

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E
INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TECNOLÓGICOS
PARA LA OSMODESHIDRATACIÓN DE LA COCONA
(*Solanum sessiliflorum* H.B.K.)**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado Por:

HUGO VÁSQUEZ DEL CASTILLO

Tingo María - Perú

2007

Q02

V32

Vásquez Del Castillo, Hugo

Determinación de Parámetros Tecnológicos para la Osmodeshidratación de la Cocona (*Solanum sessiliflorum* H.B.K.). Tingo María, 2006

111 h.; 49 Cuadros; 8 Fgrs; 61 ref.; 30 cm

°Tesis (Ing. Industrias Alimentarias). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

SOLANUN SESSILIFLORUM/ COCONA/ DESHIDRATACIÓN/

CONSERVACIÓN/ METODOLOGÍA/ SECADO/ TINGO MARÍA/ RUPA

RUPA/ LEONCIO PRADO/ HUÁNUCO/

DEDICATORIA

A mis padres:

Narciso Vásquez Pinedo y Rogelia Del
Castillo Gonzáles; ejemplo de amor,
trabajo, humildad y sencillez.

A mis hermanos:

Rosa, Jobani, Saúl, Narciso y Jimmy
Lester.

A mis tíos y tías:

Por apoyarme en alcanzar un mejor
horizonte.

A las personas emprendedoras, que
puedan crear empresas
agroindustriales que coadyuve a los
campesinos de subsistencia a
progresar.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias que contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, por el financiamiento económico del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Gunter Daza Rengifo, patrocinador, por su orientación y consejos durante la conducción del presente trabajo de investigación.
- A la Ing. Luz Balcazar Terrones, co patrocinador, por su valiosa colaboración durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Eduardo Cáceres Almenara, Jefe del Laboratorio de Análisis de Alimentos, por las facilidades brindadas.
- A los miembros del Jurado; Ing. Pedro Vejarano Jara, Ing. William Roldan Carbajal y la Ing. Francisca Mamani Sanca, por su valiosa colaboración en la mejora y culminación del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Jaime Basilio Atencio, por la bibliografía y consejos brindados durante la redacción.
- Al Eco. Manuel Acosta Grandes, por la orientación brindada durante la redacción.
- A todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido en la realización de la presente tesis.

INDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
A. Generalidades de la cocona.....	3
B. Definición de ecotipo	6
C. Actividad de agua de los alimentos.....	7
D. Preparación de la materia prima	11
1. Lavado.....	12
2. Clasificación	12
3. Pelado	12
E. Conservadores	13
F. Deshidratación osmótica	14
1. Definición y característica del proceso	14
2. Ventajas y desventajas de la deshidratación osmótica	16
3. Factores que afectan las deshidratación por osmosis.....	19
4. Deshidratación en jarabes	20
a. Jarabes azucarados.....	20
b. Selección de soluciones osmóticas.....	21
c. Variables del proceso.....	24
G. Difusividad en Sistemas Sólidos - Liquido	25
1. Mecanismo de transporte de solutos.....	25
2. Difusividad	26

3. Factores que afectan a la difusividad	27
4. Modelos Teóricos – Experimentales	28
H. Pectina	31
I. Procesos Complementarios a la Deshidratación por Osmosis	33
1. Deshidrocongelamiento	33
2. Secado por aire caliente	33
3. Secado al vacío	34
J. Efectos de la Deshidratación Sobre los Alimentos	34
1. Textura	34
2. Bouquet y aroma	34
3. Color	35
4. Valor nutritivo	35
K. Algunos Usos y Aplicaciones de los Productos Deshidratados	36
III. MATERIALES Y METODOS	37
A. Lugar de Ejecución	37
B. Materiales	37
1. Materia Prima	37
2. Insumos	37
3. Reactivos	37
4. Equipos	38
5. Materiales de vidrio	38
C. Métodos de Análisis	39
1. Análisis Físico y Físicoquímico	39

2. Análisis Químico Proximal	40
3. Análisis Microbiológico	40
D. Metodología Experimental.....	40
1. Caracterización de la materia prima	40
2. Determinación de parámetros para la obtención de la cocona	40
a. Pruebas preliminares	43
1. Determinación del estado de madurez adecuado	43
2. Determinación del ancho adecuado	44
3. Sulfitado	44
4. Determinación del medio osmótico	45
5. Deshidratación osmótica	45
b. Pruebas definitivas.....	45
1. Determinación del ecotipo adecuado	45
2. Sulfitado	46
3. Deshidratación osmótica	46
4. Inmersión en solución de pectina	46
5. Secado por aire caliente.....	47
3. Obtención del producto final.....	47
4. Caracterización del producto final	47
5. Evaluación durante el almacenamiento.....	49
6. Determinación de la difusividad efectiva.....	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	54
A. Caracterización Químico Proximal, Fisicoquímico y Físico de la M.P.....	54

B. Parámetros para la Obtención de Cocona Osmodeshidratada	58
1. Pruebas preliminares.....	58
2. Pruebas finales.....	68
3. Obtención del producto final.....	78
4. Caracterización del producto final	83
5. Evaluación durante el almacenamiento.....	89
6. Determinación de la difusividad efectiva.....	96
V. CONCLUSION.....	99
VI. RECOMENDACIONES.....	101
VII. RESUMEN.....	102
VIII. SUMMARY	104
IX. BIBLIOGRAFIA.....	106
X. ANEXOS.....	113

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Cantidad de constituyentes nutricionales en 100 g de pulpa comestible de cocona.....	5
2. Ecotipos de cocona en estudio.....	6
3. Usos y ventajas de algunos agentes osmóticos.....	22
4. Resultado del análisis químico proximal de la cocona, en base a 100 gramos de parte comestible.....	54
5. Resultado del análisis físico químico de la cocona.....	55
6. Resultado del análisis biométrico de la cocona.....	57
7. Macro componentes de la cocona.....	58
8. Variación de peso y humedad de la cocona en dos estados de madurez (Pintona y Madura) de dos ecotipos (TR y T2).....	59
9. Variación de la humedad a diferentes anchos de tiras de cocona TR pintona.....	61
10. Variación de humedad a diferentes anchos de tiras de cocona T2 pintona.....	61
11. Diluciones ensayadas para el jugo de cocona.....	63
12. Efecto del agente osmótico en la variación de peso y humedad en la deshidratación osmótica de la cocona TR pintona.....	64

13. Efecto del agente osmótico en la variación de peso y humedad en la deshidratación osmótica de la cocona T2 pintona.....	64
14. Variación de sólidos solubles del jarabe después de 5 horas de proceso osmótico.....	66
15. Variación del peso y humedad de la cocona después de 5 horas de proceso osmótico a diferentes niveles de °brix del jarabe.....	67
16. Variación de los °brix y humedad de la cocona.....	68
17. Efecto de la concentración del jarabe en la variación de peso de la cocona, durante la deshidratación osmótica.....	71
18. Efecto de la concentración del jarabe en la variación de los °brix de la cocona durante la deshidratación osmótica.....	73
19. Variación de los grados brix del jarabe, durante la deshidratación osmótica de la cocona.....	75
20. Variación de humedad a diferentes operaciones.....	76
21. Variación de la humedad en base seca durante el secado de cocona osmodeshidratada, a diferentes temperaturas.....	77
22. Balance de materia y determinación del rendimiento en la deshidratación osmótica de la cocona.....	83
23. Resultado del análisis químico proximal de la cocona osmodeshidratada, en base a 100 gramos de parte comestible.....	84
24. Resultado del análisis físico químico de la cocona osmodeshidratada.....	85
25. Evaluación microbiológica al inicio del almacenamiento de la cocona osmodeshidratada.....	86

26. Resultado de la evaluación organoléptica de aceptación.....	86
27. Humedad de equilibrio (26°C) de la cocona osmodeshidratada.....	88
28. Análisis de varianza del modelo G. A. B.....	89
29. Evaluación microbiológica de la cocona osmodeshidratada a los 3 meses de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	90
30. Evaluación microbiológica de la cocona osmodeshidratada a los 3 meses de almacenamiento a refrigeración (6°C).....	90
31. Análisis de la cocona osmodeshidratada durante el almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).....	94
32. Análisis de la cocona osmodeshidratada durante el almacenamiento a refrigeración (6°C).....	95
33. Análisis de varianza de la evaluación sensorial para la selección del estado de madurez.....	116
34. Ordenamiento de las medias según la prueba de tuckey para la selección del estado de madurez.....	116
35. Análisis de varianza de la evaluación para la selección del ancho de las tiras de cocona.....	117
36. Ordenamiento de las medias según la prueba de tuckey para la selección del ancho de las tiras de cocona.....	117
37. Análisis de varianza de la evaluación sensorial para la selección del agente osmótico.....	118
38. Ordenamiento de las medias según la prueba de tuckey para la selección del agente osmótico.....	118

39. Análisis de varianza de la evaluación para la selección del ecotipo de cocona.....	119
40. Ordenamiento de las medias según la prueba de tukey para la selección del ecotipo de cocona.....	119
41. Análisis de varianza de la evaluación sensorial en el sulfitado.....	120
42. Ordenamiento de las medias según la prueba de tuckey, en el sulfitado...	120
43. Análisis de varianza de la evaluación organoléptica de la cocona osmodeshidratada.....	121
44. Ordenamiento de las medias según la prueba de tuckey para el producto final	121
45. Prueba de difusión a 26°C y 60°Brix.....	122
46. Tabla de la función de error erf (x).....	127
47. Resultado de la evaluación sensorial de la prueba de ordenamiento para la cocona osmodeshidratada de diferentes espesores.....	128
48. Resultados del cuadro 48, transformados por valores de la Tabla de Fisher y Yates.....	128
49. Resultado del análisis sensorial de la cocona osmodeshidratada almacenada a 26 y 6 °C.....	129

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Flujo de operaciones preliminares para la obtención de cocona osmodeshidratada.....	41
2. Sistema de estudio.....	50
3. Variación de peso de la cocona durante la deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de jarabe.....	72
4. Variación de los grados brix cocona durante la deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de jarabe.....	74
5. Variación de la humedad de la cocona osmodeshidratada, durante el secado por aire caliente a diferentes temperaturas.....	78
6. Flujograma de operaciones para la obtención de cocona osmodeshidratada.....	79
7. Isotherma de sorción de la cocona osmodeshidratada.....	88
8. Variación de sólidos solubles de la cocona en función de la distancia.....	97

I. INTRODUCCIÓN

El Perú posee zonas con características edafoclimáticas apropiadas para la producción frutícola como la cocona, cuyas condiciones favorecen el incremento de la producción, siendo necesario utilizar nuevas técnicas de aprovechamiento y promover su industrialización.

El proceso de osmodeshidratación de frutas es un tipo de transformación industrial que ha ido adquiriendo importancia y se ha convertido en el centro de atención de muchas investigaciones.

El proceso utilizado en el presente trabajo de investigación, no logra un producto estable a temperatura ambiente pero es posible lograrlo si se combina con tratamientos térmicos moderados, preservantes químicos y/o un ajuste del pH, incorporando al producto otras cualidades y estabilidad durante el almacenamiento.

Se buscó mejorar las condiciones del proceso de transformación para obtener un producto con características nutricionales y organolépticas aceptables.

Paralelamente, se determinó la difusividad efectiva descrita por la Segunda Ley de Fick, para una mejor comprensión del movimiento del azúcar a través de la cocona.

De acuerdo con los aspectos mencionados, se plantearon los siguientes objetivos:

- Estudiar la caracterización fisicoquímico y químico proximal de la cocona (*Solanum sessiliflorum* H.B.K.) ecotipos TR y T2.

- Determinar los parámetros tecnológicos adecuados para la osmodeshidratación hasta contenido de humedad intermedia.

- Estudiar la caracterización fisicoquímica, químico proximal, microbiológica y organoléptica del producto final y durante el almacenamiento.

II. REVISION BIBLIOGRÁFICA

A. GENERALIDADES DE LA COCONA

1. Distribución

ADRIAZOLA (1991), menciona que la cocona *Solanum sessiliflorum* H.B.K es nativa del Alto Amazonas del Perú y prácticamente desconocida en otros países. En el Perú se encuentran diversos ecotipos de cocona que se diferencian sobre todo por su tamaño, forma, color y calidad de jugos.

Es nativo de las vertientes orientales de los Andes del Perú, Ecuador y Colombia, especialmente en el primero de ellos se le encuentra de manera natural entre los 200 y 1000 m de altitud (VILLACHICA, 1996).

2. Descripción botánica

VILLACHICA (1996), reporta que es una planta semi leñosa, con hasta 2 m de altura de crecimiento rápido, al principio herbáceo y después se torna semi leñosa, tallo cilíndrico con abundante pubescencia dura y grisáceo, ramifica desde cerca del suelo. El fruto varía desde casi esférica u ovoide hasta ovalada, con 4 a 12 cm de largo y 3 a 6 cm de ancho, peso entre 24 y 250 g de color desde amarillo hasta rojizo. Los frutos de color amarillo normalmente están cubiertos de pubescencia blancuzca, fina y suelta, los cuales son mucho menos notorios en los frutos de color rojizo. La cáscara es suave y rodea la pulpa o

mesocarpio, grueso, amarillo y acuoso. Las 4 celdas están llenas de semillas, envueltas en un mucílago claro, tiene fragancia, sabor especial (ligeramente ácido sin dulce). Las semillas son parecidas a las del tomate.

3. Clasificación taxonómica

Reino	:	Vegetal
División	:	Tracheophyta
Subdivisión	:	Pteropsidia
Clase	:	Angiospermace
Subclase	:	Dicotiledoneas
Orden	:	Tubiflorales
Familia	:	Solanaceas
Género	:	<i>Solanum</i>
Nombre Común	:	Cocona

En Ecuador, Colombia y Perú es conocido como cocona y en Venezuela como topiro (HILL, 1964 y CALZADA, 1985).

4. Valor nutritivo y utilización

CALZADA (1985), reporta que la cocona tiene un valor nutritivo aprovechable en la alimentación humana, es rica en hierro y vitamina B5 (Niacina); el volumen de jugo es de 36 cm³/fruto y el °brix es de 4 a 6.

Cuadro 1. Cantidad de constituyentes nutricionales en 100 g de pulpa comestible de cocona.

Componentes	Cantidad
Agua	87,5 g
Proteína (Nx6,25)	0,9 g
Fibra	0,6 g
Grasa	0,7 g
Carbohidratos	10,2 g
Cenizas	0,7 g
Calcio	16,0 mg
Fósforo	30,0 mg
Hierro	1,5 mg
Caroteno	0,18 mg
Tiamina	0,06 mg
Riboflavina	0,10 mg
Niacina	2,25 mg
Ácido ascórbico reducido	4,50 mg

Fuente: CALZADA (1985).

La cocona comúnmente llamada así en la región centro oriental, se utiliza por ser un alimento muy importante dado su valor alimenticio, básicamente su contenido de hierro y propiedades digestivas; teniendo gran aceptación en el poblador rural que lo consume generalmente en refrescos al estado natural (HERRERA, 1966).

B. DEFINICIÓN DE ECOTIPO

DAUBENMIRER (1990), menciona que una especie está compuesta por un mosaico de poblaciones, las cuales difieren en sus características fisiológicas (y algunas veces morfológicas) que tiene una base genética y representan un valor de supervivencia; a dicha especie se le denomina ecotipo.

Según SEMINARIO (1993), un ecotipo (raza evolutiva) representa la respuesta genotípica a los diversos medios donde se encuentra la especie.

Indica también que:

- El ecotipo es como un grupo de biotipos especialmente adaptado a un medio específico.
- El ecotipo son formas o variedades distintivas, las cuales están mejor adaptadas para competir bajo condiciones locales. Los ecotipos son una muestra de que ciertas adaptaciones pueden heredarse.
- El ecotipo es un conjunto de individuos de una misma especie o variedad seleccionada por un medio.

Cuadro 2. Ecotipos de cocona en estudio.

ECOTIPO	ORIGEN	DEPARTAMENTO	EVALUACION PROGENIE
T2	Tingo María	Huanuco	1996 - 1999
TR1	Cascas	La libertad	1999 - 2000
TR2	Trujillo	La libertad	2000

Fuente: CARBAJAL (2001)

El cultivar TR procede de colecciones realizadas en el departamento de La Libertad en el año 1999, obtenido a base del buen tamaño y forma de fruto (CARBAJAL, 2001).

C. ACTIVIDAD DE AGUA DE LOS ALIMENTOS

1. Definición

La actividad de agua es una forma de medición del grado de interacción de las moléculas de agua y los constituyentes no acuosos presentes en el alimento (BADUI, 1993 y FENNEMA, 1993).

FENNEMA (1993), menciona que la actividad de agua, definida por Lewis tiene la siguiente expresión matemática:

$$A_w = \frac{p}{p_0}$$

Donde:

p : Presión de vapor de agua en el alimento

p₀ : Presión de vapor de agua pura

La actividad de agua es un parámetro que controla parcialmente la estabilidad de los alimentos, dado que el pH, concentración de oxígeno, movilidad y tipo de soluto también influyen en la velocidad de degradación del alimento (FENNEMA, 1993).

FELLOWS (1994), menciona que el contenido en agua de los alimentos, puede expresarse, bien sobre peso húmedo o sobre peso seco:

$$m = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa de muestra}} \times 100 \quad \text{ó} \quad M = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa de sólido}}$$

En los cálculos de procesos, el contenido de agua suele expresarse en función del residuo seco, mientras que las tablas de composición se representan generalmente en función de su peso húmedo.

2. Relación con la estabilidad del alimento

TORRES (1991), manifiesta que las reacciones de deterioro que controlan la estabilidad de un alimento pueden ser de naturaleza:

- Microbiológica, que induce a cambios químicos y organolépticos
- Química, como la oxidación que genera modificaciones organolépticas y pérdida de nutrientes
- Bioquímica, que incluye reacciones enzimáticas que modifican el color y el valor nutritivo

El agua contenido en un alimento no está toda disponible para el crecimiento microbiano pues parte de ella está ligada a los componentes del mismo. La actividad de agua es la mejor medida de la disponibilidad del agua necesaria para el crecimiento y desarrollo de las funciones metabólicas de los microorganismos y de la actividad enzimática. En el caso de los alimentos, se puede expresar como la relación entre la

presión de vapor del alimento (p_v) y la presión del vapor pura (p_{v0}) a la misma temperatura (p_v/p_{v0}) (WELTI, 1991).

CHEFTEL y CHEFTEL (1984), refieren que el sistema más fácil para tener una medida de la mayor o menor "disponibilidad" del agua en los diversos alimentos es la actividad de agua (A_w).

3. Isotermas de humedad

TORRES (1991), reporta que la isoterma de humedad de un alimento es la representación gráfica o analítica de los valores de su A_w en función de su contenido de humedad. La complejidad de esta curva es una manifestación directa de los varios mecanismos por los cuales la molécula de agua interacciona con el resto de las moléculas presentes en el alimento (proteínas, polisacáridos, azúcares, sales, vitaminas y otros).

MANAYAY (1992), menciona que los valores de humedad de equilibrio del alimento de humedad intermedia, pueden ser ajustados al modelo de isotermas de sorción de Guggenheim, Anderson y de Boer (G.A.B.):

$$\frac{A_w}{HU} = Alf \times A_w^2 + Bet \times A_w + Gam$$

Donde:

A_w = Actividad de agua

HU = Humedad de equilibrio en base seca

Alf, Bet, Gam = parámetros

CARBONEL (1984), menciona que los valores experimentales en el intervalo de A_w comprendido entre 0 y 0,4 se ajustan a la ecuación de B.E.T. (BRAUNER *et al.*, 1938).

$$\frac{A_w}{(1-A_w)W} = \frac{K-1}{W_1 K} - \frac{A_w+1}{W_1 K} \quad (1)$$

Donde: W es la humedad del producto en equilibrio con A_w , W_1 es la humedad correspondiente a la monocapa y K una constante.

CARBONEL (1984), menciona que la ecuación de Gunggenhein, Anderson, y De Boer, conocida con el acrónimo de G.A.B. adopta la forma:

$$\frac{X}{X_m} = \frac{C K A_w}{(1-K A_w)(1-K A_w + C K A_w)} \quad (2)$$

Donde: X es el contenido en humedad (% base seca) del producto, X_m la humedad correspondiente a la monocapa, A_w la actividad de agua y C y K son constantes de adsorción.

Para el cálculo de los tres parámetros característicos de la ecuación de G.A.B., esto se ha expresado en forma de la función parabólica:

$$\frac{A_w}{X} = \frac{1}{CKX_m} + \frac{K(C-2)A_w}{CKX_m} + \frac{(K^2 - CK^2)}{CKX_m} A_w^2 \quad (3)$$

4. Alimentos de humedad intermedia

TORRES (1991), sostiene que los alimentos de humedad intermedia (AHI) pueden ser definidas como productos microbiológicamente

estables a temperatura ambiente y de suficiente plasticidad como para que pueda ser consumido sin necesidad de rehidratación, en general posee una actividad de agua entre 0,60 y 0,85; y contiene entre 15 y 30% de humedad.

Estos productos se han dado de llamar alimentos de humedad intermedia (AHI) pues pueden ingerirse sin previa rehidratación y a pesar de ellos son estables sin necesidad de refrigeración, esterilización. Típicamente la humedad de estos alimentos oscila entre el 20 y 50% y su actividad acuosa entre 0,60 y 0,92.

TORRES (1991), menciona que la formulación de un alimento de humedad intermedia involucra la conjugación de las barreras microbiológicas, la estabilidad microbiológica y la aceptabilidad organoléptica del producto. Las barreras microbiológicas empleadas son el pH del alimento, la temperatura de almacenamiento, el termoprocesado de los ingredientes y del producto final; y la concentración de preservantes.

D. PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

FELLOWS (1994), establece que la mayor parte de los alimentos pueden contener, en el momento de su recolección o sacrificio, diversos contaminantes o componentes no comestibles. Sus características físicas además pueden ser muy diversas por ejemplo: tamaño, formas o colores distintos. Para ello resulta imprescindible someter al alimento a una o más

operaciones de lavado, limpieza, clasificación, pelado; que los prepara para las operaciones subsiguientes de elaboración.

1. Lavado

Es aquella operación unitaria en la que el alimento se libera de sustancias diversas que lo contaminan, dejando su superficie en condiciones adecuadas para su elaboración posterior. Mejora además la rentabilidad del proceso y supone una protección adicional para la salud del consumidor.

2. Clasificación

La clasificación consiste en la agrupación de los alimentos en lotes basándose en alguna propiedad mensurable. Al igual que la limpieza, la clasificación puede aplicarse antes del proceso de elaboración para asegurar un producto de calidad uniforme. Las cuatro principales propiedades físicas en la que se basa la clasificación son: el tamaño, la forma, el peso y el color.

3. Pelado

El pelado es una operación imprescindible en la elaboración de muchas frutas y verduras para mejorar el aspecto del producto final, se requiere la eliminación del material no comestible. Durante el pelado el producto no debe sufrir daños y después de este la superficie del mismo debe quedar limpia.

E. CONSERVADORES

Según BADUI (1994), es un grupo muy importante de aditivos cuya finalidad es prevenir el crecimiento microbiano de hongos, levaduras y bacterias. No cualquiera de ellos es adecuada para todos los alimentos, ya que su efectividad depende de varios factores

Bisulfito de sodio

El Bisulfito de sodio es un polvo, soluble en agua desprendiendo un olor anhídrido sulfuroso. DESROSIER (1983), indica que el bisulfito de sodio se usa como preservante de jugos y frutas por su acción inhibidora contra hongos y bacterias, mas no contra levaduras; siendo mayor su acción en jugos diluidos que en concentrados. También menciona algunas interacciones químicas de este con aldehídos, azúcares y acetona trayendo como ventaja a cualquier reacción de pardeamiento de tipo Maillard.

LUCK (1981), indica que es difícil establecer la porción que actúa como microbicida ya que depende del pH, siendo más efectivo de 3 a 5 de pH. El mecanismo no se conoce exactamente pero se considera que tiene fuerte poder reductor que actúa sobre la tensión del oxígeno de los tejidos de los alimentos y bebidas hasta inhibir el crecimiento de los microorganismos. Su AID esta establecida en 0,07 mg/Kg. de peso, en vegetales se usa dosis variables de 0,02% y 0,1% de bisulfito como conservador.

F. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

1. Definición y características del proceso

SPIAZZI y MASCHERONI (1997), mencionan que la deshidratación osmótica es una técnica que aplicada a productos frutihortícolas permite reducir su contenido de humedad hasta un 50 – 60% en base húmeda e incrementar el contenido de sólidos solubles. Si bien el producto obtenido no es estable para su conservación, su composición química permite obtener, después de un secado con aire caliente o una congelación, un producto final de buena calidad organoléptica.

La deshidratación osmótica es una técnica de concentración de sólidos (o remoción de agua) que consiste en sumergir frutas o verduras, trozadas o enteras, en una solución hipertónica compuesta por azúcares, NaCl, maltodextrina y otros solutos capaces de generar una presión osmótica alta (TEPPER, 1996).

En este proceso el frutihortícola es puesto en contacto con una solución concentrada de alcohol, sales y/o azúcares, estableciéndose una doble transferencia de materia: agua desde el producto hacia la solución – junto con sustancias naturales (azúcares, vitaminas, pigmentos) – y, en sentido opuesto, solutos de la solución hacia el frutihortícola. En consecuencia el producto pierde agua, gana sólidos y reduce su volumen (SPIAZZI y MASCHERONI, 1997).

LERICE *et al.* (1977), mencionan que como la membrana es sólo parcialmente selectiva, siempre existe una filtración de soluto desde la solución al alimento y viceversa; siendo la deshidratación por ósmosis por lo tanto un proceso de difusión simultánea de agua y soluto.

La remoción de agua a partir de trozos de alimento se realiza con el fin de disminuir su actividad de agua y así inhibir el desarrollo microbiano y las reacciones de deterioro. Una de las formas más eficientes para remover agua de los alimentos es a través de la ósmosis, ya que no tiene que sufrir un cambio de estado (Bolin *et al.*, 1983 y Schwartz, 1994 citado por TEPPER, 1996).

Es así como durante la deshidratación se originan dos flujos principales y un tercero poco apreciable:

- Una importante salida de agua desde el producto hacia la solución
- Una entrada de solutos(s) desde la solución hacia el alimento y
- Una mínima pérdida de solutos propios del alimento (azúcares, sales, minerales, ácidos orgánicos y otros) que aunque cuantitativamente es insignificante, puede tener alguna importancia a nivel nutricional y organoléptica.

ZUMAGARRAMURDI y LUPIN (1980), destacan que el equilibrio osmótico se alcanza cuando la presión de ambos lados de la membrana se iguala.

Es importante destacar que la ósmosis, es uno de los medios energéticamente más eficientes de remoción de humedad en un trozo de alimento debido a que el agua no tiene que pasar por un cambio de fase (BOLIN *et al.*, 1983).

2. Ventajas y desventajas de la deshidratación osmótica

a. Ventajas

Según Ponting *et al.* (1966), citado por FLORES (1977), las ventajas de la deshidratación osmótica son:

- Las frutas deshidratadas por ósmosis no están sujetas a altas temperaturas, durante periodos largos de tiempo; por lo tanto el daño producido en el color y sabor es minimizado.
- Utilizándose azúcar en forma sólida, o jarabe como agente osmótica se previene muchas de las pérdidas del sabor de la fruta como ocurre comúnmente con otros métodos de secado.
- La alta concentración de azúcar que rodea los pedazos de fruta, previene la decoloración de ésta por oxidación enzimática. Por lo tanto puede obtenerse un buen color en el producto seco, aun sin ningún tratamiento químico tal como el sulfitado.
- Como el agua es removida por ósmosis, algo del ácido de la fruta sale junto con ella. Esta disminución en el contenido del ácido, combinado con la cantidad de azúcar adicionada a la fruta por el

baño osmótico, produce un producto más blando y dulce que el obtenido por otros métodos de secado.

Existe la posibilidad de formular un alimento valiéndose del proceso de impregnación, lo que permite obtener productos con características nutricionales y organolépticas superiores. La textura final mejora considerablemente ya que las células no colapsan al perder agua, y además la incorporación de solutos tiene un efecto protector sobre la estructura celular, haciendo al alimento más resistente a tratamientos posteriores (Raoult – Wack, 1994; citado por TEPPER, 1996).

La aplicación de esta técnica permitirá a los productores ofrecer la fruta para su procesamiento inmediato, o bien mantenerla durante varios meses como producto de humedad intermedia para su posterior industrialización cuando la condiciones de mercado lo aconsejen, los ensayos realizados en kiwi, durazno, manzana, banana, peras asiáticas y europeas arrojan productos de buena aptitud para su posterior deshidratado, congelado, enlatado o transformación en pulpa (SCHWARTZ, 1993).

Algunas otras ventajas de la ósmosis directa en comparación con otros procesos de secado; incluyen la minimización del daño del color y del flavor por efectos del calor y la poca alteración de la fruta

por pardeamiento enzimático oxidativo excluyendo el uso de dióxido de azufre (LERICE *et al.*, 1977).

b. Desventajas

Según Ponting *et al.* (1966), citado por FLORES (1977), las desventajas de la deshidratación osmótica son las siguientes:

- El decremento en acidez, quizás puede ser una desventaja en ciertos productos. Si este es el caso, la acidez puede ser mantenida por adición de ácido a la fruta en jarabe.
- El residuo de azúcar que queda en la superficie de los productos después del secado osmótico puede ser indeseable. Este puede ser reducido mediante un ligero enjuague con agua al finalizar la ósmosis.
- Las frutas tratadas con azúcar o jarabe que han sido secadas a contenidos bajos de humedad, mostraron una tendencia al enranciamiento después de varias semanas de almacenamiento a temperatura ambiente.
- El costo del secado osmótico combinado con aire o al vacío es más caro que estos últimos solos, pero es mucho menos caro que el liofilizado. Los productos deshidratados por ósmosis y al vacío, tienen más sabor a fruta que el mismo producto liofilizado.

Es importante destacar que la deshidratación osmótica no genera productos estables en el tiempo, por lo que preferentemente se debe usar como pre tratamiento de otros procesos como secado, congelado, pasteurizado, enlatado y otros. Otra alternativa es combinar diferentes factores limitantes para el desarrollo microbiano o deterioro enzimático con una disminución de la actividad de agua. Estos factores serían pH, temperatura de almacenamiento, preservantes químicos, envasado al vacío, entre otros (Raoult – Wack, 1994; Guilbert *et al.*, 1990 y Collignan *et al.*, 1992; citados por TEPPER, 1996)

La cantidad de solución osmótica diluida que queda en un proceso a gran escala, constituye una gran limitante ya que para este proceso llegue a ser factible económicamente, la solución debería ser reconcentrada y reusada. El uso de evaporadores en serie para la reconcentración es un factor clave, para que la remoción de agua por este sistema sea enérgicamente eficiente (BOLIN *et al.*, 1983).

3. Factores que afectan la deshidratación por ósmosis

Según PONTING *et al.* (1966), estas pueden ser:

a. Tipo de agente osmótico

El retiro de agua de la fruta, utilizando sacarosa en forma sólida es extremadamente veloz al principio. Esto es ventajoso si la fruta es extraída del azúcar y secada posteriormente en forma convencional.

Es más deseable tener jarabe y no azúcar en forma sólida al final del proceso, ya que este puede escurrirse más fácilmente de la fruta.

b. Efecto de la temperatura

La velocidad de deshidratación osmótica es marcadamente afectada por la temperatura. Aunque ésta se incrementa con la temperatura, hay un límite quizás de 120°F (49°C) encima del cual empiezan a tomar lugar reacciones de oscurecimiento enzimático y deterioración del sabor.

c. Efecto de la agitación

La deshidratación osmótica es rápida cuando la fruta es agitada en jarabe. Además es más veloz en azúcar sólida con agitación, que sin ésta. Sin embargo la diferencia no es muy grande, pudiendo en algunos casos ser más económico no utilizar agitación, sobre todo cuando se toman consideraciones de necesidad de equipos.

4. Deshidratación en jarabes

FLORES (1977), menciona que los jarabes son más fáciles para trabajar y volver a utilizar que los azúcares en forma sólida.

a. Jarabes azucarados

Según MADRID y MADRID (2001), los jarabes son líquidos viscosos constituidos por disolución de azúcar en agua, en zumos de frutas,

en infusiones o decocciones vegetales, o bien por mezcla de estas con sustancia extraídas de vegetales. Los jarabes deben tener una graduación de 62°Brix.

Cuando las disoluciones son de azúcar en agua, se les reserva el nombre de jarabe, jarabe simple o jarabe de azúcar. La denominación de jarabe de zumo se reserva para las disoluciones en las intervengan zumos (manzana, uva, pera, naranja, etc.) con un contenido mínimo del 35%. Se denominan almíbares a las disoluciones de azúcar en agua caliente destinadas a líquido de cobertura en conservas o a confitería y repostería (MADRID, 2001).

b. Selección de soluciones osmóticas

La elección del soluto o solutos de la solución osmótica está basada en tres factores muy importantes: (1) las características sensoriales del producto, (2) el costo del producto y (3) la masa molecular del mismo (Marcotte, 1988; citado por BARBOSA y VEGA, 2000). Generalmente, los solutos más usados en los procesos de deshidratación osmótica son el cloruro sódico, la sacarosa, la lactosa, jarabe de maíz con alto contenido en fructosa y glicerol (BARBOSA y VEGA, 2000).

En el cuadro 3, se menciona algunos agentes osmóticos de mayor uso en la deshidratación por ósmosis y sus respectivas aplicaciones.

Cuadro 3. Usos y ventajas de algunos agentes osmóticos

Nombre	Usos	Ventajas
	Carnes y verduras	
Cloruro sódico	Soluciones superiores al 10%	Alta capacidad de depresión a_w Reduce pardeamientos
Sacarosa	Frutas principalmente	y aumenta la retención de volátiles
Lactosa	Frutas principalmente	Sustitución parcial de sacarosa
Glicerol	Frutas y verduras	Mejora la textura
		Características
Combinación	Frutas, verduras y Carnes	sensoriales ajustadas, combina la alta capacidad de depresión de A_w de las sales con alta capacidad de eliminación de agua del azúcar

Fuente: BARBOSA y VEGA (2000).

SHARMA *et al.* (2003), mencionan que la elección del soluto y la concentración de la solución osmótica depende de varios factores, como su efecto en la calidad organoléptica, sabor del producto final, su capacidad para disminuir la actividad de agua, la solubilidad del soluto, la permeabilidad a la membrana celular, efecto conservador y el costo. Por su eficacia, conveniencia y sabor agradable se ha

encontrado que la sacarosa es uno de los mejores agentes osmóticos, es un inhibidor eficaz de la polifenoloxidasas, evita la pérdida de sabores volátiles y la mayoría de las membranas celulares son permeables a ella.

Una modificación adicional al proceso de deshidratación osmótica ha sido introducida por Schwartz *et al.*, 1994; citado por BARBOSA y VEGA, (2000). Esta mejora consiste en utilizar zumo concentrado de manzana (67°Brix durante 7 horas) como solución osmótica, en lugar de solución de azúcar, en el tratamiento de gajos de manzana, seguido de un secado con aire a 65°C hasta que la actividad de agua alcanzó el valor de 0,51.

Según LUCIA (2005), durante la deshidratación osmótica el aroma era transportado por el agua y por lo tanto quedaba concentrado en la solución que resulta de la deshidratación. En este paso generalmente se utiliza la sacarosa o azúcar refinada, con el inconveniente de que esta sustancia se fermenta rápidamente y no permite aprovechar los aromas naturales de las frutas retenidos en ella; para solucionar estos inconvenientes, se trabaja con la deshidratación osmótica pero con dos sustancias diferentes a la sacarosa: sorbitol y glicerol. Estas sustancias absorben hasta un 30% del agua de las frutas, concentrando el aroma en la solución que queda del proceso. Estas soluciones a diferencia de las que se

obtienen con sacarosa, no se fermentan y pueden ser utilizadas luego como aromatizantes y endulzantes. De esta manera se puede hacer que los alimentos de origen frutal no pierdan su aroma natural, y que los alimentos sean aromatizados con productos naturales sin desaprovechar las sustancias que antes se perdían en el procesamiento de las frutas, debido a que la deshidratación con sorbitol y glicerol permite utilizar los aromas propios de las frutas en la producción de alimentos orgánicos.

c. Variables del proceso

SHARMA *et al.* (2003), mencionan que la estructura de la membrana del alimento, la relación entre protopectina y pectina soluble, espacio intermolecular, compacidad del tejido, aire atrapado, etc.; afectan el proceso de deshidratación osmótica. El tamaño y la forma de los alimentos también resultan importantes en la transferencia de masa debido a diferentes áreas superficiales o relaciones superficie-espesor.

El pre-tratamiento del producto y las condiciones de proceso cambian la integridad estructural del material, lo que afecta la pérdida de agua y la ganancia de sólidos. El escalde, la congelación/descongelación, la acidificación y las altas temperaturas de proceso favorecen la captación de sólidos y resulta en baja pérdida de agua. La acidificación de una solución concentrada de azúcar aumenta la

pérdida de agua, probablemente por hidrólisis y despolimerización de pectina en tejidos de frutas y hortalizas (SHARMA *et al.*, 2003).

Un aumento en la concentración del soluto resulta en mayor pérdida de agua y ganancia de soluto hasta cierto nivel. Las temperaturas altas parecen aumentar la pérdida de agua; los informes señalan que más del 50% de la pérdida de agua se efectúa durante la primera hora del proceso. Por lo tanto es una buena práctica finalizar el proceso osmótico en una etapa temprana para limitar la absorción de soluto (SHARMA *et al.*, 2003).

G. DIFUSIVIDAD EN SISTEMAS SÓLIDO – LÍQUIDO

1. Mecanismo de transporte de solutos

La transferencia de solutos puede ocurrir debido a la convección, difusión molecular o difusión simple. La convección y la difusión simple influyen en la transferencia de masa durante procesos como la lixiviación; pero la difusividad debida al movimiento molecular es predominante dentro del sólido. La convección y difusión simple son muy rápidas si se las compara con la difusión molecular (SCHWAZRTZBERG y YUE, 1982).

DJELVEH *et al.* (1989), destacan que en el mecanismo de transporte de solutos a través de alimentos, primero ocurre la disolución de soluto en la superficie del alimento y luego la difusión molecular del soluto a través del espesor del mismo.

2. Difusividad

LEWIS (1993), menciona que la difusión es la dispersión de un material en sus alrededores. Los dos tipos principales que pueden encontrarse son la difusión molecular y la difusión en remolino. En la práctica los dos tipos de difusión se encuentran mezclados pero son los procesos de difusión molecular quienes principalmente influyen en muchas situaciones debido a que implican la transferencia de masa sobre la capa límite que existe en todas las situaciones de flujo y dentro de la matriz del alimento, donde no es posible en condiciones normales inducir turbulencias.

JOST (1960), define la difusión como un fenómeno en el cual se tiende a una igualación de la concentración dentro de una fase única. La ley de difusión relaciona la velocidad de flujo de la sustancia difundiéndose con la gradiente de concentración responsable de ese flujo.

La difusión ocurre debido a que los movimientos moleculares desordenados causan un movimiento de soluto en la dirección en que disminuye la densidad molar del soluto. A nivel molecular, no existe una razón inherente para que la difusividad del soluto y del solvente sean iguales; sin embargo en sistemas de volumen fijo, la difusividad aparente para el soluto y el solvente debe ser las mismas (JOST, 1960). De otro lado Chandrasekaran y King, 1972; citado por SCHWAZRTZBERG y

YUE, (1982), determinaron experimentalmente que la difusividad de la sacarosa en el agua a 25°C es de $0,54 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

3. Factores que afectan a la difusividad

Son muchos los factores que afectan la difusividad, algunos como la estructura, son inherentes al producto y por esta razón, difícilmente pueden ser alterados; mientras otros como la forma y tamaño generalmente pueden ser adecuados al modelo matemático. Otros factores que afectan la difusividad son la concentración, temperatura y viscosidad de la solución, estos últimos íntimamente relacionados; mientras que otros como la agitación y adición de solutos pueden ser tratados independientemente.

SCWARTZBERG y YUE (1982), señalan que la difusividad en el sólido (D_s), disminuye marcadamente cuando el diámetro de las moléculas del soluto se aproxima al diámetro del poro.

LERICE *et al.* (1977), destacan que a medida que el azúcar tiene menor tamaño molecular, va a tener un mayor coeficiente de difusión. Al respecto BOLIN *et al.*, (1983) y CHANDRASEKARAN y KING, (1972), señalan que de acuerdo a los datos la fructosa tiene un coeficiente de difusión 32% más alto que la sacarosa

De otro lado la agitación asegura un coeficiente de transferencia de masa uniforme y, de utilizarse un baño maría a temperatura constante controlada, asegura uniformidad en el coeficiente de transferencia de calor (CALIFANO y CALVELO, 1983).

4. Modelos teóricos – experimentales para el cálculo del coeficiente de difusión en sólidos

JOST (1960) considera que un sistema finito es aquel en el que son mensurables los cambios de concentración en la solución, siendo para esto necesario mantener baja la proporción sólido: líquido. Así mismo indica que la solución de la ecuación de Fick para la difusión dentro de una placa de un sistema finito lineal con la difusividad constante es:

$$\frac{M_t}{M} = \frac{1 - 8}{T^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-D(2n+1)^2 T^2 t}}{(2n+1)^2} \quad (4)$$

Donde:

M_t = cantidad de soluto en solución después de un tiempo t

M_{∞} = cantidad de soluto en solución después de un tiempo ∞

D = coeficiente de difusión efectivo o aparente (m^2/s)

L = semiespesor del sólido (m)

n = número de serie

TOMASULA y KOZEMPEL (1989), utilizaron la ecuación (4) para determinar el coeficiente de difusión de la glucosa, potasio y magnesio en papas con geometría de placas (1x1x9 cm.), asumiendo que:

- La difusividad es constante independiente de la concentración.
- Las tiras de papas se aproximan a un sólido de espesor constante limitado por dos planos separados una distancia de $2L$.
- No hay difusión a través de los extremos de la papa.
- La distribución de solutos en solución en la papa es uniforme.

La cantidad de solutos en solución fue determinada tomando 5 ml. de agua cada 15 minutos.

La ecuación (4) fue utilizada también por MOYANO, (1991) para la determinación del coeficiente de difusión del sorbato de potasio durante la deshidratación osmótica de la manzana; y por ABUGOCH y GUARDA, (1991) en su estudio de la pérdida de ácido ascórbico durante la deshidratación osmótica de rodajas de kiwi.

De otro lado SCWARTZBERG y YUE (1982), indican que si se utiliza un alimento de espesor suficiente, con un corte seccional largo, que permanezca constante y recto en el eje x , con sólo una cara expuesta, teniendo sus lados y base cubiertos por un envase o membrana impermeable a la solución. Se puede simular un sólido semi - infinito, donde las concentraciones en la cara no expuesta del sólido no cambian considerablemente durante la prueba de la difusión.

Si el sólido es expuesto a un fluido manteniendo a concentración constante (Y); la concentración en el sólido (x) está dada por:

$$\frac{X - \frac{Y}{m}}{X_0 - \frac{Y}{m}} = \operatorname{erf} \left[\frac{Z}{2(Dt)^{1/2}} \right] \quad (5)$$

Donde:

X_0 = concentración inicial uniforme en el sólido

m = $(Y/X)_{\infty}$ es la proporción de la distribución en el equilibrio

t = tiempo

z = distancia medida desde la superficie expuesta

X = concentración a una distancia Z

La ecuación esta sujeta a las siguientes condiciones iniciales y limite.

$$\begin{array}{lll} X = X_0 & \text{en } 0 < Z \leq \infty & t = 0 \\ X = Y & \text{en } Z = 0 & t = 0 \\ X = X_0 & \text{en } Z = L & 0 < t \leq \infty \end{array}$$

Así mismo, asumiendo que:

- La transferencia de solutos es debida únicamente a la difusión.
- La difusividad es constante durante el proceso.
- La difusión es unidireccional y la contradifusión de agua es despreciable.
- No hay reacciones químicas en el sistema.
- La distribución inicial de solutos en el sólido es uniforme.
- La concentración del medio permanece constante en la superficie expuesta del sólido.

Esta ecuación fue utilizada por Geurt *et al.*, (1980); citado por SCHWARTZBERG y YUE, (1982) para determinar la difusividad del cloruro de sodio durante el salado de queso gounda.

H. PECTINA

Es un carbohidrato purificado, obtenido del extracto diluido en ácido, de la porción interna de la corteza de los frutos cítricos. Las pectinas se usan por su capacidad de gelificar, propiedad determinada por factores intrínsecos, como su peso molecular y su grado de esterificación, que depende de la materia prima y condiciones de su fabricación (EIA, 2005).

Las coberturas de pectina han sido investigadas en relación a su capacidad para retardar la pérdida de humedad y migración de lípidos y para facilitar la manipulación de los alimentos. La aplicación de cubiertas de pectinatos, se usa en alimentos como transportador antimicrobial y de antioxidantes, en frutas confitadas para reducir la gomosidad (EIA, 2005).

La pérdida parcial de componentes volátiles y de sabor es otro efecto de la deshidratación. Por esto algunos métodos emplean atrapar y condensar los vapores producidos en el secador y devolverlos al producto secado. Otras técnicas usan agregar esencias y saborizantes que derivan de otras fuentes, o bien agregando gomas u otros compuestos que reducen las pérdidas de sabor y aroma (DESHIDRATACION DE ALIMENTOS, 2005).

La aplicación de las películas de quitosano para los sistemas fue aplicando una película de quitosano al 1% ya sea para los cilindros o rebanadas de papaya remojando la fruta en la solución 2 veces por 30 segundos. La aplicación de quitosano ayuda a tener una mayor pérdida de humedad y una menor ganancia de sólidos así como también se obtiene un producto más estable y de mejor apariencia. La presencia de recubrimiento alarga la vida útil de la papaya con recubrimiento y en los análisis microbiológicos se vió que después de 150 días se encuentran en buenas condiciones (DIAZ, 2003).

Las pasas que acompañan a los cereales industrializados los humedecerían, razón por la que se recubren con almidón. De manera semejante las nueces se cubren con derivados de monoglicéridos para protegerlos que los enrancia. Otro caso en que se emplean películas comestibles es el de los helados de nuez, pistache, etc. (CORDOVA, 1996).

García (1987), citado por SANDOVAL (1988) menciona que la adición de pectina en polvo se hace disolviendo en agua caliente, en fruta cocida o en jugo de fruta, siempre y cuando la temperatura no sea mayor a los 50 - 80°C; se mezcla la cantidad requerida de pectina con 5 a 8 veces su peso de azúcar, que actúa como dispersante.

I. PROCESOS COMPLEMENTARIOS A LA DESHIDRATACIÓN POR OSMOSIS

FLORES (1977), refiere que una vez que el agua ha sido removida en más del 50%, mediante el proceso de ósmosis, la fruta si se desea puede ser sometida a los siguientes procesamientos adicionales:

1. Deshidrocongelamiento

La fruta deshidratada en jarabe hasta una reducción del 50% en peso, con o sin enjuague, y congelada luego, da lugar a un excelente producto deshidrocongelado. Como consecuencia de la baja temperatura de deshidratación y del efecto protector del azúcar, el sabor permanece fresco y natural lo mismo que el color.

2. Secado por aire caliente

La fruta que ha sido deshidratada osmóticamente a cerca del 50% de reducción en peso, puede ser secada aún por aire, lográndose así contenidos bajos de humedad en un corto tiempo. Según PONTING *et al.* (1966), las frutas a ser secadas por aire caliente reciben usualmente un ligero tratamiento con dióxido de azufre después del secado osmótico. Generalmente se sumerge la fruta en soluciones de 0,25% de bisulfito de sodio por un tiempo de 1 – 3 minutos, antes del mezclado con el azúcar.

3. Secado al vacío

La fruta que ha sido parcialmente secada por ósmosis en azúcar o jarabes es especialmente apropiada para un secado adicional al vacío. El color permanece brillante aun sin ningún tratamiento con azufre; el contenido de humedad puede ser rápidamente reducido a niveles solamente logrados por liofilización, y el sabor natural es retenido mejor que en el producto liofilizado.

J. EFECTOS DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LOS ALIMENTOS

1. Textura

FELLOWS (1994), menciona que la principal causa de alteración de la calidad de los alimentos deshidratados por estos sistemas reside en las modificaciones que estos provocan en su textura. La temperatura y velocidad de deshidratación ejerce un efecto determinante sobre la textura de los alimentos. Las temperaturas elevadas, (en especial durante la deshidratación de frutas, pescado y carnes) provocan complejos cambios físicos y químicos en la superficie del alimento que conducen a la formación de una capa superficial dura e impenetrable.

2. Bouquet y aroma

El calor provoca la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento. Un adecuado control de las condiciones de deshidratación en las primeras fases del proceso, permite reducir al mínimo estas pérdidas (FELLOWS, 1994).

Una segunda causa importante de las pérdidas de aroma debidas a la deshidratación la constituye la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. La velocidad a la que estos componentes se deterioran depende de la actividad de agua en el alimento y de la temperatura de almacenamiento.

3. Color

La deshidratación cambia la superficie del alimento y por lo tanto su color y reflectancia. Los cambios químicos experimentados por los pigmentos derivados, el caroteno y la clorofila están producidos por el calor y la oxidación que tienen durante la deshidratación. Por lo general, cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son la pérdida de los pigmentos. Por otra parte la oxidación y la actividad enzimática residual favorecen el desarrollo del empardeamiento durante su almacenamiento (FELLOWS, 1994).

4. Valor nutritivo

FELLOWS (1994), menciona que las diferencias observadas en el valor nutritivo de los alimentos deshidratados se deben a los distintos sistemas de preparación, a la temperatura durante el proceso y a las condiciones durante el almacenamiento. Además las pérdidas de valor nutritivo que se producen durante la preparación de frutas y verduras son generalmente mayores que las que ocasionan el propio proceso de deshidratación.

La vitamina C es también sensible al calor y la oxidación, por ello los tiempos de deshidratación deben ser cortos, las temperaturas bajas y durante el almacenamiento, el contenido de agua y la concentración del oxígeno deben también mantenerse bajos para evitar posibles pérdidas que de lo contrario, podrían llegar a ser importantes.

Las pérdidas que se producen durante el almacenamiento pueden reducirse almacenando a los productos al abrigo de la luz, en refrigeración y con bajas concentraciones en el medio.

K. ALGUNOS USOS Y APLICACIONES DE LOS PRODUCTOS DESHIDRATADOS POR ÓSMOSIS

Los pedazos de frutas deshidratados osmóticamente, pueden consumirse directamente, o como componentes en preparados y mezclas de alimentos.

Para consumo directo (manzanas, melocotones, albaricoques, plátanos, mandarinas, piñas, fresas y peras; tienen un excelente sabor y en muchos casos buen color y textura. Se incluyen en pasteles, tortas, capas dulces para pasteles, mezclas de panadería, en centros de fruta, crema de chocolates, crema de helados, rellenos y en otros alimentos convenientes (PONTING *et al.*, 1966).

III. MATERIALES Y METODOS

A. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, situada a 1,50 Km. de la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, cuyas coordenadas geográficas son lo siguientes: latitud: 09°09'09" sur, longitud: 75°57'00" oeste; altitud: 660 msnm, en los laboratorios de: Análisis de Alimentos, Química, Análisis Sensorial y Microbiología General. Entre los meses de Septiembre del 2004 a Marzo del 2005.

B. MATERIALES

1. Materia prima

Como materia prima se utilizó: cocona (*Solanum sessiliflorum* H.B.K.) ecotipos TR y T2, pintona y madura; procedentes de la localidad de Tulumayo - Tingo María.

2. Insumos

Azúcar blanca industrial, Bisulfito de sodio

3. Reactivos

Ácido cítrico comercial, Acido ascórbico grado reactivo. Cloruro de litio. Cloruro de magnesio, Cloruro de sodio, Cloruro de potasio, Nitrato de potasio, Hexano grado reactivo, Ioduro de potasio, 2,6

diclorofenolindofenol, 2,4 dinitrofenol, Otros (Todo lo necesario para el análisis proximal, físico químico, microbiológico, etc.)

4. Equipos

- Agitador mecánico, marca LABOR MUSZERIPARI MUVER, Hungría.
- Balanza analítica, marca OHAUS, sensibilidad 0,0001 mg., EE.UU.
- Balanza analítica, marca SARTORIUS, sensibilidad 0,1 gr., EE.UU.
- Balanza comercial capacidad máxima de 10 Kg., marca OHAUS.
- Cocina a gas, marca SURGE de dos hornillas.
- Estufa Bacteriológica con termostato para temperatura regulable de 0 a 300 °C, marca Lab-line Instruments Inc. Melrose Park, 111.
- Espectrofotómetro Molecular Termo Espectronic, marca GENESYS 8, Inglaterra.
- Mufla, marca LABOR.
- Potenciómetro, marca SCHOTT, rango de pH 0 - 14.
- Refractómetro de mesa, con rango de lectura de 0 a 80% de sólidos solubles, CARL ZEIS.
- Secador con circulación de aire caliente, con bandejas, marca VWR Scientific.
- Selladora eléctrica de bolsas de plásticos.

5. Materiales de vidrio

Campanas de desecación, pipetas, micropipetas, Termómetros 0 – 150°C, Vasos de precipitado, probetas, lunas de reloj y otros.

C. MÉTODOS DE ANÁLISIS

1. Análisis físico y fisicoquímico

a. Determinación de medidas biométricas

Se evaluaron: peso de pulpa, cáscara, semilla, jugo; y las dimensiones geométricas de las coconas ecotipos TR y T2 pintona y madura; empleando para ello balanza y vernier digital respectivamente.

b. Determinación de pH, sólidos solubles y acidez titulable

Los análisis de pH, sólidos solubles y acidez titulable se realizaron de acuerdo a los métodos citados por HART y FISHER, (1977).

c. Determinación de vitamina C

Se realizó la determinación cuantitativa de vitamina C por el método espectrofotométrico de absorción molecular, establecido por el Departamento de Agricultura de Canadá.

d. Determinación de azúcares reductores

El análisis de azúcares reductores se realizó por el método espectrofotométrico.

2. Análisis químico proximal

Los análisis de humedad, proteína, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos se efectuaron de acuerdo a los métodos citados por HART y FISHER, (1977).

3. Análisis microbiológico

Se realizaron los análisis de Numeración de Microorganismo Aerobios Viables (NMAV); Numeración de Mohos y Levaduras (NML) y la Numeración de Coliformes Totales (Número Mas Probable); para determinar la carga microbiana y la probabilidad de desarrollo de microorganismos osmófilos, utilizando el procedimiento indicado por ICMSF, (1983).

D. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

1. Caracterización de la materia prima

Se realizaron los análisis fisicoquímicos, químico proximal, vitamina C y azúcares reductores; así como se determinaron las dimensiones biométricas de las coconas.

2. Determinación de parámetros para la obtención de la cocona osmodeshidratada

Para determinar el procesamiento de osmodeshidratación de la cocona se tomó como base el flujo de operaciones mostrado en la figura 2.

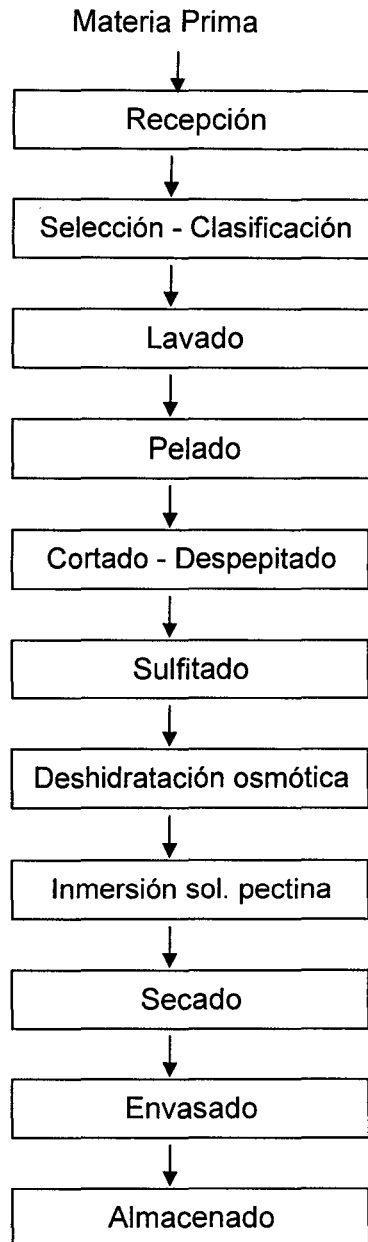


Figura 1. Flujo de operaciones para la obtención de cocona osmodeshidratada.

- **Recepción de materia prima.**

Se recibieron coconas provenientes de la zona de Tulumayo – Tingo María.

- **Selección – Clasificación.-** Se realizó en base a la forma, tamaño, aspecto general y ecotipos.

- **Lavado.-** Se realizó por inmersión y frotamiento de los frutos en agua corriente.

- **Pelado.-** Se efectuó el pelado químico con hidróxido de sodio al 3% de concentración, por espacio de 6 minutos.

- **Cortado – Despepitado.-** Se realizó en forma manual con un cuchillo de acero inoxidable, cortando a la cocona en mitades, obteniéndose tiras, eliminando las semillas con una cuchara.

- **Sulfitado.-** operación que se realizó con la finalidad de proteger del pardeamiento no enzimático y enzimático residual, y por su acción antimicrobiana (BADUI, 1994).

- **Deshidratación osmótica.-** Se realizó por inmersión de la cocona en jarabe de azúcar invertido y jarabe de jugo de cocona, manteniendo la relación cocona jarabe 1:3 en peso, con la finalidad de que la cocona pierda humedad y adquiera la concentración necesaria de azúcar, conservando sus características iniciales.

- **Inmersión en solución de pectina.**- Se realizó en una solución de pectina al 1%, sumergiendo la cocona en tiras 2 veces por 30 segundos, con la finalidad de retener el sabor y aroma.
- **Secado por aire caliente.**- Se realizó hasta obtener la humedad mínima de alimentos de humedad intermedia adecuada para su conservación.
- **Envasado.**- El producto después de enfriar a temperatura ambiente se empacó con la finalidad de evitar que se hidrate con la humedad del ambiente.
- **Almacenado.**- Se almacenó por 90 días a temperatura ambiente y en refrigeración.

a. Pruebas preliminares

Se realizó con la finalidad de obtener parámetros aproximados y descartar las operaciones innecesarias, manteniendo la relación cocona jarabe de 1: 3; las pruebas realizadas fueron:

1. Determinación del estado de madurez adecuado

Se estudiaron dos estados de madurez: pintona y madura; osmodeshidratando con renovación de jarabe cada media hora a 60°Bx por 7 horas, y secado luego por aire caliente a 60°C. Se evaluaron: variación de peso y de humedad.

La evaluación sensorial se realizó por el método de Test de Scoring, usando la ficha mostrado en el anexo IX y para el análisis estadístico el diseño en bloque completo al azar.

2. Determinación del ancho adecuado

Se estudiaron tratamientos de 0,5; 1,0 y 1,5 cm. de ancho, osmodeshidratando con renovación de jarabe cada media hora a 60°Brix por 7 horas; y secando luego en aire caliente a 65°C.

Se evaluó la variación de humedad y la evaluación sensorial se realizó por el método de Test de Ordenamiento, usando la ficha mostrado en el anexo X y para el análisis estadístico el diseño en bloque completo al azar.

3. Sulfitado

Se estudiaron la inmersión en solución de bisulfito de sodio por 10 minutos a concentraciones de 0%; 0,2%; 0,4%; 0,5%; 0,6% y 0,8%; recomendado por CARBONELL, (1984). Además se deshidrató con jarabe de 60°Brix durante 5 horas renovando cada hora, y secando luego por aire caliente a 65°C hasta 20% de humedad en base húmeda aproximadamente. Posteriormente se realizó la evaluación sensorial para evaluar color y sabor, con la finalidad de eliminar tratamientos muy extremos.

4. Determinación del medio osmótico

Se empleó dos medios osmóticos: azúcar invertido y jarabe de jugo de cocona; osmodeshidratándose con renovación de jarabe cada hora a 60°Brix por 5 horas, secando luego en aire caliente.

Se evaluaron: variación de los grados brix y humedad. La evaluación sensorial se realizó por el método de Test de Scoring, usando la ficha mostrado en el anexo XI y para el análisis estadístico el diseño en bloque completo al azar.

5. Deshidratación osmótica

Se utilizó jarabe de jugo de cocona como medio osmótico a concentraciones de 50°Brix, 60°Brix y 70°Brix osmodeshidratando por 5 horas sin renovación de jarabe. Se evaluaron: variación de los grados Brix del jarabe (como medida de transferencia de masa), variación de peso de la cocona y humedad después de la osmodeshidratación.

b. Pruebas definitivas

Con los resultados obtenidos en las pruebas preliminares se procedió a realizar las pruebas definitivas:

1. Determinación del ecotipo adecuado

Se estudiaron dos ecotipos de cocona TR y T2 osmodeshidratando con renovación de jarabe cada media hora a 60°Bx por 7 horas, secando luego en aire caliente a 60°C. Se evaluó la variación de humedad.

La evaluación sensorial se realizó por el método de Test de Scoring, usando la ficha mostrada en el anexo XII y para el análisis estadístico el diseño en bloque completo al azar.

2. Sulfitado

El sulfitado se realizó antes del proceso osmótico en solución de bisulfito de sodio por 10 minutos, evaluándose los tratamientos:

$T_0 = 0\%$ (Testigo); $T_1 = 0,2\%$; $T_2 = 0,3\%$; $T_3 = 0,4\%$ de bisulfito de sodio, osmodeshidratando a 60°Brix y secando a 65°C .

La evaluación sensorial se realizó por el Test de Scoring después de 10 días de almacenamiento, utilizando la ficha mostrada en el anexo XIII y para el análisis estadístico el diseño en bloque completo al azar.

3. Deshidratación osmótica

Se estudió las variables de concentraciones del Jarabe de Jugo de cocona a 50°Brix (T_1), 60°Brix (T_2) y 70°Brix (T_3); cambiando cada media hora el jarabe con uno nuevo o reconcentrado los mismos grados Brix; manteniendo la relación pulpa jarabe de 1:3 en peso.

Se evaluó la pérdida de peso, variación de los grados Brix de la cocona y del jarabe.

4. Inmersión en solución de pectina

La aplicación de una película de pectina tuvo la finalidad de atrapar y retener el sabor y aroma característico a cocona. Se realizó mediante la inmersión en solución de pectina al 1%, 2 veces por 30 segundos.

5. Secado por aire caliente

Esta operación, complementaria a la osmodeshidratación se realizó con la finalidad de determinar el tiempo necesario para llegar a un contenido de humedad mínima para alimentos de humedad intermedia, estudiándose las temperaturas de 60°C, 65°C y 70°C; además se evaluó la pérdida de peso cada 10 minutos, que relacionado con la humedad inicial permitió el cálculo de la variación de la humedad en base seca.

3. Obtención del producto final

Se tomó en cuenta los resultados finales de las pruebas definitivas para la obtención de la cocona osmodeshidratada y se determinó el rendimiento mediante el balance de materia.

4. Caracterización del producto final

a. Análisis químico

Se realizaron el análisis químico proximal y fisicoquímico en la cocona osmodeshidratada.

b. Análisis microbiológico

Se realizó al inicio del almacenamiento, los análisis de Numeración de Microorganismo Aerobios Viables (NMAV); y la Numeración de Mohos y Levaduras (NML).

c. Análisis sensorial

Se realizó la prueba de aceptación organoléptica a un mes de almacenamiento, con la finalidad de establecer el porcentaje de aceptación de parte del consumidor, utilizando la ficha mostrada en el anexo XIV.

d. Determinación de la isoterma de sorción y A_w

1. Obtención de la isoterma

Se realizó por el método gravimétrico estático de soluciones de sales saturadas citado por SARAVACOS *et al.*, (1986).

Las evaluaciones del peso se realizaron durante 6 días, hasta obtener el equilibrio higroscópico, relacionando la pérdida de peso o ganancia de peso con la humedad inicial se calcula la humedad de equilibrio en base seca.

2. Ajuste a los modelos matemáticos y obtención de A_w

De acuerdo a los resultados obtenidos, la humedad de equilibrio en base seca a diferentes contenidos de humedad relativa se ajustó al modelo G.A.B., por las ecuaciones mencionadas por MANAYAY, 1992 y CARBONELL *et al.*, (1984) realizando las transformaciones a parabólica, y las regresiones y análisis estadísticos por el software Excel.

Teniendo la ecuación y la humedad del producto se determinó la A_w del producto.

5. Evaluación durante el almacenamiento

a. Análisis fisicoquímico

Se realizó los análisis de azúcares reductores, vitamina "C", °Brix, pH, acidez titulable y humedad, con intervalos de 15 días durante 3 meses para verificar la variación.

b. Análisis microbiológico

Se realizó al final de los 3 meses de almacenamiento de la cocona osmodeshidrata, sometida a temperatura ambiente (26°C) y a refrigeración (6°C). Analizando la Numeración de Microorganismos Aerobios Viables (NMAV); Numeración de Mohos y Levaduras (NML) y la Numeración de Coliformes Totales (Número Más Probable); para determinar la carga microbiana.

c. Evaluación organoléptica

El efecto de la temperatura durante el almacenamiento en las cualidades organolépticas se evaluó mediante el método de la escala hedónica con 15 panelistas utilizando la ficha mostrada en el anexo XV; y los resultados se muestran en el anexo XVIII; verificando de esta manera el agrado o desagrado del producto y ver si existe diferencias estadísticas entre las dos temperaturas estudiadas, para ello realizó el análisis de varianza y la prueba estadística de Tuckey.

6. Determinación de la difusividad efectiva

Con los parámetros de concentración de jarabe adecuado se procedió a determinar la difusividad efectiva, realizándose las siguientes operaciones:

a. Lavado

Se lavó la cocona por inmersión y agitación en agua limpia, con la finalidad de eliminar las impurezas residuales.

b. Pelado

Se efectuó el pelado químico con hidróxido de sodio al 3% de concentración, por espacio de 6 minutos.

c. Simulación de un sólido semi-infinito

Con la finalidad de obtener tiras de cocona de forma rectangular de 5 x 0,80 x 0,80 cm (largo, ancho, espesor respectivamente), similar a la figura 2, se procedió a incrustar en forma compacta la tiras de cocona en un tubo de plástico de 7,0 x 0,80 x 0,80 cm (largo, ancho, espesor respectivamente).

Jarabe de Azúcar Invertido(Y)

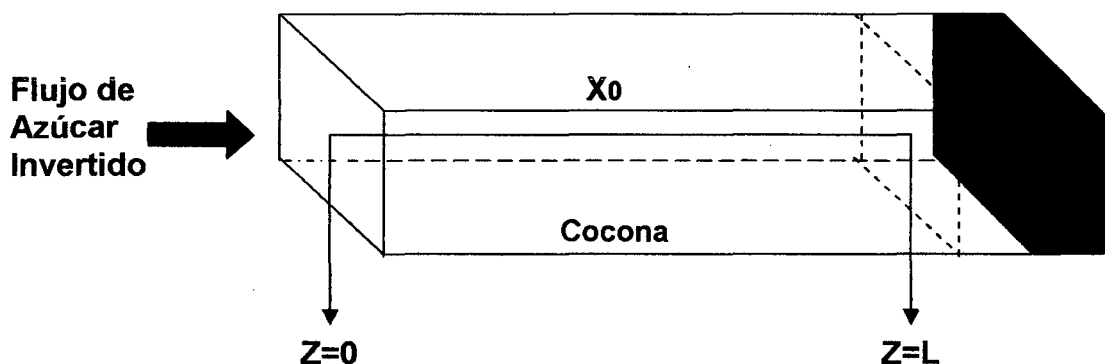


Figura 2. Sistema de estudio

Para el acondicionamiento de las muestras y durante las pruebas de difusión se empleó jarabe de jugo de cocona con 0,5% de bisulfito de sodio como agente preservante.

d. Inmersión en jarabe

Las tiras de cocona contenidos en los tubos fueron inicialmente sumergidos en una solución de 10°Brix por 24 horas, luego se sumergieron sucesivamente en jarabes aumentando gradualmente 10°Brix cada día hasta que la gradiente de concentración entre la cocona y el jarabe donde se realiza la prueba de difusión sea de 10°Brix.

Uno de los extremos del tubo fue sellado herméticamente con una tapa de jebe de tal manera que la difusión sea por un solo lado. Las muestras así dispuesta fueron sumergidas en envases de plásticos con tapa hermética conteniendo el jarabe.

Transcurridas las 30 horas de inmersión, se procedió a extraer las muestras del jarabe, y seguidamente con el empleo de una vagueta se sacó el trozo de cocona del tubo. Estas tiras fueron cortados en tajadas delgadas de 2 mm de espesor; obteniéndose por cada 5 cm de largo 25 tajadas y a cada una de ellas se les midió el contenido de sólidos solubles mediante el refractómetro, obteniéndose 25 valores.

e. Determinación de la difusividad efectiva

Para la determinación de la difusividad efectiva se utilizó la ecuación propuesta por Schwartzberg y Yue (1982) y Schwartzberg (1985); citado por FERNANDEZ (1992).

$$\frac{X - \frac{Y}{m}}{X_0 - \frac{Y}{m}} = \text{erf} \left[\frac{Z}{2(Dt)^{1/2}} \right] \quad (5)$$

La metodología empleada en la determinación de la difusividad a partir de la mencionada ecuación consiste en:

1. Graficar la concentración de sólidos solubles en la cocona (X) en función de la distancia (Z), debiendo ser prácticamente lineal para los primeros 5 puntos: de esta manera, el intercepto en X cuando $z = 0$, será igual a Y/m .
2. El valor encontrado Y/m alcanzará un error menor al 1% cuando la ecuación que fije los valores experimentales de concentración en función de la distancia, para los primeros puntos, sea lineal: esto se cumple cuando: $(X - Y/m) / (X_0 - Y/m) < 0,175$.
3. Si $(X - Y/m) / (X_0 - Y/m) > 0,175$ para los primeros puntos de la gráfica se deberá fijar mediante una ligera curva los puntos experimentales y extrapolar en $Z = 0$ para obtener Y/m .

4. Conocida la concentración inicial en la cocona (X_0) y habiéndose obtenido Y/m ; para los diferentes valores encontrados de concentración y distancia, se determinan los valores de $(X - Y/m) / (X_0 - Y/m)$.

5. Mediante la tabla de función del error que se muestra en el anexo

VIII para cada valor de $\frac{\left(X - \frac{Y}{m}\right)}{\left(X_0 - \frac{Y}{m}\right)}$ se halla su argumento X_i .

6. Los valores de X_i son corregidos (X_{tr}) mediante la ecuación:

$$X_{tr} = X_i + \frac{\left[\frac{\left(X - \frac{Y}{m}\right)}{\left(X_0 - \frac{Y}{m}\right)} - \text{Erf}(X_i) \right]}{\left(\frac{2}{\pi^{1/2}}\right) \exp(-X_i^2)} \quad (6)$$

7. La difusividad en cada punto fue calculada mediante la ecuación:

$$D_s = \left[\frac{Z^2}{(4 \cdot X_{tr}^2 \cdot t)} \right] \quad (7)$$

8. Para calcular la difusividad en el sólido (D_s), se promedió las difusividades encontradas para cada punto, descartando aquellos valores que se alejen de la tendencia general, de acuerdo a lo recomendado por Schwartzberg, (1985); citado por FERNANDEZ, (1992).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CARACTERIZACIÓN QUÍMICO PROXIMAL, FÍSICOQUÍMICO Y FÍSICO DE LA MATERIA PRIMA

En el los cuadros 4 y 5 se muestran los resultados de los análisis químicos proximales y fisicoquímico de la cocona, empleada en el estudio.

Cuadro 4. Resultado del análisis químico proximal de la cocona, en base a 100 g de parte comestible, (%).

Componentes	TR		T2	
	Pintona	Madura	Pintona	Madura
Humedad	91,96	92,61	92,36	93,11
Proteína (N x 6,25)	0,30	0,27	0,36	0,31
Carbohidratos	6,82	6,11	6,59	5,75
Grasa	0,14	0,15	0,12	0,13
Fibra	0,30	0,22	0,24	0,19
Ceniza	0,48	0,64	0,33	0,51

Del cuadro 4, se observa valores encontrados para humedad, donde el mayor valor es de 93,11% (T2 madura) y el de menor valor 91,96% (TR pintona); estos valores están de acuerdo con lo mencionado por ROBLES, (2001) quién indica que la humedad se incrementa conforme transcurre la maduración desde 88,68% (verde) hasta 93,09% (sobre madura).

El contenido de proteína varía de 0,27% (TR madura) a 0,36% (T2 pintona), teniendo la cocona T2 mayor contenido de proteína que el TR. En lo referente a grasa, el valor mayor es de 0,15% (TR madura) y el menor valor 0,12% (T2 pintona); siendo estos valores bajos comparados con lo obtenido por ROBLES, (2001) quién reporta 0,21% para la cocona común madura; pudiendo deberse esta variación a la variedad de cocona, condiciones de cultivo, clima, tipo de terreno, etc.

El contenido de ceniza va desde 0,33% (T2 pintona) hasta 0,64% (TR madura), siendo valores altos comparado con lo establecido por ROBLES, (2001), quién reporta 0,38% para la cocona madura, pudiendo deberse esto a la variedad de cocona, condiciones de cultivo, entre otros factores.

Cuadro 5. Resultado del análisis fisicoquímico de la cocona.

Características físico químicos	TR		T2	
	Pintona	Madura	Pintona	Madura
Acidez Titulable (1)	1,83	1,55	1,71	1,53
pH	3,61	3,87	3,66	4,04
Sólidos solubles (°Brix)	6,00	6,50	4,83	5,33
Índice de Madurez	3,24	4,32	2,94	3,50
Vitamina C (2)	4,17	4,56	4,32	5,16
Azúcares Reductores (3)	1,21	1,67	1,09	1,62

(1): ml. NaOH / 100 ml. muestra

(2): mg. ácido ascórbico / 100 gr. muestra

(3): mg. glucosa / 100 gr. Muestra

Del cuadro 5, referente al contenido de azúcares reductores se obtuvieron valores que van desde 1,09% (T2 pintona) a 1,67% (TR madura); estos valores se aproximan a lo establecido por Manayay (1986) y Carmona (1990); citados por ROBLES, (2001) quien reporta valores de 1,10% y 1,30% respectivamente; existiendo diferencias atribuidas al grado de madurez, tipo de cocona, entre otros factores. En cuanto al T2 madura (1,62%), coincide con el valor de $1,63 \pm 0,01$ (T2 madura) reportado por HUAYANAY, (2002).

En cuanto a la vitamina C; se obtuvo valores de 4,17% (TR pintona) a 5,16% (T2 madura); este último se aproxima a lo encontrado por HUAYANAY, (2002) quién establece valores de $5,36 \pm 0,14$ % (T2 madura); también coincide con lo encontrado por CALZADA, (1985) quien reporta 4,50 % para la cocona madura.

Para la acidez titulable se encontró valores de 1,53% (T2 madura) y 1,83% (TR pintona) existiendo diferencia a lo establecido por HUAYANAY, (2002) quien menciona valores de $1,03 \pm 0,01$ % (T2 madura), existiendo diferencias de acuerdo al tipo de cocona, condiciones de cultivo, etc.

En el cuadro 6 se muestra los resultados del análisis biométrico de las coconas empleadas en la investigación.

Cuadro 6. Resultado del análisis biométrico de la cocona.

Características	TR		T2	
	Pintona	Madura	Pintona	Madura
Peso (g)	134,10 ± 56,60	237,65 ± 55,24	210,89 ± 39,27	113,93 ± 64,05
Long. (cm)	7,88 ± 0,88	8,46 ± 0,86	7,70 ± 0,97	8,18 ± 0,33
Long Diam Sup (cm)	7,91 ± 0,96	7,02 ± 0,86	6,91 ± 0,59	6,77 ± 0,59
Long. Diam ½ (cm)	6,36 ± 0,49	6,58 ± 0,65	6,69 ± 0,54	6,80 ± 0,53
Long. Diam Inf (cm)	5,16 ± 0,64	5,19 ± 0,52	5,53 ± 0,49	5,62 ± 0,73
Esp. pulpa sup (cm)	0,95 ± 0,14	0,99 ± 0,11	0,84 ± 0,08	0,90 ± 0,35
Esp. pulpa ½ (cm)	0,94 ± 0,12	0,99 ± 0,14	0,89 ± 0,07	0,84 ± 0,19
Esp. pulpa inf (cm)	0,95 ± 0,15	1,00 ± 1,00	0,80 ± 0,07	0,81 ± 0,17

En cuanto a los resultados biométricos mostrados en el cuadro 6, se observa que los pesos varían de 210,89 ± 39,27 g (T2 pintona) a 237,65 ± 55,24 g (TR madura); resultando la cocona TR de mayor peso. En lo referente a longitud, el valor mayor fue de 8,46 ± 0,86 cm (TR madura) y el de menor valor 7,70 ± 0,97 cm (T2 pintona); estos valores se aproxima a lo indicado por CARBAJAL, (1996) quien reporta un promedio de 8,40 cm para el ecotipo T2.

Con respecto al espesor de la pulpa se observa que la cocona TR pintona es uniforme, obteniendo valores de 0,95 ± 0,14 cm (superior) y 0,95 ± 0,15 cm (inferior); comparado con la cocona T2 pintona que presenta valores heterogéneos de 0,84 ± 0,08 cm y 0,80 ± 0,07 cm respectivamente.

Cuadro 8. Variación de peso y humedad de la cocona en dos estados de madurez (Pintona y Madura) de dos ecotipos (TR y T2).

Ecotipo	Estado de Madurez	W inicial (g)	W final (g)	Humedad Final (%) (*)
TR	Madura	100,00	105,89	48,01
	Pintona	100,00	102,92	47,60
T2	Madura	100,00	102,07	47,47
	Pintona	100,00	101,92	46,45

(*) Promedio de 3 repeticiones

En el cuadro 8, se observa que la mayor ganancia de peso se da en la cocona TR madura, debido a que hay mayor permeabilidad en las paredes celulares a medida que avanza el grado de madurez, permitiendo mayor ingreso de sólidos; pero la cocona T2 pintona presenta una mayor disminución de la humedad, pudiendo deberse esto a su menor espesor comparado con la cocona TR.

De los resultados del cuadro 33, anexo II; se puede afirmar que para el bloque sabor existe diferencia significativa, lo que quiere decir que hay heterogeneidad en las evaluaciones de los panelistas, diferenciando entre los estados de madurez de los ecotipos TR y T2. Para los bloques de textura y apariencia general no existe diferencia significativa, indicando que hay homogeneidad en las evaluaciones.

En la prueba de Tuckey, mostrado en el cuadro 34, anexo II; se observa que para el atributo sabor los mejores tratamientos son el TR pintona y TR madura que son estadísticamente iguales, siendo el T2 madura el peor tratamiento.

En cuanto a textura, los mejores tratamientos son el TR pintona y T2 pintona y este a su vez es igual a TR madura, siendo el T2 madura el que ocupa el último lugar; esto se debe que a medida que avanza el grado de madurez la fruta se hace mas blanda. Para la apariencia general los tratamientos son estadísticamente iguales pero difieren del tratamiento T2 madura.

En general se puede decir que los mejores tratamientos en lo que respecta a textura y apariencia general son el TR pintona y T2 pintona que son estadísticamente iguales, y el peor tratamiento es el T2 madura.

b. Ancho adecuado

En los cuadros 9 y 10, se presenta los resultados del efecto que tiene el ancho de las tiras de cocona TR pintona y T2 Pintona en la velocidad de deshidratación, expresadas como función de la disminución de la humedad de la cocona.

Cuadro 9. Variación de la humedad a diferentes anchos de tiras de cocona TR pintona.

Ancho (cm.)	% Humedad inicial (h.b.h.)	% Humedad ósmosis (h.b.h.) (*)	% Humedad (65°C) (h.b.h.) (*)
0,50	91,96	44,97	12,50
1,00	91,96	47,60	15,20
1,50	91,96	50,77	20,51

(*): Promedio de tres repeticiones

Cuadro 10. Variación de humedad a diferentes anchos de tiras de cocona T2 pintona.

Ancho (cm.)	% Humedad inicial (h.b.h.)	% Humedad ósmosis (h.b.h.) (*)	% Humedad (65°C) (h.b.h.) (*)
0,50	92,36	43,32	12,21
1,00	92,36	46,45	15,14
1,50	92,36	47,34	18,95

(*): Promedio de tres repeticiones

En los cuadros 9 y 10, se observa que el espesor tiene influencia en la deshidratación osmótica y por aire caliente, debido a la variación de la relación área/peso de las tiras cocona.

La cocona T2 presenta una mayor disminución de la humedad debido al menor espesor que permite una mayor transferencia de masa, tal como indica LERICE *et al.*,(1977), a medida que la superficie aumenta por unidad de masa o volumen, aumenta la transferencia de masa.

El resultado de la evaluación sensorial por 12 panelistas y su transformación por la Tabla de Fisher y Yates se muestra en los cuadros 47 y 48, anexo XVII respectivamente. Además en los cuadros 35 y 36, del anexo III; se muestran los análisis de varianza y la prueba de Tuckey respectivamente.

En el cuadro 35, anexo III; se observa diferencia significativa entre los tratamientos, debido a que el ancho tiene influencia en la forma del producto final, ya que a menor ancho se encoge más debido a la presión ejercida por el jarabe y durante el secado por aire caliente; asimismo presenta menor aspecto general.

De la prueba de Tuckey mostrado en el cuadro 36, anexo III; se observa que el mejor tratamiento es el de 1,00 cm de ancho para los dos ecotipos (TR₂ y T₂₂) siendo estadísticamente iguales; el tratamiento de 1,50 cm de ancho quedó en segundo lugar para los dos ecotipos (TR₃ y T₂₃) siendo estadísticamente iguales; y los tratamientos de 0,50 cm ocuparon los últimos lugares, específicamente el T₂₁, que ocupó el último lugar en preferencia de los panelistas, siendo diferente estadísticamente al TR₁.

c. Sulfitado

En las muestras testigo y sulfitadas a partir de 0,50% se observa que no existe pardeamiento durante el secado, debido a la

protección del sulfito. Las muestras sulfitadas a diferentes concentraciones, no presentan decoloración perceptible durante 30 días de almacenamiento. En las muestras sulfitadas con soluciones iguales o mayores al 0,5 % de bisulfito de sodio se percibe claramente el sabor a sulfito.

De los tratamientos se establece que la concentración de la solución para el sulfitado debe ser menor a 0,5% de solución de bisulfito de sodio, por razones organolépticas.

d. Agente osmótico adecuado

Las pruebas de dilución, mostrados en el cuadro 11, indica que la dilución 1:3 debe descartarse porque aportaría cantidades elevadas de agua, no teniendo el sabor y aroma característicos de la cocona; se considera la dilución 1:2 como óptima y la que proporcionaría características técnicas (rendimiento) y organolépticas aceptables.

Cuadro 11. Diluciones ensayadas para el jugo de cocona

DILUCION	pH	Brix°
1:1	3,11	2,00
1:1.5	3,11	1,75
1:2	3,12	1,50
1:3	3,12	1,00

Los resultados del efecto sobre la variación del peso y humedad que del agente osmótico para conferir características organolépticas que agrade al consumidor, se muestran en los cuadros 12 y 13.

Cuadro 12. Efecto del agente osmótico en la variación de peso y humedad en la deshidratación osmótica de la cocona TR pintona.

Medio osmótico	Peso Inicial (g)	Peso Final (g) (*)	Humedad (%) (*)
Azúcar Invertido	100,00	104,78	49,06
Jarabe de Jugo de Cocona	100,00	106,04	49,75

(*) Promedio de tres repeticiones

Cuadro 13. Efecto del agente osmótico en la variación de peso y humedad en la deshidratación osmótica de la cocona T2 pintona.

Medio Osmótico	Peso Inicial (g)	Peso Final (g) (*)	Humedad (%) (*)
Azúcar invertido	100,00	103,05	48,65
Jarabe de Jugo de Cocona	100,00	103,14	48,96

(*) Promedio de tres repeticiones

De los cuadros 12 y 13, se observa que con jarabe de jugo de cocona se obtiene mayor ganancia de peso, es decir hubo mayor ingreso de azúcar en la cocona; y en lo que respecta a la mayor

disminución de la humedad corresponde al T2 utilizando jarabe de jugo de cocona; debido a que cuanto más pequeño es el tamaño del soluto, más grande es la profundidad y extensión de la penetración del soluto (SHARMA *et al.*, 2000).

De los resultados del cuadro 37, anexo IV; podemos afirmar que para los tres atributos, en los bloques no hay diferencia significativa indicando de esta forma homogeneidad en la evaluación de los panelistas. En cuanto al tratamiento para el atributo textura no presenta diferencia significativa; y para el sabor y apariencia general existe diferencia significativa, lo que indica que existe influencia de los jarabes utilizados en la deshidratación osmótica.

Del cuadro 38, anexo IV; se puede afirmar que para el sabor cuando se usa el jarabe de cocona en los tratamientos JTR y JT2 existe igualdad estadística, diferenciándose para los tratamientos cuando se usa el azúcar invertido; lo que indica una mejora tal como establece Schwartz *et al.*, (1994); citado por BARBOSA y VEGA, (2000) que mejora el sabor cuando se usa el zumo concentrado de manzana.

En cuanto a la textura, los tratamientos son iguales estadísticamente; y para la apariencia general los tratamientos también son iguales; pero el tratamiento AT2 cuando se emplea azúcar invertido ocupa el

último lugar y a la vez es estadísticamente igual a los tratamientos cuando se usa azúcar invertido ATR y jarabe de cocona JT2.

De estos resultados se puede afirmar que el jarabe de jugo de cocona tiene influencia importante en el sabor demostrando mejora y a su vez preferencia notoria por parte de los panelistas; y en lo que respecta a la textura y apariencia general los tratamientos son iguales estadísticamente, donde AT2 ocupa el último lugar y es diferente estadísticamente a los demás.

e. Proceso osmótico

En el cuadro 14, se muestra el efecto de la concentración inicial del jarabe, en la variación de los grados brix; y el efecto de la variación de peso y humedad final de la cocona se muestra en el cuadro 15.

Cuadro 14. Variación de sólidos solubles del jarabe después de 5 horas de proceso osmótico.

Ecotipo	°Brix Inicial	°Brix Final (*)	Δ °Brix
TR	50	42,92	- 7,08
	60	44,90	- 15,10
	70	41,75	- 28,25
T2	50	43,50	- 6,50
	60	45,00	- 15,00
	70	42,38	- 27,62

(*): Promedio de tres repeticiones

Cuadro 15. Variación del peso y humedad de la cocona después de 5 horas de proceso osmótico a diferentes niveles de °brix del jarabe.

Ecotipo	°Brix Inicial	Peso Inicial (gr.)	Peso Final (gr.) (*)	Δ Peso	% Humedad Final (b.h.) (*)
	50	100,00	92,78	- 7,22	65,84
TR	60	100,00	100,69	+ 0,69	64,70
	70	100,00	101,20	+ 1,20	58,83
	50	100,00	90,02	- 9,98	65,68
T2	60	100,00	100,66	+ 0,66	64,14
	70	100,00	100,95	+ 0,95	57,10

(*): Promedio de 3 repeticiones

Del cuadro 14, observamos que la mayor disminución de °brix se da cuando la concentración inicial de jarabe es alta, debido a que a concentraciones altas la deshidratación es más efectiva, según lo indicado por Farkas *et al.*, (1969); citado por BASILIO (1997); en cambio a 50°Brix existe menor disminución ya que a concentraciones bajas la deshidratación es más lenta.

En el cuadro 15, observamos que a 50°Brix el peso disminuye, debido a que durante la osmodeshidratación la pérdida de agua es mayor a la entrada de azúcar; pero a 60°Brix y 70°Brix se observa el incremento de peso, existiendo similar cantidad de ingreso de

azúcar y salida de agua; pero también se observa una mayor disminución de la humedad, debido a que el ingreso de azúcar y la salida de agua es elevado. Así mismo la cocona T2 comparado con el TR tiene el valor de la humedad ligeramente menor, debido a que el espesor es menor permitiendo mayor salida de agua.

También, observamos que a 50°Brix la humedad final es alta, requiriendo más tiempo en la deshidratación por aire caliente para llegar a la humedad intermedia, constituyendo un factor perjudicial tanto nutritiva como económicamente.

2. Pruebas finales

a. Determinación del ecotipo adecuado

La variación de los grados brix y humedad en el ecotipo de cocona, como medida de velocidad de deshidratación, se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16. Variación de los °brix y humedad de la cocona.

Ecotipo	°Brix inicial	°Brix final (*)	Δ °Brix	% Humedad Final (b.h.) (*)
TR	6,00	49,08	+ 40,63	47,21
T2	4,83	46,63	+ 44,25	46,62

(*) Promedio de tres repeticiones

De los resultados del cuadro 16, observamos que la cocona T2 de menor espesor tiene menor ingreso de azúcar y mayor disminución de humedad, ya que el tamaño y forma de los alimentos también resultan importantes en la transferencia de masa debido a diferentes áreas superficiales o relación superficie—espesor (SHARMA, 2000).

En el cuadro 39, anexo V; observamos que para los tres atributos en los bloques no hay diferencia significativa, lo que indica homogeneidad en la calificación por parte de los panelistas. En cuanto a los tratamientos para los atributos de color y textura no existe diferencia significativa y en lo que respecta a apariencia general existe diferencia significativa para los dos ecotipos.

Del cuadro 40, anexo V; se puede afirmar que para los atributos color y textura todos los tratamientos son iguales; y en apariencia general el TR es diferente estadísticamente del T2, el cual ocupa el último lugar.

Podemos afirmar, que para el color y textura los tratamientos son iguales estadísticamente para los dos ecotipos de cocona; y en cuanto a la apariencia general hay diferencia estadística en los dos ecotipos TR y T2; comprobándose una notoria preferencia de parte de los panelistas por la cocona TR ya que presenta uniformidad de pulpa tal como se describe en el cuadro 6, y a la vez el ecotipo T2 presenta heterogeneidad en el espesor de la pulpa.

b. Sulfitado

La evaluación organoléptica por 12 panelistas para el efecto del sulfitado se muestra en el anexo XIII, y el análisis de varianza y la prueba de Tuckey se muestran en el cuadro 41 y 42, del anexo VI,

Según los resultados del cuadro 41, anexo VI; en los tres atributos de los bloques no existe diferencia significativa, lo que indica homogeneidad en las evaluaciones por parte de los panelistas. En cuanto a sabor y apariencia general no hay diferencia significativa; pero en lo que se refiere a color si hay diferencia significativa entre los tratamientos del sulfitado.

En la prueba de Tuckey, cuadro 42, anexo VI; se observa que en apariencia general todos los tratamientos son iguales estadísticamente, es decir el sulfitado no tiene influencia. En cuanto al color los tratamientos T_2 , T_1 y T_3 son iguales, siendo el T_0 el peor tratamiento; lo que nos indica que cuando no se usa bisulfito de sodio las tiras de cocona se pardean. Para el atributo sabor el mejor tratamiento es cuando no se usa bisulfito de sodio (T_0), que a su vez es igual a T_2 y T_1 ; y el peor tratamiento es el T_3 cuando se usa 0,4% de bisulfito de sodio; pero al mismo tiempo es igual a T_1 y T_2 .

Se puede afirmar que el sulfitado en la apariencia general no tiene influencia; y para el atributo color existe mayor preferencia cuando se utiliza 0,3 y 0,4 % de bisulfito de sodio, el cual protege el pardeamiento durante la deshidratación por aire caliente. En cuanto

al sabor estadísticamente la preferencia va disminuyendo a medida que se aumenta la concentración de bisulfito de sodio hasta 0,4%; teniendo mayor preferencia cuando no se usa este conservante.

c. Deshidratación osmótica

En el cuadro 17, se muestran los resultados de la variación de peso durante la osmodeshidratación renovando el jarabe cada media hora, con relación 1:3 pulpa jarabe, para los diferentes tratamientos. La representación gráfica de estos resultados se muestra en la figura 3.

Cuadro 17. Efecto de la concentración del jarabe en la variación de peso de la cocona, durante la deshidratación osmótica.

Tiempo (min.)	Peso del producto (gr.) (*)		
	50 °Brix	60 °Brix	70 °Brix
00	100,00	100,00	100,00
30	104,50	103,81	104,88
60	104,96	104,18	105,60
90	105,07	104,56	106,06
120	104,69	104,80	106,22
150	104,03	105,13	106,02
180	103,65	104,83	105,74
210	103,43	104,66	105,68
240	103,16	104,48	105,35
270	102,91	104,33	105,07
300	102,56	104,10	104,82
330	102,21	103,84	104,37
360	102,10	103,43	103,98
390	101,84	103,17	103,67
420	101,63	102,96	103,59

(*): Promedio de tres repeticiones

En el cuadro 17, podemos observar que a 50°Brix el peso aumenta rápidamente y luego desciende, debido a que a esta concentración la velocidad de deshidratación es menor que el ingreso de sólidos.

Cuando aumenta la concentración del jarabe, existe un rápido incremento de peso, debido al aumento de la presión sobre la fruta; luego empieza una lenta disminución a medida que la velocidad de deshidratación va disminuyendo.

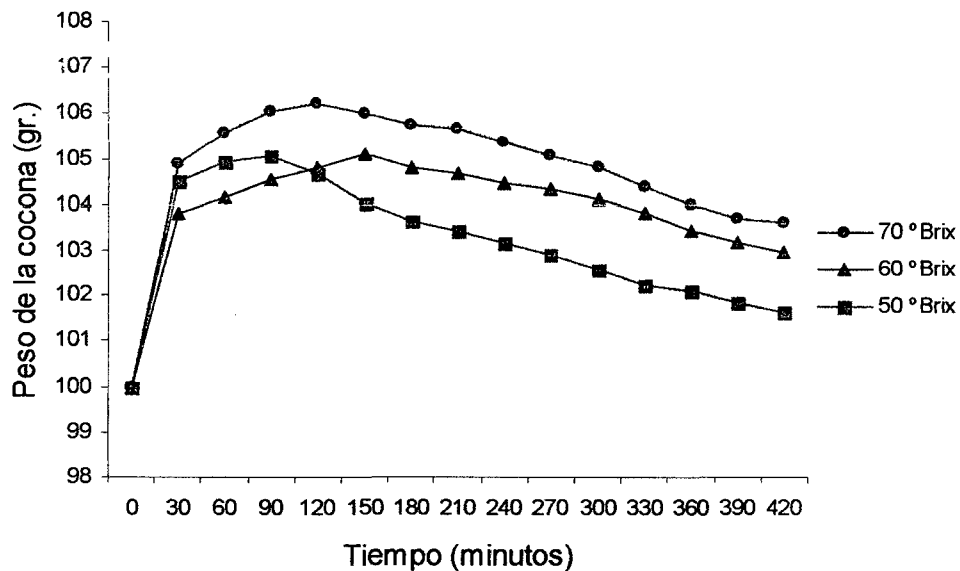


Figura 3. Variación de peso de la cocona durante la deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de jarabe.

En la figura 3 observamos que la diferencia de pérdida de peso para los tratamientos de 60°Brix y 70°Brix a 360 minutos no es muy notoria; por lo que se puede usar jarabes de estos rangos dependiendo de los factores económicos mencionados por Hawkas y

Flink, 1978; citado por FERNÁNDEZ (1992) y la disposición de equipos que nos permite realizar la reconcentración del jarabe (BOLIN *et al.*, 1983).

Cuadro 18. Efecto de la concentración del jarabe en la variación de los °brix de la cocona, durante la deshidratación osmótica.

Tiempo (min.)	°Brix de la cocona (*)		
	50°Brix	60°Brix	70°Brix
00	6,00	6,00	6,00
30	23,50	28,00	32,92
60	27,58	30,42	36,42
90	30,17	34,67	41,33
120	31,75	37,33	44,08
150	33,50	41,17	47,83
180	36,67	43,25	51,17
210	39,00	45,67	54,17
240	42,08	48,17	56,50
270	43,92	50,08	58,08
300	46,00	52,50	61,17
330	46,75	54,08	63,17
360	47,12	56,17	65,00
390	47,42	57,17	66,92
420	48,17	57,83	67,17

(*) Promedio de 3 repeticiones

En el cuadro 18 y con mayor claridad en la figura 4, se observa que a concentraciones de 60 y 70°Brix del jarabe, la variación de grados brix de la cocona es inicialmente muy alta, y a medida que va pasando el tiempo se va estabilizando, coincidiendo este fenómeno encontrado por QUINTANA, (1988) en la osmodeshidratación de ciruelas.

A la concentración de 70°Brix del jarabe, se necesita mayor tiempo para alcanzar el equilibrio, iniciando con un alto incremento y luego va disminuyendo el ingreso de sólidos; debiéndose a la formación de costra en la superficie por la alta concentración evitando de esta manera la transferencia de masa.

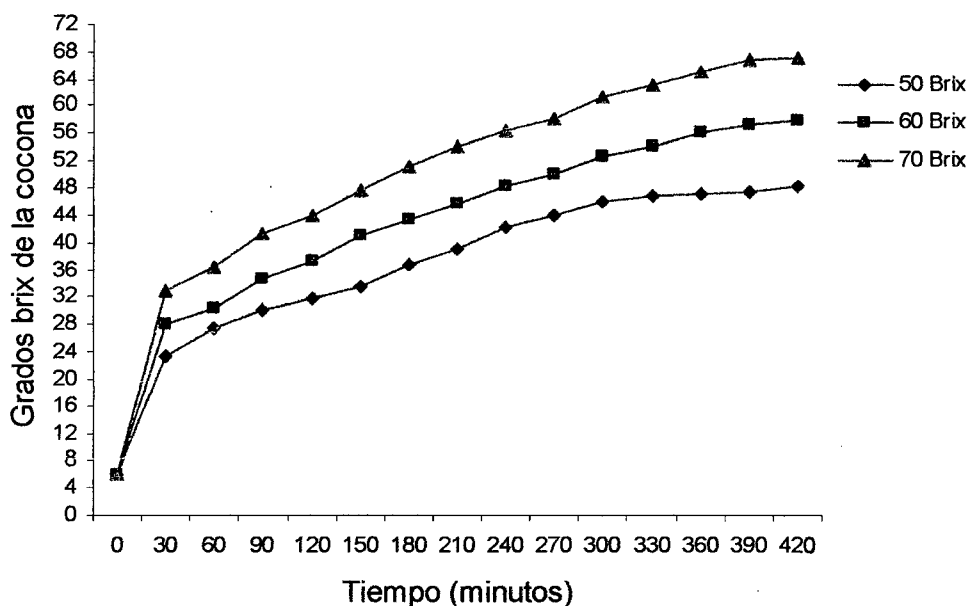


Figura 4. Variación de los grados brix de la cocona durante la deshidratación osmótica a diferentes concentraciones de jarabe.

De los tratamientos evaluados, se deduce que se puede variar la concentración entre 60°Brix y 70°Brix de acuerdo a la velocidad de deshidratación que deseamos, ya que cuánto más alta es la concentración del jarabe más rápida es la velocidad de deshidratación.

Cuadro 19. Variación de los grados brix del jarabe, durante la deshidratación osmótica de la cocona.

Tiempo (min.)	°Brix del jarabe (*)					
	50°Brix		60°Brix		70°Brix	
	°Brix	°dil.	°Brix	°dil.	°Brix	°dil.
00	50,00	----	60,00	----	70,00	----
30	46,92	3,08	54,50	5,50	65,42	4,58
60	47,67	2,33	55,67	4,33	66,08	3,92
90	48,17	1,83	56,92	3,08	66,67	3,33
120	48,33	1,67	57,25	2,75	67,33	2,67
150	48,58	1,42	57,50	2,50	67,75	2,25
180	48,75	1,25	58,17	1,83	67,92	2,08
210	48,75	1,25	58,50	1,50	68,25	1,75
240	49,00	1,00	58,58	1,42	68,50	1,50
270	49,33	0,67	59,00	1,00	69,00	1,00
300	49,50	0,50	59,25	0,75	69,50	0,50
330	49,67	0,33	59,58	0,42	69,67	0,33
360	49,83	0,17	59,75	0,25	69,75	0,25
390	49,92	0,08	59,83	0,17	69,75	0,25
420	49,92	0,08	59,83	0,17	69,75	0,25

(*) Promedio de 3 repeticiones

En el cuadro 19, observamos una alta variación de los grados brix durante las primeras 4:30 horas al igual que la dilución; por lo que a partir de las 5:00 horas se podría aumentar el tiempo para cambiar el jarabe para las concentraciones de 60°Brix y 70°Brix; porque los grados de dilución son menores a 1°dil.

d. Inmersión en solución de pectina

La variación de la humedad en la cocona como medida de la velocidad de deshidratación, se muestra en el cuadro 20.

Cuadro 20. Variación de humedad a diferentes operaciones.

% Humedad inicial (b.h.) (*)	% Humedad ósmosis (b.h.) (*)	% Humedad inmersión (b.h.) (*)	% Humedad secado a 65°C (b.h.) (*)
91,96	47,52	41,87	15,31

(*) Promedio de 3 repeticiones

Del cuadro anterior, se observa que la aplicación de la película de pectina disminuye la humedad; por lo tanto se necesitará menor tiempo para el secado por aire caliente, comparado sin la aplicación de pectina. Así mismo mejora el sabor y aroma característico de cocona; coincidiendo que la pectina tiene la propiedad de retención de la humedad, encapsular sabores y es posible la reducción de costo de producción, tal como menciona MIRANDA, (2002).

e. Secado

Se determinó la pérdida de humedad de la cocona osmodeshidratada en función al tiempo de secado, mostrado en el cuadro 21 y la representación grafica en la figura 5.

Cuadro 21. Variación de la humedad en base seca durante el secado de cocona osmodeshidratada a diferentes temperaturas.

Tiempo (min.)	Humedad en Base Seca (H.B.S.)		
	60°C	65°C	70°C
0	72,03	72,03	72,03
10	64,16	62,13	60,03
20	56,26	54,57	52,22
30	53,81	47,91	40,62
40	48,57	41,35	35,12
50	37,16	35,45	31,71
60	32,33	30,79	29,45
70	28,60	26,60	22,81
80	26,98	22,98	18,45
90	24,83	19,68	15,04
100	22,58	16,70	12,88
110	18,56	13,89	10,19
120	15,28	11,66	9,19
130	13,88	9,85	8,27

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos decir, que cuando se incrementa la temperatura, la velocidad de secado aumenta proporcionalmente y que en todo el proceso se muestra una velocidad de deshidratación decreciente, tal como se observa en la figura 5, necesitándose un tiempo de 120 minutos para 60°C; para 65°C 105 minutos aproximadamente y para 70°C se requiere 90 minutos; para obtener la humedad mínima de los alimentos de humedad intermedia de 15% H.B.S., manifestado por TORRES, (1991).

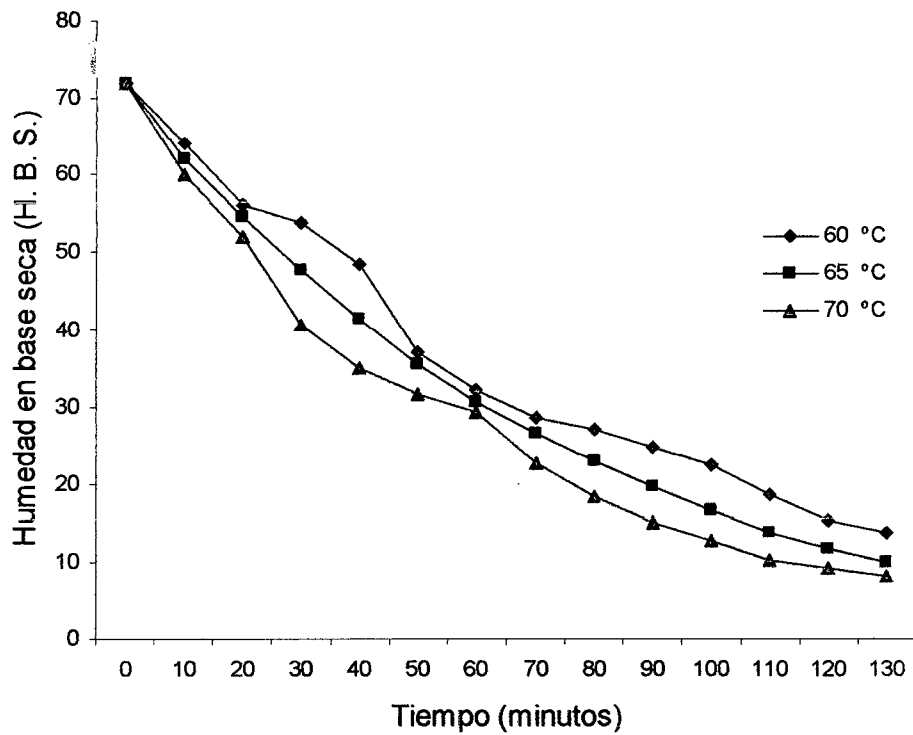


Figura 5. Variación de la humedad de la cocona osmodeshidratada, durante el secado por aire caliente a diferentes temperaturas.

3. Obtención del producto final

a. Flujograma de operaciones para la obtención de la cocona osmodeshidratada

En la figura 6 se presenta el flujograma de operaciones definitivo para la obtención de cocona osmodeshidratada.

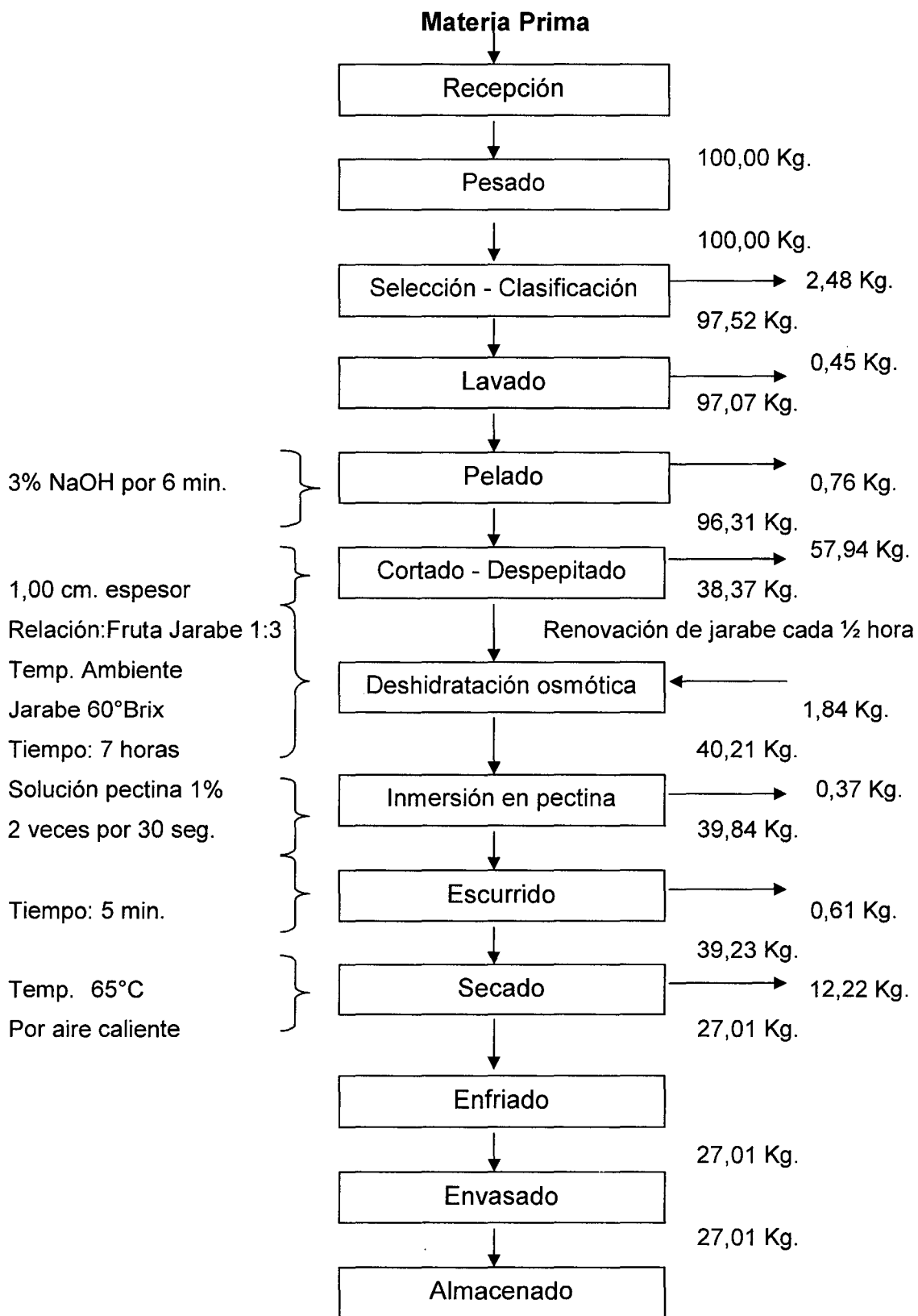


Figura 6. Flujograma de operaciones definitivo para la obtención de cocona osmodeshidratada.

b. Definición del flujograma

- **Recepción de materia prima**

Se recibieron coconas en estado fresco TR pintonas.

- **Pesado**

Se pesó la cocona con el fin de determinar el rendimiento por operación y por proceso durante la osmodeshidratación de la cocona.

- **Selección – Clasificación**

Se realizó teniendo en cuenta el estado de madurez, tamaño, condiciones sanitarias y ecotipos; eliminándose las que no presentaban las condiciones requeridas.

- **Lavado**

Se realizó manualmente por inmersión directa en agua corriente; con la finalidad de disminuir la carga microbiana y separar sustancias extrañas adheridas a la cocona.

- **Pelado**

Considerando lo que menciona LLERENA (2002), se realizó el pelado químico con hidróxido de sodio al 3%, por espacio de 6 minutos.

- **Cortado – Despepitado**

Se realizó en forma manual con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable, cortando a la cocona en mitades, obteniendo tiras y eliminándose las semillas y mucílago.

- **Deshidratación osmótica**

Se realizó por inmersión de la cocona en jarabe de jugo de cocona, con la finalidad de que la cocona pierda humedad y adquiera la concentración necesaria de azúcar; manteniendo la relación cocona jarabe de 1:3 a temperatura ambiente, deshidratándose por ósmosis durante 7 horas a 60°Brix cambiando cada media hora por un jarabe nuevo o reconcentrado.

- **Inmersión en solución de pectina**

Las tiras de cocona se sumergieron en una solución de pectina al 1% 2 veces por 30 segundos, fue con la finalidad de retener el sabor y aroma.

- **Escurrido**

Se escurrió por 5 minutos, transcurrido este tiempo se retiró de la rejilla, se secaron superficialmente las tiras de cocona con papel absorbente.

- **Secado por aire caliente**

Las tiras de cocona osmodeshidratadas fueron colocadas en forma uniforme en bandejas metálicas, e introducidas en un deshidratador eléctrico con flujo de aire caliente a 65°C por 105 minutos.

- **Enfriado**

Las tiras de cocona osmodeshidratadas fueron retiradas del deshidratador y enfriadas a temperatura ambiente (26°C).

- **Envasado**

El producto fue envasado en bolsas de polietileno de alta densidad N° 2 y fue sellado térmicamente.

- **Almacenado**

Se almacenó por el periodo de 90 días a temperatura ambiente (26°C) y a refrigeración (6°C) para su evaluación respectiva.

c. Balance de materia y determinación del rendimiento

En la figura 6 y en el cuadro 22 se muestra el balance de materia y los rendimientos por operación y por proceso; iniciándose éste con 100 Kg. de cocona TR pintona, obteniéndose 27,01 Kg. de cocona osmodeshidratada, secada hasta un 14,25% h.b.h. La operación de mayor rendimiento fue la deshidratación osmótica con 104,80% y la de menor rendimiento fue el cortado – despepitado con 39,84%.

Cuadro 22. Balance de materia y determinación del rendimiento en la deshidratación osmótica de la cocona.

OPERACIÓN	MATERIA EN MOVIMIENTO			RENDIMIENTO	
	Ingresas	Sale	Continua	R. O. (%)	R. P. (%)
	Kg.	Kg.	Kg.		
Pesado	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00
Selec.- Clasif.	100,00	2,48	97,52	97,52	97,52
Lavado	97,52	0,45	97,07	99,54	97,07
Pelado	97,07	0,76	96,31	99,22	96,31
Cortado Tiras	96,31	57,94	38,37	39,84	38,37
Desh. Osmosis	38,37	0,00	40,21	104,80	40,21
	+ 1,84				
Inm Pectina	40,21	0,37	39,84	99,08	39,84
Escurreido	39,84	0,61	39,23	98,47	39,23
Secado	39,23	12,22	27,01	68,85	27,01
Enfriado	27,01	0,00	27,01	100,00	27,01
Envasado	27,01	0,00	27,01	100,00	27,01

R. O.: Rendimiento por operación

R. P.: Rendimiento por proceso

4. Caracterización del producto final.

a. Caracterización químico proximal y fisicoquímica del producto terminado

En los cuadros 23 y 24, se muestra los resultados de los análisis químicos proximales y fisicoquímicos de la cocona osmodeshidratada.

Cuadro 23. Resultado del análisis químico proximal de la cocona osmodeshidratada, en base a 100 g de parte comestible.

Componentes	%
Humedad	16,61
Proteína	1,64
Carbohidratos	81,29
Grasa	0,17
Fibra	1,60
Ceniza	0,75

En el cuadro 23, se muestran los componentes de la cocona osmodeshidratada, existiendo variación con respecto a la materia prima ya que estos se expresan sobre materia seca.

El contenido de fibra se incrementa de 0,30% a 1,60% esto hace suponer que hay mayor cantidad de sustancias indigeribles. La humedad fue reducida a 14,25% debido al proceso osmótico, produciéndose un incremento de sólidos solubles en la cocona y también al proceso de secado por aire caliente.

Cuadro 24. Resultado del análisis fisicoquímico de la cocona osmodeshidratada.

Características fisicoquímicas	Valores
Acidez Titulable (1)	0,33
pH	3,42
Sólidos solubles (°Brix)	69,50
Vitamina C (2)	3,76
Azúcares Reductores (3)	20,92

(1): ml. NaOH / 100 ml. muestra

(2): mg. ácido ascórbico / 100 gr. muestra

(3): mg. glucosa / 100 gr. muestra

Según los resultados del cuadro 24 podemos afirmar, que el contenido de vitamina C se redujo de 4,17 mg/100 g de la cocona TR pintona a 3,76 mg./100 g para la cocona osmodeshidratada; debido a que la vitamina C es termolábil e inestable y puede ser degradada por oxidación y térmicamente; y según BRENAN, (1980) el ácido ascórbico es soluble en agua y se pierde fácilmente por lixiviación de las superficies cortadas o trituradas de los alimentos.

Los azúcares reductores se incrementaron de 1,21% a 20,92% en la cocona osmodeshidratada, debido al incremento de azúcares y a la inversión del mismo posiblemente por la adición de ácido cítrico.

b. Análisis microbiológico

Según los resultados microbiológicos (cuadro 25), éstos se encuentran dentro de los límites permitidos, asegurando no contener microorganismos perjudiciales al organismo humano.

Cuadro 25. Evaluación microbiológica al inicio del almacenamiento de la cocona osmodeshidratada.

ANALISIS	Recuento
Numeración de Microorganismos Aerobios Viables (NMAV)	< 10 u. f. c. / g
Numeración de Mohos y Levaduras (NMH)	< 10 u. f. c. / g

c. Aceptación organoléptica de la cocona osmodeshidratada.

En el cuadro 26, se muestran los resultados de la prueba de aceptación organoléptica evaluada por 50 panelistas.

Cuadro 26. Resultado de la evaluación organoléptica de aceptación.

Nivel de Evaluación	Panelistas
Excelente	2
Bueno	44
Medio	4
Pobre	0
Muy pobre	0
Eliminados	0

De acuerdo al cuadro 27, se puede determinar los porcentajes de aceptabilidad (P. A.).

$$P.A. = \frac{N^{\circ} \text{ de panelistas que aceptan}}{N^{\circ} \text{ de panelistas totales}} \times 100$$

Para un nivel de excelente tenemos: P. A = 4 %

Para un nivel de bueno tenemos: P. A. = 88 %

Para un nivel de medio tenemos: P. A. = 8 %

Y para el nivel de aceptabilidad tenemos: P. A. = 100 %

Del cuadro anterior, se afirma que el porcentaje de aceptabilidad es al 100%, no existiendo rechazo por los panelistas, tal como menciona BOLIN *et al.*, (1983) que la osmodeshidratación mejora el sabor global y la textura del producto.

d. Determinación de la isoterma de sorción – actividad de agua.

En el cuadro 27, se muestran los resultados del contenido de humedad de equilibrio en base seca de la cocona osmodeshidratada a diferentes actividades de agua (A_w) a 26°C, el mismo que es representada gráficamente en la figura 7.

Ajustándose al modelo G.A.B. ya que se reporta por tener un notable ajuste sobre un amplio rango de actividad de agua (0,00 – 0,90) y una mejor evaluación de la cantidad de agua ligada; comparado con

el modelo B.E.T. que tiene un rango de 0,00 – 0,40; según CHIRIFE, (1985).

Cuadro 27. Humedad de equilibrio (26°C) de la cocona osmodeshidratada.

Sales	Actividad de Agua	% Humedad en Base Seca (Hu) (*)
Cloruro de Litio	0,1130	5,789
Cloruro de Magnesio	0,3307	14,421
Yoduro de Potasio	0,6886	28,801
Cloruro de Sodio	0,7529	35,279
Nitrato de Potasio	0,9558	59,621
Agua Destilada	1,000	93,735

(*) Promedio de tres repeticiones

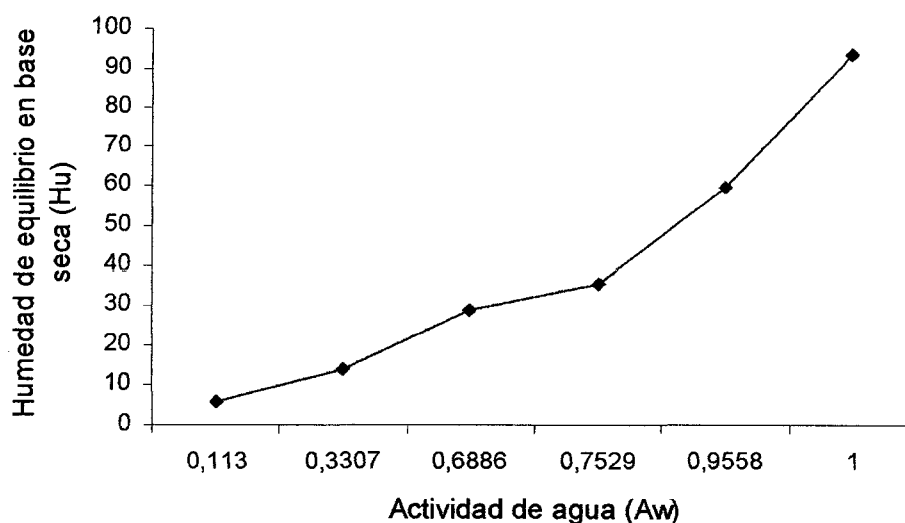


Figura 7. Isoterma de sorción de la cocona osmodeshidratada.

Cuadro 28. Análisis de varianza del modelo G. A. B.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc.	Prob.	Signif.
Modelo	2	1,1550	0,5775	21,6315	0,0165	*
Error	3	0,0801	0,0267			
TOTAL	6	1,2351	0,6042			

R² : 93,52 %

Modelo : $Y = AX^2 + BX + C$

Modelo G. A .B. : $Aw/Hu = \alpha Aw^2 + \beta Aw + \gamma$

$$Aw/Hu = -4,698023 Aw^2 + 4,483814 Aw + 1,445381$$

Con la ecuación de G.A.B. y la humedad de la cocona osmodeshidratada con 14,25% h. b. h. ó 16,61% h. b. s., se calculó la actividad de agua (Aw) obteniéndose el valor de 0,41 para la cocona osmodeshidratada, lo que nos indica que es un alimento seco, ya que no contiene más de 25% de humedad y tienen una Aw comprendida entre 0,00 y 0,60; tal como menciona JAY, (1994).

5. Evaluación durante el almacenamiento

a. Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos de la cocona osmodeshidratada a los 90 días de almacenamiento evaluada a temperatura ambiente (26°C) y a refrigeración (6°C), se muestran en los cuadros 29 y 30 respectivamente.

Cuadro 29. Evaluación microbiológica de la cocona osmodeshidratada a los 3 meses de almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).

ANALISIS	Recuento
Numeración de Microorganismos Aerobios Viables (NMAV)	1,50 x 10 ² u. f. c. / g
Numeración de Mohos y Levaduras (NML)	85,00 x 10 ² u. f. c. / g
Numeración de Coliformes (NMP)	Ausencia

Cuadro 30. Evaluación microbiológica de la cocona osmodeshidratada a los 3 meses de almacenamiento a refrigeración (6°C).

ANALISIS	Recuento
Numeración de Microorganismos Aerobios Viable (NMAV)	1,00 x 10 ² u. f. c./g
Numeración de Mohos y Levaduras (NML)	0,50 x 10 ² u. f. c./g
Numeración de Coliformes (NMP)	Ausencia

Los resultados obtenidos en general no sobrepasan los límites permitidos, sólo en el caso de NML que llega hasta 85,00 x 10² u. f. c./g; aún sin el uso de bisulfito de sodio durante el almacenamiento. En la prueba del NMP no hubo crecimiento tanto a temperatura

ambiente como a refrigeración. En cuanto a la prueba de NML el mayor crecimiento lo obtuvo almacenando a temperatura ambiente llegando hasta $85,00 \times 10^2$ u. f. c./g; mientras que en refrigeración solo creció hasta $0,50 \times 10^2$ u. f. c./g; estos valores no sobrepasan la carga microbiana aceptada para confituras que es de $0,2 \times 10^3$ u. f. c./g; y que además las levaduras necesitan una humedad de 20% a más tal como indica MOSELL, (1985); y que la humedad de la cocona osmodeshidratada al final del almacenamiento llegó sólo a 17,84% como máximo almacenando a refrigeración.

Obteniendo a refrigeración el menor crecimiento de microorganismos, ya que como menciona FELLOWS, (1994), la reducción de temperatura por debajo de la temperatura mínima para el crecimiento microbiano prolonga el tiempo de duplicación y de hecho evita o retrasa su proliferación.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede afirmar que la cocona osmodeshidratada microbiológicamente es apta para el consumo humano.

b. Análisis fisicoquímico

En los cuadros 31 y 32, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico almacenada a temperatura ambiente (26°C) y refrigeración (6°C) respectivamente; en donde se observa la variación de algunos parámetros durante los 90 días de

almacenamiento, que a partir de ello se puede determinar la estabilidad del producto final. La acidez titulable y el pH se van incrementando; tal como establece BRAVERMAN, (1980) esto es debido a la disociación de ácidos por efecto de la temperatura durante el almacenamiento.

Con respecto a la humedad que se incrementa desde 14,247% a 15,999% almacenado a 26°C; y cuando se almacena a 6°C se incrementa hasta 17,837%; comprobándose que el producto todavía se encuentra en condiciones estables al final del almacenamiento; permaneciendo dentro del rango aceptado por el ITINTEC, (1985).

En cuanto a los azúcares reductores aumenta de 20,918%, llegando en el producto final a 27,960% almacenado a 26°C; siendo este valor el mayor comparando con el obtenido de 25,091% almacenado a 6°C, lo que quiere decir que la temperatura protege la inversión de la sacarosa, pero a pesar de ello dicha inversión continua lentamente.

Los valores obtenidos de vitamina C disminuye de 3,755 mg./100 g a 3,009 mg./100 g, la de mayor pérdida es el almacenado a 26°C; y almacenando a 6°C disminuye a 3,104 mg./100gr.; comprobándose que la temperatura baja protege la degradación; pero además como menciona BRAVERMAN, (1980), el ácido ascórbico se degrada incluso a bajos contenidos de humedad.

Almacenando a refrigeración se obtiene menos degradación de los componentes en estudio, ya que como menciona FELLOWS, (1994) la refrigeración es aquella operación unitaria en la que el producto se mantiene entre -1°C y 8°C , y que se utilizan dichas temperaturas para reducir la velocidad de las transformaciones microbianas y bioquímicas que en el alimento tiene lugar, prolongando de esta manera la vida útil.

Cuadro 31. Análisis de la cocona osmodeshidratada durante el almacenamiento a temperatura ambiente (26°C).

ANÁLISIS	0 Día	15 Días	30 Días	45 Días	60 Días	75 Días	90 Días
Azúcares Reductores (%)	20,918	21,596	22,034	23,276	24,380	26,539	27,960
Vitamina C (mg. / 100 g)	3,755	3,698	3,528	3,467	3,415	3,168	3,009
Sólidos Solubles (°Brix)	69,500	69,250	70,000	69,750	70,250	70,500	70,750
Humedad (H. B. H. %)	14,247	14,377	14,562	14,811	15,579	15,741	15,999
pH	3,423	3,480	3,500	3,527	3,57	3,607	3,603
Acidez Titulable (% Ácido Cítrico)	0,327	0,335	0,342	0,348	0,356	0,363	0,364

Cuadro 32. Análisis de la cocona osmodeshidratada durante el almacenamiento a refrigeración (6°C)

ANÁLISIS	0 Día	15 Días	30 Días	45 Días	60 Días	75 Días	90 Días
Azúcares Reductores (%)	20,918	21,230	21,419	21,965	22,084	23,640	25,091
Vitamina C (mg. / 100 g)	3,755	3,725	3,614	3,524	3,467	3,293	3,104
Sólidos Solubles (°Brix)	69,500	69,750	69,750	70,000	70,000	70,250	70,500
Humedad (H. B. H. %)	14,247	14,727	15,485	16,153	16,865	17,494	17,837
pH	3,423	3,420	3,423	3,460	3,500	3,523	3,555
Acidez Titulable (% Ácido Cítrico)	0,327	0,325	0,332	0,338	0,346	0,353	0,358

c. Evaluación organoléptica

En los cuadros 43 y 44, anexo VII; se presentan los resultados de la evaluación sensorial, análisis de varianza y prueba de Tuckey respectivamente, con 15 panelistas utilizando la ficha mostrada en el anexo XV, para el efecto de la temperatura durante el almacenamiento, y cuyo resultado se muestra en el anexo XVIII.

Los datos obtenidos en el cuadro 43, anexo VII; se sometió a la prueba estadística de Tuckey con la finalidad de ver si existe diferencia entre las dos temperaturas de almacenamiento.

Con los resultados del cuadro 44, anexo VII; se puede afirmar que no existe diferencia estadística entre las dos muestras de cocona osmodeshidratada almacenadas por 90 días a temperatura ambiente y a refrigeración.

6. Determinación de la difusividad efectiva

Se tomó en cuenta las condiciones del proceso usado para la obtención de la cocona osmodeshidratada a temperatura ambiente y la concentración de jarabe a 60°Brix.

El acondicionamiento se realizó por 6 días consecutivos siendo la relación cocona jarabe de 1:10; con la finalidad de que los grados brix no disminuya notablemente durante el tiempo de inmersión, para lo cual se

inició con una concentración de 10°Brix para el primer día y luego se fue aumentando gradualmente de 10°Brix cada día hasta llegar a 50°Brix.

Una vez llegado a los 50°Brix, se sumergió en jarabe de 60°Brix por 30 horas; transcurrido este tiempo, los trozos de cocona fueron cortados en tajadas delgadas de 2 mm. de espesor, y a cada una de ellas se les midió la concentración de grados brix.

En el cuadro 45, anexo VIII; se muestran los resultados de las evaluaciones y la variación de la ganancia de sólidos solubles en función de la distancia se muestra en figura 8.

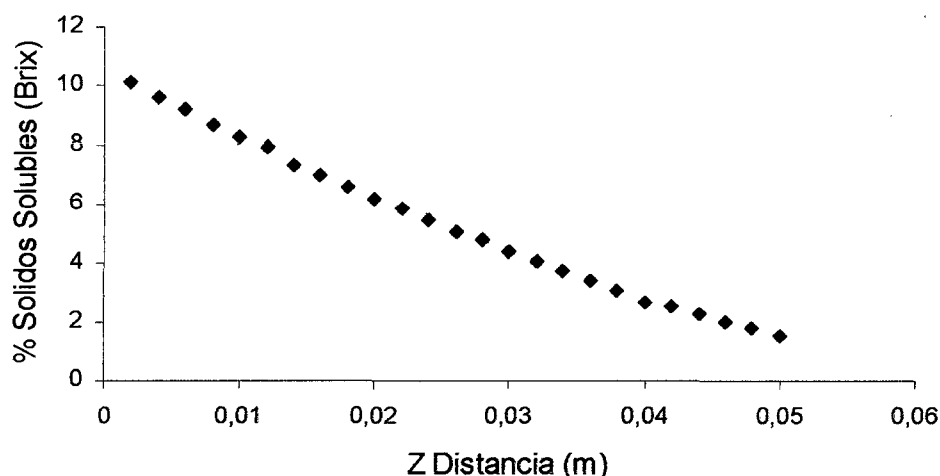


Figura 8. Variación de sólidos solubles de la cocona en función de la distancia.

En el cuadro 45 anexo VIII; se observa que la difusividad efectiva del jarabe de jugo de cocona en la cocona es $6,0195 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, el cual es

mayor al obtenido por BASILIO, (1997) para el jarabe de azúcar invertido en zanahoria que es de $5,608 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

El valor ligeramente mayor de la difusividad efectiva del azúcar invertido contenido en el jarabe de jugo de cocona, se debe a que el tamaño de las moléculas de azúcar invertido es menor frente al de la sacarosa, haciendo que la difusividad aumente, tal como menciona Bolin *et al.*, (1983), y Chandrasekaron y King; citado por LERICE *et al.*, (1977); además, la presión osmótica ejercida por el jarabe, mencionado por SCHWARTZ *et al.*, (1999) quienes establecen que la pérdida de agua y ganancia de sólidos aumentó cuando utilizaron jugo de manzana con 67°Brix y jarabe de maíz con alto DE por su presión osmótica comparado con jarabe de sacarosa ; y también a la alta temperatura sometida durante el pelado químico influye con el aumento de la difusividad puesto que por encima de 50°C tiene lugar la desnaturalización de las membranas celulares, y al quedar libre el contenido celular la difusividad se incrementa como lo establece Schwartberg y Yue, 1982; citado por FERNANDEZ, (1992).

V. CONCLUSIONES

1. Las características más importantes de la cocona fueron las siguientes:
 - La cocona ecotipo T2 madura presenta 5,16 mg de ácido ascórbico/100 g parte comestible, siendo el mayor contenido al estado maduro para los dos ecotipos, constituyendo un buen potencial de vitamina C.
 - La cocona ecotipo TR presenta uniformidad en las dimensiones biométricas teniendo mejor aspecto que el ecotipo T2.

2. Es posible la obtención de cocona osmodeshidratada, siguiendo el flujograma de procesamiento siguiente:
 - Selección y clasificación (Ecotipo TR pintona sana de forma y tamaño uniforme).
 - Lavado. Manual, con agua corriente.
 - Pelado químico, con NaOH al 3,00% por 6 minutos.
 - Cortado en tiras de 5 – 6 cm. de largo por 1,00 cm. de ancho; y despepitado manual.
 - Deshidratación por ósmosis. Relación peso cocona jarabe 1:3; temperatura ambiente; concentración del jarabe: 60°Brix, renovando o reconcentrado cada ½ hora; tiempo: 7 horas.
 - Inmersión en solución de pectina al 1%, 2 veces por 30 segundos.
 - Escurrido por 5 minutos.
 - Secado en aire caliente: Temperatura: 65°C aprox.; tiempo: 105 minutos.

V. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio técnico económico para la instalación de una planta de procesamiento para la osmodeshidratación de frutas y vegetales.
2. Realizar estudios de optimización del reconcentrado y reutilización como aromatizantes y endulzantes en la elaboración de otros productos alimenticios del jarabe utilizado en la deshidratación osmótica de la cocona.
3. Realizar estudios del jugo de cocona sobre la elaboración de productos tales como helado, licores, obtención de carotenos ya que representa un alto porcentaje de la materia prima.
4. Realizar estudios de deshidratación osmótica con diferentes agentes osmóticos (sacarosa, lactosa, dextrosa, jarabe de maíz, sorbitol, glicerol, maltodextrina); temperaturas, presión, agitación, razón alimento vs alimentos, tiempos y dimensiones geométricas.
5. Determinar la difusividad de los aditivos alimenticios (bisulfito de sodio, sorbato de potasio, benzoato de sodio, etc.) utilizados en el procesamiento de frutas.

- Enfriado a temperatura ambiente (26°C aprox.).
 - Envasado en bolsa de polietileno de alta densidad N°. 2 y sellado térmicamente.
3. La difusividad efectiva del azúcar invertido del jugo de cocona en la cocona es de $6,0195 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, ligeramente mayor que el azúcar invertido en la zanahoria, por lo cual la deshidratación osmótica es más rápido.
4. Las características más importantes de la cocona osmodeshidratada fueron las siguientes:
- 14,25% de humedad; 1,64% de proteína; 81,29% de carbohidratos; 0,17% de grasa; 1,60% de fibra y 0,75% de ceniza.
 - La humedad se encuentra dentro del rango para alimentos de humedad intermedia y la A_w (0,41) por debajo de este tipo de alimentos.
 - La isoterma de sorción se ajusta al modelo G. A. B.:
$$Aw/Hu = -4,698023 Aw^2 + 4,483814 Aw + 1,445381; R^2 = 93,52\%$$
 - El rendimiento del proceso de elaboración de cocona osmodeshidratada según las condiciones trabajadas fue de un 27,01% mostrando un significativo valor agregado.
 - El análisis sensorial al final del almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración fueron aceptables, no existiendo diferencia estadística entre ambas temperaturas.

VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó en los Laboratorios de Análisis de Alimentos, Química, Análisis Sensorial y Microbiología General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María; en el periodo de Septiembre del 2004 a Marzo del 2005, con la finalidad de obtener cocona osmodeshidratada utilizando como materia prima la cocona (*Solanum sessiliflorum* H.B.K.) ecotipos TR y T2, procedente del pueblo de Tulumayo – Tingo María. Siendo los objetivos: caracterizar la materia prima, determinar los parámetros tecnológicos adecuados para la deshidratación por ósmosis utilizando jarabe de jugo de cocona y evaluar la cocona osmodeshidratada durante el almacenamiento.

La determinación de parámetros se realizó por bloques para cada operación en función de la velocidad de osmodeshidratación y evaluación organoléptica. Evaluándose principalmente el estado de madurez, ancho de cocona, sulfitado, agente osmótico, ecotipos, concentración del agente osmótico y temperatura de secado por flujo de aire caliente.

El flujo de procesamiento fue el siguiente: recepción de cocona; pesado; selección y clasificación; lavado; pelado con NaOH al 3,00% por 6 minutos a ebullición; cortado en tiras de 1,00 cm. de ancho por 5 cm. de largo. y despepitado; deshidratación por ósmosis a temperatura ambiente, concentración de jarabe 60°Brix con renovación o reconcentrado cada ½ hora durante 7 horas, relación cocona agente osmótico 1 : 3; inmersión en solución de pectina al 1,00% 2 veces

por 30 segundos; escurrido por 5 minutos; secado por flujo de aire caliente a 65°C por 105 minutos; enfriado a temperatura ambiente y envasado en bolsas de polietileno de alta densidad N° 2.

El contenido de humedad para la cocona osmodeshidratada fue de 14,25% en base húmeda (16,61% H. B. S.). La actividad de agua (A_w) es de 0,41 obtenido con la ecuación de G. A. B. el mismo que tiene un $R^2 = 93,52\%$.

El análisis microbiológico de la cocona osmodeshidratada al inicio y final del almacenamiento a temperatura ambiente y a refrigeración presenta resultados dentro de los límites recomendados. Así mismo el análisis sensorial realizado mediante la escala hedónica al final del almacenamiento para comparar el efecto de la temperatura ambiente y refrigeración no dió diferencia estadística entre los mismos.

La difusividad efectiva es de $6,0195 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ para la concentración del agente osmótico de 60°Brix y temperatura ambiente.

El comportamiento durante el almacenamiento del producto almacenado a refrigeración tuvo menor variación en los análisis fisicoquímicos evaluados que con el almacenamiento al ambiente, protegiendo de esta manera la degradación química de los componentes de la cocona osmodeshidratada.

VII. SUMMARY

The present work of investigation, was made in the Laboratories of Analysis of Foods, Chemistry, Sensorial Analysis and General Microbiology of the Agrarian National University of the Forest, Tingo Maria; in the period of September of the 2004 to March of the 2005, with the purpose of obtaining cocona osmodeshidratada using like raw material cocona (*Solanum sessiliflorum* H.B.K.) ecotipos TR and T2, coming from the town of Tulumayo - Tingo Maria. Being the objectives: to characterize the raw material, to determine the suitable technological parameters for the dehydration by osmosis using syrup of juice of cocona and to evaluate cocona osmodeshidratada during the storage. The determination of parameters was made by blocks for each operation based on the speed of osmodeshidratación and organoléptica evaluation, evaluating itself mainly, been of maturity, wide of cocona, sulfitado, osmotic agent, ecotipos, concentration of the osmotic agent and temperature of drying by hot air flow. The processing flow was the following one: reception of cocona; heavy; selection and classification; washing; bare with NaOH (3% by 6 minutes to boiling); cut in strips of 5 cm of wide by 5 cm in length) and shrieked; dehydration by osmosis (room temperature, syrup concentration 60°Brix with renovation or reconcentrado each ½ hour during 7 hours, relation cocona osmótico agent 1:3); immersion in pectina solution (1%, 2 times by 30 seconds); slipped (5 minutes); drying by hot air flow (65°C by 105 minutes); cooled to room temperature and packaging (HD polyethylene bags N° 2). The humidity content for cocona osmodeshidratada was of 14,25% in humid base (16,61% H. B. S.). The water activity (A_w) of 0,41 was obtained with the

equation of GAB the same one that has a $R^2 = 93,52\%$. The microbiological analysis of cocona osmodeshidratada at the beginning and end of the storage to room temperature and refrigeration presents/displays results within the recommended limits. Also the sensorial analysis made by means of the hedonic scale at the end of the storage to compare the ambient refrigeration and elasticity effect did not give statistical difference between such. The effective difusividad was of $6,0195 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ for the concentration of the osmotic agent of 60°Brix and room temperature. During the storage, the stored product to refrigeration had minor variation in the evaluated fisicoquimics analyses that with the storage to the atmosphere, protecting this way the chemical degradation of the components of cocona osmodeshidratada.

IX. BIBLIOGRAFIA

- ADRIAZOLA, A. J.** 1991. Frutales nativos. Convenio UNAS - PEAH. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 43 p.
- ANZALDUA, M. A.** 1994. La evaluación sensorial de los alimentos; la teoría y la práctica. Zaragoza, España. Acribia. 198 p.
- A. O. A. C.** 1995. Oficial methods of analysis. Agricultural Chemicals Contaminants and drugs. 15 ed. Gaithersburg Md. USA.
- BADUI, D.** 1994. Química de alimentos. 3 ed. México. Alambra. 639 p.
- BARBOZA – CANOVA, V. G. y VEGA – MERCADO, H.** 2000. Deshidratación de alimentos. Trad. por Alberto Ibarz Ribas. Zaragoza, España. Acribia. 283 p.
- BASILIO, A. J. E.** 1997. Estudio de la osmodeshidratación de zanahoria (*Daucus carota*) Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo Maria, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 120 p.
- BELITZ, H., GROSCH. W.** 1988. Química de los alimentos. Zaragoza, España. Acribia. 813 p.
- BOLIN, H.R., HUXZOLL, C. C., JACKSON, R. y NG, K. C.** 1983. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. J. Food Sci., EE.UU. 48(5): 202-205.
- BRAVERMAN, J. B. S.** 1980. Introducción a la bioquímica de los alimentos. Barcelona, España. Omega. 358 p.
- BRENAN, et al.** 1980. Operaciones unitarias de ingeniería de los alimentos. Zaragoza, España. Acribia. 340 p.

- CALIFANO, N. A. y CALVELO, A.** 1983. Heat and mass transfer during the warm blanching of potatoes. *J. Food Sci., EE.UU.* 48(3): 220-225.
- CALZADA, J.** 1985. Frutales nativos. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- CARBAJAL, T. C. y BALCAZAR, L.** 2001. Cultivo de Cocona. IIAP. Tingo María, Perú. 42 p.
- CARBONELL, J. V., PINAGA, F., y PEÑA, J. L.** 1984. Deshidratación de frutas y hortalizas con aire. IV Cinética de adsorción y desorción de agua en zanahoria. *Rev. Agroqca. y Tec. Alim.* 25(1).
- CHEFTEL, C. y CHEFTEL, H.** 1984. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Acribia. Zaragoza. España. 333 p.
- CHIRIFE, J.** 1985. Principios de deshidratación osmótica. *Food Tech., EE.UU.* 15(59):161 – 179.
- CORDOVA, F. J. L.** 1996. La bioquímica y la cocina. México. Fondo de Cultura Económica. [En línea]: (<http://lectura.ilce.edu.mx:3000/biblioteca/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/093/htm/laquimic.htm>, documentos, 25 Feb. 2005).
- DAUBENMIRER, F.** 1990. Ecología Vegetal. 3 ed. México. Limusa. p 463 – 447.
- DESROSIER, N.** 1983. Conservación de los alimentos. 2 ed. México. CECSA. 468 p.
- DESHIDRATACION DE ALIMENTOS.** 2005. [En Línea]: UNALM, (<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/71180/teoria/funadam/p9.htm>, documentos, 25 Feb. 2005).
- DIAZ, M, 2003.** Evaluación preliminar de la vida en anaquel de papaya tratada osmóticamente con película de quitosano. Puebla, México [En Línea]: Universidad de las Américas, (<http://arc.cs.odu.edu:8080/dp9/getrecota/>

- oai_dc/thesisUDLAP/oai:thesisUDLAP:715, documentos, 17 Jun. 2005).
- DJELVEH, G., GROSS, B. J. ; BORIES, B.** 1989. An improvement of the cell diffusion method for the rapid determination of diffusion constants in gels or foods. *J. Food Sci., EE.UU.* 54(5):166-169.
- ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA (EIA).** 2005. Aditivos alimentarios. [Enlínea]:(<http://materiales.eia.edu.co/ciencia%20de%20los%20materiales/articulo-matreaiales%20biodegradables.htm> , documentos, 30 Marzo 2005).
- ESPINOZA, Z.** 1975. Estudio de posibilidades de industrialización de la cocona (*Solanum topiro*). Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 97 p.
- FELLOWS, P.** 1994. Tecnología del procesado de los alimentos; principios y prácticas. Zaragoza, España. Acribia. 550 p.
- FENNEMA, O. R.** 1993. Química de Alimentos. Zaragoza, España. Acribia. 1055 p.
- FERNANDEZ, D. A.** 1992. Determinación de la difusividad efectiva de la sacarosa en la papaya (*Carica papaya* L.) durante su inmersión en soluciones azucaradas. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 78 p.
- FLORES, E. L.** 1977. Deshidratación de frutas por ósmosis: Piña. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- HART, F y FISHER, H. J.** 1977. Análisis moderno de los alimentos. Zaragoza, España. Acribia. 619 p.
- HERRERA SOTO, J. P. y SILVA L.** 1966. Investigaciones analíticas, bromatológicas. Universidad Nacional de Trujillo.
- HILL, B.** 1964. Tratado de botánica. Barcelona, España. Omega. 251 p.

- HUAYANAY, C. H. L.** 2002. Evaluación de la calidad de 8 ecotipos de cocona (*Solamun topiro* H. B. K.). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- ICMSF.** 1983. Microorganismos de los alimentos. Zaragoza. España. Acribia. Vol. 1. 210 p.
- INSTITUTO TECNOLOGICO DE ALIMENTOS (ITAL).** 1985. Banana, Serie de frutas tropicales. N° 3. 2. ed. Campinas, Brasil. 302 p.
- ITINTEC.** 1985. Normas Técnicas. N°. 203. 103. Fruta Confitada. Lima, Perú. 11 p.
- JAY, J. M.** 1994. Microbiología moderna de los alimentos. Trad. por Dr. Manuel Ramis Vergés. 3 ed. Zaragoza, España. Acribia. 795 p.
- JOST, W.** 1960. Difusion in solids, liquids, gases. Acad. Press. New Cork, EE.UU.
- LERICE, C., PEPE, M. y PINNAVIA, G.** 1977. La deshidratación de la fruta mediante ósmosis directa. Instituto de Industrie Agrarie. Universite de Bologna.
- LEWIS, M. J.** 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Trad. por Julián Zapico Torneros y Juan Pablo Barrio Lera. Zaragoza. España. Acribia. 494 p.
- LUCIA, A. M.** 2005. Aromas light de origen natural. [En Línea]: Universidad Nacional de Colombia, (<http://anm.encolombia/noticyt8-2.htm>, documentos, 17 Jun. 2005).
- LUCK, E.** 1981. Conservación química de alimentos. Zaragoza. España. Acribia. 243 p.
- LLERENA, A. C. A.** 2002. Elaboración de encurtido de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

- MADRID, V. A. y MADRID, C. J.** 2001. Nuevo manual de industrias alimentarias. Madrid, España. Mundi Prensa. 596 p.
- MANAYAY, S. D.** 1992. Simulación de la variación del contenido de vitamina C en el almacenaje del confitado de piña (*Ananas comosus*) de humedad intermedia. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 121 p.
- MIRANDA, Z. L. F.** 2002. Separata de reología de hidrocoloides y sus aplicaciones. Arequipa, Perú. Universidad Nacional San Agustín. 15 p.
- MOSELL, D. y MORENO, S.** 1985. Microbiología de los alimentos. Zaragoza. España. Acribia. 375 p.
- PONTING, J., et al.** 1966. Osmotic dehydration of fruits. Food Tech. (20).
- QUINTANA, R.** 1988. Aplicación del secado osmótico en la elaboración de ciruela deshidratada a partir de ciruela japonesa. Tesis Ing. en Alimentos. Santiago, Chile. Universidad de Chile.
- ROBLES, R. J. F.** 2001. Obtención de zumo de cocona (*Solanum topiro*) mediante el uso de la enzima poligalacturonasa. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- SANDOVAL, L. Ch.** 1988. Aprovechamiento del exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la elaboración de mermelada. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. 102 p.
- SARAVACOS, G. D., TSIOURVAS, D. A. y TSAMI, E.** 1986. Effect of temperatura on the water adsorption isotherms of sultana raisins. J. Food Sci., EE.UU.

- SEMINARIO, S. L.** 1993. Elaboración de griz de manzana, mediante el método expansión por explosión. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. p 11 – 24.
- SCHWARTZBERG, G H. y YUE CHAO, R.** 1982. Solute Diffusivities in leaching process. Food Tech., EE.UU. 36(2):73-86.
- SCHWARTZ, M., DEL VALE, J. M., AGUILERA, J. M. Y SEPULVEDA, M.** 1999. Conservación de frutas por métodos combinados. Simiente. 63(4):212-213.
- SHARMA, S. K., MULVANEY, S. J. y RIZV, H. S. S.** 2003. Ingeniería de alimentos. México. Limusa. 343 p.
- SPIAZZI, A. E. y MASCHERARONI, H. R.** 1997. Modelo de deshidratación osmótica de alimentos vegetales. Centro de investigación y desarrollo en criotecnología de alimentos. La Plata, Argentina.
- TEPPER, M. P.** 1996. Transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de palta cv fuerte. Santiago, Chile. Universidad de Chile.
- TOMASULA, P. y KOZEMPEL, F. M.** 1989. Diffusión coefficients of glucosa, potasium and magnesium in maine russtet Burbano and maine katahdin potatoes from 45 to 90 °C. J. Food Sci. 54(15)985: 989.
- TORRES, J. L.**1991. Curso: Conceptos modernos de preservación de alimentos en el mercado norteamericano, Facultad de Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- VILLACHICA, H.** 1996. Frutales y hortalizas promisorios de la amazonía. SPT-TCA. N° 44. Lima, Perú.

WELTI, J. (Coord.). 1991. Desarrollo de alimentos de humedad intermedia importantes para iberoamérica. Puebla, México. Universidad de las Américas.

ZUGARRAMURDI, A. y LUPIN, M. H. 1980. A model to explain observed behavior on fish salting. J. Food Sci. 45(11):1305 -1311.

X. ANEXOS

ANEXO I

Método para la creación de isotermas de sorción de humedad para materiales higroscópicos

Método del desecador

1. Ocho a nueve desecadores con sales que generen actividades de agua de 0; 0,11; 0,33; 0,44; 0,54; 0,62; 0,75; 0,85 y 0,92 a diferentes temperaturas son recomendables para una temperatura completa.
2. Para productos secos, es recomendable el rango de 0 – 0,82% de humedad relativa con seis a ocho puntos. Para productos semi húmedos usar humedades relativas de 50 a 92%.
3. Las soluciones de sales a emplear a altas temperaturas, deben ser preparadas a aquellas temperaturas para garantizar la saturación. Las soluciones deben presentar cristales cubiertas por una capa de líquido de 2 mm.

Pesado de la muestra

1. Pesar de 1 a 5 g de la muestra por duplicado o triplicado, en placas petri con una precisión de 0,0001 g. Las placas son secadas, atemperadas en los desecadores y enfriadas en un desecador vacío durante 20 minutos, antes de ser pesadas.
2. Varias muestras pueden ser colocadas en el desecador, pero es recomendable no sobrecargar. Evitar colocar muestras que experimenten adsorción o desorción.

3. El volúmen de la muestra debe ser generalmente menor de 1/20 del volúmen del aire
4. Pesar las muestras después de 21 días. Si las pesadas efectuadas a los 14 y 21 días no difieren en mas de 1 mg. por gramo de sólido seco (error 0,1%), el experimento habrá culminado. Si el cambio es mayor a altas temperaturas, continuar pesando. Una alternativa, es asumir que tres semanas es suficiente y pesar solamente una vez.
5. Para facilitar las pesadas, prevenir la condensación y el problema de enfriamiento de las muestras a altas temperaturas; las muestras deben ser transferidas a un desecador vacío y dejar enfriar durante 20 minutos y en seguida pesar.

Cálculo del contenido de humedad

El cálculo del contenido de humedad en el equilibrio al final del proceso de adsorción o desorción:

$$M = \frac{(W_1 - W_2) + \left(\frac{\%H_2O}{100}\right) \times W_2}{W_1 \times \left(\frac{100 - \%H_2O}{100}\right)}$$

Donde:

- | | | |
|----------|---|-----------------------------------------------|
| W_1 | : | Peso inicial. |
| W_2 | : | Peso final. |
| $\%H_2O$ | : | Humedad inicial de la muestra en base húmeda. |
| M | : | Humedad de equilibrio en base seca. |

ANEXO II

Cuadro 33. Análisis de varianza de la evaluación sensorial para la selección del estado de madurez.

ATRIBUTO	F. V.	G. L.	S. C.	Fc	Pr > F	Signif.
SABOR	Panelistas	14	18,7333	2,11	0,0312	*
	Trat.	3	20,4000	10,74	0,0001	*
	Error	42	26,6000			
	TOTAL	59	65,7333			
TEXTURA	Panelistas	14	8,9333	1,23	0,2889	N. S.
	Trat.	3	27,2667	17,56	0,0001	*
	Error	42	21,7333			
	TOTAL	59	57,9333			
AP. GRAL	Panelistas	14	9,7333	1,82	0,0668	N. S.
	Trat.	3	11,2500	9,84	0,0001	*
	Error	42	16,0000			
	TOTAL	59	36,9833			

Cuadro 34. Ordenamiento de las medias según la prueba de tuckey para la selección del estado de madurez.

ATRIBUTO	TRAT	PROM.	PANEL.	VARIABILIDAD
SABOR	TRP	3,4667	15	A
	TRM	3,0667	15	A B
	T2P	2,4667	15	B C
	T2M	1,9333	15	C
TEXTURA	TRP	3,4667	15	A
	T2P	3,0000	15	A B
	TRM	2,4000	15	B
	T2M	1,6667	15	C
AP. GRAL	TRP	3,3333	15	A
	T2P	2,9333	15	A
	TRM	2,8667	15	A
	T2M	2,1333	15	B

ANEXO III

Cuadro 35. Análisis de varianza de la evaluación sensorial para la selección del ancho de las tiras de cocona.

ATRIBUTO	F. V.	G. L.	S. C.	Fc	Pr > F	Signif.
	Panelistas	11	0,0244	0,02	1,0000	N. S.
FORMA	Trat.	5	42,2872	64,73	0,0000	*
	Error	55	7,1861			
TOTAL		71	49,4978			

Cuadro 36: Ordenamiento de las medias según la prueba de tuckey para la selección del ancho de las tiras de cocona.

ATRIBUTO	TRAT	PROM.	PANEL.	VARIABILIDAD
FORMA	TR ₂	1,0075	12	A
	T ₂	0,9026	12	A
	T ₂ ₃	-0,0367	12	B
	TR ₃	-0,1067	12	B
	TR ₁	-0,7242	12	C
	T ₂ ₁	-1,0758	12	D

TR₁ : 0,50 cm. ; TR₂ : 1,00 cm. ; TR₃ : 1,50 cm. ; T₂₁ : 0,50 cm. ; T₂₂ : 1,00 cm. ; T₂₃ : 1,50 cm.

ANEXO IV

Cuadro 37. Análisis de varianza de la evaluación sensorial para la selección del agente osmótico.

ATRIBUTO	F. V.	G. L.	S. C.	Fc	Pr > F	Signif.
SABOR	Panelistas	14	7,1000	1,43	0,1823	N. S.
	Trat.	3	15,6000	14,66	0,0001	*
	Error	42	14,9000			
	TOTAL	59	37,6000			
TEXTURA	Panelistas	14	6,4000	1,55	0,1359	N. S.
	Trat.	3	0,6000	0,68	0,5708	N. S.
	Error	42	12,4000			
	TOTAL	59	19,4000			
AP. GRAL.	Panelistas	14	8,2333	1,39	0,2004	N. S.
	Trat.	3	3,7333	2,94	0,0439	*
	Error	42	17,7667			
	TOTAL	59	29,7333			

Cuadro 38. Ordenamiento de las medias según la prueba de tuckey para la selección del agente osmótico.

ATRIBUTO	TRAT	PROM.	PANEL.	VARIABILIDAD
SABOR	JTR	3,8000	15	A
	JT2	3,6000	15	A
	ATR	2,8000	15	B
	AT2	2,6000	15	B
TEXTURA	JT2	3,0667	15	A
	ATR	2,8667	15	A
	JTR	2,8667	15	A
	AT2	2,8000	15	A
AP. GRAL.	JTR	3,3333	15	A
	JT2	2,9333	15	A B
	ATR	2,8000	15	A B
	AT2	2,6667	15	B

JTR: Jarabe de cocona ecotipo TR;

JT2: Jarabe de cocona ecotipo T2;

ATR: Azúcar invertido ecotipo TR;

AT2: Azúcar invertido ecotipo T2

ANEXO V

Cuadro 39. Análisis de varianza de la evaluación sensorial para la selección del ecotipo de cocona.

ATRIBUTO	F. V.	G. L.	S. C.	Fc	Pr > F	Signif.
COLOR	Panelistas	14	3,2000	1,20	0,3689	N. S.
	Trat.	1	0,8333	4,37	0,0552	N. S.
	Error	14	2,6667			
	TOTAL	29	6,7000			
TEXTURA	Panelistas	14	4,8667	0,62	0,8059	N. S.
	Trat.	1	1,2000	2,15	0,1643	N. S.
	Error	14	7,8000			
	TOTAL	29	13,8667			
AP. GRAL.	Panelistas	14	6,8000	0,91	0,5682	N. S.
	Trat.	1	6,5333	12,25	0,0035	*
	Error	14	7,4667			
	TOTAL	29	20,8000			

Cuadro 40. Ordenamiento de las medias según la prueba de tuckey para la selección del ecotipo de cocona.

ATRIBUTO	TRAT.	PROM.	PANEL.	VARIABILIDAD
COLOR	TR	3,2667	15	A
	T2	2,9333	15	A
TEXTURA	TR	3,1333	15	A
	T2	2,7333	15	A
AP. GRAL.	TR	3,6667	15	A
	T2	2,7333	15	B

ANEXO VI

Cuadro 41. Análisis de varianza de la evaluación sensorial en el sulfitado.

ATRIBUTO	F. V.	G. L.	S. C.	Fc	Pr > F	Signif.
COLOR	Panelistas	11	2,0625	0,71	0,7184	N. S.
	Trat.	3	2,5625	3,24	0,0343	*
	Error	33	8,6875			
	TOTAL	47	13,3125			
SABOR	Panelistas	11	1,7292	0,44	0,9272	N. S.
	Trat.	3	2,8958	2,69	0,0624	N. S.
	Error	33	11,8542			
	TOTAL	47	16,4792			
AP. GRAL.	Panelistas	11	3,6667	1,12	0,3785	N. S.
	Trat.	3	0,1667	0,19	0,9049	N. S.
	Error	33	9,8333			
	TOTAL	47	13,6667			

Cuadro 42. Ordenamiento de las medias según la prueba de tuckey, en el sulfitado.

ATRIBUTO	TRAT.	PROM.	PANEL.	VARIABILIDAD
COLOR	T ₂	3,0000	12	A
	T ₁	2,9167	12	A B
	T ₃	2,9167	12	A B
	T ₀	2,4167	12	B
SABOR	T ₀	3,1667	12	A
	T ₂	3,0000	12	A B
	T ₁	2,9167	12	A B
	T ₃	2,5000	12	B
AP. GRAL.	T ₃	3,1667	12	A
	T ₂	3,0833	12	A
	T ₁	3,0833	12	A
	T ₀	3,0000	12	A

T₀ = 0%; T₁ = 0,2%; T₂ = 0,3%; T₃ = 0,4%

ANEXO VII

Cuadro 43. Análisis de varianza de la evaluación organoléptica de la cocona osmodeshidratada.

F. V.	G. L.	S. C.	Fc	Pr > F	Signif.
Panelistas	14	13,6667	2,11	0,0869	N. S.
Trat.	1	0,5333	1,15	0,3008	N. S.
Error	14	6,4667			
TOTAL	29	20,6667			

Cuadro 44. Ordenamiento de las medias según la prueba de tuckey para el producto final.

TRAT.	PROM.	PANEL.	VARIABILIDAD
6°C	7,4667	15	A
26°C	7,2000	15	A

ANEXO VIII

Cuadro 45. Prueba de difusión a 26°C y 60°Brix, $X_0 = 49,17$; Tiempo = 30 horas.

Z (m)	X °Brix	Δ S. S.	X-Y/m X_0 -Y/m	Erf (Xi)	(Xi)	Xtr	Ds x E-09
0,002	59,33	10,16	0,040604	0,0451	0,04	0,036009	7,139
0,004	58,75	9,58	0,095373	0,1013	0,09	0,084705	5,162
0,006	58,36	9,19	0,132200	0,1348	0,12	0,117662	6,019
0,008	57,86	8,69	0,179415	0,1790	0,16	0,160377	5,760
0,010	57,45	8,28	0,218130	0,2227	0,20	0,195785	6,039
0,012	57,08	7,91	0,253069	0,2550	0,23	0,228196	6,401
0,014	56,50	7,33	0,307838	0,3079	0,28	0,279941	5,789
0,016	56,20	7,03	0,336166	0,3389	0,31	0,307333	6,274
0,018	55,80	6,63	0,373938	0,3794	0,35	0,344529	6,318
0,020	55,36	6,19	0,415486	0,4187	0,39	0,386684	6,192
0,022	55,03	5,86	0,446648	0,4475	0,42	0,419099	6,379
0,024	54,64	5,47	0,483475	0,4847	0,46	0,458659	6,338
0,026	54,22	5,05	0,523135	0,5202	0,50	0,503340	6,176
0,028	53,97	4,80	0,546742	0,5465	0,53	0,530284	6,454
0,030	53,58	4,41	0,583569	0,5879	0,58	0,574627	6,309
0,032	53,25	4,08	0,614731	0,6117	0,61	0,613897	6,290
0,034	52,89	3,72	0,648725	0,6494	0,66	0,659075	6,160
0,036	52,58	3,41	0,677998	0,6778	0,70	0,700286	6,117
0,038	52,25	3,08	0,709160	0,7112	0,75	0,746827	5,993
0,040	51,83	2,66	0,748820	0,7480	0,81	0,811401	5,626
0,042	51,70	2,53	0,761095	0,7595	0,83	0,832815	5,887
0,044	51,45	2,28	0,784703	0,7867	0,88	0,876161	5,838
0,046	51,17	2,00	0,811143	0,8019	0,91	0,928750	5,679
0,048	51,00	1,83	0,827195	0,8254	0,96	0,963998	5,739
0,050	50,72	1,55	0,853636	0,8548	1,03	1,027020	5,487

Coefficiente de determinación para los primeros 5 puntos experimentales:

$$r^2 = 0,9969$$

$$Y / m = 59,76$$

Coefficiente de determinación para los 25 puntos experimentales:

$$r^2 = 0,9898$$

Promedio de Difusividad Efectiva: $6,0195 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

ANEXO IX
HOJA DE EVALUACION SENSORIAL

Nombre:..... Fecha:..... Hora:.....

Muestra Evaluada:..... Prueba N°:.....

Instrucciones: Califique Ud. el sabor, textura y apariencia general de acuerdo a la siguiente escala:

Excelente = 5 puntos	Regular = 2 puntos
Muy bueno = 4 puntos	Malo = 1 punto
Bueno = 3 puntos	Muy malo = 0 punto

MUESTRA	SABOR	TEXTURA	APARIENCIA GENERAL
429			
135			
243			
318			

Observaciones:.....
.....

ANEXO X
HOJA DE EVALUACION SENSORIAL

Nombre:..... Fecha:..... Hora:.....

Muestra Evaluada:..... Prueba N°:.....

Instrucciones: Observe detenidamente la forma de las 6 muestras, y ordénelas de acuerdo a la forma de la tira de cocona osmodeshidratada que mas le agrade.

ORDENAMIENTO	238	176	754	456	098	213
1er. Lugar						
2do. Lugar						
3er. Lugar						
4to. Lugar						
5to. Lugar						
6to. Lugar						

Observaciones:.....
.....

ANEXO XI

HOJA DE EVALUACION SENSORIAL

Nombre:..... Fecha:..... Hora:.....

Muestra Evaluada:..... Prueba N°:.....

Instrucciones: Califique Ud. el sabor, textura y apariencia general de acuerdo a la siguiente escala:

Excelente	= 5 puntos	Regular	= 2 puntos
Muy bueno	= 4 puntos	Malo	= 1 punto
Bueno	= 3 puntos	Muy malo	= 0 punto

MUESTRA	SABOR	TEXTURA	APARIENCIA GENERAL
429			
246			

Observaciones:.....
.....
.....

ANEXO XII

HOJA DE EVALUACION SENSORIAL

Nombre:..... Fecha:..... Hora:.....

Muestra Evaluada:..... Prueba N°:.....

Instrucciones: Califique Ud. el color, textura y apariencia general de acuerdo a la siguiente escala:

Excelente	= 5 puntos	Regular	= 2 puntos
Muy bueno	= 4 puntos	Malo	= 1 punto
Bueno	= 3 puntos	Muy malo	= 0 punto

MUESTRA	COLOR	TEXTURA	APARIENCIA GENERAL
135			
429			

Observaciones:.....
.....
.....

ANEXO XIII

HOJA DE EVALUACION SENSORIAL

Nombre:..... Fecha:..... Hora:.....

Muestra Evaluada:..... Prueba N°:.....

Instrucciones: Califique Ud. el olor, sabor y apariencia general de acuerdo a la siguiente escala:

Excelente	= 5 puntos	Regular	= 2 puntos
Muy bueno	= 4 puntos	Malo	= 1 punto
Bueno	= 3 puntos	Muy malo	= 0 punto

MUESTRA	COLOR	SABOR	APARIENCIA GENERAL
753			
318			
246			
819			
135			
468			

ANEXO XIV

HOJA DE EVALUACION SENSORIAL

Nombre:..... Fecha:..... Hora:.....

Muestra Evaluada:..... Prueba N°:.....

Instrucciones: Califique Ud. la cocona osmodeshidratada y marque con una X la escala que elija:

NIVEL DE EVALUACION	CALIFICACION
Excelente	
Bueno	
Medio	
Pobre	
Muy pobre	

ANEXO XV

HOJA DE EVALUACION SENSORIAL

Nombre:..... Fecha:..... Hora:.....

Muestra Evaluada:..... Prueba N°:.....

Califique las dos muestras de cocona osmodeshidratada según la escala que se presenta escribiendo el número en el casillero correspondiente a la apreciación que corresponda a su nivel de agrado o desagrado.

- | | | | |
|------------------------|------------|--------------------------|------------|
| Gusta extremadamente | = 9 puntos | Desagrada ligeramente | = 4 puntos |
| Gusta mucho | = 8 puntos | Desagrada moderadamente | = 3 puntos |
| Gusta moderadamente | = 7 puntos | Desagrada mucho | = 2 puntos |
| Gusta ligeramente | = 6 puntos | Desagrada extremadamente | = 1 punto |
| Ni agrada ni desagrada | = 5 puntos | | |

MUESTRA	CALIFICACION
318	
429	

Comentario:.....
.....
.....
.....

ANEXO XVI

Cuadro 46. Tabla de la función de error erf (x)

ERROR FUNCION erf (X)

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,1113	0,0226	0,0338	0,0451	0,0564	0,0676	0,0789	0,0901	0,1013
0,1	0,1125	0,1236	0,1348	0,1459	0,1569	0,1680	0,1790	0,1900	0,2009	0,2118
0,2	0,2227	0,2335	0,2443	0,2550	0,2657	0,2768	0,2869	0,2974	0,3079	0,3183
0,3	0,3286	0,3389	0,3491	0,3593	0,3694	0,3794	0,3893	0,3992	0,4090	0,4187
0,4	0,4284	0,4380	0,4475	0,4569	0,4662	0,4755	0,4847	0,4937	0,5027	0,5117
0,5	0,5202	0,5292	0,5379	0,5465	0,5549	0,5633	0,5716	0,5798	0,5879	0,5959
0,6	0,6039	0,6117	0,6194	0,6270	0,6346	0,6420	0,6494	0,6566	0,6628	0,6700
0,7	0,6778	0,6847	0,6914	0,6981	0,7047	0,7112	0,7175	0,7238	0,7300	0,7361
0,8	0,7421	0,7480	0,7538	0,7595	0,7651	0,7707	0,7761	0,7814	0,7867	0,7918
0,9	0,7969	0,8019	0,8068	0,8116	0,8163	0,8209	0,8254	0,8299	0,8342	0,8385
1,0	0,8427	0,8468	0,8508	0,8548	0,8586	0,8624	0,8661	0,8698	0,8733	0,8768
1,1	0,8802	0,8835	0,8868	0,8900	0,8931	0,8961	0,8991	0,9020	0,9048	0,9076
1,2	0,9108	0,9130	0,9155	0,9181	0,9205	0,9229	0,9252	0,9275	0,9297	0,9319
1,3	0,9340	0,9361	0,9381	0,9400	0,9419	0,9438	0,9456	0,9473	0,9490	0,9507
1,4	0,9523	0,9539	0,9554	0,9569	0,9583	0,9597	0,9611	0,9624	0,9637	0,9649
1,5	0,9661	0,9662	0,9663	0,9665	0,9666	0,9667	0,9668	0,9669	0,9670	0,9672
	1,55	1,6	1,65	1,7	1,75	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
	0,9716	0,9763	0,9804	0,9838	0,9867	0,9891	0,9923	0,9953	0,9970	0,9981

Fuente: JOST (1960)

ANEXO XVII

Cuadro 47. Resultado de la evaluación sensorial de la prueba de ordenamiento, para la cocona osmodeshidratada de diferentes espesores.

PANELISTAS													
Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
TR ₁	6	5	4	5	6	5	5	5	4	5	5	6	61
TR ₂	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	2	17
TR ₃	4	4	5	3	3	3	4	3	5	4	3	4	45
T ₂₁	5	6	6	6	4	6	6	6	6	6	6	5	62
T ₂₂	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	19
T ₂₃	3	3	3	4	5	4	4	4	4	4	4	3	43

TR₁ =0,50 cm. ; TR₂ =1,00 cm. ; TR₃ =1,50 cm. ; T₂₁ =0,50 cm. ; T₂₂ =1,00 cm. ; T₂₃ =1,50 cm.

1 ^{er.} Lugar =	1 punto	4to. Lugar =	4 puntos
2do. Lugar =	2 puntos	5to. Lugar =	5 puntos
3ero. Lugar =	3 puntos	6to. Lugar =	6 puntos

Cuadro 48. Resultados del cuadro 47, transformados por valores de la Tabla de Fisher y Yates.

TRATAMIENTOS							
PANEL.	TR₁	TR₂	TR₃	T₂₁	T₂₂	T₂₃	TOTAL
1	-1,27	1,27	-0,20	-0,64	0,64	0,20	0,00
2	-0,64	1,27	-0,20	-1,27	0,64	0,20	0,00
3	-0,20	1,27	-0,64	-1,27	0,64	0,20	0,00
4	-0,64	0,64	0,20	-1,27	1,27	-0,20	0,00
5	-1,27	1,27	0,20	-0,20	0,64	-0,64	0,00
6	-0,64	0,64	0,20	-1,27	1,27	-0,20	0,00
7	-0,64	1,27	-0,20	-1,27	0,64	0,20	0,00
8	-0,64	1,27	0,20	-1,27	0,64	-0,20	0,00
9	-0,20	1,27	-0,64	-1,27	0,64	-0,20	0,00
10	-0,64	0,64	-0,20	-1,27	1,27	0,20	0,00
11	-0,64	0,64	0,20	-1,27	1,27	-0,20	0,00
12	-1,27	0,64	-0,20	-0,64	1,27	0,20	0,00
TOTAL	-8,69	12,09	-1,28	-12,91	10,83	-0,44	0,00
PROMEDIO	-0,7242	1,0075	-0,1067	-1,0758	0,9025	-0,0367	

1 ^{er.} Lugar =	+ 1,27	4to. Lugar =	- 0,20
2do. Lugar =	+ 0,64	5to. Lugar =	- 0,64
3ero. Lugar =	+ 0,20	6to. Lugar =	- 1,27

ANEXO XVIII

Cuadro 49. Resultado del análisis sensorial de la cocona osmodeshidratada almacenada a 26 y 6°C.

PANELISTA	6°C	26°C
1	8	9
2	9	8
3	6	6
4	7	6
5	8	6
6	8	7
7	7	8
8	7	7
9	7	8
10	8	7
11	8	8
12	7	7
13	7	8
14	8	7
15	7	6
TOTAL	112	108