. 2007. Química de alimentos manual de laboratorio. México. Edit. Limusa. 2007. Consultado el 10 julio del 2011.

Parrotta, J. (1993). Cocos Nucifera, palma de coco, coconut palm. (En línea). New Orleans, USA. Consultado el 8 julio del 2011. Disponible en.<http://www.fs.fed.us/global/iitf/Cocosnucifera.pdf>.

Paul R., Heldman D. (1988). Introducción a la ingeniería de los alimentos. (En línea) Zaragoza, España. 2a. ed. Edit. Acribia S. A. PP. 143-243.

Pineda et, al. (2009). Efecto de las condiciones de secado sobre la cinética de deshidratación de las hojas de morera (*Morus alba*). (En línea). Costa Rica. Vol. 20. Pp275-283. Consultado el 11 julio de 2011. Disponible en. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=zbh&AN=48347399&site=ehost-live>.

Robinson m. (2010). Usos y beneficios del agua de coco como bebida refrescante de manera que incentive una fuente económica para los habitantes de las islas de san Andrés providencia y santa catalina. Medellín Colombia. Citado el 14 julio 2011. Disponible en. <http://www.uam.edu.co/CMS/Noticias/popups/images/Anteproyecto%205.pdf>

Smith J. (2003). Introducción a la termodinámica en ingeniería química. Sexta edición. México. Edit. McGraw-Hill. Consultado el 10 julio del 2011

Universidad Autónoma de Chapingo, México, (2002). Estudio para dar valor agregado al cultivo del cocotero (*Cocos nucifera* L.). (En línea). México, consultado el 8 julio del 2011.

Vega, A; Tello C., Lemus R. 2007. Simulación matemática del proceso de secado de la gracilaria chilena (*Gracilaria chilensis*). (En línea). *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería* 15(1):55-64.

Villalta Y. (1997). Pardeamiento no enzimático. España Mayo 1997. Rev. BDN, S.L. Volumen 6, Número 22. Consultado el 12 de julio del 2001. Disponible en. <http://bdnhome.com/tecnologia/boletines/Bdn972.PDF>

Anexos

Anexo 1. Diagrama de proceso de deshidratación de coco rallado.

