



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias
de la Producción

“Desarrollo de Rodajas de Piña (Ananas Comosus)
Deshidratada Variedad Perolera”

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de :

INGENIERO EN ALIMENTOS

PRESENTADA POR:

Adriana Hernández Triana

Guayaquil - Ecuador

Año 2011

T
66484

HE12

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la

Producción

“DESARROLLO DE RODAJAS DE PIÑA (ANANAS COMOSUS) DESHIDRATADA
VARIEDAD PEROLERA”

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención Del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentada por:

Adriana Hernández Triana

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2011



AGRADECIMIENTO

A Dios, sobre todas las cosas, a mi familia, que en todo momento han tenido paciencia y me apoyan en cada decisión que tomo, a mis amigas Anita e Hilda por ser incondicionales y finalmente a la MSc. Fabiola Cornejo Directora de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA



A DIOS

MIS PADRES

Narcisa y Francisco

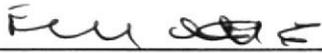
A MIS HERMANOS

Andre y Marco

A MI ABUELA

Delia

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.

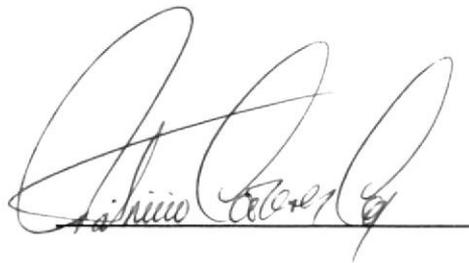
DECANO DE LA FIMCP

PRESIDENTE



Ing. Fabiola Cornejo Z.

DIRECTORA DE TESIS



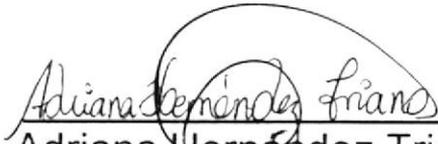
Ing. Patricio Cáceres C.

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).


Adriana Hernández Triana

RESUMEN

El presente proyecto está basado en el desarrollo de rodajas de piña seca, el cual puede ser tomado como un snack saludable, por sus características físico-química estando excepto de colorantes o saborizantes artificiales, por otro lado la variedad a usar es la Milagreña o Perolera, la cual tiene dificultad para ser procesada por su sabor ácido, para ello se desarrollan experimentaciones a partir de la deshidratación osmótica con dos agentes osmóticos diferentes, los cuales son la glucosa y sacarosa, cada uno a 60 °Brix, el objetivo de esto es analizar si existe o no mejoras en el proceso de secado, permitiendo así optimizar el producto final, además se detalla la información obtenida de las evaluaciones realizadas a jueces o catadores, para determinar el nivel de agrado de la rodaja de piña seca, finalmente se demuestra el estudio del tiempo de vida útil del producto terminada lo cual permite observar si es factible o no obtener este producto seco.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGIA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES	
1.1. Piña.....	3
1.1.1 Exportación en el Ecuador.....	3
1.1.2 Variedades.....	5
1.1.3 Características físico químicas y nutricionales.....	6
1.2. Frutas deshidratadas	
1.2.1. Procesos de Deshidratación y secado.....	7
1.2.2. Vida útil.....	19
1.3. Mercado Objetivo.....	22
1.4. Legislación de productos deshidratados.....	23
CAPÍTULO 2	
2. MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1. Características de Ingredientes y Materiales.....	24
2.2.1. Materia Prima.....	24
2.2.2. Agentes Osmóticos.....	25
2.2. Diseño Experimental	
2.2.3. Deshidratación Osmótica.....	25
2.2.4. Secado.....	26
2.3. Pruebas Físico Químico.....	28
2.4. Pruebas Sensorial (estadística).....	28
2.5. Pruebas de Estabilidad en Percha.....	31



2.5. Pruebas de Estabilidad en Percha.....	31
--------------------------------------------	----

CAPÍTULO 3

3. DESARROLLO DE RODAJAS DE PIÑAS DESHIDRATADAS	
3.1. Resultados Experimentales	
3.1.1. Efecto del tipo de Agente Osmótico en el proceso de Deshidratación Osmótica.....	33
3.1.2. Efecto del tipo de Agente Osmótico en la transferencia de masa durante el secado.....	38
3.2. Caracterización del Producto.....	43
3.3. Descripción del Proceso.....	46
3.4. Estudio del efecto de la agente osmótico en la Vida Útil de las rodajas de piña deshidrata.....	48
3.5. Rendimientos y Costos de Materiales.....	52

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
APÉNDICES.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	74

ABREVIATURAS

Aw: Actividad de agua

D.M.S: Diferencia Mínima Significativa

D.O: Deshidratación osmótica

D.O.G: Deshidratación Osmótica de la Glucosa

D.O.S: Deshidratación Osmótica de la Sacarosa

FOB: Se emplea en el comercio para indicar la locución inglesa free on board (franco a bordo) de uso universal y que significa que la mercancía es puesta a bordo por el expedidor, libre de todo gasto, siendo de cuenta del destinatario los fletes, aduanas, etc.

mi: humedad inicial

me: humedad de equilibrio

N: Normalidad o Normal

KCN: Coeficiente de difusión de sólidos secos

KSG: Coeficiente de difusión de agua

K: Coeficiente global de transferencia de masa

k/x: Permeabilidad de la película en g H₂O/ día m² mmHg

R: Velocidad de secado

Sg: Ganancia de sólidos

SZ: Ganancia de azúcares

WR: Reducción total de peso

WL: Pérdida de agua

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
Δ	Diferencial
θ	Tiempo
τ	Contenido de humedad incompleta
\pm	Más-Menos
$^{\circ}$	Grados
$>$	Mayor que
ϵ	Error estándar



ÍNDICE DE FIGURAS

Pág

Figura 1.1: Ubicación de siembra de Piña por variedad más cultivada.....	6
Figura 1.2: Transferencia de agua y soluto en un proceso osmótico.....	8
Figura 1.3: Plasmólisis.....	9
Figura 1.4: Secador de Bandeja.....	13
Figura 1.5: Curva típica de secado.....	17
Figura 1.6: Humedades para tiempos decrecientes.....	18
Figura 2.1: Diagrama de flujo para el proceso de deshidratación.....	20
Figura 3.1: Velocidad de ganancia de solidos.....	34
Figura 3.2: Difusión de solidos secos.....	35
Figura 3.3: Velocidad de pérdida de agua.....	37
Figura 3.4: Difusión de agua.....	38
Figura 3.5: Humedad libre de la rodaja de piña seca sin D.O.....	39
Figura 3.6: Humedad libre de la rodaja de piña seca con D.O.G.....	40
Figura 3.7: Humedad libre de la rodaja de piña seca con D.O.S.....	40
Figura 3.8: Velocidad de Secado de las Rodaja de piña sin D.O.....	41
Figura 3.9: Velocidad de Secado de las Rodajas de piña con D.O.G.....	42
Figura 3.10: Velocidad de Secado de las Rodaja de piña con D.O.S.....	42
Figura 3.11: Piñas Secas.....	43
Figura 3.12: Diagrama de flujo para deshidratación osmótica.....	46
Figura 3.13: Isoterma de Piña Seca sin D.O.....	49
Figura 3.14: Isoterma de Piña Seca con D.O.G.....	49
Figura 3.15: Isoterma de Piña Seca con D.O.S.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1: Exportaciones de piña.....	4
Tabla 2.1: Información del secador.....	27
Tabla 2.2: Análisis Físico-Químicos a Muestra de Piña natural.....	28
Tabla 2.3: Escala Hedónica.....	29
Tabla 2.4: Sales usadas para obtener las isotermas.....	31
Tabla 3.1: Difusión de sólidos.....	36
Tabla 3.2: Cinética de agua.....	38
Tabla 3.3: Coeficiente de difusión para productos secos.....	38
Tabla 3.4: Resultado de medición de Tukey.....	45
Tabla 3.5: Muestra de Piña caracterizada.....	45
Tabla 3.6: Monocapa.....	50
Tabla 3.7: Humedad crítica.....	51
Tabla 3.8: Humedades (m) y pendiente (b).....	51
Tabla 3.9: Vida útil.....	52

INTRODUCCIÓN

La piña ecuatoriana, tiene una gran aceptación a nivel extranjero, sin embargo las divisas adquiridas por exportación en gran parte es por materia prima, mientras que por piña procesada es mínima, el presente proyecto busca darle un valor agregado a la piña, tomando en cuenta que la variedad a experimentar es la MILAGREÑA O PEROLERA. La cual solo sirve para consumo interno, debido a su dificultad para ser procesada por su sabor cítrico, esto se lo hará mediante uno de los procesos más económicos como es el secado.

Por otro lado para mejorar las características sensoriales del producto se aplicará deshidratación osmótica como pretratamiento, la cual consiste en eliminar agua del alimento e ingresar sólidos solubles a partir de una solución hipertónica, para ello se usaran dos tipos de agentes osmóticos, asimismo se estudiará cuál de ellos proveerá mejores resultados.

Además, se analizará si existen o no ventajas sobre el secado de este producto, realizando el pretratamiento osmótico, comparándolo con muestras no deshidratadas osmóticamente. Considerando el uso del secado convectivo, el cual consiste en suministrar aire caliente a un sistema a temperatura y humedad constante.

Finalmente para reconocer si es factible o no este tipo de proceso se considerara el tiempo de vida útil y las pruebas sensoriales pertinentes.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Piña

1.1.1 Exportación en el Ecuador

Según datos del Banco Central del Ecuador (BCE), las exportaciones de Piña han aumentado en estos últimos años, como se observa en la tabla 1.1. Sin embargo, durante el 2009 se exportaron solamente 9,330 dólares en piña procesada (1)

Por otro lado la variedad más exportada es la piña MD2 por poseer mejores características físicas y químicas, además nuestro país es el segundo exportador mundial de dicha variedad (2)

Tabla 1.1: Exportaciones de piña

Año	FOB-Miles	
	Peso Ton	Dólares
2003	53,990.54	23,583.88
2004	70,245.44	25,416.28
2005	82,375.82	30,893.54
2006	95,045.88	30,369.32
2007	113,241.21	37,579.66
2008	90,022.17	36,589.74
2009	99,549.98	44,228.90
2010*(Enero-Octubre)	77,558.85	33,128.03

Fuente: Banco Central del Ecuador (www.porta.bce.fin.ec)

De acuerdo a la información obtenida de CORPEI, determinan que nuestro país ocupa el puesto número 8 entre los países

exportadores, a pesar que en el 2008 hubo una baja en la cantidad de piña exportada el FOB ha tendido al aumento (3).

1.1.2 Variedades

Ecuador produce 3 variedades de piña, estas son: Cayena Lisa, Perolera y MD2.

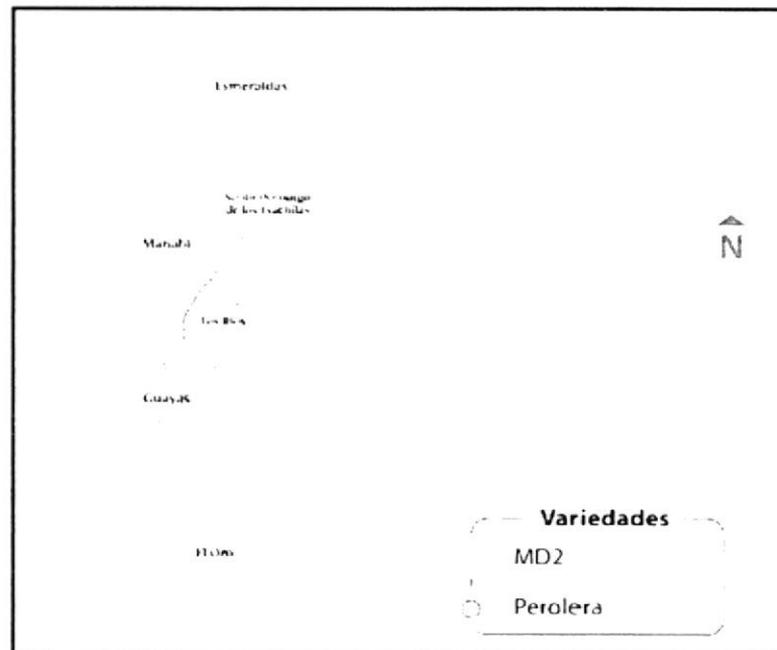
La variedad MD2, también conocida como Golden Sweet, posee un color amarillo, es extremadamente dulce y de cáscara dorada, se cultiva en mayor cantidad en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados.

La Cayena Lisa, conocida como “Champaca” o “Hawaiana” tiene una forma cilíndrica, ojos superficiales y pulpa amarilla, lo que le permite ser industrializada como producto enlatado.

La variedad Perolela, la cual fue tomada para las experimentaciones, se destina exclusivamente al consumo local como fruta fresca, posee un gran tamaño, forma cónica, ojos profundos, corazón grueso y pulpa blanca. Ésta variedad y la MD2 son las más cultivada en el país con una producción de 900 hectáreas como se observa en la figura 1.1. (4)



Figura 1.1: Ubicación de siembra de Piña por variedad más cultivada



1.1.3 Características físico químicas y nutricionales

La piña contiene un 94% de carbohidratos, 4 % de proteínas y 2% de grasas, cuenta con un índice glicémico (velocidad a la que los carbohidratos se transforman en azúcar) de 3 y factor antiinflamatorio de 33. (5)

En cuanto a los minerales, se destacan en mayor porcentaje el potasio, magnesio, cobre y manganeso. Las vitaminas más abundantes de la piña son la vitamina C, la tiamina o B1 y la piridoxina o B6.

Esta fruta contiene una enzima denominada bromelina o bromelaína, la cual es similar a las enzimas digestivas, ayudando al organismo en la digestión de las proteínas.

Los ácidos cítrico y málico son los responsables del sabor ácido de la piña y como ocurre en los cítricos, el primero de ellos potencia la acción de la vitamina C. (6)

1.2 Frutas deshidratadas

1.2.1 Procesos de Deshidratación y secado

Deshidratación Osmótica

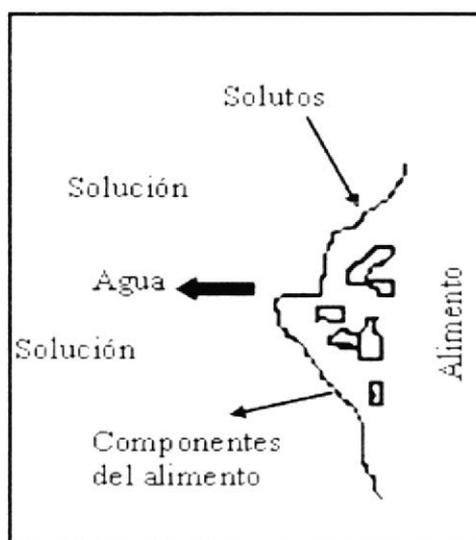
Cuando un pedazo de fruta o verdura es sumergido en una solución de azúcar o sal, que tiene mayor presión osmótica que dicho alimento, el agua pasa hacia la solución bajo la influencia del gradiente de presión osmótica y la actividad de agua de los alimentos baja. Este método de eliminación de humedad de los alimentos se conoce como deshidratación osmótica. Este término es engañoso ya que el producto final es rara vez estable, es necesario un proceso adicional para ampliar su vida útil.

Concentración osmótica sería una descripción más precisa de este proceso, según lo indicado por Brennan en el 2006.



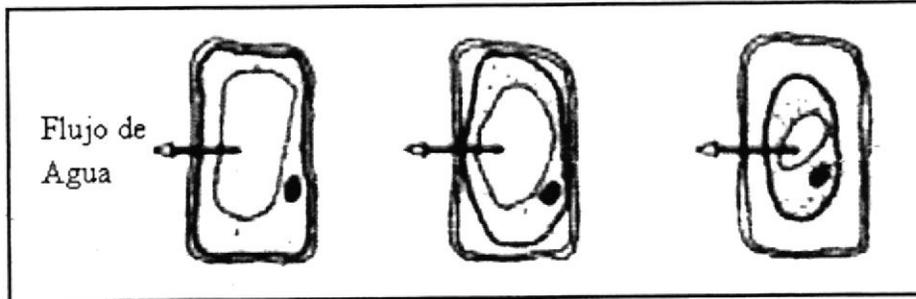
Durante la ósmosis las paredes celulares actúan como membranas semipermeables (7), dando paso al transporte de masa, permitiendo la transferencia simultánea de solutos y agua, como se observa en la figura 1.2.

Fig. 1.2: Transferencia de agua y soluto en un proceso osmótico



La diferencia de presión osmótica dentro de la célula y fuera de ella es llamada presión de turgencia, durante la deshidratación la presión de turgencia se pierde, la vacuola, la cual contiene los solutos se encoge, el protoplasma disminuye su volumen, en consecuencia, se aparta la membrana celular hacia la pared celular, como se observa en la figura 1.3 produciéndose la plasmólisis y el espacio libre que queda es ocupado por la solución osmótica. (8)

Figura 1.3: Plasmólisis



Los productos que son osmóticamente deshidratados antes de ser secados tienen las siguientes ventajas sobre el secado tradicional:

1. La velocidad de secado de muestras deshidratadas osmóticamente disminuye de manera significativa debido a un menor contenido de sólidos inicial y a la acción del soluto sobre la absorción de agua.
2. Mejora sabor, lo cual es atribuido a las altas cantidades de azúcar, esto es específico para aquellas frutas que son muy ácidas o tartáricas.
3. Aumenta la retención de componentes volátiles
4. Reduce al mínimo el daño por calor en los tejidos de los alimentos, y minimiza la decoloración de las frutas por pardeamiento enzimático oxidativo.

5. La rehidratación es superior porque el encogimiento es reducido por la infusión de solutos previniendo el colapso de la estructura biológica.(9)
6. El proceso de deshidratación osmótica puede ocurrir a bajas temperaturas como a temperatura ambiente lo cual no implica un cambio de fase reduciendo al mínimo el daño por calor y dándole atributos de calidad como el **sabor, color y textura** al producto final. (10)
7. Reducir el consumo de energía. Debido a la eliminación de agua sin cambio de fase, como resultado la deshidratación osmótica baja costos de operación. (11)

Para describir los aspectos cinéticos de un proceso de deshidratación osmótica, la reducción total de peso WR , la ganancia de sólidos SG y la **pérdida de agua WL** con base en el contenido de materia seca inicial **pueden calcularse como se indica** en las ecuaciones:

$$WR = \frac{(W_o - W)}{S_o} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

$$SG = \frac{(S - S_o)}{S_o} \quad \text{Ecuación 1.2}$$



$$WL = \frac{(W_0 X_0 - WX)}{S_0} \quad \text{Ecuación 1.3}$$

Donde:

W_0 =peso inicial del material al tiempo $t=0$ (g)

W =peso del material al tiempo t (g)

S_0 =Peso inicial de la materia seca en el material al tiempo $t=0$ (g)

X_0 =Fracción del peso inicial del agua en el material al tiempo $t=0$ (g)

X =Fracción de peso del agua en el material al tiempo t .

Para describir la ganancia de azúcares SZ a través del tiempo en base al peso se utiliza la siguiente ecuación:

$$SZ = W_t B_t - W_0 B_0 \quad \text{Ecuación 1.4}$$

La cinética de la humedad y la difusión de sólidos en la D.O por lo general siguen la ley de difusión de estado no estacionario. El coeficiente global de transferencia de masa "K" puede calcularse

utilizando una relación lineal, como se indica en la siguiente ecuación (12):

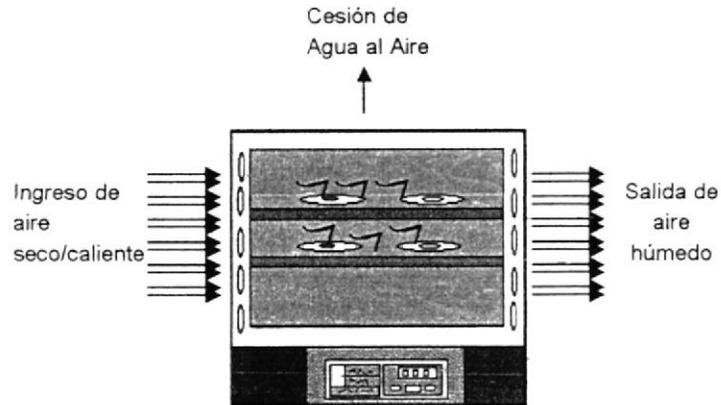
$$K = \frac{S/S_0}{t^{1/2}} \quad \text{Ecuación 1.5}$$

Proceso de Secado

El principio de secado según Barbosa (1997) es el disminuir la disponibilidad de agua para las reacciones enzimáticas y el crecimiento microbiano mediante la eliminación del agua libre de los productos alimenticios (13).

El proceso de secado es el resultado de la transmisión de calor el cual puede ser por convección, conducción o radiación. Éste proyecto se basará en la transmisión por convección, como se observa en la figura 1.4, en la cual el aire caliente y seco que ingresa absorbe el vapor de agua que se elimina y lo lleva hacia el otro extremo convirtiéndolo en aire húmedo.

Figura 1.4: Secador de Bandeja



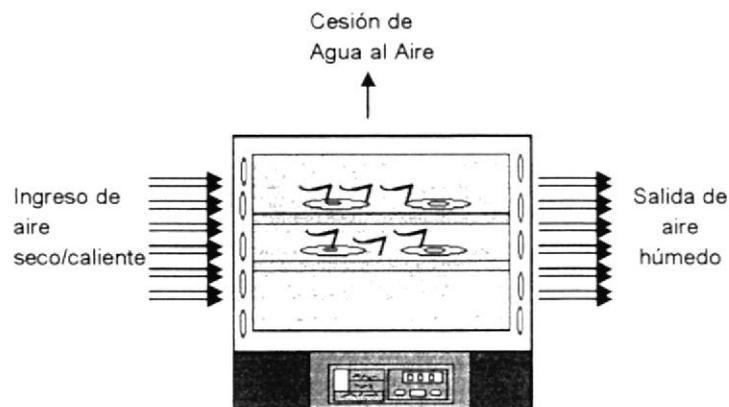
Si el aire caliente es suministrado al sistema a temperatura y humedad constante, se observa que el proceso de secado ocurre en dos etapas diferentes. Inicialmente la velocidad de secado es constante y cuando alcanza cierto grado de humedad, la velocidad comienza a disminuir progresivamente hasta que la humedad se aproxime a cero (14).

Para comprender el proceso de secado se estudiaron las siguientes curvas:

1. Tiempo vs Humedad Libre.
2. Humedad libre vs Velocidad de secado.

Para obtener la Humedad Libre(X), primero se halla X_t según la siguiente ecuación:

Figura 1.4: Secador de Bandeja



Si el aire caliente es suministrado al sistema a temperatura y humedad constante, se observa que el proceso de secado ocurre en dos etapas diferentes. Inicialmente la velocidad de secado es constante y cuando alcanza cierto grado de humedad, la velocidad comienza a disminuir progresivamente hasta aproximarse a cero (14).

Para comprender el proceso de secado se estudiaron las siguientes curvas:

1. Tiempo vs Humedad Libre.
2. Humedad libre vs Velocidad de secado.

Para obtener la Humedad Libre(X), primero se halla X_t según la siguiente ecuación:



$$X_t = \frac{\bar{W} - W_s}{W_s} = \frac{Kg_H2O}{Kg_SS} \quad \text{Ecuación 1.6}$$

Donde, W es el peso que varía de acuerdo al tiempo de secado y W_s es el peso de sólidos secos, para finalmente obtener el valor de la Humedad Libre(X) mediante la siguiente ecuación:

$$X = X_t - X^* = Kg_H2Olibre / Kg_SS \quad \text{Ecuación 1.7}$$

De ello X^* es la humedad de equilibrio, para la cual primero se obtiene la Humedad Relativa del proceso, mediante tabla psicrométrica y luego se observa en la curva de isoterma de absorción de la materia prima la humedad de equilibrio.

Para calcular la Velocidad de secado la ecuación a usar es la siguiente:

$$R = -\frac{L_s}{A} \frac{\Delta X}{\Delta t} = Kg_H2O / h.m^2 \quad \text{Ecuación 1.8}$$

Donde, L_s es el peso al final del proceso de secado, A es el área del producto, ΔX es la resta de dos humedades libres en base al peso que baja de acuerdo al tiempo, y Δt equivale a la resta de los tiempos a las mismas humedades libres.

Para graficar la Velocidad de Secado(R) deberá ir en Y y en X los promedios de las Humedades Libres.

Tiempo de Secado

1. Primero se calcula la Velocidad de Secado constante (Rc), que para un sólido de forma paralelepédica con sus lados de dimensiones (a y 2a) y espesor (L) es:

$$Rc = -\frac{h(T_a - T_s)}{h_{fg} L \rho_s} \left[\frac{3}{a} + \frac{2}{L} \right] = \text{Kg } H_2O / h.m^2$$

Ecuación 1.9



Donde:

hfg= calor latente de vaporización a la temperatura de la superficie del material (J/(Kg H2O))

Ta= temperatura del aire (K)

Ts= temperatura de la superficie del sólido (K)

h= coeficiente de transmisión de calor

Para flujo de aire en paralelo, como en éste caso, h posee la siguiente ecuación:

$$h = 14.305G^{0.8} \quad \text{Ecuación 1.10}$$

Donde G es igual a la densidad del flujo másico en kg/m²s.

2. Para calcular el tiempo total para la etapa de velocidad constante es:

$$t_c = \frac{w_0 - w_c}{R_c} \quad \text{Ecuación 1.11}$$

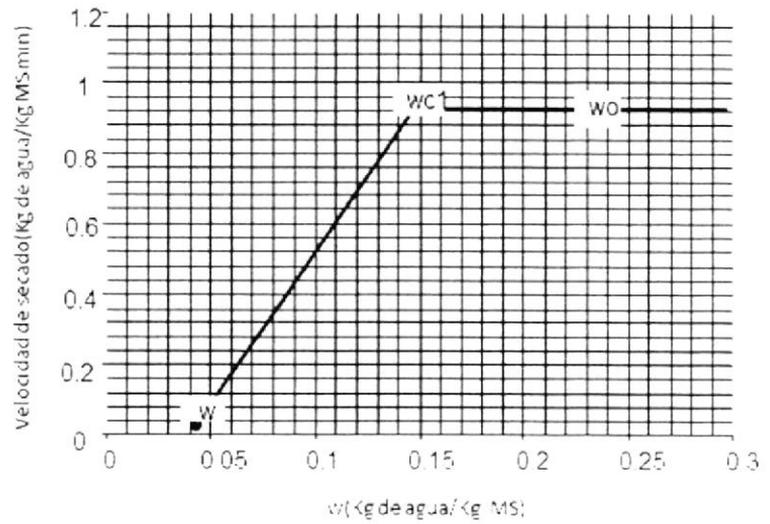
Donde w_0 es la humedad inicial y w_c es la humedad crítica.

3. Si existe una sola etapa de velocidad decreciente se utiliza la siguiente ecuación:

$$t_d = \frac{w_c}{R_c} \ln \frac{w_c}{w} \quad \text{Ecuación 1.12}$$

Donde w es la humedad al final del proceso de secado, como se ve en la figura 1.5.

Figura 1.5: Curva típica de secado



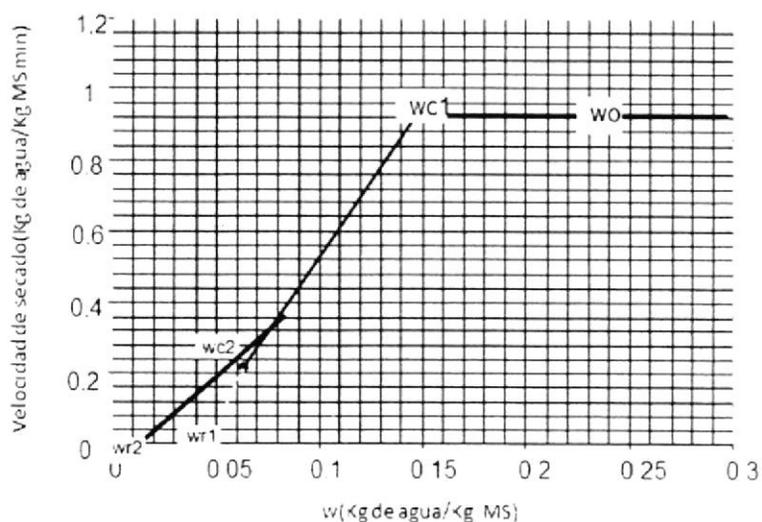
4. Si la gráfica tiene dos tiempos decrecientes las formulas a usar son las siguientes:

$$t_{d1} = \frac{w_{c1} - w_{r1}}{R_c} \ln \frac{w_{c1} - w_{r1}}{w_{c2} - w_{r1}} \quad \text{Ecuación 1.13}$$

$$t_{d2} = \frac{w_{c1} - w_{r1}}{R_c} \frac{w_{c2} - w_{r2}}{w_{r2} - w_{r1}} \ln \frac{w_{c2} - w_{r2}}{w - w_{r2}} \quad \text{Ecuación 1.14}$$

Las humedades se las observa en la figura 1.6 (12)

Figura 1.6: Humedades para tiempos decrecientes



Agua en alimentos

El agua es el principal componente de alimentos sean estos vegetales o animales, juega un rol predominante en determinar su forma, tamaño, estructuras físicas y químicas. Esta también influye en el control de la transferencia de masa, reacciones químicas y la actividad de microorganismos (10). Sin embargo, la cantidad de agua disponible en el alimento se puede obtener a partir de la Actividad de agua (a_w).

La a_w es definida por el descenso de la presión parcial del vapor de agua, como se ve a continuación:

$$a_w = \frac{P_w}{P_w^o} = ERH \quad \text{Ecuación 1.15}$$

Donde, P_w = presión parcial de vapor de agua de una solución o de un alimento y P_w^o = presión parcial de vapor de agua pura a la misma temperatura. Su valor varía entre 0 y 1. En el equilibrio la a_w también se relaciona con la Humedad Relativa “ERH” del medio ambiente que rodea al producto.

Durante el secado se nota que existen dos fases la primera en la que el agua esta menos ligada, débilmente ligada o libre debido a que los poros del alimento se encuentran abiertos pero con el pasar del tiempo durante el secado los poros se van cerrando evitando eliminar el agua fuertemente ligada y el tiempo de secado se alarga.

1.2.2 Vida útil



La vida útil de los alimentos secos depende de varios factores como se detallan a continuación:

- Humedad residual: muchas frutas deshidratadas retienen entre el 15 y el 20% de su humedad, mientras que los vegetales usualmente retienen el 5 %. Aquellas frutas con mayor humedad podrían llegar a tener mohos sin importar lo bien empacadas que estuvieran y con

humedades menores pueden llegar a tener grandes pérdidas en el valor nutricional.

- Temperatura de almacenamiento: mientras menor sea la temperatura de almacenamiento, el alimento seco tendrá mayor tiempo de vida útil.
- Exposición: la exposición a humedad, luz y aire durante el almacenamiento afecta negativamente al producto seco.
- Empaque: todo empaque debe ser impermeable al aire, a prueba de humedad, hecho de un material el cual lo mantenga alejado de insectos y roedores y empacadas al vacío. (15)

A pesar de lo descrito anteriormente, el factor más importante en un producto seco es el contenido de humedad crítica, ecuaciones muy simples han sido derivadas para la estimación de la ganancia o pérdida de humedad para un alimento que se mantiene en un empaque semipermeable. Para la ganancia de humedades entonces se utiliza la siguiente ecuación (16).

$$\ln \tau = \ln \left[\frac{m_g - m_i}{m_g - m} \right] = \frac{k' A}{k W_f} \frac{P_0}{b} \theta \quad \text{Ecuación 1.16}$$

Donde:

T = contenido de humedad incompleta, algunas veces llamado Gamma

m_e = contenido de humedad en la isoterma que está en equilibrio con la temperatura y la humedad externa (g H₂O/g sólidos), basada en la aproximación a la línea recta.

m_i = Contenido de humedad inicial (db)

m = contenido de humedad encontrado al tiempo Θ

k/x = Permeabilidad de la película en g H₂O/ día m² mmHg

A = Área del empaque (m²)

W_s = Peso del sólido seco (g)

P_o = Presión de vapor de agua pura a una temperatura T , en mm Hg, y

b = Pendiente de la isoterma en g H₂O/g de sólidos por unidad de a_w

1.3 Mercado Objetivo

Los productos deshidratados pueden ser consumidos como snacks, e incluso existe un incremento de ellos, tal es el caso que en EEUU el crecimiento de snacks saludables para el 2007 fue del 6.6%, según un boletín de la CORPEI (17). Esto se debe a que las personas con el paso del tiempo han buscado consumir productos más sanos debido a ciertos problemas que causan algunos alimentos. Por lo cual, en Ecuador el Departamento de Higiene y Control Sanitario del Municipio de Cuenca y el Instituto de Higiene Izquierda Pérez realizaron análisis a productos alimenticios para niños dando como resultados que colorantes peligrosos para la salud como el amarillo 5, amarillo 6 o tartrazina y el rojo 40 están presentes en diferentes tipos de snacks. Además entre el 80 y 90% de snacks usan colorantes, casi ninguno es sano, esta información según el diario el Mercurio (18).

Es por ello, que con la piña deshidratada como snack saludable se espera llegar a uno de los sectores más vulnerables, los niños de 4 a 12 años. Quienes según dato del INEC, en nuestro país equivalían a una población de 2'2000000 habitantes para el 2009 es decir el 15% de la población. (19)

1.4 Legislación de productos deshidratados

En el Ecuador, quien se encarga de normalizar los alimentos es el INEN. En éste caso, la norma en la que se basará el presente proyecto en cuanto a piña fresca es la NTE INEN 1 836:2009, la cual determina los parámetros físicos-químicos de la piña fresca (Perolera o Milagreña) (Ver apéndice 1.1).

A falta de una norma para **productos deshidratados a nivel nacional** el presente proyecto se acoge a **Normas Internacionales como el CODEX ALIMENTARIUS**, de las cuales se obtiene como guía el **"CÓDIGO INTERNACIONAL RECOMENDADO DE PRACTICAS DE HIGIENE PARA LAS FRUTAS Y HORTALIZAS DESHIDRATADAS" o CAC/RCP 5-1971(20)**

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Características de Ingredientes y Materiales

2.1.1 Materia Prima

La materia prima utilizada en el presente proyecto es la Piña variedad Perolera, la cual fue obtenida del Changue, cultivo ubicado en la vía Naranjito-Bucay. Esta variedad se destina exclusivamente al consumo local como fruta fresca. Posee un gran tamaño, tiene forma cónica, ojos profundos, corazón grueso y pulpa blanca.

El color de la cáscara es el factor determinante para escoger el punto de corte, sin embargo, debe tenerse en cuenta que el color de la fruta varía de acuerdo al tamaño de la misma,

mientras más grande sea ésta, con menor intensidad se colorea la cáscara(21), es por ello que se utilizó la piña grado 2, según apéndice 2.1, con 12 ± 0.5 °Brix, además mientras más verde esté, es más fácil manipularla y menos profundos son los ojos, no se escogió la piña grado 1 por ser muy ácida.

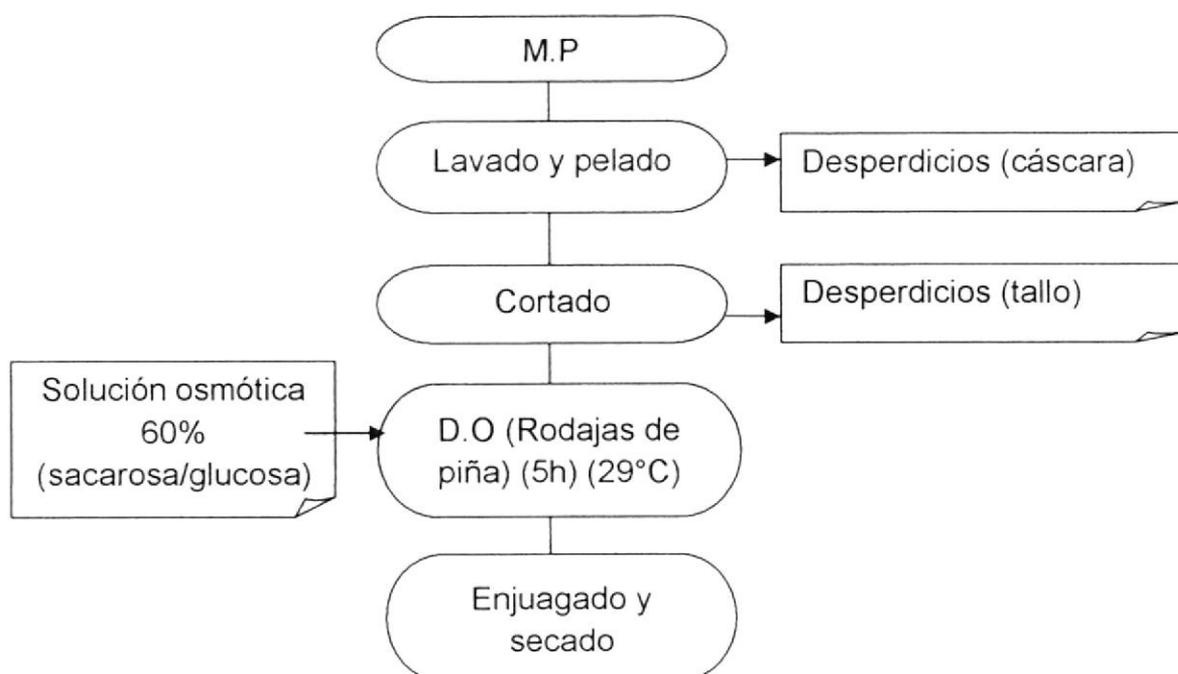
2.1.2 Agentes Osmóticos

Los azúcares usados para la deshidratación osmótica fueron sacarosa y glucosa, en solución al 60 %. La sacarosa de marca San Carlos fue adquirida en los mercados locales de la ciudad. Por otro lado, la glucosa fue adquirida en Laboratorio Cevallos y Domínguez de la ciudad de Guayaquil.

2.2 Diseño Experimental

2.2.1 Deshidratación Osmótica

Figura 2.1 Diagrama de flujo



Como se observa en la figura 2.1, primero, las piñas se lavaron en solución de cloro de 100ppm (22). Posteriormente, fueron peladas y cortadas en rodajas de 1 ± 0.3 cm de altura, con un diámetro de 12 ± 2 cm, que dió un peso de 80 ± 2 g sin el corazón o tallo. Luego fueron deshidratadas en una relación de fruta y jarabe equivalente a 1:4 (piña: jarabe). Los agentes osmóticos para las deshidrataciones fueron sacarosa y glucosa por separado.

Para realizar la deshidratación osmótica, no fue necesario escaldar, porque las soluciones osmóticas a usar permiten mantener el pH ácido de las rodajas de piña, como se observa en el apéndice 2.2, evitando la oxidación enzimática del fruto. Para ello se sumergieron 13 rodajas de piña, las cuales fueron sacadas cada 5, 10, 15, 30 y 45 minutos, de esta manera se llegó hasta las 5 horas con una temperatura ambiente de 29° C.

2.2.2 Secado

El secado se realizó en un Secador Rotacional Blue M de bandejas, como se observa en los Apéndices 2.3 y 2.4. Se trabajó con una temperatura de $70\pm 2^{\circ}$ C y Humedad relativa de 65 ± 2 . En la tabla 2.1 se observan las especificaciones de este secador.

Tabla 2.1: Información del secador

Modelo	OV-475A-3
Serial N°	OV3-40287
Rango de Temperatura	38 ° C a 260 ° C
Line Volts	120V 1HP 60Hz
Amperaje	11 ^a
Voltaje	115V
AMPS	3.0
Velocidad del aire	2,54 m/s



Se efectuaron tres secados, el primero fue con piña natural, el segundo con la piña deshidratado osmóticamente con glucosa y finalmente el tercero con piña deshidratada osmóticamente con sacarosa. Se tomaron pesos al inicio del proceso, esto se realizó cada 5 minutos, hasta lograr un valor constante.

Luego se tomaron los pesos cada 10 minutos, y así sucesivamente hasta que el producto dejó de perder peso. Los tres experimentos se ejecutaron por triplicado.

2.3 Pruebas Físico Químico

Las pruebas físico químicas fueron realizadas según Coloma, 2008(23), los cuales se muestran en la tabla 2.2.

Los análisis físicos químicos fueron realizados por triplicado.

Tabla 2.2: Análisis Físico-Químicos a Muestra de Piña natural

Análisis	Equipo/Solución	Norma
° Brix	Baush&Lohub	INEN 380
Humedad	Balanza Kern	AOAC 22.013
Acidez Titulable	Sol NaOH 0.1 N	AOAC 22.060
Ceniza	Furnace 1300	AOAC 22.026
pH	Combo pH 8EC HANNA	-

2.4 Pruebas Sensoriales

Las pruebas sensoriales aplicadas se basaron en la medición del grado de satisfacción del consumidor, para éste proyecto se utilizaron las escalas hedónicas del tipo verbal, las cuales son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento. Ésta escala será de cinco puntos, de acuerdo a la información obtenida en las encuestas, cuyo formato se observa en el

Apéndice 2.5. Para ello, se incluye un punto central “ni me gusta ni me disgusta”, asignándole el valor de “0”, a los puntos sobre la escala se les agregará valores positivos, indicando que la muestra es agradable y a los que están debajo de ella se les agregara valores negativos, correspondiendo a calificaciones de disgusto, para de esta manera poder reconocer si la muestra es agradable o desagradable, como se observa en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Escala Hedónica

Escala	Valor asignado
Me gusta mucho	2
Me gusta ligeramente	1
Ni me gusta ni me disgusta	0
Me disgusta ligeramente	-1
Me disgusta mucho	-2

Realizado por: Hernández, Adriana 2009

Para analizar el efecto de varios niveles de una variable, se aplica el método estadístico descrito por Analdúa Antonio, 1994(24). En el cual, compara la varianza procedente de dicha variable con la varianza residual, o sea, la debida al error experimental y al azar.

Luego, se comparan con la F de tablas (F_t), la cual se obtienen de la tabla que se presenta en el Apéndice 2.6, con los grados de libertad de la fuente de variación bajo consideración como grados de libertad del numerador, y grados de libertad de residual como grados de libertad del denominador, con el nivel de significancia del 5%. Si $F < F_t$, no hay efecto significativo de la fuente de variación considerada sobre los resultados; en cambio si es mayor o igual, si hay diferencia significativa.

Finalmente si existe diferencia significativa se realiza la prueba de Tukey para ello se calculan las medias para cada tratamiento, ordenándolas de mayor a menor, después, se calcula el error estándar (\mathcal{E}), el cual es igual a:

$$\mathcal{E} = (CM_{e/j})^{1/2}$$

Donde, CM es la varianza (cuadrado medio) para el error.

Luego, se consulta en la tabla de rangos “estudentizados” significativos que se presenta en el Apéndice 2.7, con el número de tratamientos y los grados de libertad del error, y el valor que se obtiene (RES) se multiplica por \mathcal{E} para obtener la diferencia mínima significativa ($D.M.S$):

$$D.M.S = \mathcal{E} (RES)$$

Después, se comparan las diferencias entre las medias, y aquellas diferencias que sean mayores a D.M.S. se consideran significativas.

2.5 Pruebas de Estabilidad en Percha

Tabla 2.4: Sales usadas para obtener las isotermas

Sales	aw
Hidróxido de sodio (NaOH)	0,07316
Cloruro de Magnesio (MgCl ₂)	0,32176
Carbonato de Potasio (K ₂ CO ₃)	0,4317
Nitrato de Sodio(NaNO ₃)	0,72876
Cloruro de Potasio(KCl)	0,83356

Fuente: LABUZA THEODORE, tabla de sales para saturar en solución.

Las pruebas de estabilidad en percha se realizaron utilizando el método de Labuza (1984) (25). Para la creación de las isotermas se efectuó el método isopiéstico utilizando el procedimiento descrito por Coloma, (2005) (26), las isotermas realizadas fueron con las rodajas de piña deshidratadas con glucosa, sacarosa y el blanco o natural.

Las sales usadas tenían aw entre 0.9 a 0.07 a temperatura de 32 ° C, como se observa en la tabla 2.4.

Las isotermas serán obtenidas usando el programa Water analyzer 97.4, el cual permitió conseguir excelentes los resultados gráficos.

CAPÍTULO 3

3 DESARROLLO DE RODAJAS DE PIÑAS DESHIDRATADAS

3.1 Resultados Experimentales

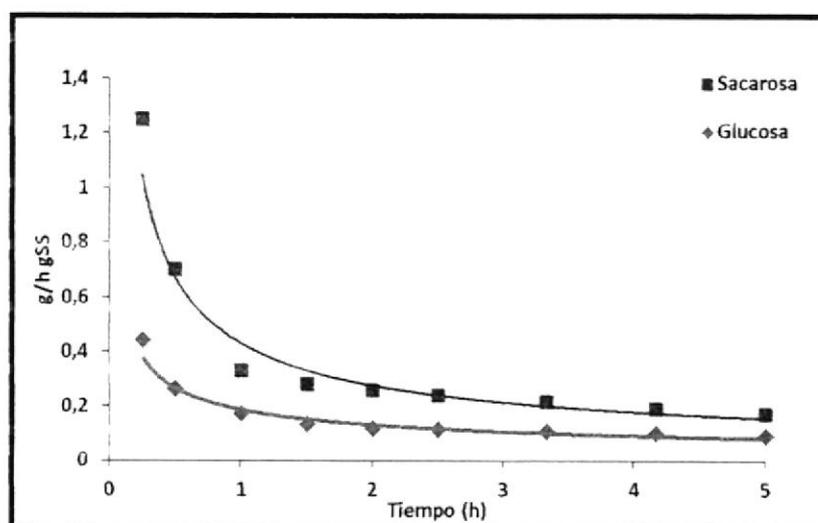
3.1.1 Efecto del tipo de Agente Osmótico en el proceso de Deshidratación Osmótica

Una vez realizada la deshidratación osmótica para confirmar si existía diferencia entre los datos de ganancia de sólidos, se aplicó el análisis de varianza de un solo factor con nivel de significancia

del 5%, mediante el programa Minitab 15, tomando en cuenta que la Hipótesis nula (H_0), determina que existe igualdad entre las muestras y la Hipótesis alternativa (H_a), establece que al menos una es diferente. Para aceptar la H_0 el valor P calculado debe ser mayor a 0.05.

En efecto, al revisar el Apéndice 3.1 el valor P calculado equivale a 0.009, de esta manera se rechaza la hipótesis nula, para corroborar esto se utilizó el cálculo de Fisher, el cual determinó que los datos ingresados para la glucosa son menores a la sacarosa.

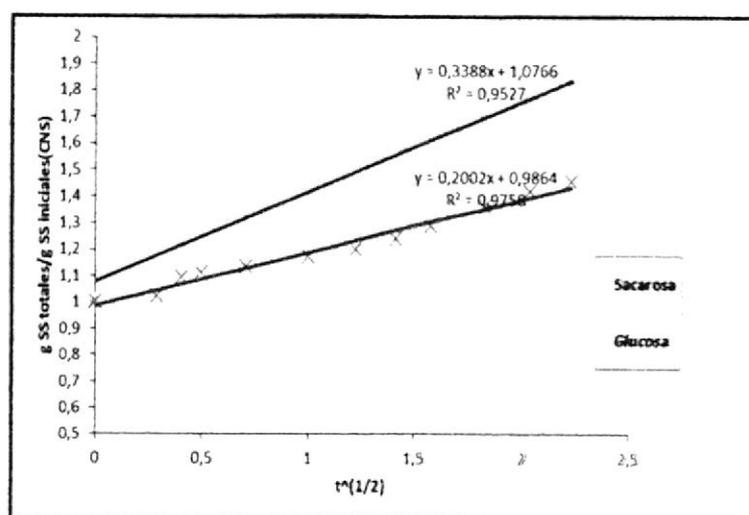
Figura 3.1: Velocidad de Ganancia de Sólidos



En consecuencia, al revisar la figura 3.1 se nota que la velocidad de ganancia de sólidos (SG) es menor para el producto deshidratado con glucosa en comparación con la sacarosa.

Lo cual se ratificó en la figura 3.2 de la cinética de sólidos secos para glucosa, cuyo K_{SG} según tabla 3.1 es de 0.2002, lo que permitió determinar que aquel que ofreció mayor resistencia a la difusión de sólidos fue la glucosa. Por otro lado en los dos casos, al terminar la primera hora de proceso la velocidad de ganancia de sólidos ha disminuido debido a la saturación de las células existiendo mayor dificultad para el ingreso de estas moléculas.

Figura 3.2: Difusión de sólidos secos



Además mientras la sacarosa pierde la velocidad rápidamente la glucosa tiende a estabilizarse. Por tener una menor masa molecular, la glucosa puede seguir ingresando a pesar que los poros de los tejidos del producto se vayan cerrando.

Tabla 3.1: Difusión de sólidos

	KCN	R2
Sacarosa	0,3388	0,9527
Glucosa	0,2002	0,9758

En cuanto a la pérdida de agua (**WL**), de igual manera se realizó el análisis de varianza de un solo factor del cual se obtuvo el Apéndice 3.2, que determinó un P obtenido equivalente a 0.617, siendo éste mayor a 0.05, se procede a aceptar la hipótesis nula, estableciendo que no existe diferencia entre las muestras comparadas.

Contrastando la evaluación estadística al observar la figura 3.3 se denota que existe una mínima diferencia entre las velocidades de pérdida de agua de cada agente osmótico, por otro lado la mejor manera de corroborar lo antes mencionado fue mediante el cálculo

del K_{CN} según figura 3.4 y tabla 3.2. El cual busca escoger el que represente menor resistencia a la transferencia de agua. Es decir, el que proporcione mayor difusión de agua. Para el presente proyecto fue la sacarosa con un K_{CN} de 0.282, a pesar que su diferencia con la glucosa es mínima, denotando insignificancia.

Finalmente, manteniendo lo señalado por Barbosa(1996), explicando que las fases de la deshidratación osmótica se desarrolla en dos etapas, una inicial de alta velocidad que dura aproximadamente 2 horas y otra final que tiende a disminuir entre 2 y 5 horas finales de proceso (26).

Figura 3.3: Velocidad de la Pérdida de Agua.

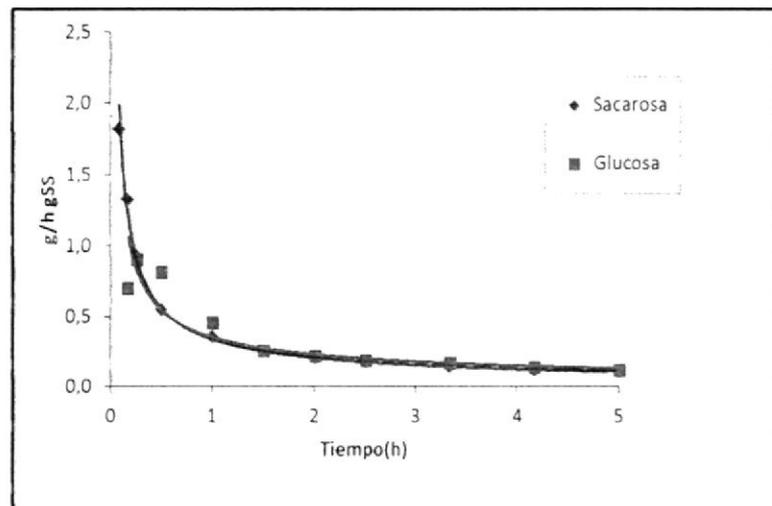


Figura 3.4: Difusión de agua

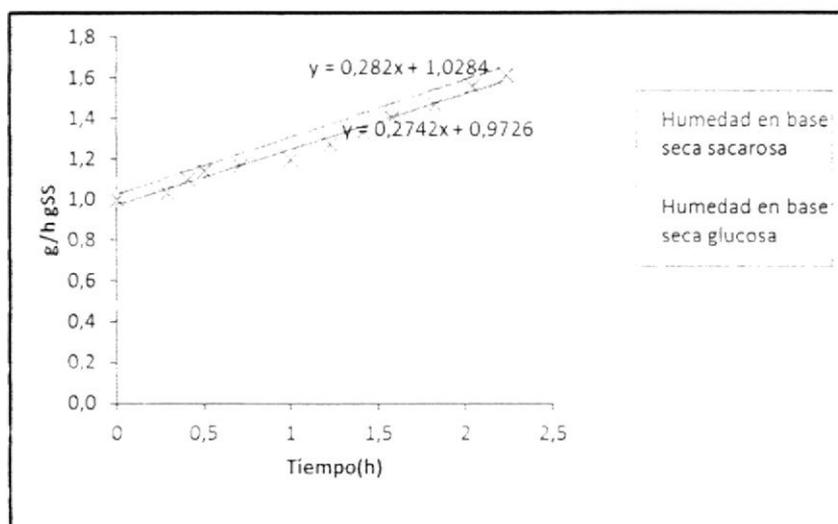


Tabla 3.2: Cinética de Humedad

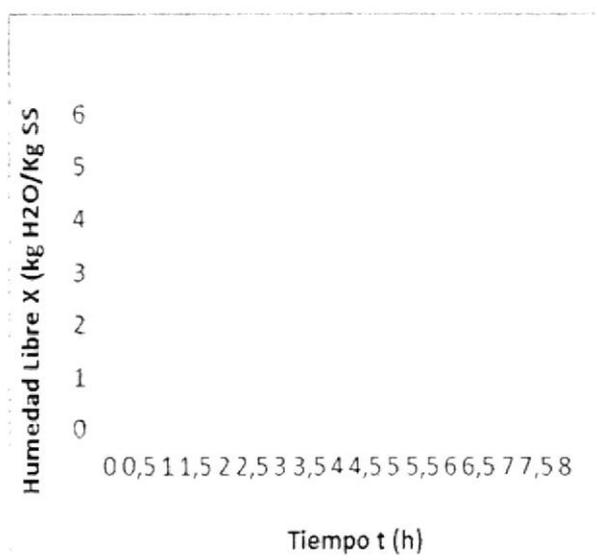
	KCNH	R2
Sacarosa	0,282	0,995
Glucosa	0,274	0,982

3.1.2 Efecto del tipo de Agente Osmótico en la transferencia de masa durante el secado

Se sometieron a secado de bandejas las tres muestras de piña, una sin D.O, otra con D.O.G y finalmente D.O.S. Para constatar si existe diferencia significativa entre ellas, se realizó el análisis de varianza de un solo factor, con nivel de significancia del 5% de los datos iniciales, de ello se consiguió los resultados indicados en el

apéndice 3.3, demostrando que el P calculado es menor a 0.05, de esta manera se acepta la hipótesis alternativa (H_a) determinando que existe diferencia entre las muestras. Esto se confirmó con la prueba de Fisher, en ella se define que si existe diferencia significativa del producto secado sin previa deshidratación osmótica pero al comparar las muestras de glucosa y sacarosa se determina que no existe diferencia entre ellas.

Figura 3.5: Humedad libre de la rodaja de piña seca sin D.O



No obstante, en las curvas de humedad libre obtenidas como en las figuras 3.5, 3.6 y 3.7, se puede observar que el producto natural demoró en eliminar la mayor parte de agua en 8 horas mientras que aquel tratado con glucosa lo realizó en 6 horas y finalmente el producto tratado con sacarosa en 5 horas, tomando en cuenta que partieron con un nivel de humedad diferente siendo de 84.9%, 69% y 64% respectivamente.

Figura 3.6: Humedad libre de la rodaja de piña seca (D.O.G)

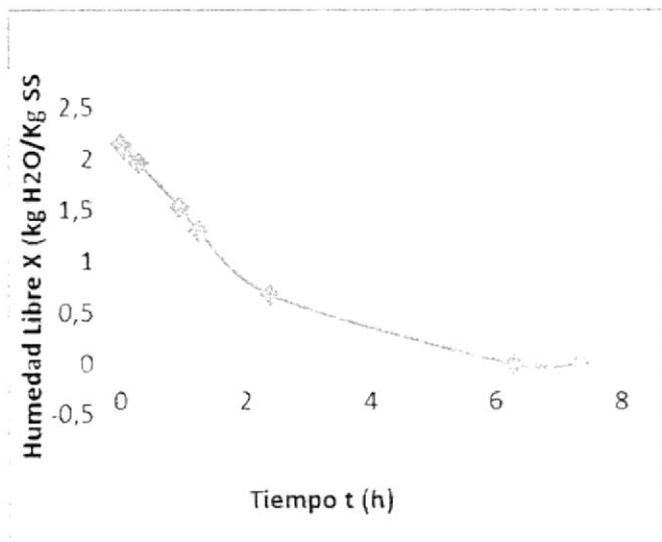
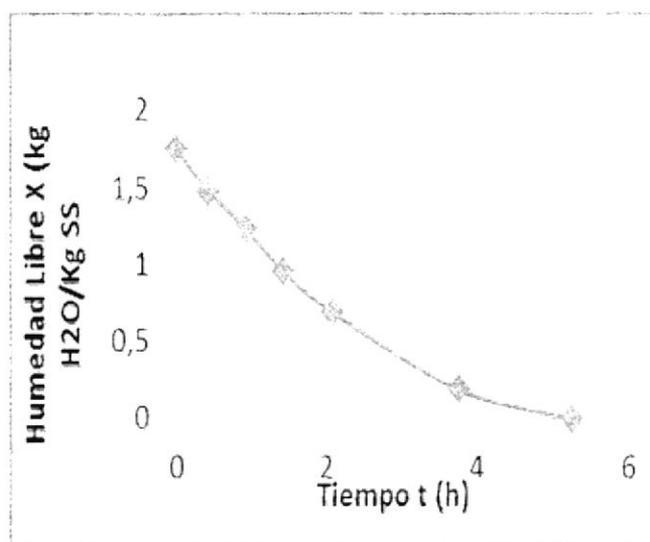


Figura 3.7: Humedad libre de la rodaja de piña seca (D.O.S)



Por otro lado, la velocidad de secado señala de manera diferenciada tres etapas, la inicial o de adaptación, la segunda con velocidad constante y la tercera o velocidad decreciente.

En los tres casos ocurre el mismo proceso como se observa en las figuras 3.8, 3.9 y 3.10. Además, al revisar la cinética de secado, el coeficiente de difusión de agua según tabla 3.3 es mayor para las rodajas sin previa deshidratación, es decir existe menor resistencia a la eliminación del agua.

Figura 3.8: Velocidad de secado de la rodaja de Piña sin D.O

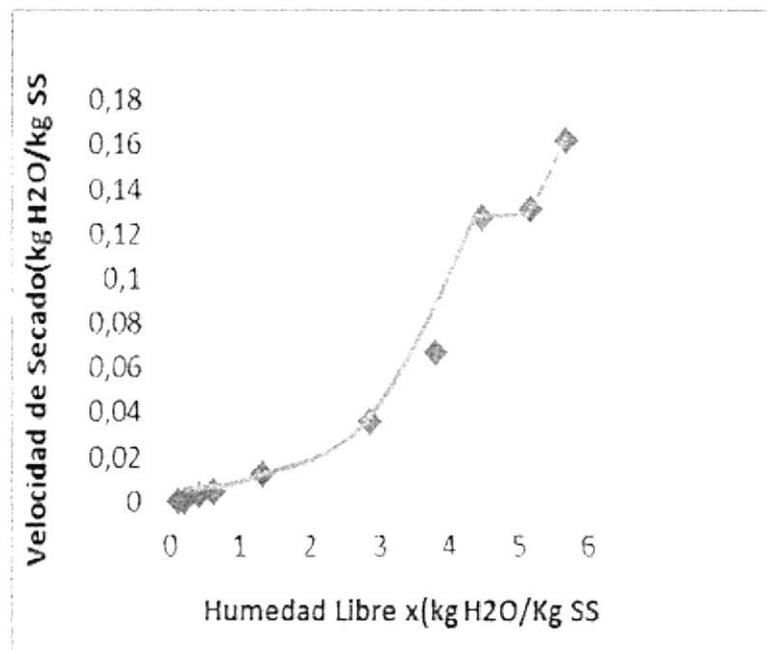


Figura 3.9: Velocidad de secado de la rodaja de Piña con
D.O.G

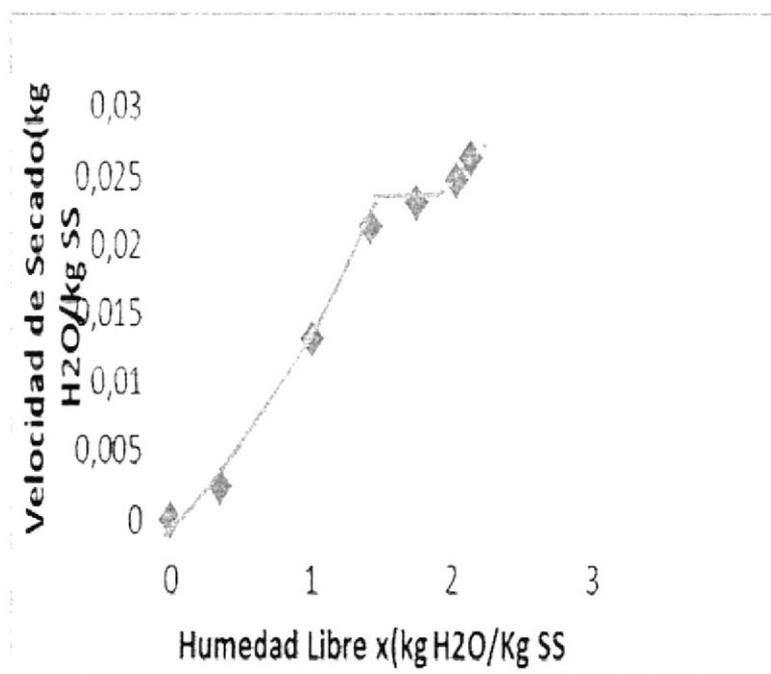


Figura 3.10: Velocidad de secado de la rodaja de piña con D.O.S

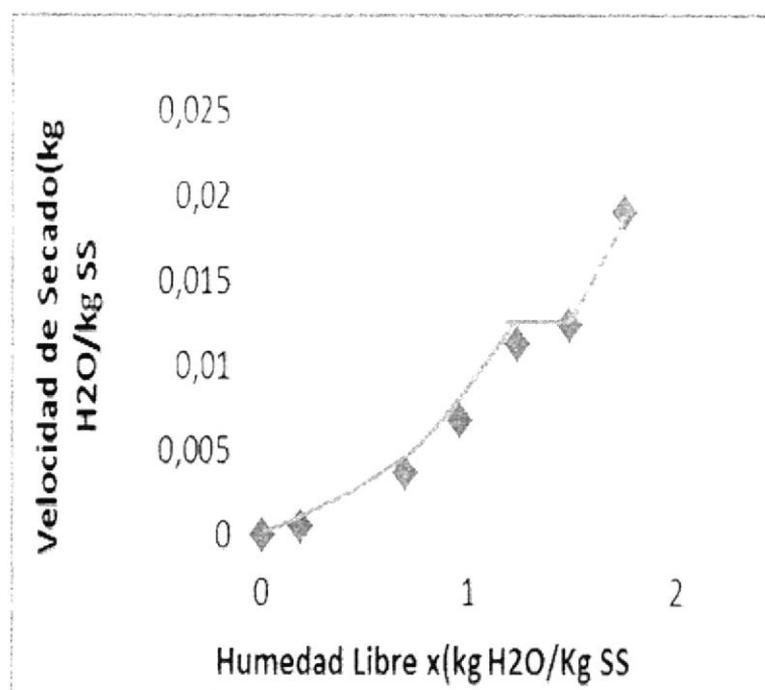


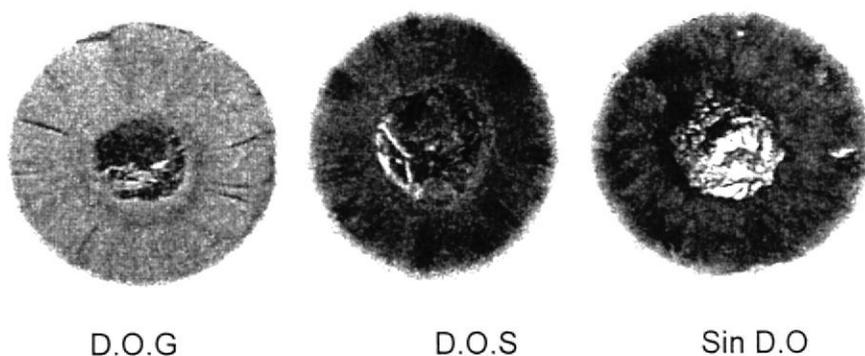
Tabla 3.3: Coeficiente de difusión para productos secos

Procesos de Secado	Kw
Secado Natural	0,028
Secado de Glucosa	0,015
Secado de Sacarosa	0,0104

Finalmente, no solo se toma en cuenta la cinética de secado sino otros factores que forman parte del mismo, tal es la coloración final del producto como se observa en la figura 3.11, en la cual se observó que la piña seca con mejores características fue la previamente deshidratada con sacarosa.



Figura 3.11: Piñas secas



Otro punto importante es el endurecimiento, como lo denota Brennan (2006), según el cual existe la formación de una capa impermeable en la superficie del producto seco, reteniendo agua en el interior, esto ocurre en los productos previamente tratados con soluciones osmóticas (7)

3.2 Caracterización de Producto

Para obtener el resultado final de la rodaja de piña adecuada para el consumo, se realizó una evaluación sensorial hedónica como se explicó en el capítulo 2. En primera instancia, se comparó el F obtenido mediante cálculo y el F de tabla con un nivel de significancia del 5%, dando un resultado de 1.978 y 1.334 respectivamente, demostrando que si hay un efecto significativo entre las muestras evaluadas, por lo cual fue necesario realizar la prueba de Tukey, dando los resultados presentados en la tabla 3.4. De ellos se obtiene, que la piña deshidratada osmóticamente con sacarosa no tiene diferencia significativa al compararla con la piña deshidratada osmóticamente con glucosa, pero si existe diferencia con aquella secada sin previa deshidratación.

Por otro lado, si una de las muestras hubiera causado total agrado a todos los jueces el valor medio de su sumatoria debería ser 2 según tabla 2.3 de la escala hedónica, siendo la rodaja de piña deshidratada con sacarosa la que más se acerca con un valor de 1.75, se eligió éste producto para su caracterización.

Tabla 3.4: Resultado de medición de Tukey

Productos usados	Resta de Medias	DMS	
Sacarosa-Glucosa	0,2	0,454113	No hay diferencia significativa
Sacarosa-Normal	1,32	0,454113	Si hay diferencia significativa
Glucosa -Normal	1,12	0,454113	Si hay diferencia significativa

Finalmente, el resultado de los análisis realizados al producto escogido se muestra en la tabla 3.5

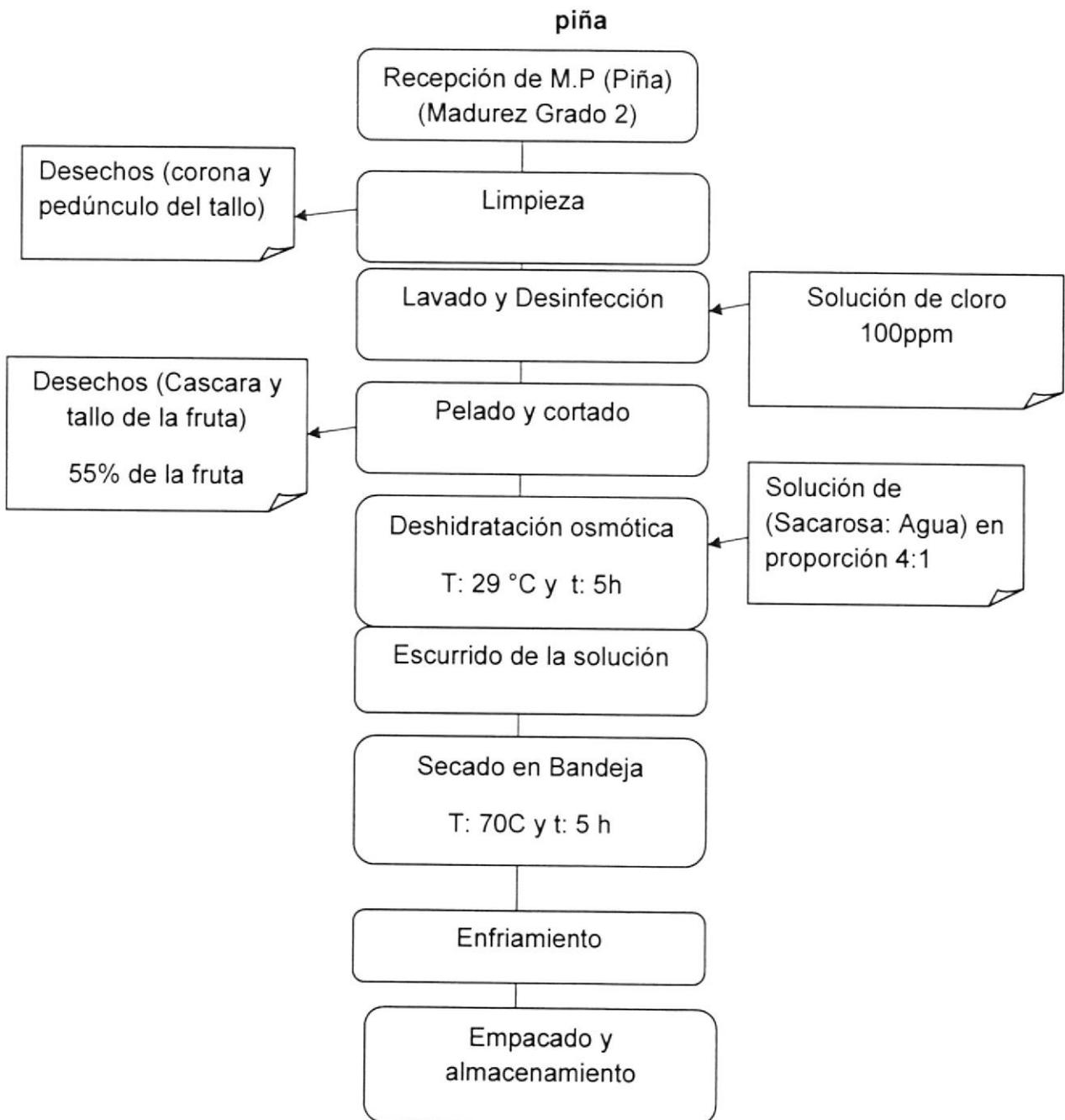
Tabla 3.5: Muestra de Piña caracterizada

Piña seca deshidratada osmóticamente con sacarosa		
Humedad	22±0.5	
Brix	82±1	
pH	3,58±0.025	
Ceniza	6,53±0.6	
Acidez	0,55±0.2	

3.3 Descripción del Proceso (diagrama de Flujo)

Para describir el proceso de elaboración de la piña seca escogida, se muestra en la figura 3.12 el diagrama de flujo.

Figura 3.12 Diagrama de flujo para deshidratación osmótica de



De acuerdo al diagrama de flujo se tiene el siguiente procedimiento:

Recepción de materia prima: observar características básicas, las cuales son peso, tamaño y forma según norma NTE INEN 1 836:2009, para piña fresca variedad perolera (Ver capítulo 1), además el grado de madurez designado (Madurez tipo 2, figura 2.1)

Limpieza: eliminar todo agente extraño como palos, piedras, hojas, entre otros, por otro lado separar la corona y el pedúnculo.

Lavado y desinfección: lavar previamente con agua por aspersion. Luego desinfectar en una tina con agua clorada a 100ppm durante 5 minutos, finalmente por aspersion enjuagar con solución de 3ppm de cloro en agua (27).

Pelado y Cortado: para realizar manualmente se puede hacer mediante cuchillo o maquinas como la adjunta (28) en el apéndice 3.4 o maquinas semiautomáticas como el modelo Vapm-80(29) como se muestra en el apéndice 3.5 el cual sirve para cortar, pelar y eliminar el tallo de 80 frutas por minuto, para luego realizar el corte y obtener los cilindros de piña (30) como se observa en el apéndice 3.6 con capacidad de 20 a 30 frutas cada 30 minutos.

Deshidratación osmótica: realizar la deshidratación de los cilindros de piña en tanques de acero inoxidable (Apéndice 3.7) durante 5 horas a temperatura ambiente de 29°C con solución de sacarosa en proporción 4:1, reusar la solución evitando la fermentación de esta manera mejoran las características físicas químicas del producto final (31).

Ecurrido de la solución: pasar las piñas deshidratadas por bandas transportadoras, eliminar el exceso de azúcar por aspersion de agua finalmente mediante sopleteo de aire eliminar agua residual.

Secado en bandejas: realizar secados a pequeña escala como se observa en el apéndice 3.8, en este caso se muestra un secador de Flo Equipment Pvt. Ltd(32) o también realizarlo en mayor proporción con secadores de hasta 96 bandejas de la industria **PRECIOUS**(33), el tiempo máximo de secado será 5 horas a temperatura de 70°C.

Empacado y almacenamiento: realizar el sellado al vacío en fundas de polipropileno, como se observa en el apéndice 3.9. (34)

3.4 Estudio del efecto de la agente osmótico en la Vida útil de las rodajas de piña deshidrata

Se realizaron las isotermas como se observa en las figuras 3.13, 3.14 y 3.15 a partir de la piña seca, arrojando los datos de la tabla 3.6

Figura 3.13: Isotherma de Piña Seca sin D.O

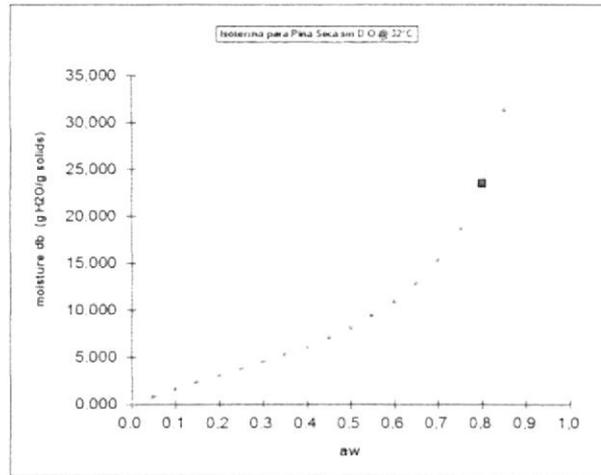


Figura 3.14: Isotherma de Piña Seca con D.O.G

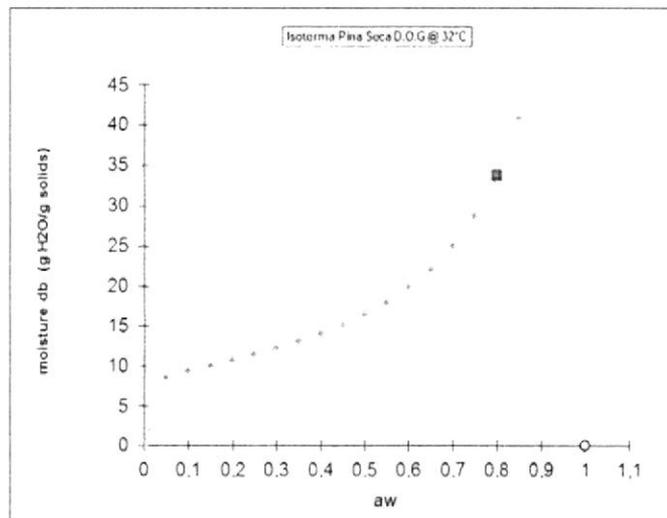
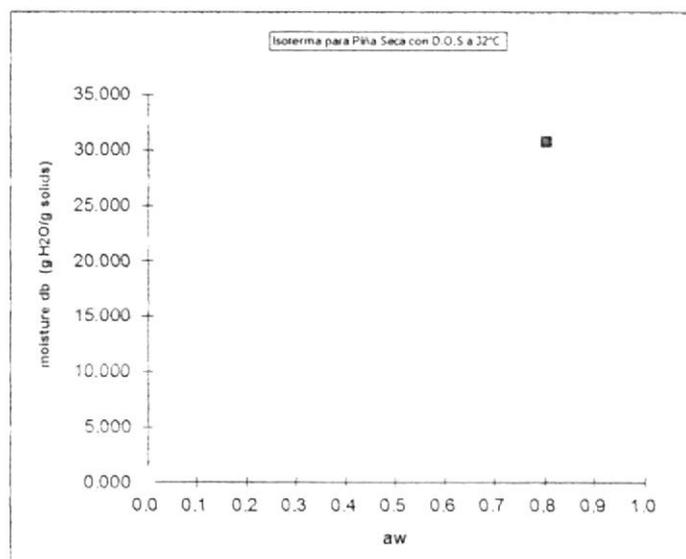


Figura 3.15: Isotherma de Piña Seca con D.O.S a 32 ° C



De acuerdo a la tabla 3.6, se demuestra que la presencia de agentes humectantes en el producto permite mayor retención de agua en la monocapa y mayor movilidad de las moléculas. Sin embargo, el producto natural al tener mayor actividad de agua posee una mayor estabilidad al medio ambiente.

Tabla 3.6: Monocapa

	Glucosa	Sacarosa	Natural
Mono capa (g H ₂ O/g S.S)	8,97	14,83	5,3
aW	0,06	0,09	0,3

Para conocer el tiempo de vida útil lo primero a obtener fue la humedad crítica mediante evaluación sensorial, el resultado de ello se observa en la tabla 3.7

Tabla 3.7 Humedad Crítica

	Glucosa	Sacarosa	Natural
Humedad crítica (g H ₂ O/g S.S)	26,85	21,73	32,06

Al utilizar estos datos en las isotermas de absorción se tienen los datos de la tabla 3.8

Tabla 3.8 Humedades (m) y pendiente (b)

	GLUCOSA	SACAROSA	NATURAL
m(g H ₂ O/g S.S)	22,5	22	15,347
me(g H ₂ O/g S.S)	30	29	23,75
b	73	28,5294118	79,7875

Luego se investigó el X/K, el cual según Massey(2003), para el Polipropileno bioorientado (BOPP), con .015mm de espesor, es de 0.005 q/mm Hg m²di (35)

Finalmente, se obtuvo el valor de vida útil en la tabla 3.9 en base a la ecuación 1.16

Tabla 3.9 Vida útil

	Glucosa	Sacarosa	Natural
Vida útil(Días)	787	316	1038

Demostrando que el mayor tiempo de vida útil fue obtenida para el producto seco sin previa deshidratación o Producto Natural con un total de 34 meses. Este resultado demuestra que el ingreso de agente humectante en el producto produce una mejoría de textura pero reduce el tiempo de vida útil del producto seco, debido al incremento de la movilidad del agua.

3.5 Rendimientos Materiales

De acuerdo a la experimentación se consigue lo siguiente:

Fruta:

Los desechos entre cascara y tallo conforman el 55% de la Fruta, mientras que el total para ser usado equivale al 45%, usando piñas

de tamaños intermedios equivalentes a 20 ± 3 cm de largo se obtiene hasta 12 rodajas.

Solución:

Al pasar las 5 horas de proceso habrá perdido el 13% de sacarosa, es por ello que la solución será pasteurizada y compensada manteniendo los 60 ± 0.5 ° Brix y pH de 6.5 ± 0.2 lo cual permitirá mantener la proporción en las siguientes deshidrataciones, con un uso no más allá de 3 procesos.

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se escogió aquel producto deshidratado con solución de sacarosa como agente osmótico, el cual permitió establecer mejores resultados durante el secado, además durante la evaluación sensorial fue el de mayor aceptación por los jueces, permitiendo conseguir un producto final con un tiempo de vida útil equivalente a 10 meses.
- Los agentes osmóticos utilizados incrementan la movilidad del agua en el alimento final debido a sus propiedades higroscópicas, cediendo humedad al medio que los rodea.

- Los agentes osmóticos utilizados incrementan la movilidad del agua en el alimento final debido a sus propiedades higroscópicas, cediendo humedad al medio que los rodea.
- Finalmente el presente proyecto permitió corroborar las teorías expuestas por Sun Da wen, Beuchat, y Shi John sobre las ventajas de la deshidratación osmótica sobre el secado como son el acortar el tiempo de secado, evitar la oxidación enzimática y mejorar el sabor del producto final.

Recomendaciones

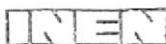
- El enjuague de la superficie del alimento es esencial, al no ser realizada, durante el proceso de secado se observará una capa de azúcar que se cristalizará en la superficie y el agua del alimento no habrá migrado en su totalidad al ambiente, disminuyendo el tiempo de vida útil del producto final.
- La solución de sacarosa puede ser reutilizada, mediante una previa pasteurización y estandarización de los °Brix y pH del medio, conservando la calidad microbiológica de la misma. Simultáneamente, la reutilización dará mejores características ya que en la deshidratación no solo se elimina agua sino ciertos componentes de la fruta mejorando el sabor de la solución.

APÉNDICES



APÉNDICE 1.1

CDU 634 774
ICS: 67 080



CIU 1110
AL 02 03-438

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria</p>	<p>FRUTAS FRESCAS. PIÑA. REQUISITOS.</p>	<p>NTE INEN 1836:2009 Primera revisión 2009-02</p>
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la piña destinada para consumo en estado fresco, después de su acondicionamiento y a los frutos destinados para procesamiento industrial, que se comercialicen dentro del territorio ecuatoriano</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta Norma se aplica a las variedades comerciales de piñas obtenidas de <i>Ananas comosus</i> Linneo. Meer. de la familia <i>Bromeliaceae</i></p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 1 751 y las que a continuación se detallan:</p> <p>3.1.1 <i>Piña Ananas comosus</i> (L) Fruto de las plantas de la familia de las Bromeliáceas de forma ovalada y/o cilíndrica, con rangos de color desde verde a anaranjado de acuerdo a su madurez de consumo, de olor agradable, pulpa jugosa y sabor dulce ligeramente ácida. Tiene pulpa carnosa de consistencia firme; el pedúnculo en el momento de la cosecha, debe ser desprendido desde la base, de preferencia libre de brácteas. La corona debe tener un largo mínimo de 10 cm y de máximo 1.5 veces más que la longitud de la fruta, recta y libre de esquejes. Las variedades más comunes en el Ecuador son: hawaiana (cayena lisa), milagrea (cambray) o perolera, criolla (marañona), MD-2 (golden super o extra sweet) y champaka.</p> <div data-bbox="571 1161 1035 1703" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Producto vegetal, industria alimentaria, producto agrícola, fruta fresca, piña, requisitos</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Guayaquil, Ecuador - Prohibida la reproducción

- b) Defectos moderados en el color, causados por el sombreado que se produce por el contacto entre los frutos con el medio y cicatrices superficiales ocasionadas por insectos. Estos defectos en conjunto no deben exceder el 10 % del área total del fruto.
- c) Se permite fruta bicolor, causada por problemas en la maduración de la fruta
- d) La corona debe ser simple y recta o ligeramente curva, sin brotes, y su longitud puede variar entre 1 y 1,5 veces la longitud del fruto
- e) Se permiten defectos moderados de cáscara causados por insectos, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto y su calidad interna; este tipo de daño no puede superar 10%

4.1.3 Grado II. Este grado comprende las piñas que no pueden clasificarse en los grados anteriores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados en 6.1. Se admiten los siguientes defectos, siempre que conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación:

- a) Defectos en la forma (como deformaciones en hombros o base de fruta, irregularidad en la secuencia diagonal de las inflorescencias).
- b) Ligeras cicatrices o fisuras profundas que no afecten la pulpa de la fruta y se encuentren secas. Manchas en la cáscara debido a roce o manejo. Ligeros magullamientos, cáscara levemente quemada por efectos del sol. Estos defectos en conjunto no deben exceder el 20% del área total del fruto

4.2 Calibre. El calibre se determina por el diámetro en mm de la sección ecuatorial de la fruta y la masa expresada en g. La correlación entre calibre, diámetro y masa es la siguiente:

TABLA 1. Calibres de la piña

Calibre	Diámetro ecuatorial, mm (ver 8.1.1)	Masa promedio, g (ver 8.1.2)
Milagrería y criolla		
Grande	> 130	> 2000
Mediana	130 - 120	2000 - 1500
Pequeña	< 120	< 1500
Hawaiana, MD2 y champaka		
Grande	> 120	> 1500
Mediana	120 - 110	1500 - 1000
Pequeña	< 110	< 1000

4.3 Tolerancias. Se admiten las siguientes tolerancias de calidad y calibre en cada unidad de empaque para los productos que no cumplan los requisitos de la categoría indicada

4.3.1 Tolerancias de calidad

4.3.1.1 Grado extra. Se admite hasta el 5% en número o en peso de frutos que no correspondan a los requisitos de este grado, pero cumplan los requisitos del grado I.

4.3.1.2 Grado I. Se admite hasta el 10 % en número o en peso de frutos que no correspondan a los requisitos de este grado

(Continúa)

4.3.1.3 Grado II. Se admite hasta el 10% en número o en peso de frutos que no cumplan los requisitos de éste grado, ni los requisitos generales definidos en el numeral 6.1, con excepción de los productos con magulladuras severas, fisuras o con heridas no cicatrizadas.

4.3.2 Tolerancias de calibre. Para todos los grados se acepta hasta el 10% en número o en peso de frutos, que corresponda al calibre inmediatamente inferior o superior, al señalado en el empaque.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Los frutos destinados a la comercialización, deben cumplir con los grados y calibres considerados anteriormente, deben estar bien formados, tener pulpa carnosa, corteza de color típico a la variedad. El producto no debe tener heridas, pudriciones y daños causados por insectos.

5.2 El proveedor debe garantizar que la muestra inspeccionada cumpla con el grado y calibre declarado en el rótulo o etiqueta del envase o embalaje.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos.

6.1.1 Además de los requisitos y tolerancias permitidas para cada grado, las piñas deben tener las siguientes características físicas:

6.1.1.1 Estar enteras.

6.1.1.2 Estar libre de golpes.

6.1.1.3 La forma característica de la variedad.

6.1.1.4 Estar sanas (libres de ataques de insectos y/o enfermedades, que demeriten la calidad interna del fruto).

6.1.1.5 Estar libres de humedad externa anormal producida por mal manejo en las etapas poscosecha (recolección, acopio, selección, clasificación, adecuación, empaque, almacenamiento y transporte).

6.1.1.6 Estar exentas de cualquier olor y/o sabor extraño (provenientes de otros productos, empaques o recipientes y/o agroquímicos, con los cuales hayan estado en contacto).

6.1.1.7 Presentar aspecto fresco y el interior del fruto debe tener consistencia firme.

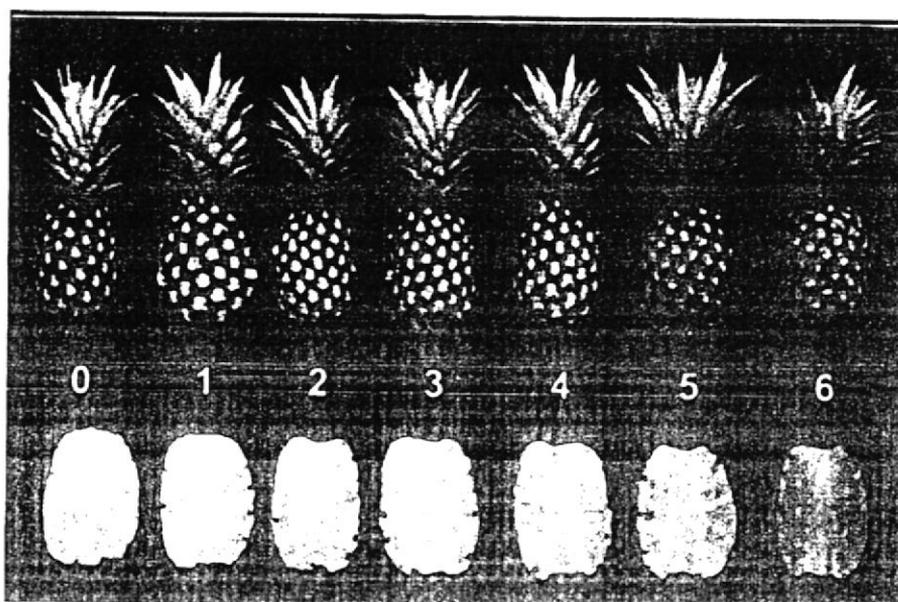
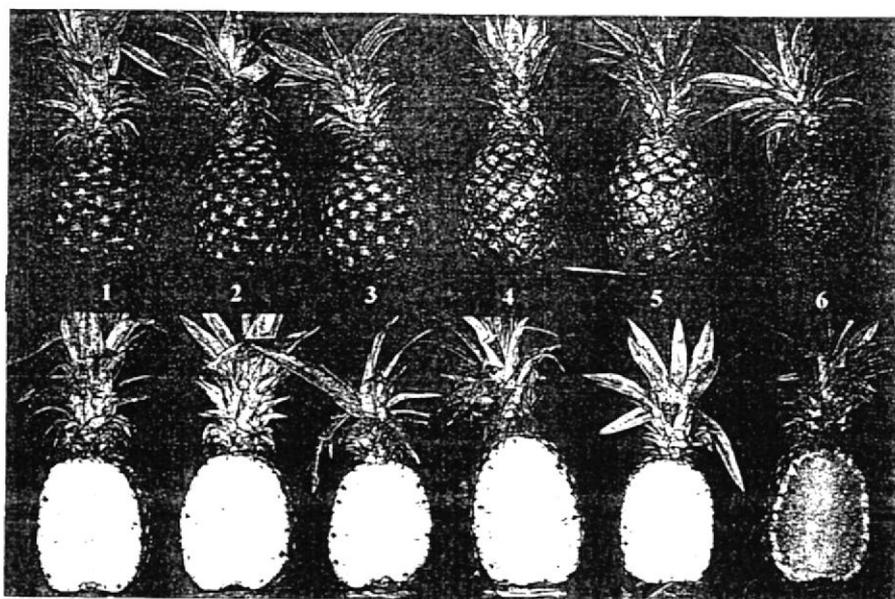
6.1.1.8 Estar exentos de materiales extraños (tierra, polvo, agroquímicos y cuerpos extraños) visibles en el producto o en su empaque.

6.1.1.9 Cuando tengan pedúnculo, su longitud no debe ser superior a 2,0 cm, y el corte deberá ser transversal y limpio.

6.1.2 Las piñas deben presentar un punto de madurez mínimo. El punto, sazón o grado de madurez se presenta en la forma, sabor, textura de la pulpa y aroma característicos de la variedad que se verifica sensorialmente.

6.1.2.1 La siguiente descripción relaciona los cambios de color con los diferentes estados de madurez.

(Continúa)



Fuente Cenicafé, Centro Nacional de Investigaciones de café, Colombia

Estado verde: va de color 0 a color 1
 Estado pintón: va de color 2 a color 4
 Estado maduro: va de color 5 a color 6

(Continúa)

TABLA 2. Requisitos físico químicos de las piñas (milagrea, criolla, hawaiana, MD-2 y champaka) de acuerdo con su estado de madurez

	MADUREZ DE CONSUMO		METODO DE ENSAYO
	Min	Max	
Acidez titulable % (ácido cítrico)	-	0,9	NTE INEN 381
Sólidos solubles totales °Brix	11,0	17,0	NTE INEN 380
Contenido de pulpa, %	50	-	Ver 8 2

6.1.3 Los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius

6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 El desarrollo y condición de las piñas deben ser tales que les permitan:

- Soportar el transporte y la manipulación, y
- Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.

6.2.2 Condiciones de almacenamiento

6.2.2.1 Para evitar daños el fruto no debe exponerse al sol

6.2.2.2 Las áreas de transporte y almacenamiento deben mantenerse frescas y ventiladas

6.2.3 Para su cosecha y comercialización se debe tener en cuenta que el fruto no es climatérico

6.2.4 La comercialización de este producto debe sujetarse con lo dispuesto en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

7. INSPECCIÓN

7.1 **Muestreo.** El muestreo de las piñas se realizará de acuerdo con la NTE INEN 1 750.

7.2 **Aceptación y rechazo.** Si la muestra inspeccionada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en esta norma, se considera rechazada. En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tal fin. Cualquier resultado no satisfactorio, en este segundo caso, será motivo para considerar el lote como fuera de norma, y se debe rechazar el lote quedando su comercialización sujeta al acuerdo de las partes interesadas.

8. MÉTODO DE ENSAYO

8.1 Determinación del calibre

8.1.1 *Diámetro ecuatorial.* Se mide el diámetro de la sección ecuatorial del fruto con un calibrador y el resultado se expresa en milímetros (mm).

8.1.2 *Masa.* Pesar las piñas usando una balanza con sensibilidad a 1 gramo; la masa de la piña hawaiana, MD-2 y champaka es con la corona incluida; la masa de la piña milagrea y criolla es con la corona y el pedúnculo incluido.

8.2 **Determinación del contenido de pulpa.** Se obtiene mediante extracción manual (separando la pulpa de la cáscara) y se establece la relación de la masa de la pulpa con respecto a la masa total de la fruta (sin tomar en cuenta el pedúnculo, pero sí el corazón). El resultado se expresa en porcentaje (%).

Apéndice 2.1: Grados de madurez de la Piña

Grado 1: 10-12 ° Brix	Grado 2: 12-14 ° Brix	Grado 3: 14-16 ° Brix
		

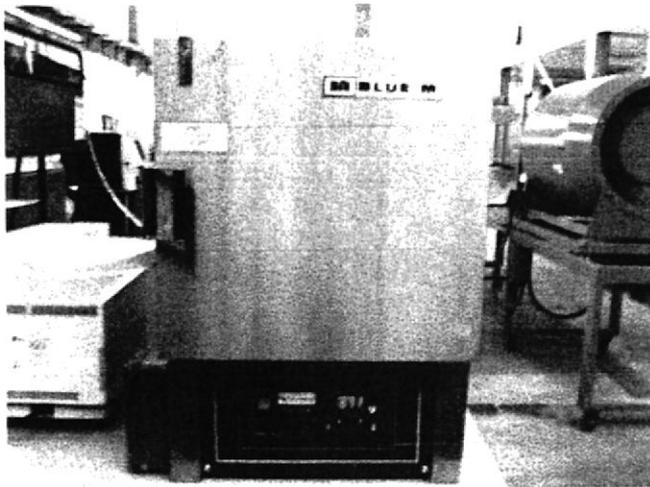
Grado 4: 16-18 ° Brix	Grado 5: 18-20 ° Brix
	



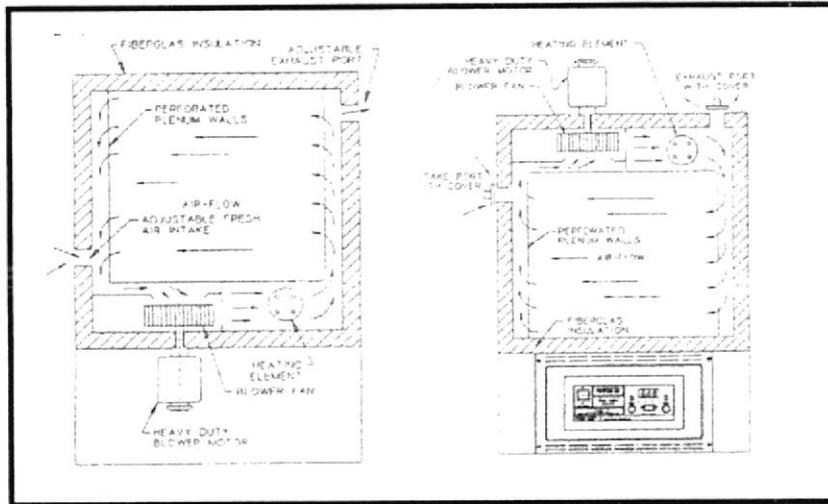
Apéndice 2.2: pH obtenidos durante el proceso de deshidratación

	pH inicial	pH final
Solución de Glucosa	4,08	4,6
Solución de Sacarosa	6,42	6,55
Piña D.O.G	3,95	4,38
Piña D.O.S	3,95	4,06

Apéndice 2.3: Secador Rotacional Blue M



Apéndice 2.4: Diseño de Secador Rotacional Blue M



Apéndice 2.5: Formato de encuesta para las evaluaciones sensoriales.

Nombre: _____

Fecha: _____

Pruebe las muestras de izquierda a derecha y marque con una "X" en el lugar que indique su opinión acerca de cada muestra.

	514	421	218
Me gusta mucho	___	___	___
Me gusta ligeramente	___	___	___
Ni me gusta ni me disgusta	___	___	___
Me disgusta ligeramente	___	___	___
Me disgusta mucho	___	___	___

Nota: _____

Apéndice 2.6: Valores F para un nivel de significancia del 5%

n_1 = grados de libertad para el numerador
 n_2 = grados de libertad para el denominador

Tabla 1. Valores de F para un nivel de significancia del 5%

n_1 n_2	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234	238,9	243,9	249	255
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,5	19,5
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,79	2,61	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,50	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84

(continued)

n_1	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
n_2										
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.42	2.25	2.05	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.40	2.23	2.03	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.38	2.20	2.00	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.36	2.18	1.98	1.73
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.34	2.16	1.96	1.71
26	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.32	2.15	1.95	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.30	2.13	1.93	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.29	2.12	1.91	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.28	2.10	1.90	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.27	2.09	1.89	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.18	2.00	1.79	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25	2.10	1.92	1.70	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.02	1.83	1.61	1.25
∞	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.09	1.94	1.75	1.52	1.00

Apéndice 2.7: Rangos “Estudentizados” significativos para un nivel del 5%

De 2 a 8 tratamientos:

Grados de libertad	NUMERO DE TRATAMIENTOS						
	2	3	4	5	6	7	8
1	18,0	26,7	32,8	37,2	40,5	43,1	45,4
2	6,09	8,28	9,80	10,89	11,73	12,43	13,03
3	4,50	5,88	6,83	7,51	8,04	8,47	8,85
4	3,93	5,00	5,76	6,31	6,73	7,06	7,35
5	3,61	4,54	5,18	5,64	5,99	6,28	6,52
6	3,46	4,34	4,90	5,31	5,63	5,89	6,12
7	3,34	4,16	4,68	5,06	5,35	5,59	5,80
8	3,26	4,04	4,53	4,89	5,17	5,40	5,60
9	3,20	3,95	4,42	4,76	5,02	5,24	5,43
10	3,15	3,88	4,33	4,66	4,91	5,12	5,30
11	3,11	3,82	4,26	4,58	4,82	5,03	5,20
12	3,08	3,77	4,20	4,51	4,75	4,95	5,12
13	3,06	3,73	4,15	4,46	4,69	4,88	5,05
14	3,03	3,70	4,11	4,41	4,64	4,83	4,99
15	3,01	3,67	4,08	4,37	4,59	4,78	4,94
16	3,00	3,65	4,05	4,34	4,56	4,74	4,90
17	2,98	3,62	4,02	4,31	4,52	4,70	4,86
18	2,97	3,61	4,00	4,28	4,49	4,67	4,83
19	2,96	3,59	3,98	4,26	4,47	4,64	4,79
20	2,95	3,58	3,96	4,24	4,45	4,62	4,77
24	2,92	3,53	3,90	4,17	4,37	4,54	4,68
30	2,89	3,48	3,84	4,11	4,30	4,46	4,60
40	2,86	3,44	3,79	4,04	4,23	4,39	4,52
60	2,83	3,40	3,74	3,98	4,16	4,31	4,44
120	2,80	3,36	3,69	3,92	4,10	4,24	4,36
∞	2,77	3,32	3,63	3,86	4,03	4,17	4,29

Apéndice 3.1: Cálculo de ANOVA para comparación de ganancia de sólidos durante la D.O

ANOVA unidireccional: C2 vs. C1

Fuente	GL	SC	MC	F	P
C1	1	0,3544	0,3544	8,15	0,009
Error	22	0,9563	0,0435		
Total	23	1,3107			

S = 0,2085 R-cuad. = 27,04% R-cuad.(ajustado) = 23,73%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
Glucosa	12	0,2070	0,1486	(-----*-----)
Sacarosa	12	0,4501	0,2546	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 0,15 0,30 0,45 0,60

Desv.Est. agrupada = 0,2085

Intervalos de confianza individuales de Fisher del 95%
 Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de C1

Nivel de confianza simultánea = 95,00%

C1 = Glucosa restado de:

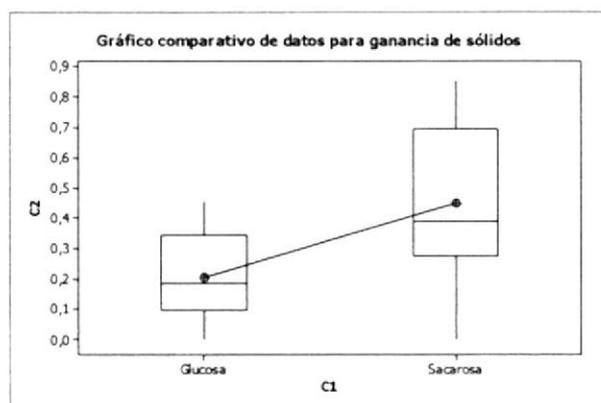
C1	Inferior	Centro	Superior
Sacarosa	0,0665	0,2431	0,4196

C1	Intervalo de confianza
Sacarosa	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 -0,15 0,00 0,15 0,30



Gráfica de caja de C2



Apéndice 3.2: ANOVA para datos de humedad durante la Deshidratación Osmótica

ANOVA unidireccional: C2 vs. C1

Fuente	GL	SC	MC	F	P
C1	1	0,0075	0,0075	0,26	0,617
Error	22	0,6391	0,0291		
Total	23	0,6466			

S = 0,1704 R-cuad. = 1,16% R-cuad. (ajustado) = 0,00%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
Glucosa	12	0,3003	0,1784	(-----+-----+-----+-----+-----+)
Sacarosa	12	0,3356	0,1621	(-----+-----+-----+-----+-----+)

-----+-----+-----+-----+-----+
0,240 0,300 0,360 0,420

Desv.Est. agrupada = 0,1704

MCB de Hsu (comparaciones múltiples con el mejor)

nivel de significancia de la familia = 0,05
Valor crítico = 1,72

Intervalos para media de los niveles menos la mayor de las medias de otros niveles

Nivel	Inferior	Centro	Superior
Glucosa	-0,1548	-0,0353	0,0841
Sacarosa	-0,0841	0,0353	0,1548

Nivel	Intervalo
Glucosa	(-----+-----+-----+-----+)
Sacarosa	(-----+-----+-----+-----+)

-----+-----+-----+-----+-----+
-0,080 0,000 0,080 0,160

Intervalos de confianza individuales de Fisher del 95%
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de C1

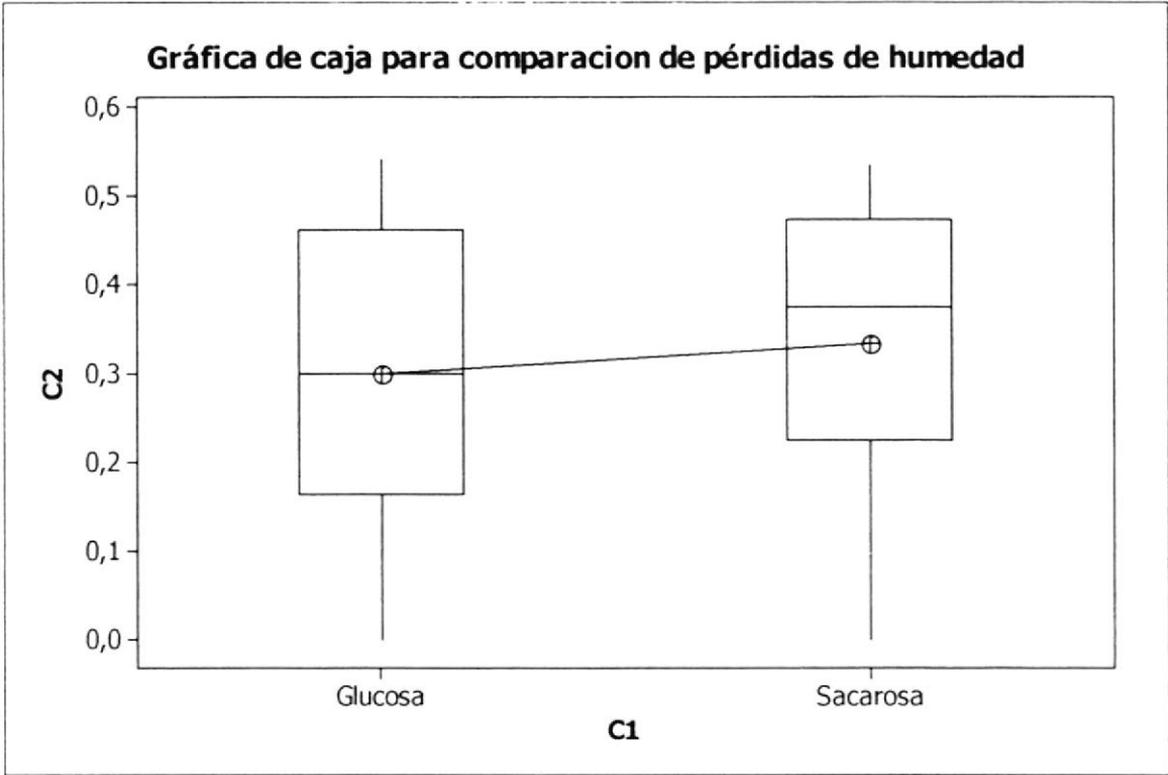
Nivel de confianza simultánea = 95,00%

C1 = Glucosa restado de:

C1	Inferior	Centro	Superior	Intervalo
Sacarosa	-0,1090	0,0353	0,1796	(-----+-----+-----+-----+)

-----+-----+-----+-----+-----+
-0,10 0,00 0,10 0,20

Gráfica de caja de C2



Apéndice 3.3 ANOVA para datos tomados durante el proceso de Secado

ANOVA unidireccional: C2 vs. C1

Fuente	GL	SC	MC	F	P
C1	2	0,02322	0,01161	9,50	0,002
Error	15	0,01834	0,00122		
Total	17	0,04157			

S = 0,03497 R-cuad. = 55,87% R-cuad. (ajustado) = 49,99%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	Intervalo de Confianza
Glucosa	6	0,01850	0,00911	(-----*-----)
Natural	6	0,08948	0,05951	(-----*-----)
Sacarosa	6	0,00896	0,00669	(-----*-----)

0,000 0,040 0,080 0,120

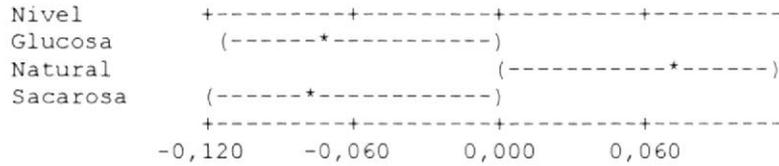
Desv.Est. agrupada = 0,03497

MCB de Hsu (comparaciones múltiples con el mejor)

nivel de significancia de la familia = 0,05
 Valor crítico = 2,07

Intervalos para media de los niveles menos la mayor de las medias de otros niveles

Nivel	Inferior	Centro	Superior
Glucosa	-0,11272	-0,07098	0,00000
Natural	0,00000	0,07098	0,11272
Sacarosa	-0,12225	-0,08051	0,00000

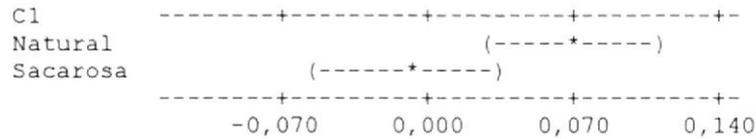


Intervalos de confianza individuales de Fisher del 95%
 Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de C1

Nivel de confianza simultánea = 88,31%

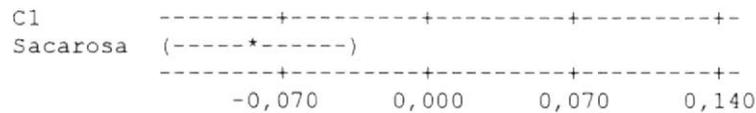
C1 = Glucosa restado de:

C1	Inferior	Centro	Superior
Natural	0,02795	0,07098	0,11402
Sacarosa	-0,05257	-0,00953	0,03350

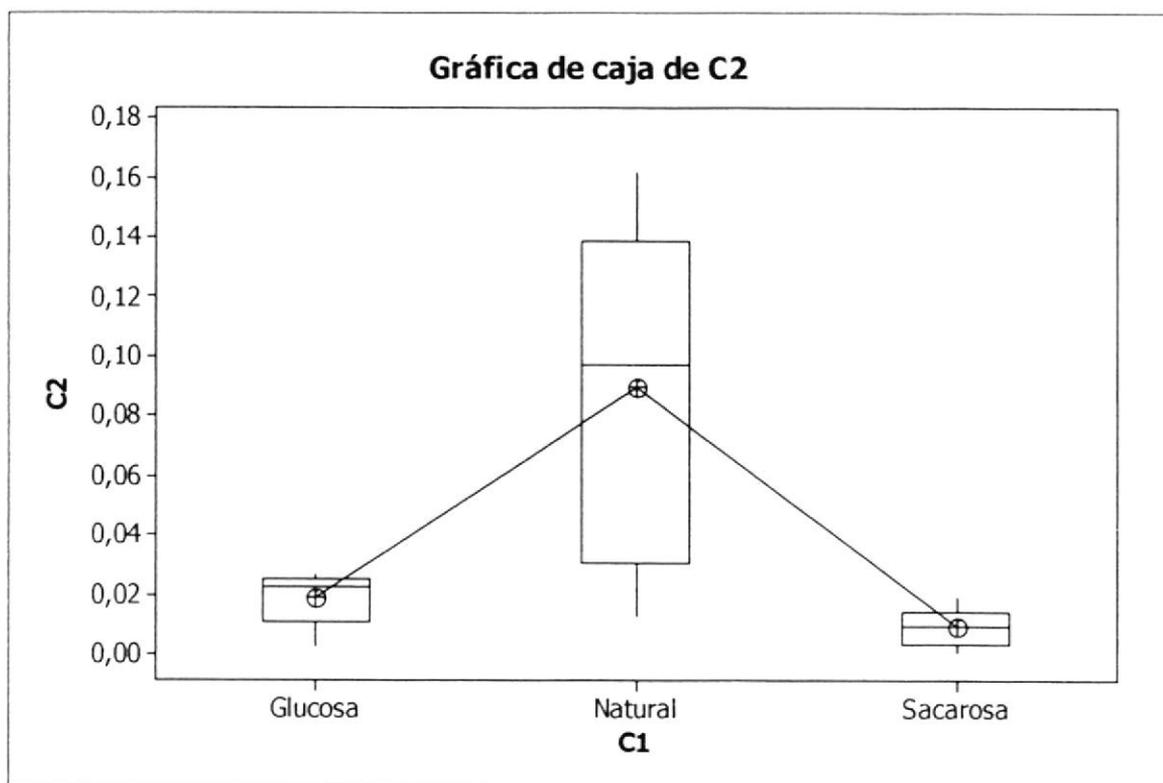


C1 = Natural restado de:

C1	Inferior	Centro	Superior
Sacarosa	-0,12355	-0,08051	-0,03748



Gráfica de caja de C2

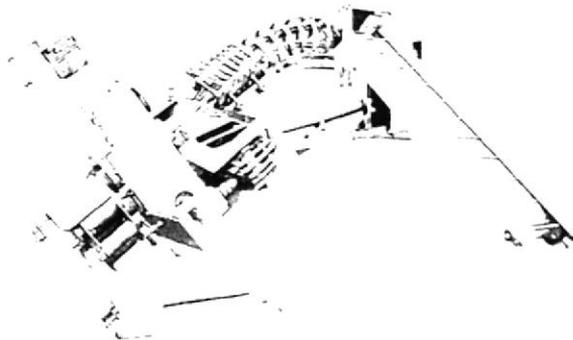


3. 4 Pelador y cortador de piña inox

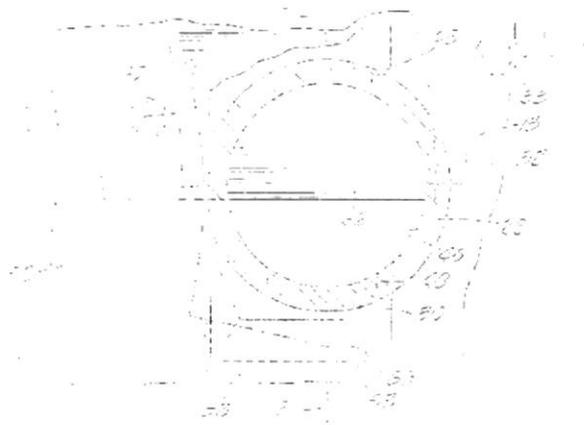


3.5 Peladora y cortadora de piña VARIN VAPM-80

VARIN VAPM-80

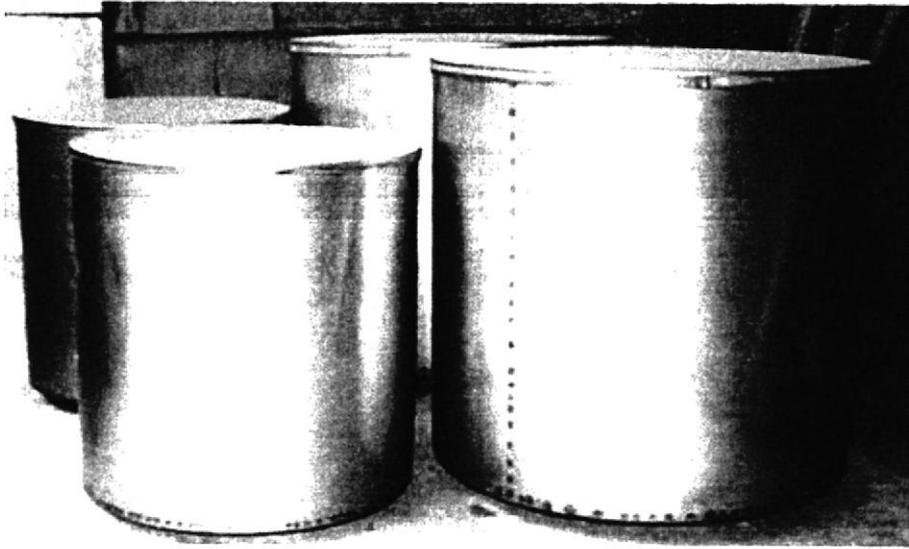


3.6 Cortador de cilindros de piña

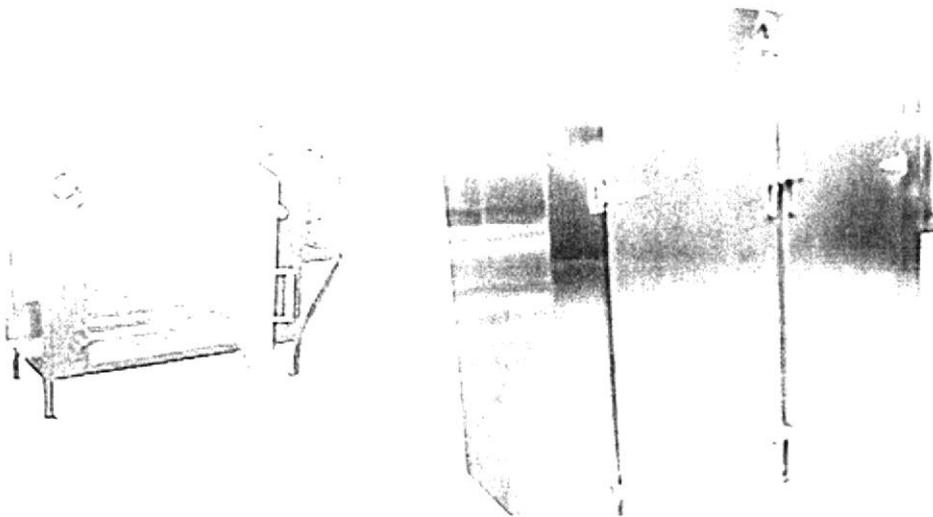


С.С.А.ТО ТЕХНИЧЕСКАЯ
ДИТАЦИЯ

3.7 Tanques de acero inoxidable



3.8 Secadores de bandeja



3.9 Selladoras al vacío



BIBLIOGRAFIA

1: Banco Central del Ecuador

www.portal.bce.fin.ec/vto_bueno/seguridad/ComercioExteriorEst.jsp

2: CORPEI

www.ecuadortrade.org/contenido.ks?contenidoId=3882

3: CORPEI

www.corpei.org/archivos/file/EcuadorExporta/REVISTAS%20ECUADOR%20EXPORTA/Revista%20Ecuador%20Exporta-Septiembre%202008.pdf

4: CORPEI

www.corpei.org/archivos/documentos/PRESENTACION%20PINA%20AGOSTO%202008.pdf

5: Self Nutrition Data

www.nutritiondata.com/facts/fruits-and-fruit-juices/2019/1?quantity=16.0

6: Eroski Consumer

www.consumer.es/web/es/alimentacion/guia-alimentos/frutas-y-derivados/2001/10/29/35432.php

7: Brennan Jammes, Food Processing Handbook, Edited by WILEY-VCH

Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006, Weinheim, Germany, Pages 102-103

8: Rahman Shafiur, Handbook of Food Preservation, Second Edition, Edited

by Taylor&Francis Group, 2007, United States of America, Pages 433-434.

9: Sun Da wen, Emerging Technologies for food processing, Elsevier Academic

Press, 2005 San Diego, California, Pags 235-236

- 10: BEUCHAT, Larry, Water Activity: Theory and Applications to Food, Edited by Marcel Dekker, INC., Printed in U.S.A in 1987, Pag.5
- 11: Shi John, et al, Food drying science and technology, Microbial, chemistry applications, Destech Publications Inc, Pennsylvania, USA, 2008, Page 277
- 12: Sharman Shri, Mulvaney Steven, Rizvi Syed, Operaciones Unitarias y Practicas de laboratorio, Ingeniera de Alimentos, Primera edición, editorial Limusa Willey, Impreso en México D.F, 2003, Págs. 228-229, 218-229.
- 13: Barbosa Gustavo, et al, Manual de Laboratorio de Ingeniería de Alimentos, Editorial Acribia, Impreso en España, 1997, Pags, 71-87
- 14: NONHEBEL G., MOSS A.A.H; El secado de los sólidos en la Industria Química, Editorial Reverté S.A., Impreso en España en el 2002, Pag 12-13
- 15: DELONG Deanna; How to dry Foods, Second edition, Edited by HPBooks, 1992, Pag 3
- 16: Labuza Theodore, Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use, Published by the American Association of Cereal Chemists St. Paul, Minesota, 1984, Pags 30-31
- 17: Corpei
<http://www.corpei.org/archivos/documentos/Boletin%204%202008%20%20Snacks.pdf>
- 18: Hemeroteca Virtual el Mercurio
<http://beta.elmercurio.com.ec/hemeroteca-virtual?noticia=85656>
- 19: INEC
www.inec.gov.ec/web/guest/noticias/nothome/ecu_ni

20: Codex Alimentario

www.codexalimentarius.net/download/standards/.../CXP_005s.pdf

21: Ecuador exporta

<http://www.proexant.org.ec/Manual%20de%20pi%C3%B1a.htm>

22: How to sanitize fresh fruits and vegetables.

<http://www.thefreelibrary.com/How+to+sanitize+fresh+fruits+and+vegetables.-a0130214003>

23: COLOMA, Isabel, Tesis de Grado, Estudio del efecto de la Deshidratación Osmótica en la Vida Útil de los Productos Secos”, Guayaquil-Ecuador; 2008; Págs. 41-43

24: ANALDÚA, Antonio; La Evaluación Sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica; Editorial Acibia S.A; Zaragoza(España); 1994; Págs,86-87,163-164

25: LABUZA, Theodore; Moisture sorption: Practical aspects of isotherm measurement and use; Published by the American Association of Cereal Chemists; 1984; Pags. 663-666

26: Coloma, José; tesis de grado; Determinación de Permeabilidad Máxima Permitida para el Empaque de Café Industrializado; Guayaquil, Ecuador; Pág. 30-36

27: Albert Ibarz, Gustavo V. Barbosa: Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos; Editado por Grupo Mundi Prensa; en el año 2005 en Madrid España; Pag 621

28: Los utensilios de cocina

<http://www.losutensiliosdecocina.es/pelador-y-cortador-de-pina-inox-a-260>

29:Varin Food

http://www.varinfood.com/website/product_010.htm

30: Free patent on line

<http://www.freepatentsonline.com/3485277.pdf>

31: DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE FRUTOS DE PAPAYA HAWAIIANA

<http://www.agro.unalmed.edu.co/publicaciones/revista/docs/art.%2013.%20deshidratacion.pdf>

32:FLO EQUIPMENT

<http://www.indiamart.com/flo-equipment>

33: PRECIOUS

<http://www.powderdryermachine.com/index.html>

34: DAJIANJ

<http://www.dajiangpack.com/product/product.asp?no=p&class1=40&datamodel=1>

35: Massey L,K; Permeability Properties of Plastic Elastomers; A guide to Packaging and Barrier Materials; 2nd Edition; William Andrew Publishing, 2003, Chapter 47