

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Análisis del efecto del tipo de agente osmótico en la transferencia
de masa durante el secado y en la vida útil del babaco
deshidratado”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERAS DE ALIMENTOS

Presentada por:

Maria Nelly Hidalgo Arriaga.

Fabiola Karina Vargas González
GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

Muy pocas veces tenemos la oportunidad de agradecer todo lo que nuestros seres queridos han hecho por nosotros simplemente porque nos quieren y quieren lo mejor para nosotros.

Todo esto ha sido posible por Nuestro Señor, que sin El no hay Gloria, gracias por ser el dueño de mi vida y acompañarme en cada paso.

A mis padres, que lo han entregado todo por mí, con mucho sacrificio, a mi padre Ing. Xavier Hidalgo que siempre me ha dicho que soy un ganadora desde que nací; a mi madre Betty Arriaga, por su constante apoyo y trabajo incondicional día y noche.

A mis hermanos, Jorge (+), que siento su presencia cuidándome todo el tiempo, Jorgito “el enano” y Mayra, gracias por su paciencia y ser mis fieles amigos.

A las mujeres de mi familia, que han sido mi gran ejemplo de lucha, gracias por ser como mis madres, mis tías: Gina, Chelo, Patty, Bélgica (+), Marjorie, Marialnés.

A la familia Vargas González, por hacerme sentir como parte de su familia. A la Ing. Fabiola, muchas gracias por su valioso tiempo. A mis maestros, a mis entrenadores Maggie y Jorge, enseñarme que no hay metas inalcanzables. A mis primos, a mis amigos, especialmente a Fabi, Vale, JJ, Yomi, Carmen Víctor, Juan, Gordo Vega, Chuchu, Genaro y las Playmates. Finalmente lo hicimos chicos!

Simplemente Gracias a todas las personas que marcaron mi vida.

Arriba el Bombillo!

Los Amo!

María Nelly

AGRADECIMIENTO

Son muchas las personas a las cuales les agradezco este triunfo, en primer lugar esta Dios que sin el nada en mi vida sería posible, a mi familia a mi papito y mi mamita por su apoyo incondicional tanto sentimental, económico y emocional. No se que sería mi vida sin ustedes. A mis ñaños Sebas y Belén por su cariño y soporte de siempre. Los amo, se que contaré con ustedes toda la vida. A mi abuelita Mamifaby por sus sabios consejos. A mis amigas de siempre, mi gorda, kattyto y mi negra. A las chicas de la u Cindy, Nelly, Vale, Sara, Ceci, Asha,Michell, Mau, Mayito y Jenny por todo lo que vivimos a lo largo de esta etapa creo que nunca nos olvidaremos. A mi amiga Carmelina, no me alcanzarían las palabras para agradecer tu hermosa amistad. .A mis amigos Víctor, Apanado, el gordo Vega, Juanillo y Chuchu ellos que alegraron mi día a día e hicieron que el paso por la u sea diferente. A mis amigos Cris, Ronald, Erika y todo ese grupo increíble de chicos, el conocerlos ha sido una de las mejores cosas que me ha pasado, los adoro. A todos mis amigos pasados y presentes; pasados por ayudarme a crecer y madurar como persona y presentes por estar siempre conmigo apoyándome

en todo las circunstancias posibles, también son parte de esta alegría. A mi compañera de tesis que más que mi amiga ha sido mi hermana, fuiste un pilar importante en nuestro sueño, te quiero y gracias a esa perseverancia lo volvimos realidad. También quiero darle gracias a una personita que siempre estuvo allí pendiente a lo largo de esta locura de trabajo, en las buenas y en las malas, por creer en mí y apoyarme siempre, tú sabes alegrarme aun en los peores momentos, te amo Farid.Gracias a aquellas personas que de una u otra forma han pasado por mi vida dejando su huella y que no menciono acá, ustedes también han sido parte importante de mi vida, me han ayudado a crecer y eso no tiene valor...

Faby

DEDICATORIA

A mis padres.

A mis abuelitos, especialmente a mi mami Blanca y mi abuelito Jorge.

A mis hermanos,

A mis bebés.

DEDICATORIA

A Dios, mi familia mi papito Miro mi mamita Lupe, mis ñaños Sebastian y Belén, y a mi mamifaby, serán siempre mi inspiración para alcanzar mis metas, por enseñarme que de todo se aprende y que todo esfuerzo es al final una recompensa. A mis mejores amigos y amigas por estar siempre ahí. A mi ahijado André. Y a la persona que cambió mi vida, gracias por confiar siempre en mi, te amo Farid.
A mi primito Rodney, ahora eres mi ángel pooh.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Fabiola Cornejo Z.
DIRECTORA DE TESIS

Ing. Grace Vásquez V.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

María Nelly Hidalgo Arriaga

Fabiola Karina Vargas González

RESUMEN

La deshidratación osmótica constituye un método de conservación y mejoramiento de las propiedades de frutas y vegetales. Al ser un fenómeno a nivel celular presenta numerosas ventajas al usarlo como pre tratamiento como es la prolongación de la vida útil. Por lo tanto, en este trabajo de tesis se determinó el efecto del tipo de agente osmótico usado en la transferencia de masa durante el secado, así como el efecto en la vida útil del producto final. Adicionalmente, se analizó como influyen estos en las características físicas y sensoriales del producto seco; estableciendo los beneficios y problemas del uso de la deshidratación osmótica.

Alcanzando este objetivo, se determinó cuál de los diferentes agentes usados, proporcionó mayor velocidad en la operación de secado y extensión del tiempo de vida útil del babaco deshidratado. Este trabajo es de carácter investigativo dirigido al desarrollo de productos deshidratados, en el cual se analizó estadísticamente los datos experimentales obtenidos durante el proceso de deshidratación y secado.

El alimento considerado para esta investigación fue el babaco (Carica pentagona Heilb), debido a que es una fruta no tradicional poco usada

en la industria para el desarrollo de nuevos productos. Esta fruta contiene una enzima digestiva llamada papaína que facilita el desdoblamiento de la proteína animal, ayudando al sistema digestivo. Además el babaco es rico en fibra, carbohidratos y vitamina C.

En la osmodeshidratación se usaron cuatro agentes osmóticos: la glucosa, monosacárido que es el compuesto orgánico más abundante en la naturaleza; la sacarosa, disacárido comúnmente usado en la industria alimentaria; la miel, edulcorante natural que es una solución acuosa concentrada de azúcar invertido, de alto valor nutricional y finalmente una mezcla de miel y sacarosa en partes iguales.

En el análisis de transferencia de masa se determinó los coeficientes de transferencia de masa, la relación de humedad libre contra el tiempo y la velocidad de secado. Lo importante de este estudio es que se demostró la forma en que el agua se liga con los carbohidratos de diferente peso molecular. En efecto, la forma en que el agua se asocia con los agentes osmóticos durante la osmodeshidratación incidió directamente en la velocidad de secado, como consecuencia ocurrieron cambios estructurales en el babaco, debido a estas nuevas uniones a nivel molecular agua –alimento.

Para complementar esta investigación se determinó la vida útil del babaco deshidratado mediante el método descrito por Theodore Labuza. Este estudio permitió confirmar la teoría de que la disponibilidad de agua para las reacciones, depende de la interacción de la misma con las macromoléculas.

Se realizó un diseño de experimentos que es la forma más eficaz de obtener datos que al ser analizados proporcionaron evidencias objetivas que permitieron comparar el efecto de los cuatro agentes osmótico en las variables de respuestas: la velocidad de secado y la vida útil del babaco deshidratado .

Por lo tanto, este estudio no solo determinó si el tipo de carbohidrato utilizado produjo un efecto en la disponibilidad del agua sino también en los efectos que se presentaron en las propiedades físicas y sensoriales en el producto durante el proceso de secado. Esto permitió establecer que se obtienen mejores resultados combinando agentes osmóticos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	IV
SIMBOLOGÍA	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE GRÁFICOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	
1. FUNDAMENTO TEORICO.....	4
1.1 Materia Prima	4
1.2 Deshidratación Osmótica.....	7
1.2.1 Agente Omótico.....	8
1.2.2 Cinética de deshidratación osmótica.....	9
1.3 Secado de frutas.....	11
1.3.1 Curvas de secado.....	12
1.3.2 Estabilidad en productos secos	13
1.4 Agua en alimentos.....	16

1.4.1 Isotermas de desorción	18
1.4.2 Monocapa de Bet.....	21

CAPITULO 2

2. METOLOGIA	22
2.1 Características de la materia prima.....	22
2.2 Diseño de experimento	23
2.3 Determinación de curvas de secado.....	26
2.3.1 Humedad vs Tiempo	27
2.3.2 Velocidad de secado vs. humedad	28
2.3.3 Determinación del coeficiente de difusión	29
2.4 Análisis físico-químico	30
2.4.1 Isotermas de desorción	30
2.4.2 Humedades	33
2.4.3 Encogimiento	34
2.5 Cinética de deshidratación osmótica	35
2.5.1 Cálculo de pérdida de peso	36
2.5.2 Cálculo de pérdida de agua	36
2.5.3 Cálculo de ganancia de sólidos	38

CAPITULO 3

3. EFECTOS DE LOS AGENTES OSMOTICOS EN LA TRANSFERENCIA DE MASA DEL SECADO DEL BABACO	41
3.1 Isoterma de desorción de materia prima	41
3.2 Determinación de monocapa de BET.....	41
3.3 Efecto en la transferencia de masa de la deshidratación osmótica ..	43
3.3.1 Pérdida de agua	43
3.3.2 Ganancia de sólidos	44
3.3.3 Perdida de peso	46
3.3.4 Velocidad de pérdida de agua y velocidad de ganancia de sólidos	47
3.4 Análisis de transferencia de masa	48
3.4.1 Curva de velocidad de secado	49
3.4.1.1 Humedad libre con relación al tiempo	49
3.4.1.2 Velocidad de secado con relación de tiempo	51
3.4.1.3 Humedad libre con relación a la velocidad de secado.....	52
3.4.2 Determinación de coeficientes de transferencia de masa ...	55

CAPITULO 4

4. EFECTOS DE LOS AGENTES OSMOTICOS EN LAS PROPIEDADES FISICAS DEL BABACO. Características finales del babaco deshidratado	60
--	----

4.1 Características físico-químicas	61
4.1.1 Humedad	61
4.1.2 Sólidos solubles	61
4.1.3 pH	62
4.1.4 Acidez	63
4.1.5 Encogimiento	64
4.2 Características sensoriales.....	64
4.2.1 Prueba de evaluación sensorial	64

CAPITULO 5

5. EFECTOS DE LOS AGENTES OSMOTICOS EN LA VIDA UTIL DEL BABACO DESHIDRATADO	70
5.1 Determinación de Isotherma Final	70
5.2 Determinación de humedad critica	72
5.2.1 Análisis sensoriales	73
5.3 Determinación de vida útil del a babaco deshidratado por los diferentes agentes osmóticos	77

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

%	Porcentaje
°C	Grados centígrados
m	Metro lineal
Seg.	Segundos
Kg.	Kilogramos
X	Humedad libre en gramos
X _t	Humedad en Base Seca
X*	Humedad en equilibrio
W _i	Peso Inicial de la Muestra
W _s	Peso de sólidos secos
Brix _i	Grados Brix Inicial
Brix _f	Grados Brix Final
t	Tiempo
K _w	Coefficiente de difusión del agua
K _{sg}	Coefficiente de difusión de sólidos
Ec.	Ecuación
mmHg	Milímetros de mercurio.
m _i	Humedad inicial
m _e	Humedad de equilibrio
m _c	Humedad de crítica
C	Constante
a _w	Actividad de agua
H ₀	hipótesis nula
g	Gramos
ss	Sólidos solubles
R _c	Velocidad de Secado
P ₀	Presión de vapor de agua a la temperatura
b	Pendiente de la isoterma

SIMBOLOGÍA

μ	Media global
τ_j	Efecto del tratamiento
ε_{ij}	Error
Y_{ij}	Modelo estadístico
Δ	Diferencial
e	Tiempo
T	Temperatura
$\ln r_c$	Contenido de humedad no completado

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 2.1.Método de determinación de isoterma.....	33
Figura 2.2.Forma del trozo de babaco y sus lados.....	34
Figura 2.3.Representación de ganancia de sólidos y pérdida de agua.....	38
Figura 3.1.Isoterma de desorción del babaco.....	42
Figura 3.3.1.Diagrama de cajas de pérdida de Agua.....	44
Figura 3.4.1.3.Diagrama de cajas Agentes osmóticos vs Velocidad de secado.....	56
Figura 3.4.2.Diagrama de cajas del Kw.....	58
Figura 3.4.2.1.Diagrama de cajas del K_{SG}	59
Figura 5.1.Isoterma de babaco con sacarosa.....	71
Figura 5.1.1.Isoterma de babaco con miel.....	71
Figura 5.1.2.Isoterma de babaco con miel-sacararosa.....	72
Figura 5.1.3.Isoterma de babaco con glucosa.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Composición química de la parte comestible del fruto.....	6
Tabla 2. Caracterización de babaco según su estado de maduración.....	24
Tabla 3. Diseño de experimento de la velocidad de secado.....	25
Tabla 4. Actividades de agua de sales.....	31
Tabla 5. Actividades de agua de soluciones.....	48
Tabla 6. Coeficiente de transferencia de masa.....	56
Tabla 7. Humedad de productos finales.....	61
Tabla 8. Sólidos solubles de productos finales.....	62
Tabla 9. pH del producto final.....	63
Tabla 10. Acidez del producto final.....	63
Tabla 11 Número mínimo de juicios aceptables.....	66
Tabla 12 Humedad crítica de agentes osmóticos.....	73
Tabla 13 Vida útil del producto final.....	78
Tabla 14 Factores de ponderación.....	79
Tabla 15 Resultados finales del producto.....	79

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág
Grafico 3.3.1.Pérdida porcentual de agua del babaco frente a los agentes osmóticos	43
Grafico 3.3.2.Ganancia de sólidos del babaco frente a los agentes osmóticos	45
Grafico 3.3.3.Pérdida de peso del babaco frente a los agentes osmóticos.....	46
Grafico 3.3.4.Velocidades de ganancia de sólidos a las diferentes soluciones de deshidratación osmótica	47
Grafico 3.3.5.Velocidades de pérdida de agua a las diferentes soluciones de deshidratación osmótica	49
Grafico 3.4.1.1.Humedad libre con relación al tiempo	50
Grafico 3.4.1.2.Velocidad de secado con relación al tiempo	52
Grafico 3.4.1.3.Curva de velocidad de secado con relación a la humedad libre	53
Grafico 4.2.5.Reducción porcentual de áreas	64
Grafico 4.3.2.Grado de aceptación de productos	67
Grafico 4.3.3.Diagrama de pareto de los resultados obtenidos del producto 118	68
Grafico 4.3.4.Diagrama de pareto de los resultados obtenidos del producto 958	69
Grafico 5.2.1.Intensidad de textura vs Humedad (Sacarosa)	75
Grafico 5.2.2.Intensidad de textura vs Humedad (Miel)	76
Grafico 5.2.3.Intensidad de textura vs Humedad (Miel/Sacarosa)	76
Grafico 5.2.4.Intensidad de textura vs Humedad (Glucosa)	77

INTRODUCCIÓN

El babaco (*Carica pentagona* Heilb), es una fruta considerada exótica en el mercado internacional, se observa una tendencia creciente en las exportaciones de babaco a partir de 1997. Esta tendencia de crecimiento se basa en el interés que ha despertado la exportación de esta fruta exótica en el sector agrícola - exportador, que ha desarrollado importantes esfuerzos de promoción a nivel internacional. Así, la producción en el país ha crecido considerablemente, en especial durante el último año; según datos conservadores se calcula que la superficie sembrada de babaco puede llegar a las 150 – 200 ha., mayoría en cultivos bajo invernadero. (SICA, 2000). Se considero al babaco para este estudio por diversas razones una de ellas es que contiene una enzima digestiva llamada papaína que facilita el desdoblamiento de la proteína animal, ayudando al sistema digestivo. Además, el babaco es rico en fibra, carbohidratos y vitamina C. Ya que es un híbrido natural proveniente de las especies *Carica stipulata* B. (toronche) y *C. pubescens*. (chamburo) no tiene semilla, no necesita polinización para desarrollarse, es alargado de sección pentagonal; mediano de unos 20 cm de largo por 6 cm de diámetro, pesa de 300 a 1,200 g. Cada planta puede producir anualmente 25 a 30 frutos. Su sabor es similar al de la piña, la fresa y la naranja.. (SICA, 2000). Actualmente esta fruta se comercializa de forma

natural o en almíbar hacerlo de manera deshidratada le dará un valor agregado incrementando la demanda en países en los que frutos deshidratados tienen una gran acogida. La unión europea es un importante importador de frutas deshidratadas y cabe destacar que las importaciones que se realizan de países en desarrollo se ha incrementado en un 8% (2002-2006), además, mas de la mitad provienen de los países de esta comunidad. (CORPEI, 2009)

La preservación de los alimentos se basa en la aplicación de tratamientos que produzcan la inhibición o muerte microbiana e impidan el desarrollo de reacciones de deterioro. Los microorganismos requieren una abundante cantidad de agua para su crecimiento. La disminución de actividad de agua hasta valores adecuados permitirá la obtención de un alimento más estable. Uno de los métodos más eficientes para remover agua es la deshidratación osmótica antes del secado, ya que permite tener mejor las características sensoriales del producto. Otra de las ventajas de la osmosis incluyen la reducción al mínimo de pérdidas de color y sabor ya que es un proceso que no requiere de aplicación de calor haciendo que la etapa posterior de secado sea menos agresiva.

La deshidratación osmótica es la primera etapa en la remoción de agua desde una solución contenida dentro una membrana semipermeable hacia una solución hipertónica que rodea al primero. La cantidad y la razón de

agua removida dependen de algunas variables y parámetros de procesamiento. Las pérdidas de peso en frutas sometidas a deshidratación osmótica se incrementan por un aumento en la concentración de las soluciones osmóticas, tiempo de inmersión, temperatura, relación solución - fruta, y área de superficie del alimento. La elección de sacarosa, miel, glucosa y la combinación de sacarosa - miel como soluciones osmóticas se debe a que estos carbohidratos permiten desarrollar en el producto propiedades organolépticas llamativas al consumidor, así como favorecer la cinética de deshidratación. Los balances de materia y la transferencia de masa durante el secado conducen a criterios concretos para la elección del mejor agente osmótico, que ofrezca menor ganancia de solutos, mayor pérdida de agua y aumento en la estabilidad en percha del producto seco.

CAPÍTULO 1

1 FUNDAMENTO TEÓRICO.

1.1 Materia Prima

El nombre científico del babaco es *Carica pentagona* Heilb y pertenece a la familia *Caricaceae*, de la Especie *Pentagona* (3).

El babaco, también conocido como papaya de la montaña, es un híbrido natural de la papaya proveniente de las especies *Carica stipulata* B.(toronche) y *C. pubescens*. (chamburo).

Esta fruta es originaria de los valles subtropicales del Ecuador. Crece de un arbusto pequeño con hojas de variadas formas triangulares. Sus atractivas flores tienen una forma acampanada con pétalos en tonalidades blancas y amarillas. El fruto es una baya sin

semilla, con canales y hombros pronunciados, que pesa entre 300 g a 2.2 kg dependiendo del tamaño (1).

Las provincias más representativas en producción de babaco son Loja y Tungurahua.

Por ser una fruta sin semilla y poseer cáscara delgada, el babaco presenta excelentes características para su consumo e industrialización. En Ecuador se obtienen diferentes subproductos, tales como pulpa, néctar, fruta cortada, etc.

Entre las principales cualidades nutricionales de la fruta, resaltan su alto contenido de vitamina C y papaína, la enzima digestiva por excelencia, que facilita el desdoblamiento de la proteína animal. El babaco protege el sistema digestivo por ser rico en fibras y carbohidratos, como se muestra en la TABLA 1. Además, contiene niveles mínimos de azúcar y sodio, y cero colesterol. La planta de babaco es potencialmente rica en pectina y papaína, que son productos de gran interés y demanda industrial.

Mercado

Esta fruta exótica está siendo introducida en el mercado mundial con un gran potencial dentro de los mercados que demandan productos selectos y especiales, con excelentes características de nutrición y sabor..

TABLA 1
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PARTE COMESTIBLE DEL
FRUTO.

Compuesto	Cantidad en g/100 g de fruta
Proteína	0.9
Carbohidratos	6
Fibra	0.7
Grasa	0.2
Agua	93

Fuente: Referencia 3.

Holanda ha sido el principal importador de babaco ecuatoriano durante el periodo 1996 – 2000, seguido por Colombia, Alemania y

Suiza. En 1999 las exportaciones a Alemania y Suiza superaron las realizadas a Colombia, cuyo pico de importaciones de fruta ecuatoriana se dio en 1998 (1).

El babaco ecuatoriano tiene entrada libre de aranceles en Estados Unidos y la Comunidad Europea (2).

1.2 Deshidratación Osmótica.

La deshidratación osmótica es un proceso de remoción de agua, el cual se basa en el colocar alimentos, como las frutas y vegetales, en una solución hipertónica. La base de este proceso es la ósmosis, que consiste en el movimiento molecular de ciertos componentes de una solución a través de una membrana semipermeable hacia otra solución de menor concentración de cierto tipo particular de moléculas.

El objetivo de este proceso es conseguir dos efectos principales: flujo de agua desde el producto hacia la solución hipertónica y flujo de solutos hacia el interior del alimento. En algunos casos puede presentar la salida de solutos como los ácidos orgánicos. Este fenómeno, aunque es poco importante por el bajo flujo de sólidos

perdidos, puede modificar sustancialmente algunas propiedades del fruto como son las organolépticas (7).

La deshidratación osmótica no se considera una operación que constituya por si misma un proceso de conservación, sino una etapa de pre – tratamiento en operaciones de congelación y secado. Comparada con el secado por aire o con liofilización, la deshidratación osmótica es más rápida, ya que la eliminación de agua ocurre sin cambio de fase. Permite aumentar la capacidad de los secadores y el rendimiento de los productos finales. Esto conduce a un ahorro de energía, a la reducción (o eliminación) del escalde, así como mejorar la calidad de los productos naturales, especialmente aquellos con características termolábiles (8).

1.2.1 Agente Osmótico.

La solución osmótica debe tener una actividad de agua baja, sobretodo debe ser inofensiva y tener buen sabor. Las soluciones concentradas de 50° a 70 ° Brix son las más comúnmente usadas. El cloruro de sodio es un excelente agente osmótico para vegetales y su uso en concentraciones para frutas es limitado desde que un sabor salado se impartió en el alimento. Los siropes

comerciales “listos para usar” como agente osmótico fueron estudiados por Pinnavia et al (1983) y Andreotti et al. (1983). Bolin et al (1983) observaron una difusividad mas alta en HFCS (High Fructosa Corn Syrup) en comparación a la sucrosa en la deshidratación osmótica de manzanas. Además Chandrasekaran y King (1972) determinaron que la fructosa tenía un coeficiente de difusión mayor al de la sucrosa, evidentemente debido a la dimensión molecular más pequeña del monosacárido.

En algunos estudios de osmodeshidratación en frutas, con sacarosa, glicerol/sacarosa, y determinaron que la sacarosa posee un mayor poder osmótico al considerar las pérdidas de peso y agua, sin embargo la ganancia de sólidos es similar entre los agentes osmóticos, esto se refleja en las características sensoriales de la fruta después del proceso de secado.

1.2.2 Cinética de Deshidratación Osmótica.

La cantidad y tasa de remoción de agua depende de muchas variables y parámetros del proceso. En general,

la pérdida de peso en frutas durante la osmosis aumenta con un incremento de la concentración del soluto en la solución, el tiempo de inmersión, la temperatura, la relación solución / alimento, la superficie específica del alimento y el uso de de bajas presiones en el sistema.

Para la evaluación del proceso de deshidratación osmótica, se definen parámetros tales como la reducción de peso (DP), la ganancia de sólidos (S), y la pérdida de agua (X) de la fruta, los cuales muestran aspectos tales como la eficiencia y direccionalidad del proceso realizado. La pérdida de peso (DP), la ganancia de agua (X) y la ganancia de solutos (S) pueden ser determinadas por las siguientes fórmulas:

$$DP = \frac{m_t - m_o}{m_o}$$

$$X = \frac{(m_t x_w) - (m_o x_{wo})}{m_o}$$

$$S = \frac{(m_t x_{sm}) - (m_o x_{ss})}{m_o}$$

Siendo:

m_t , la masa total final, m_o , masa inicial, X_w fracción másica del agua final, X_{wo} fracción másica del agua final,

X_{sst} fracción másica del soluto final, X_{ssto} fracción másica del soluto inicial (5).

La pérdida de agua por parte del alimento, en el proceso de secado osmótico se puede dividir en dos periodos:

- Un periodo, de alrededor de dos horas, con una velocidad de eliminación de agua, y,
- Un periodo de 2 a 6 horas, con una velocidad decreciente de eliminación de agua.

Se han identificado dos etapas en el proceso de deshidratación osmótica. La primera denominada deshidratación, la pérdida de agua es mayor que la ganancia de sólidos y en una segunda etapa, llamada impregnación, se obtiene una ganancia de sólidos mayor a la pérdida de agua. En esta segunda etapa, la masa total del sólido aumenta con el tiempo (8).

1.3 Secado de frutas

El secado de frutas es una actividad agroindustrial con excelentes perspectivas en el futuro.

La extracción del agua de estos productos tiene la ventaja de inhibir el crecimiento microbiano, bajando los costos de envasado, almacenamiento y de transporte. .

El proceso de secado puede llevarse a cabo por diversos sistemas, pero la elección va a depender siempre de la naturaleza del producto, forma y calidad requerida, costo del procesamiento y condiciones de operación. El secado puede reducir parcial o totalmente el volumen de agua libre en el alimento, obteniéndose una mejora en las condiciones microbiológicas, organolépticas y fisicoquímicas. Por tanto, el secado es un proceso que permite un período mayor de almacenamiento y comercialización, ya que posibilita la ausencia de microorganismos, o cualquier otro elemento de contaminación.

1.3.1 Curvas de Secado

En la cinética de secado, los datos suelen expresarse como la variación de peso del producto vs. El tiempo. En otras ocasiones la cinética se expresa en términos de velocidad de secado. La cinética de secado de un material no es más que la dependencia de la humedad del material y de la intensidad de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este,

como la propia humedad o las dimensiones del equipo. La intensidad de evaporación se determina a través de la velocidad de secado, que es el cambio de humedad (base seca) en el tiempo. A partir de las curvas de cinética de secado (x vs t , dx/dt vs x), que deben ser obtenidas a nivel de laboratorio, puede tenerse una idea del tiempo de secado, del consumo de energía, del mecanismo de migración de humedad, de las condiciones predominantes en la transferencia de calor y masa y de la influencia que tienen en la velocidad de secado las variables del proceso tales como: temperatura, humedad de entrada, velocidad del aire, etc.

Con los datos obtenidos durante la prueba de secado es decir de la variación de la humedad con el tiempo, puede hacerse un gráfico de contenido de humedad en función del tiempo. Este será útil para la determinación directa del tiempo necesario en el secado discontinuo de grandes partidas bajo las mismas condiciones (Menon & Mujundar ,1992).

1.3.1 Estabilidad de productos secos

La actividad del agua es un factor determinante en el estudio de la estabilidad de los alimentos secos, donde ésta última se

define como la relación entre la presión de vapor de agua del alimento y la presión de vapor del agua líquida pura a la misma temperatura.

La estabilidad o deterioro químico y microbiológico de los alimentos está relacionado con la actividad de agua, a través de aspectos tales como: Cambios microbiológicos, reacciones enzimáticas y no enzimáticas, cambios físicos y estructurales destrucción de nutrientes, aroma y gustos.

La disminución de actividad de agua alarga el tiempo de reproducción de los microorganismos en la fase logarítmica, así como otros factores como variación de pH y/o temperaturas, presencia o ausencia oxígeno, preservantes, radiación y; demás procesos convencionales y no convencionales se pueden combinar con la disminución de actividad de agua. También los cambios geométricos y estructurales en los alimentos durante el secado afecta las propiedades de transferencia de masa y la calidad del producto.

Entre los defectos más comunes que se presentan en los productos deshidratados están la dureza, textura como madera,

rehidratación lenta e incompleta, pérdida de jugosidad (típica de alimentos frescos) y cristalización de polisacáridos como almidones.

La característica principal de un alimento sometido a secado es el encogimiento que puede ocurrir como consecuencia de que el tejido no es capaz de retener su malla estructural cuando los espacios que contienen agua son continuamente vaciados y luego rellenos por aire, y la estructura externa colapsa. También, en el último caso, el fenómeno llamado “case hardening” (endurecimiento superficial como consecuencia de la migración de sólidos disueltos hacia la superficie de las partículas de alimento) influencia los fenómenos de encogimiento del producto (16).

Definitivamente un factor que le brinda la estabilidad de un producto seco, es el cambio de la movilidad del agua, la importancia de la misma aumenta con la disminución de la humedad y el incremento de la concentración de soluto que tiene una influencia directa sobre las velocidades de reacción que afecta las propiedades mecánicas durante el proceso, así como la reducción de la velocidad de deterioro en el

almacenamiento. Y es aquí donde se debe tener cuidado con respecto a la temperatura y humedad relativa de almacenamiento para evitar que el producto comience a ganar humedad y perder su estructura estable.

Debido a la alta estabilidad de los productos secos se ha logrado mejorar el control de los procesamientos de alimentos y el aumento de vida percha.

1.4 Agua en Alimentos.

Ciertas propiedades del alimento y la manera que el agua interactúa con los componentes recíprocamente, resulta en diversos grados de ligar el agua. Cuanto más firmemente ligada esté el agua, el potencial químico o a_w es más bajo. El grado de ligación del agua también tiene un efecto en la calidad de un alimento.

Los tres efectos físicos que tienen que ver con la baja actividad de agua son:

El Efecto Coligativo, se muestra cuando un soluto sólido se disuelve en el agua, el soluto interactúa con el agua en tres dimensiones mediante enlaces dipolo – dipolo, iónico y puentes de hidrógeno. Estas interacciones afectan las propiedades del agua basado en la

relación de la cantidad de moléculas añadidas y la cantidad de moléculas presentes. Esta interacción es llamada Efecto Coligativo. Algunas propiedades cambian como: punto de ebullición, punto de fusión y presión de vapor.

El Efecto Capilar, es el segundo efecto que disminuye la actividad de agua. La presión de vapor a través de un menisco curvo es menos que el del agua pura por los cambios en los puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua como resultado de la curvatura de la superficie. Como el alimento tiene una infinidad de capilares resulta la disminución de a_w . La mayoría de los poros en los alimentos están en el rango de 10 – 300 μm , del 5 % al 7 % de la cantidad de poros en el alimento son de 0.01 – 0.001 μm los cuales disminuyen la actividad de agua, estos serán los últimos en vaciarse en el secado. Estos efectos capilares están presentes a lo largo de toda la isoterma. Los materiales que se hinchen será más fácil quitar el agua porque el espacio del poro aumenta.

Interacción Superficial.-

Finalmente el agua interactúa con otros grupos químicos mediante fuerzas dipolo – dipolo, enlaces iónicos y de hidrógeno. Estas moléculas de agua muy ligadas, requieren energía extra para poder

ser transferida de líquido a vapor y estas son menos libres, resultando un a_w reducido. Este efecto también ocurre a través de toda la isoterma pero es más pronunciado en bajo a_w .

Estos tres efectos ocurren a través de toda la gama de humedad para un alimento y resulta la característica de la isoterma de desorción.

1.4.1 Isotermas de Desorción.

Las isotermas de desorción muestran la relación entre la actividad del agua (a_w) y la humedad de equilibrio (X_e) contenida en un producto alimenticio, a una temperatura y presión constante.

Esta relación ha sido ampliamente estudiada de manera de lograr una descripción matemática del proceso y es así que se han propuesto diversas ecuaciones, entre las que encontramos el modelo de Brunauer, Emmett y Teller (10) que presenta un rango limitado de aplicabilidad, hasta un a_w de 0.3-0.4, el modelo de Guggenheim, Anderson y de Boer (GAB) (10) propuesto formalmente por Van Den Berg en 1981 con un rango de aplicabilidad de 0.1 a 0.9 de a_w , el modelo propuesto por

Ferro Fontán en 1982 con un rango de aplicabilidad equivalente al de GAB, entre otros. En los últimos años el modelo de GAB ha sido ampliamente utilizado para la descripción de isotermas de desorción de diversos alimentos.

La utilidad de un modelo dependerá en mayor grado de los objetivos que se quieran alcanzar ya que si se quiere determinar el tiempo de vida útil del producto se deberá considerar el modelo que mejor ajuste a los datos experimentales.

Otro factor importante es la sencillez del modelo, ya que aquel que posea un menor número de parámetros requerirá menor tiempo para ser procesado.

Si sometemos a deshidratación un alimento con un alto valor de actividad de agua, la curva tendrá la misma forma sigmoideal, al principio es fácil deshidratar, luego difícil para al final volver a ser fácil. En caso contrario, al coger un alimento seco para hidratarlo metiendolo en cámaras sucesivamente con cada vez más humedad relativa, pasaría lo mismo de antes pero al revés.

Durante el secado (desorción) algunos solutos pueden sobresaturarse. El conocimiento de las isothermas de desorción de alimentos es de gran importancia para el desarrollo en la industria alimenticia, ya que brindan información útil para la optimización del proceso de secado y el diseño de secaderos, la selección del material de empaquetamiento, la predicción de la vida útil del producto y de la evolución en el contenido de humedad durante el almacenamiento.

Uno de los parámetros más importantes en alimentos deshidratados es la condición de equilibrio que determina el límite del proceso, siendo este una parte importante del gradiente que provoca el movimiento del agua.

Los datos de humedad y a_w se obtienen por experimentación y de la formulación para desarrollar isothermas de sorción. A los datos experimentales se les ajusta los modelos de Oswin, Smith, Iglesias y Chirife, Bet, Gab, Henderson, Caurie, utilizando regresión lineal. Para la predicción de la isoterma, se puede elegir el modelo que presente el mejor coeficiente de correlación (R^2) para un intervalo de confianza del 95 %. (Stechina D.; Lesa C., Maffioly R. y Alvarez J.)

1.4.2 Monocapa de BET.

La teoría BET responde a sus autores, Brunauer, Emmett y Teller quienes desarrollaron las ideas de Langmuir para describir la adsorción multimolecular o en multicapas (10).

Los valores de la monocapa para la mayor parte de los alimentos, se halla en el intervalo de 3 a 10 gramos de agua por cada 100 gramos de sustancia seca. El a_w en esta capa está alrededor de 0.2 – 0.4, rango en el cual la tasa de la pérdida de calidad comienza alrededor de 0.3 para la mayoría las reacciones químicas. En esta a_w la cantidad de agua adsorbida en la superficie y capilares es suficiente para afectar de lleno a las propiedades dieléctricas como que el agua se puede comportar como solvente. Esos componentes químicos se vuelven móviles y reaccionan. La más alta a_w y rápida tasa de reacción es por la gran solubilidad y el aumento de movilidad. Una vez que se completa la monocapa, la actividad del agua aumenta bruscamente frente a un aumento en el contenido de humedad.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA.

2.1. Características de la Materia Prima.

La materia prima utilizada fue el babaco de especie *Carica pentagona Heilb*, fue adquirida en mercados de la ciudad de Guayaquil

Para el desarrollo de la investigación se determinó la caracterización de la fruta de la siguiente manera:

Se analizó 7 babacos verdes en buen estado, libres de golpes o cualquier señal que indique descomposición y se analizó su proceso

de maduración por medio de análisis físicos y sensoriales, por duplicado, y según AOAC 18th, como:

- Apariencia.
- Textura.
- Sabor
- Grados Brix.
- pH.
- Acidez Total, en ácido cítrico.

Según los resultados obtenidos a través del tiempo, se identificó los estados presentados en la TABLA 2.

El estado 4 se escogió para realizar la experimentación posterior debido a sus grados Brix y sabor.

2.2 Diseño de Experimento.

El diseño de experimento que se usará será el método estadístico ANOVA *one way* (Analysis of Variance) que consiste en separar la variación total observada en cada una de las fuentes que contribuyen a la misma, y después se usará el método de Fisher para la prueba de rango múltiple. (TABLA3) Se tendrán como variable única de

respuesta la velocidad de secado, la misma obtenida de las repeticiones experimentales por medio de la ecuación 2.3.2.

TABLA 2 CARACTERIZACIÓN DE BABACO SEGÚN SU ESTADO DE MADURACIÓN.

CARACTERÍSTICAS	ESTADO 1	ESTADO 2	ESTADO 3	ESTADO 4
Apariencia (color)				
Textura	Muy dura	Dura	Blanda	Blanda
Sabor	Extremadamente ácido	Muy ácido	Ligeramente ácido	Ligeramente ácido
° Brix	3	4	6	8
Ph	4	4.2	4.30	4.4
Acidez Total (Ácido Málico)	5.1	4.76	4.13	4.08

Elaborado por: Ma. Nelly Hidalgo Arriaga y Fabiola Vargas; 2008.

Los factores que afectan directamente a la variable de respuesta son los diferentes tipos de agentes osmóticos usados, estos son: Sacarosa, Glucosa, Miel y la mezcla Miel y sacarosa por lo que los niveles asignados a los factores va a ser de 4.

TABLA 3. DISEÑO DE EXPERIMENTO DE LA VELOCIDAD DE SECADO

Variable de Resultado	Factores	Niveles
VELOCIDAD DE SECADO	Agentes Osmóticos	1.Sacarosa
		2.Miel
		3.Sacarosa y Miel
		4.Glucosa
Nivel de confianza	$\alpha = 0.05$	95%
REPETICIONES EXPERIMENTALES		5

Elaborado por: Ma. Nelly Hidalgo Arriaga y Fabiola Vargas; 2009

El efecto principal por la contribución de cada factor sobre la variable de respuesta va a ser el aumento en la velocidad durante el secado. Se considera al error experimental dentro del estudio ya que ningún experimento puede considerarse de forma explícita a todas las

variables potenciales que puedan afectar al experimento, esas variables no se consideran y se les denomina “nivel de ruido” ya que aunque se hace todo lo posible en el experimento por reducirlas (por medio de aleatorización), siempre van a estar presentes provocando variación, por menor que ésta resulte ser.

El modelo estadístico resulta ser entonces:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde: μ es la media global, τ_j es el efecto del tratamiento y ε_{ij} es el error.

2.3 Determinación de Curvas de Secado.

La determinación de estas curvas permite representar gráficamente la variación de los parámetros que influyen en la transferencia de masa a medida que transcurre el proceso de secado.

Se coloca las muestras previamente deshidratadas osmóticamente en un secador de cabina con flujo de aire de 4.19 m/seg. a una temperatura de $55\text{ °C} \pm 5\text{°C}$.

Los datos tomados cada 10 minutos hasta llegar a un peso constante para realizar las curvas fueron:

- Variación de peso.

- Humedad relativa del aire de entrada.
- Temperatura del aire del secador.
- Temperatura del aire de entrada.

Este proceso se lo realizó por duplicado, por cada solución a la que se sometió el babaco además de un “blanco” que era el no había sido sometido a ningún pre - tratamiento.

2.3.1. Humedad vs. Tiempo.

Para la obtención de estas curvas se toma en cuenta lo siguiente:

Humedad Libre en Kg.

Tiempo en horas.

Para la determinación de la Humedad Libre en Kg, se debe comenzar, por la obtener la Humedad Libre en gramos, por la siguiente fórmula:

$$X = X_t \times X^* \quad (\text{Ec. 2.3.1 ref.10})$$

En donde:

X = Humedad libre en gramos.

X_t = Humedad en Base Seca.

X* = Humedad en equilibrio.

La Humedad en Base Seca se define con la relación entre la cantidad de agua del alimento y la cantidad de sólidos secos (ref. 10), y se expresa como:

$$X_t = \frac{W_i - W_s}{W_s} \text{ (Ec 2.3.1.1 ref. 10)}$$

En la que:

X_t = Humedad en Base Seca.

W_i = Peso Inicial de la Muestra.

W_s = Peso de sólidos secos.

El peso de sólidos secos está dado por el porcentaje inicial de sólidos en la muestra, se los determina mediante la siguiente ecuación:

$$W_s = W_i \times {}^\circ\text{Brix}_i$$

Brix_i = Grados Brix Inicial.

W_i = Peso Inicial de la Muestra.

La humedad en equilibrio se determina con la humedad relativa del aire del secador y la isoterma de desorción del babaco.

2.3.2 Velocidad de Secado vs. Humedad.

Así mismo como las curvas anteriores, se determina la humedad libre en gramos. Para hallar la velocidad de secado se considera la fórmula siguiente:

$$Rc = \frac{W_s \Delta X}{A \Delta t} \text{ (Ec. 2.3.2 ref. 10)}$$

Donde:

W_s = Peso de sólidos secos.

A = Área de la muestra.

ΔX = Diferencial de las humedades libres medias.

Δt = Diferencial del tiempo en horas.

2.3.3. Determinación del Coeficiente de Difusión.

Para la determinación de los coeficientes de difusión de agua y de sólidos se trabajó en base a la curva Velocidad de Secado vs. Tiempo^{0.5} (13).

En donde el fundamento es la ecuación de la recta:

$$y = mx + b$$

En donde:

$$Y = M$$

Y

$$M = \frac{W_i X_i - W_f X_f}{W_i X_i}$$

$$m = Kw$$

K_w = coeficiente de difusión del agua.

$$x = t^{0.5}$$

Similar procedimiento se lleva a cabo para el coeficiente de difusión de sólidos donde se trabajo en base a la curva de contenido de sólidos vs. Tiempo^{0.5} (13).

En donde el fundamento es la ecuación de la recta:

$$y = mx + b$$

En donde:

$$Y = S$$

Y

$$S = \frac{W_f Brix_f}{W_i Brix_i}$$

$$m = K_{sg}$$

K_{sg} = coeficiente de difusión de sólidos.

$$x = t^{0.5}$$

2.4 Análisis Físico – Químicos.

2.4.1. Isotermas de Desorción.

Para realizar la isoterma de este producto, se usó el método isopiéstico e interpolación gráfica, consiste en que la muestra (babaco triturado) y un material de referencia (sales con

actividad de agua conocida) (TABLA 4) son colocados en una estufa a una temperatura constante de 32°C y se deja llegar al equilibrio en 48 horas. (10).

TABLA 4.
ACTIVIDAD DE AGUA DE SALES.

SALES	aW
Hidróxido de Sodio	0.0745
Cloruro de Magnesio	0.328
Carbonato de Potasio	0.432
Nitrato de Sodio	0.743

Fuente: referencia 10.

La ganancia o pérdida de peso está relacionada con la actividad de agua de la solución de la sal. La actividad de agua se estima cuando ya no se observa cambio en el peso. (10)

Para realizar la isoterma se toma en cuenta:

- Humedad en Base Seca.
- Actividades de agua de las sales.

La determinación de la humedad en base seca, se realiza a partir de la Humedad en base húmeda, por la siguiente fórmula:

$$X_t = 1 - \frac{W_i(1 - X_i)}{W_f} \quad \text{Ec 2.4.1}$$

Donde:

W_i = Peso inicial de la muestra.

X_i = Humedad inicial de la muestra.

W_f = Peso final de la muestra.

La humedad en base seca es igual a:

$$X_t = \frac{X_t}{1 - X_t} \quad \text{Ec. 2.4.1}$$

Como en este experimento se realizo por duplicado las sales, se usó el promedio de las Humedades en base seca de cada una de las ellas para mayor precisión. Además se utilizó el programa Water Analyser para la determinación de la curva.

Por otro lado, la determinación de las isothermas finales se realizó mediante el uso de un medidor de actividad de agua (marca Aqua Lab) y un medidor de humedad (marca Kern MLB 50-3). El método usado consistió en someter al producto final a dos diferentes ambientes, uno fue colocar al producto en un desecador, y el otro fue colocarlo en un sistema compuesto por

agua dentro de una estufa a 32 ° C. (FIGURA 2.1) Por lo que finalmente se obtienen las siguientes isotermas aplicando el programa Water Analyser para obtener el valor de la monocapa.



FIGURA 2.1. METODO DE DETERMINACION DE ISOTERMA
FINAL

2.4.2 Humedades

La humedad se la determinó por medio de los métodos de la AOAC 17th.

Para la deshidratación osmótica se le realizó el análisis de humedad a cada una de las muestras tomadas en los tiempos establecidos anteriormente.

La humedad en base seca:

$$H_{bs} = \frac{W_i - W_s}{W_s} \quad \text{Ec. 2.4.2}$$

En donde:

W_s = Peso de sólidos secos.

W_i = Peso inicial de la muestra.

Para en secado por medio de diferencia de pesos se determino la humedad por medio de las formulas mencionadas en 2.2.5.

2.4.3 Encogimiento.

Para el análisis del encogimiento se tomó en cuenta el área inicial, las muestras sometidas a la deshidratación por convección y luego el área final.

Cabe resaltar que el babaco cortado tenía una forma muy similar a la FIGURA 2.2

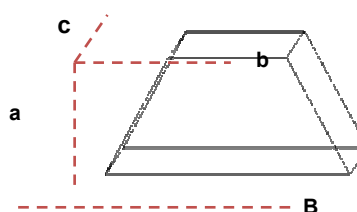


FIGURA 2.2. FORMA DEL TROZO DE BABACO Y SUS LADOS.

Para determinar la superficie reducida, se tomó en cuenta la suma de las áreas de la figura presente, por medio de las siguientes fórmulas:

$$\frac{\text{Área 1}}{\text{Ec. 2.4.3 (a)}} = \frac{((B+b)/2)*a}{}$$

$$\frac{\text{Área 2}}{\text{Ec. 2.4.3 (b)}} = \frac{b \times c}{}$$

Siendo usada la fórmula de área 1 para las 4 caras en forma de trapecoide y la de área 2 para los 2 rectángulos (uno inferior y otro superior).

2.5. Cinética de Deshidratación Osmótica.

La cinética de deshidratación osmótica permite determinar la variación de peso, ganancia de sólidos solubles, y pérdida de agua en función del tiempo.

En esta parte del estudio, se procedió a lavar la fruta, luego a pelarla y finalmente cortarla en pequeñas porciones de muestra de forma de trapecio, de peso y medidas similares.

Para luego ser sumergidos en soluciones al 55 % a temperatura ambiente, en una relación 6:1 (solución: muestra).

Los agentes osmóticos usados fueron sacarosa, miel, miel-sacarosa y glucosa, todos conseguidos en supermercados de la ciudad de Guayaquil y el solvente utilizado fue agua purificada.

Medición de peso y grados Brix se realizó en dos etapas:

Primera Etapa: Cada 5 minutos por media hora.

Segunda Etapa: Cada 15 minutos por dos horas.

Los instrumentos empleados para la toma de datos fueron: un refractómetro de 0 a 32 °Brix y una balanza analítica.

2.5.1. Cálculo de Pérdida de Peso.

La pérdida de peso porcentual de un alimento al ser sometido al proceso de deshidratación osmótica nos da una idea de la cantidad de agua que el alimento va perdiendo durante este proceso. Una vez obtenidos los datos, el cálculo de pérdida de peso se lo realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida Porcentual de Peso} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \quad \text{Ec. 2.2.1}$$

En donde:

W_i = Peso Inicial de la Muestra.

W_f = Peso Final de la Muestra.

2.5.2. Cálculo de Pérdida de Agua.

El cálculo de pérdida de agua se basa en la diferenciación de las humedades iniciales y finales durante el proceso. El resultado se lo representa de manera porcentual mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida Porcentual de Agua} = \frac{(W_i X_i) - (W_f X_f)}{W_i} \times 100$$

Ec. 2.2.2

En donde:

W_i = Peso Inicial de la Muestra.

W_f = Peso Final de la Muestra.

X_i = Porcentaje de Humedad Inicial.

X_f = Porcentaje de Humedad Final.

Para la determinación de la humedad (X) se utilizó el método de secado por estufa con cada una de las muestras tomadas en los tiempos antes mencionados, se utilizó este método ya que la cantidad de agua perdida no necesariamente está ligada a la cantidad de sólidos ganados a pesar de que los resultados se presentaron muy similares. FIGURA 2.3.

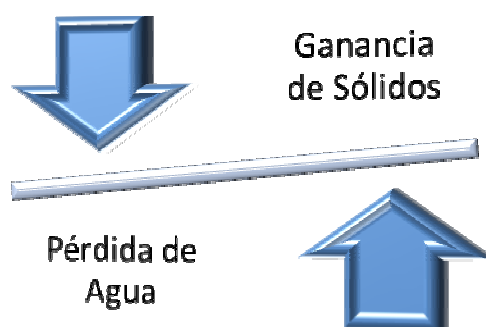


FIGURA 2.3. REPRESENTACIÓN DE GANANCIA DE SÓLIDOS
Y PÉRDIDA DE AGUA

2.5.2 Cálculo de Ganancia de Sólidos.

Para el cálculo de ganancia de sólidos se lo representa de manera porcentual para una mejor visualización de resultados, mediante la siguiente fórmula:

Ganancia Porcentual de Sólidos

$$= \frac{(W_i \text{Brix}_i) - (W_f \text{Brix}_f)}{W_i} \quad \text{Ec. 2.2.3}$$

En donde:

W_i = Peso Inicial de la Muestra.

W_f = Peso Final de la Muestra.

Brix_i = Grados Brix Inicial.

Brix_f = Grados Brix Final

Determinación de la vida útil

Finalmente, se determinó la estabilidad del producto mediante la ecuación 2.2.4.

$$\ln \Gamma = \ln \left[\frac{m_i - m_e}{m_c - m_e} \right] = \frac{k}{x} \frac{A}{W_s} \frac{P_0}{b} \theta \quad (\text{Ref. 10})$$

En donde:

- **Ln Γ_c** = Contenido de humedad no completado (tendencia de permeabilidad del empaque)
- $\frac{k}{x}$ = Permeabilidad del empaque en gH₂O/día m²mmHg
- **A** = Área del empaque (m²)
- **W_s** = Peso de sólidos secos (g)
- **P₀** = Presión de vapor de agua a la temperatura T (mmHg)
- **b** = Pendiente de la isoterma (tangente entre la Humedad crítica e inicial).
- **m_i** = Humedad inicial.
- **m_e** = Humedad de equilibrio.
- **m_c** = Humedad de crítica.

Un elemento muy importante a usar fue la permeabilidad del empaque en este caso se tomo en cuenta el empaque trilaminado (poliéster - polipropileno – polietileno) empleado en la mayor parte de los productos deshidratados en el mercado, el cual presenta con un valor

$$\text{de } \frac{k}{x} = 6.25 \times 10^{-3} \text{ g/m}^2/\text{día/mmHg}.$$

CAPÍTULO 3

3. EFECTOS DE AGENTES OSMÓTICOS EN LA TRANSFERENCIA DE MASA.

3.1. Isotermas de Desorción.

Con la elaboración de la isoterma de desorción de la materia prima (babaco) se determinó el valor de monocapa, el cual nos permitirá establecer la humedad en equilibrio en el proceso de secado con respecto a la humedad relativa del ambiente.

FIGURA 3.1

3.2. Determinación de monocapa de BET.

Por medio del desarrollo de la isoterma de desorción, se obtiene el valor de monocapa de BET (Brunauer, Emmett y Teller) mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{a_w}{(1-a_w)X} = \frac{1}{Xm C} + \frac{a_w (C-1)}{Xm C} \quad \text{Ec.3.2}$$

(10)

Donde:

X: Humedad base seca

Xm: Valor BET

C: Constante

Aplicando el programa Water Analyser,, se obtiene para el babaco fresco un valor de monocapa de BET: **0.4283 gH₂O/100g. de sólido seco.**

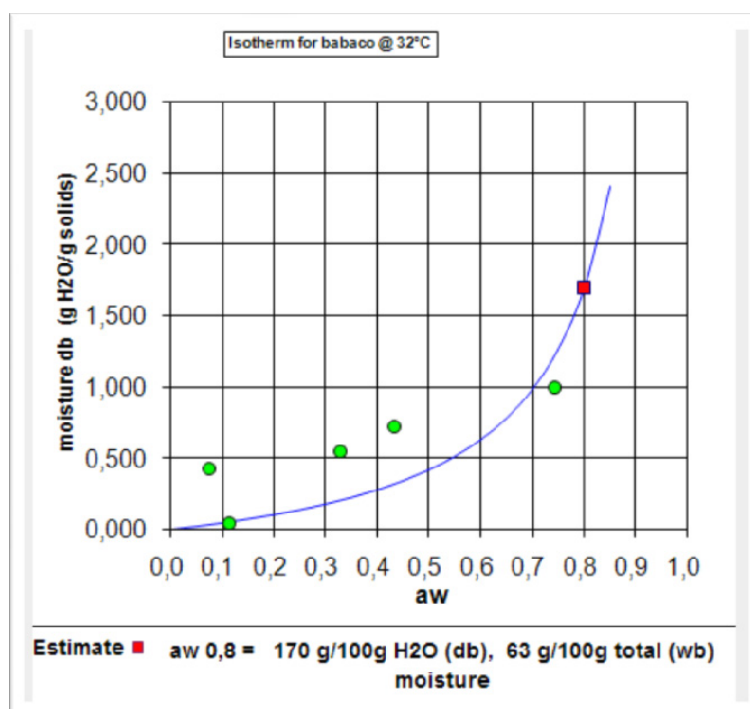


FIGURA. 3.1 ISOTERMA DE DESORCIÓN DEL BABACO

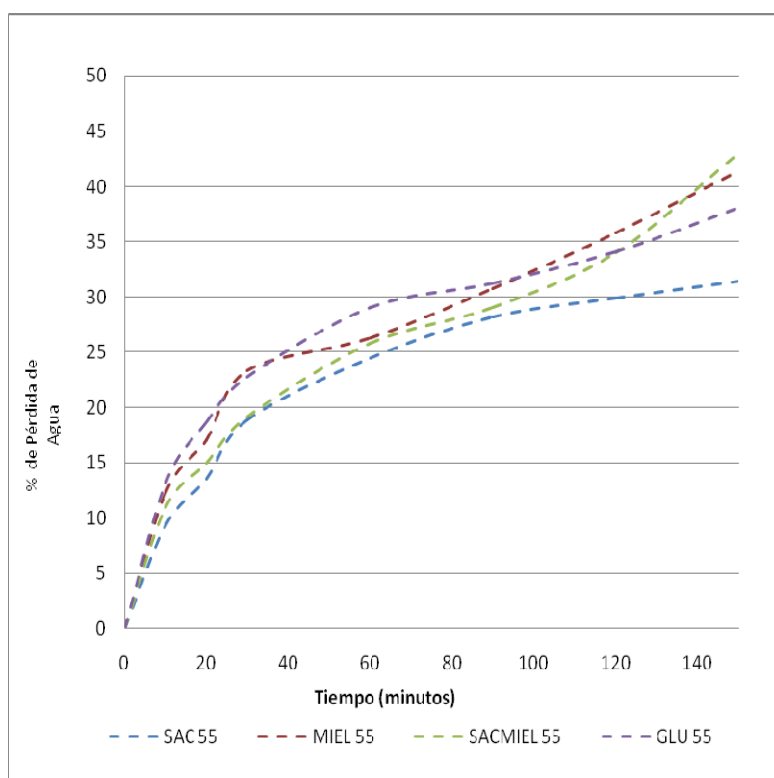
Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

3.3 Efecto en la Transferencia de Masa de la Deshidratación Osmótica.

3.3.1. Pérdida de Agua.

Aplicación la ec. 2.2.2 se obtuvieron los resultados mostrados en el GRÁFICO 3.3.1. En este gráfico se puede observar claramente que el babaco sometido a las cuatro soluciones se comportan de una manera similar.

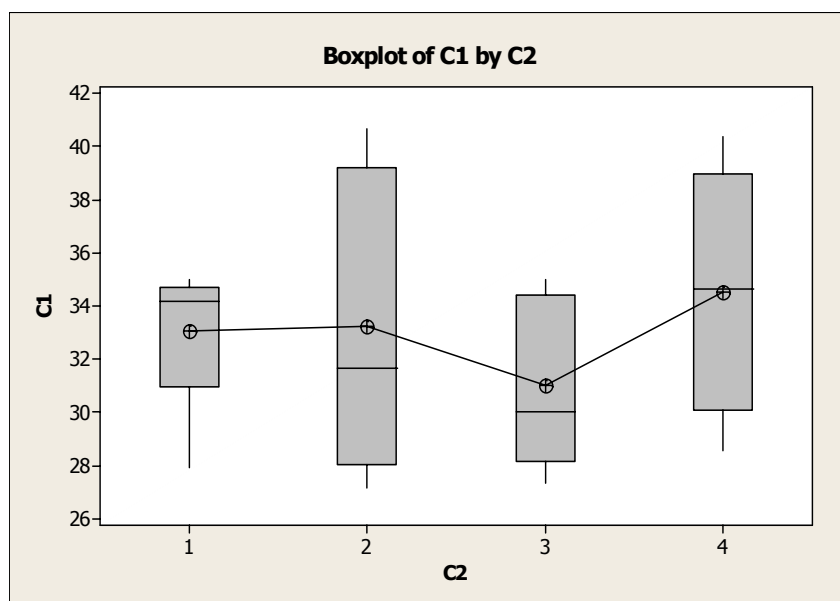
Gráfico 3.3.1 Pérdida Porcentual de Agua del Babaco frente a los Agentes Osmóticos.



Elaborado por: Ma. Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

Se afirma este comportamiento aplicando ANOVA ONEWAY, (APENDICE A) en el que la hipótesis nula planteada fue la que todas las medias son iguales, versus la hipótesis alterna que consideraba una diferente entre ellas, con un nivel de confianza del 95% se obtuvo un valor de p mayor a 0.05, por que se aceptó la hipótesis nula, determinándose que los cuatros agentes osmóticos presentan igual pérdida de agua al momento de la deshidratación osmótica. FIGURA 3.3.1

FIGURA 3.3.1 DIAGRAMA DE CAJAS DE PÉRDIDA DE AGUA

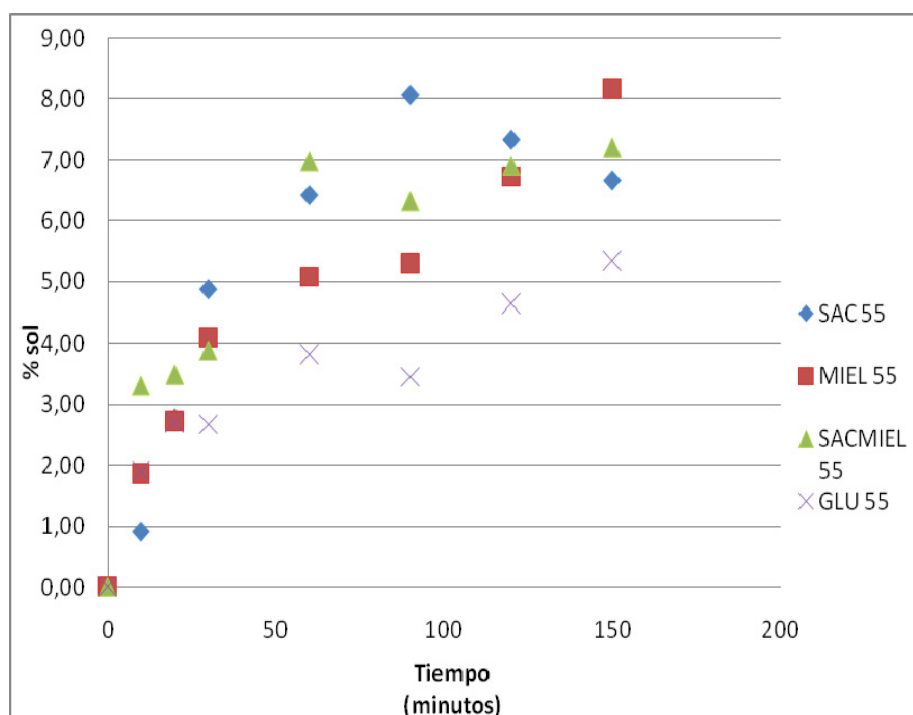


1=SACAROSA,2 =MIEL,3=SACAROSA/MIEL,4=GLUCOSA

3.3.2 Ganancia de Sólidos

Mediante la ec. 2.2.3 , se obtuvieron valores de ganancia de sólidos, los cuales se muestran en la GRÁFICA 3.2.2. El babaco sometido a la solución de glucosa fue el que obtuvo el menor porcentaje de ganancia de sólidos, este fenómeno demostraría que la difusión de la glucosa a través de la membrana vegetal es menor a los otros componentes, esto se debió probablemente a que la glucosa por su característica higroscópica formó enlaces de hidrogeno débiles con el agua de la solución, dificultando así la entrada de solutos al alimento.

GRÁFICO 3.3.2. GANANCIA DE SÓLIDOS DEL BABACO FRENTE A LOS AGENTES OSMÓTICOS.

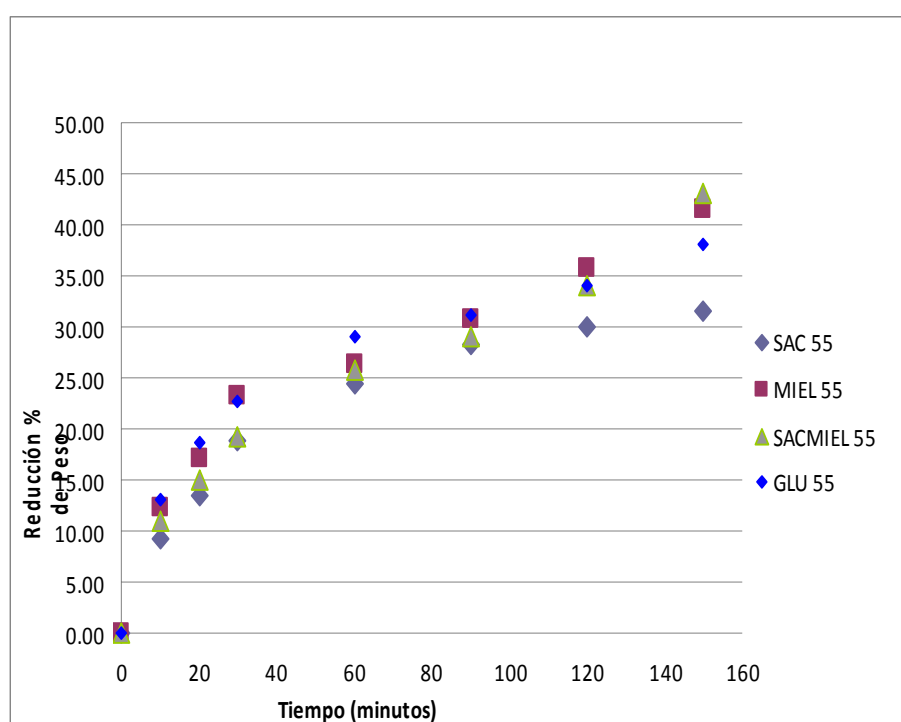


Elaborado por: Ma. Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

3.3.3. Pérdida de Peso

El GRÁFICO 3.3.3 muestra la pérdida de peso a través del tiempo. La pérdida de peso es una relación entre los sólidos que gana el alimento versus el agua que va perdiendo. El babaco con la solución que mostró el mayor porcentaje de pérdida de peso fue el de miel con sacarosa, la cual perdió cerca del 42 % del peso inicial.

GRÁFICO 3.3.3 PÉRDIDA DE PESO DEL BABACO FRENTE A LOS AGENTES OSMÓTICOS.

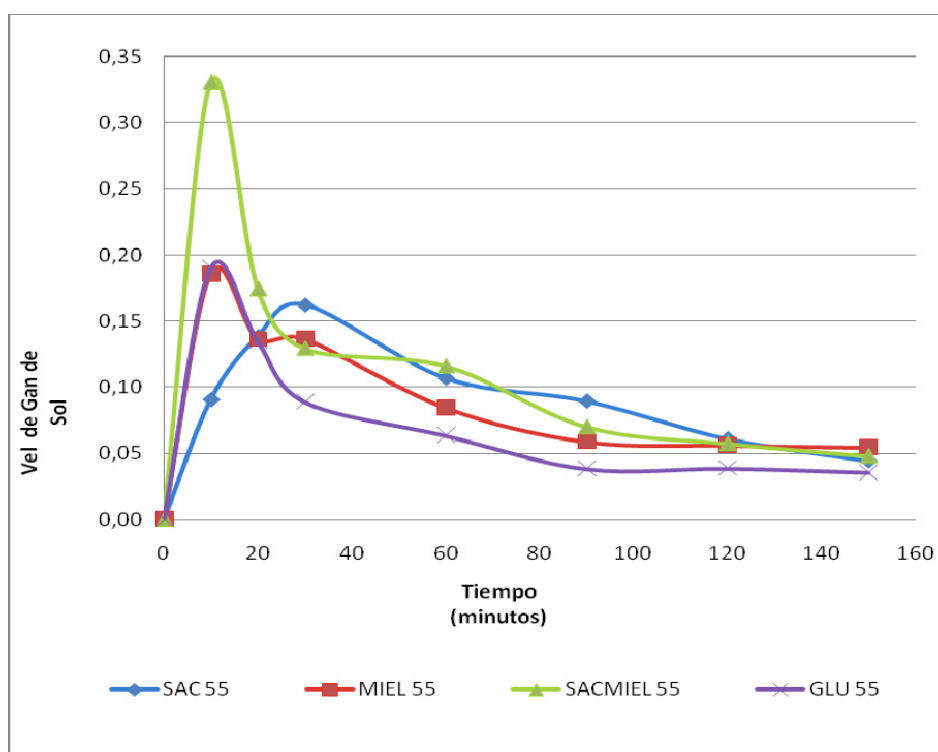


Elaborado por: Ma. Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

3.3.4 Velocidad de pérdida de agua y velocidad de ganancia de sólidos

El GRÁFICO 3.3.4 muestra las velocidades de ganancia de sólidos para cada uno de los experimentos realizados en función del tiempo. Se muestra claramente que durante los primeros 20 minutos la velocidad de ganancia de sólidos de la curva de miel – sacarosa es alta.

GRÁFICO 3.3.4 VELOCIDADES DE GANANCIA DE SÓLIDOS A LAS DIFERENTES SOLUCIONES DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.



Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

Si consideramos las actividades de agua de las soluciones, este comportamiento se debe a que la solución de miel y sacarosa (TABLA 5.) posee menor actividad de agua con respecto a las demás soluciones. Luego de los veinte minutos las soluciones se comportaron de manera similar, debido a que llegaron al equilibrio osmótico.

TABLA 5 ACTIVIDADES DE AGUA DE SOLUCIONES

Aw de las Soluciones	
Solución	Aw
Sacarosa	0.921
Miel	0.917
Miel - Sac	0.910
Glucosa	0.966

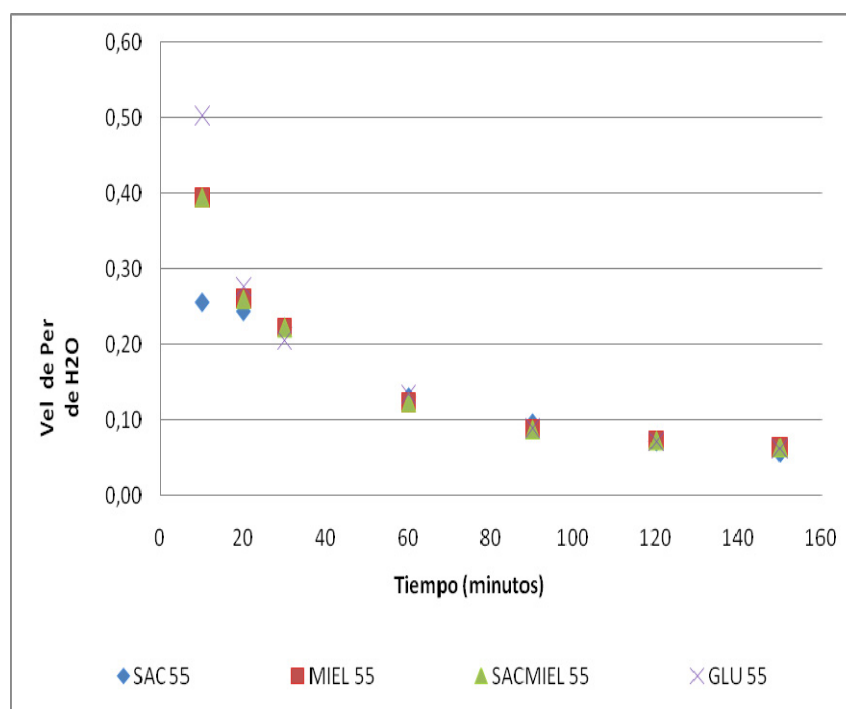
En el GRÁFICO 3.3.5 muestra como la velocidad de pérdida de agua es de forma decreciente. Durante los primeros minutos, la solución de glucosa presenta el valor más alto de velocidad de pérdida de agua con respecto a los demás.

3.4 Análisis de transferencia de masa durante el secado del babaco deshidratado osmóticamente.

Los babaco deshidratados son sometidos a un secado convectivo donde la transferencia de masa que ocurrirá en ellos se la puede analizar por medio algunas relaciones como humedad libre y

velocidad de secado a través del tiempo, y la dependencia de la humedad libre con la velocidad de secado.

GRÁFICO 3.3.5 VELOCIDADES DE PÉRDIDA DE AGUA A LAS DIFERENTES SOLUCIONES DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA



Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

3.4.1. Curva de velocidad de secado.

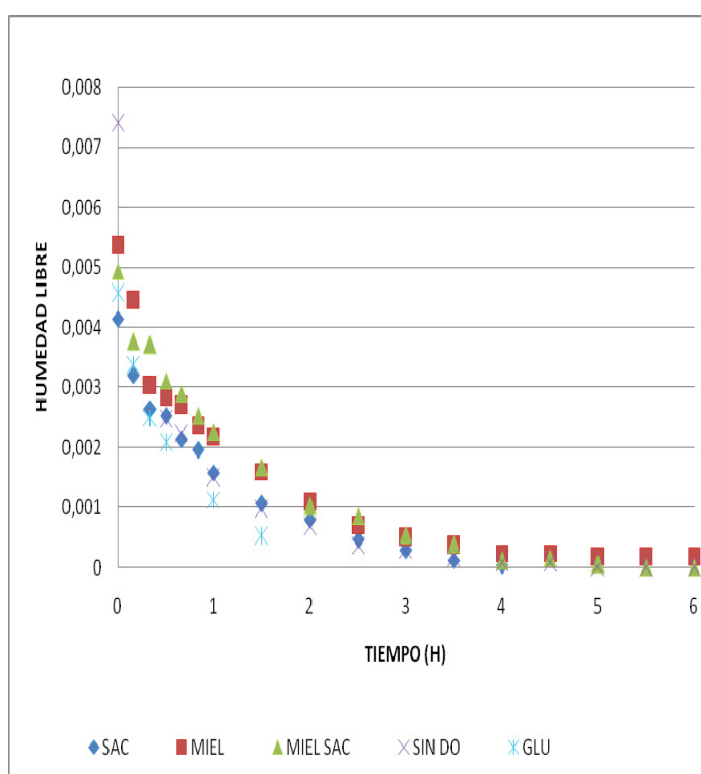
Se analizó el efecto de los diferentes agentes osmóticos en la velocidad de secado convencional.

3.4.1.1 Humedad libre con relación al tiempo.

Por medio de la ec. 2.3.1 se determinó la humedad libre a través del tiempo para las

cuatro soluciones diferentes. La humedad libre indica la cantidad de agua que es removida durante el secado a través del tiempo.

GRÁFICO 3.4.1.1.
HUMEDAD LIBRE CON RELACIÓN AL
TIEMPO.



Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

El GRÁFICO 3.4.1.1, muestra que el babaco que se sometió a la solución de glucosa, es el que tiene menor humedad libre, posiblemente a que la mayor cantidad de agua del alimento se liberó

durante la deshidratación osmótica; este resultado indicaría que al usar glucosa como agente osmótico, la movilidad molecular del agua es mayor. Este análisis se corroboraría con la velocidad de secado.

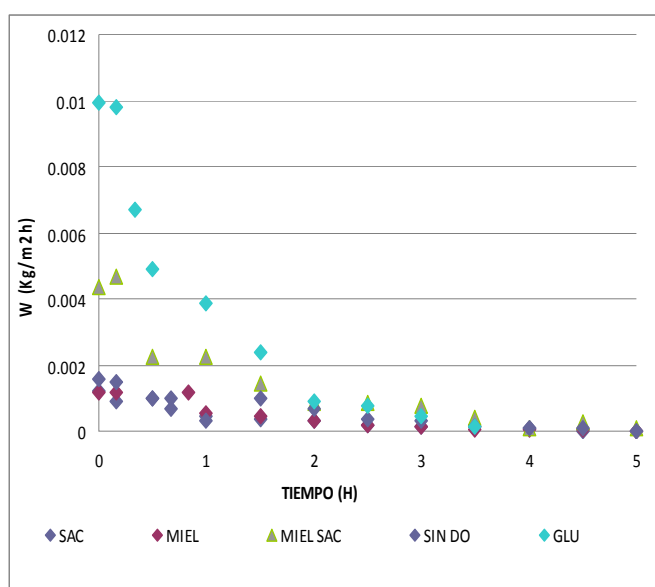
3.4.1.2. Velocidad de Secado con Relación al tiempo.

Se realizó la determinación de la velocidad de secado para los babacos tratados osmóticamente, así como, para los que no se sometieron a pre – tratamiento alguno, aplicando la ecuación 2.3.2.

El GRÁFICO 3.4.1.2 muestra que el babaco que fue sometido a la solución de glucosa posee una mayor velocidad de secado con respecto a los demás. De esta manera se corroboraría lo mencionado anteriormente, concluyendo que el efecto humectante de la glucosa es mayor que el de miel y sacarosa, debido a la estructura que posee el monosacárido. Sin embargo, es interesante observar que la muestra sin tratamiento posee los mismos valores que la mezcla de miel y sacarosa. Notando que la

sacarosa y miel por si solas unen más fuertemente el agua que su mezcla, tal vez por la competencia entre los dos agentes osmóticos.

GRÁFICO 3.4.1.2. VELOCIDAD DE SECADO CON RELACIÓN AL TIEMPO.



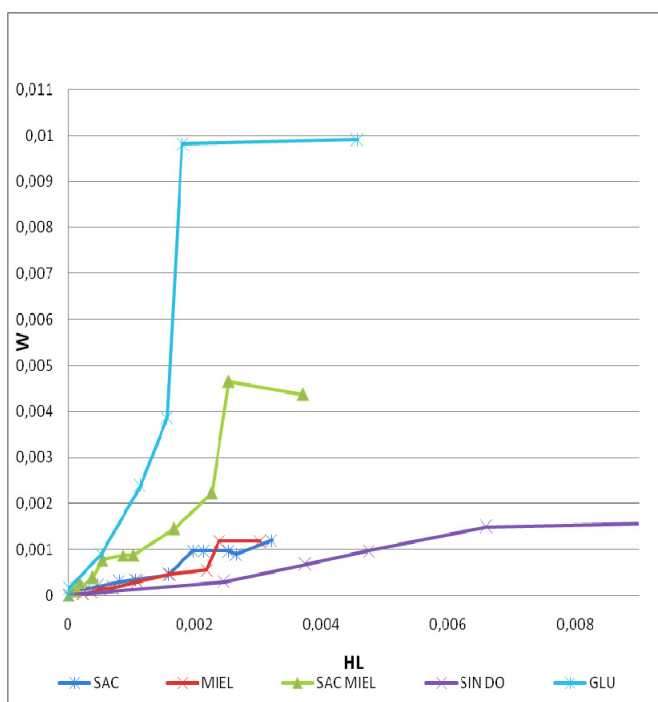
Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas(2009)

3.4.1.3. Humedad Libre con relación a la Velocidad de Secado.

La curva de humedad libre vs. velocidad de secado es la curva más importante en el proceso de secado; ya que ella sirve para finalmente analizar comparativamente el comportamiento de las diferentes soluciones

osmóticas en la eliminación del agua del alimento .

GRÁFICA 3.4.1.3.
CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO CON
RELACIÓN A LA HUMEDAD LIBRE.



Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas
 (2009)

En el GRÁFICO 3.4.1.3 se destacan dos curvas principalmente, la curva de secado del babaco tratado con la solución de glucosa que es la que posee mayor velocidad de secado, seguida por la solución de miel – sacarosa. Mientras las

otras curvas presentan un comportamiento similar.

Para analizar estadísticamente las diferencias entre los agentes osmóticos en la velocidad de secado, se realizó el diseño de experimento en el que primero se planteó la hipótesis nula (H_0) de que las medias de la población son iguales, versus la hipótesis alterna en que todas son distintas, es decir, que presentan diferente velocidad de secado.

Ejecutando el diseño se obtuvo como resultado una probabilidad inferior al nivel de confianza establecido de 0.005; lo que indica que la hipótesis de partida es falsa. Se demuestra así, que se ha obtenido suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en favor de la hipótesis alterna. Es decir, que los agentes osmóticos si tienen diferente efecto en la velocidad durante el secado.

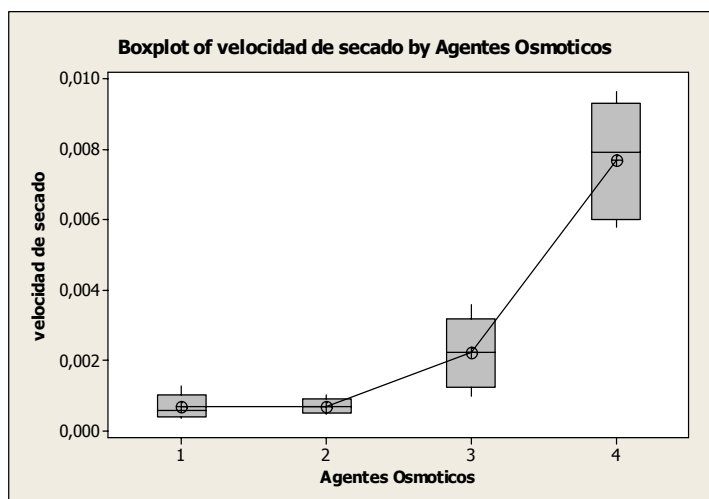
La diferencia entre los tratamientos se analizó por comparación de pares usando el método de Fisher. Estadísticamente, se obtuvo que la solución que ejerció mayor influencia en la velocidad de secado es el producto sometido a glucosa como agente osmótico, seguido del babaco con miel y sacarosa. Mientras que para las soluciones con miel y sacarosa independientes, no existió una diferencia estadística. (APENDICE B)

Esto puede deberse a que la glucosa produce que el agua sea menos ligada, produciendo un incremento en la velocidad de secado.

3.4.2 Determinación de coeficiente de transferencia de masa.

Los valores de los coeficientes de difusión del agua (K_w) y de los coeficientes de difusión de sólidos (K_{SG}), durante el proceso de deshidratación osmótica, se presentan en la TABLA 6.

FIGURA 3.4.1.3 DIAGRAMA DE CAJAS AGENTES OSMOTICOS VS VELOCIDAD DE SECADO



1:SACAROSA, 2:MIEL,3:SACAROSA/MIEL;
4:GLUCOSA

Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

TABLA 6 COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE MASA.

COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE MASA		
SOLUCIONES	K_w	K_{sg}
SAC	0,051	0,083
MIEL	0,053	0,077
GLU	0.05	0,043
SAC-MIEL	0,055	0,056

Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

Al realizar la comparación de los coeficientes de difusión del agua (K_w) para las diferentes soluciones osmóticas, conviene escoger el que presenta mayor (K_w), debido a que presenta menor resistencia a la transferencia de agua.

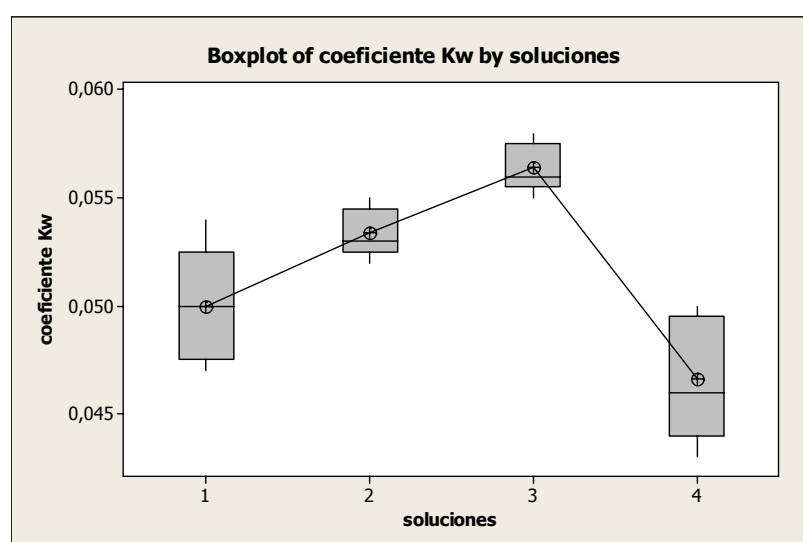
Por lo tanto, se escogería el tratamiento realizado con la mezcla de miel y sacarosa.

Sin embargo, en lo que se refiere a los coeficientes de difusión de sólidos, lo que se busca es el que ofrezca mayor resistencia a la difusión de sólidos. Por lo tanto, conviene el que posee menor coeficiente (K_{SG}), siendo éste tratamiento realizado con la solución de glucosa. Este fenómeno se debe a que en la deshidratación osmótica tanto el agua como los sólidos de la solución osmótica compiten por difundirse hacia el alimento (sólidos) y desde el alimento hacia la superficie (agua).

Analizado lo obtenido anteriormente, se podría decir que el hecho de que no ha ingresado tanta glucosa al alimento, produjo que haya una mayor pérdida de agua, debido a que fue más difícil llegar al equilibrio osmótico. Estadísticamente, primero se planteo las hipótesis nula y alterna para el coeficiente de difusión de agua (k_w). Donde la nula plantea que todos los agentes osmóticos presentan igual coeficiente de difusión de agua durante la deshidratación osmótica. Usando el ANOVA ONEWAY con una confianza del 95%, se rechazo esta hipótesis a favor

de la alterna con un valor de probabilidad bajo (APENDICE C), considerándose que existe diferencia entre las cuatro soluciones. Para encontrarla se aplicó el método de Fisher de comparación por pares, en el que se reveló que la diferencia significativa la mostró el babaco con la solución de miel y sacarosa. (FIGURA 3.4.2)

FIGURA 3.4.2. DIAGRAMA DE CAJAS DEL KW



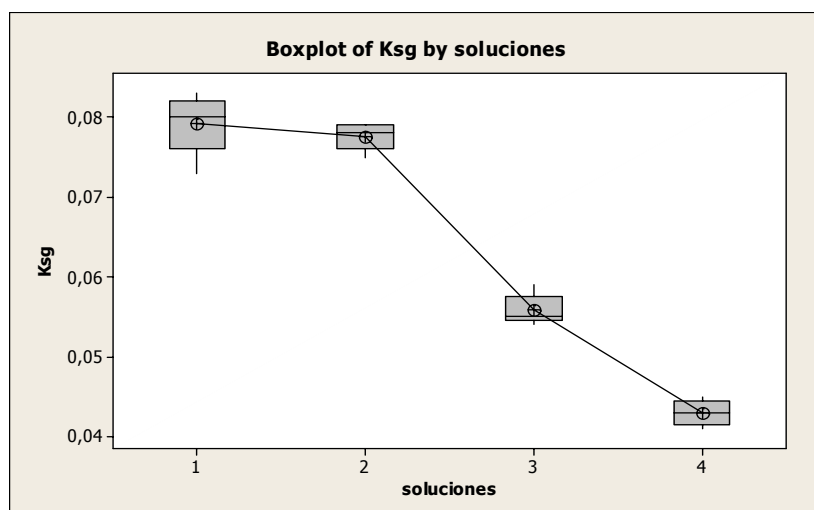
1: SACAROSA, 2: MIEL, 3: SACAROSA/MIEL, 4: GLUCOSA

Elaborado por: Ma. Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

En relación al coeficiente de difusión de sólidos, estadísticamente se afirma lo anteriormente planteado, es decir que existe una diferencia entre la glucosa y las demás soluciones durante la deshidratación osmótica.

Mediante el uso del ANOVA ONE WAY con un nivel de confianza del 95% y una probabilidad menor, (APENDICE C); existe suficiente evidencia estadística para asegurar una diferencia entre los valores de el coeficiente de difusión de sólidos (K_{SG}). Esta diferencia se la analizó mediante Fisher, obteniendo como resultado que la solución de Glucosa posee el menor (K_{SG}). (FIGURA 3.4.2.1)

FIGURA 3.4.2.1 DIAGRAMA DE CAJAS DE K_{SG}



1:SACAROSA,2 :MIEL,3:SACAROSA/MIEL;4:GLUCOSA

Elaborado por: Ma.Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas

CAPÍTULO 4

4 EFECTOS DE LOS AGENTES OSMÓTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL BABACO DESHIDRATADO. Características Finales del babaco deshidratado

Las propiedades físicas y químicas de los alimentos se ven alteradas por la acción directa del tratamiento al que fueron expuestas, estos parámetros de control son los indicativos a la hora de elegir el mejor agente a usarse. Los babacos deshidratados presentaron una alteración notoria en sus características, siendo las más importantes la humedad, los sólidos solubles, potencial de hidrógeno, acidez y encogimiento. En efecto, hay un incremento en la cantidad de sólidos solubles, acidez y pH mientras que la humedad y tamaño del producto decrecieron al final del tratamiento térmico.

4.1. Características físico-químicas

4.1.1. Humedad

Se determinó la humedad del babaco final por medio de la termo balanza marca KERN modelo MLB-50-3, donde se evidenció una disminución de la humedad inicial (93 %) hasta los valores presentados en la TABLA 7. El babaco sometido al tratamiento de glucosa tuvo el menor valor de humedad final teniendo relación con el resultado de transferencia de masa antes mencionado, donde tenía mayor velocidad de secado.

TABLA 7 HUMEDAD DE PRODUCTOS FINALES

Solución	Humedad (%)
Sacarosa	8.15
Miel	8.22
Miel - Sacarosa	8.25
Glucosa	6.49

Fuente: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

4.1.2. Sólidos solubles

En el proceso de deshidratación de los babacos se produjo una ganancia de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), partiendo del valor inicial

de 7 ° Brix , proceso en el cual se tomó la lectura en un refractómetro de cada una de las muestras.

De acuerdo a los resultados obtenidos, mostrados en la TABLA 8 el producto sometido a la solución de glucosa fue el que obtuvo mayores grados Brix. Los valores altos de grados Brix son favorables a las características sensoriales finales del producto, además de dificultar el crecimiento microbiano.

TABLA 8 SÓLIDOS SOLUBLES DE PRODUCTO FINALES

Solución	Grados Brix
Sacarosa	89.36
Miel	89.95
Miel - Sac	89.80
Glucosa	92.25

Fuente: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

4.1.3. pH

Mediante el método de ensayo AOAC18-981.12 se observó un incremento en todos los tratamientos partiendo de un pH de 4.4, (TABLA 9) siendo el más significativo el babaco con el agente osmótico miel con sacarosa, cabe resaltar que los alimentos que tienen menor pH retardan el pardeamiento no enzimático. (17).

TABLA 9 PH DEL PRODUCTO FINAL

Solución	pH
Sacarosa	4.15
Miel	3.8
Miel - Sac	3.78
Glucosa	3.9

Fuente: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

4.1.4. Acidez

El valor más alto para acidez fue para el babaco con sacarosa usando el método AOAC 18-942.15 y el más bajo fue el de la fruta con miel y sacarosa, (TABLA 10) ambos expresados como ácido málico, debido a que este ácido es el que predomina en este tipo de fruta. Además la acidez al igual que el pH entre menor es su valor, la velocidad de pardeamiento enzimático también es menor.

TABLA 10 ACIDEZ DEL PRODUCTO FINAL

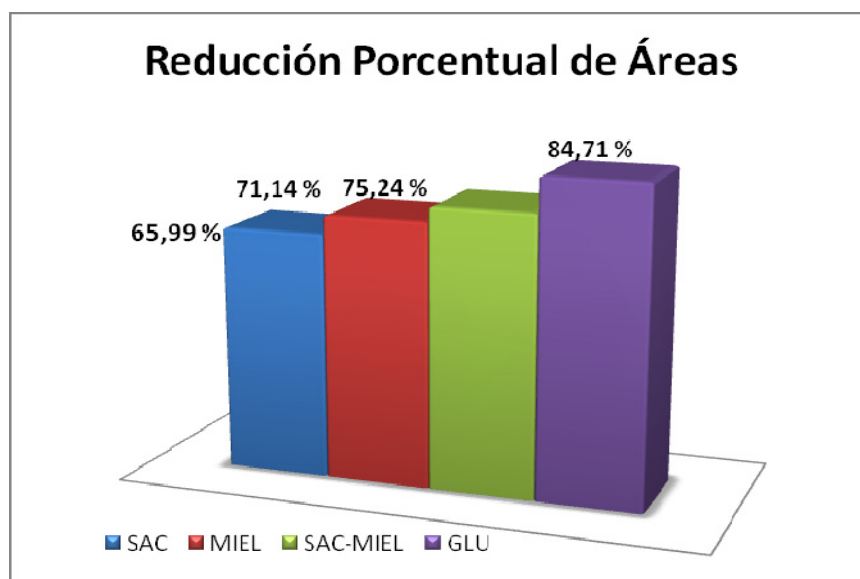
Solución	Acidez
Sacarosa	3.02
Miel	2.4
Miel - Sac	2.23
Glucosa	3.06

Fuente: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

4.1.5. Encogimiento

En el producto final sometido a las diferentes soluciones se observó que la fruta deshidratada con sacarosa, miel, glucosa y miel sacarosa conservaban su forma reducida.

GRAFICO 4.2.5 REDUCCIÓN PORCENTUAL DE ÁREAS



Elaborado por : Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

4.2. Características sensoriales

4.2.1. Prueba de evaluación sensorial

Una vez concluida la etapa de experimentación de deshidratación y secado del babaco, se evaluó sus características sensoriales, con el fin de escoger la muestra de mayor aceptación.

Para elegir al mejor producto se trabaja bajo el método de evaluación sensorial afectivo.

Prueba “A”:

Los productos fueron evaluados con pruebas de aceptación. Cada uno fue degustado en diferentes sesiones, para evitar que los catadores comparen las muestras y emitan juicios de acuerdo dicha comparación. Con esta prueba se pretende descubrir la aceptación o rechazo de las diferentes fórmulas desarrolladas. En el APENDICE D se presenta la hoja donde los catadores expresaron sus respuestas.

En todas las evaluaciones participaron 20 catadores no entrenados (consumidores habituales), y usando el APÉNDICE E de estimación de significancia $p= 0,5$ de una cola se determinó si existe aceptación significativa.

Los resultados demostraron que el babaco sometido a Sacarosa obtuvo un 90%, con un nivel de significancia del 0.1%. Adicionalmente, los babacos sometidos a la combinación de sacarosa y Miel obtuvieron un porcentaje de aceptación de 80% con un nivel de significancia de 1 %.

Por otro lado, las muestras de babaco sometido a Miel, obtuvieron un 30% de aceptación. Sin embargo, el número de juicios aceptados de 6 representa el mínimo de juicios aceptado

por los tres niveles, por lo que la muestra es rechazada. Lo mismo ocurrió para babaco sometido a Glucosa quien obtuvo un grado de aceptación de 25%. TABLA 11

TABLA 11 NÚMERO MÍNIMO DE JUICIOS ACEPTADOS

Número de ensayos (n)	Nivel de Probabilidad		
	5%	1%	0,10%
20	15	16	18

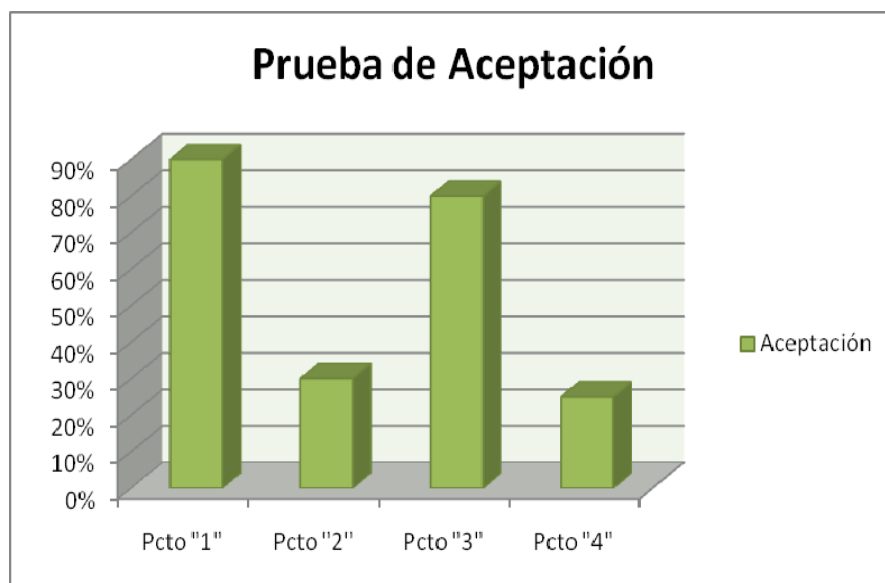
Fuente: DANIEL L. PEDRERO. Evaluación Sensorial de los Alimentos. 1998

No se realizó la evaluación del producto que no fue sometido a ningún agente osmótico debido a que a simple vista no presentaba apariencia agradable al consumidor, por lo tanto éste se lo consideró como rechazo total.

En el GRÁFICO 4.3.2 se resume el grado de aceptación por parte de los panelistas para cada producto.

Los productos que los jueces designaron como aceptados, pasan a ser evaluados bajo una segunda prueba que será un filtro más para poder elegir al producto con mejor perfil sensorial de acuerdo a los catadores.

GRÁFICO 4.3.2. GRADO DE ACEPTACIÓN DE PRODUCTOS



Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

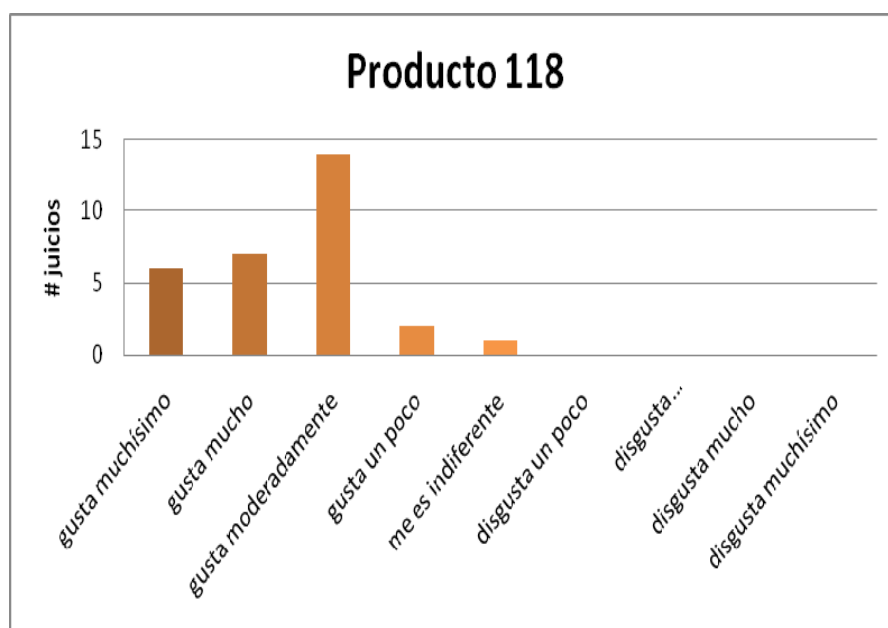
Prueba "B".

Los productos aceptados por el grupo de catadores se evaluaron nuevamente con un método afectivo aplicando la prueba de nivel de agrado o escala hedónica de 9 puntos. El APÉNDICE F muestra la hoja donde los catadores expresaron sus respuestas luego de la degustación.

Los babacos deshidratados con sacarosa y la mezcla sacarosa-miel fueron degustados bajo los códigos 118 y 958, respectivamente. Participaron 30 catadores en esta prueba,. los GRÁFICOS 4.3.3 y 4.3.4 muestra los diagramas de Pareto, en

los cuales se observan los resultados obtenidos de la evaluación de cada producto .

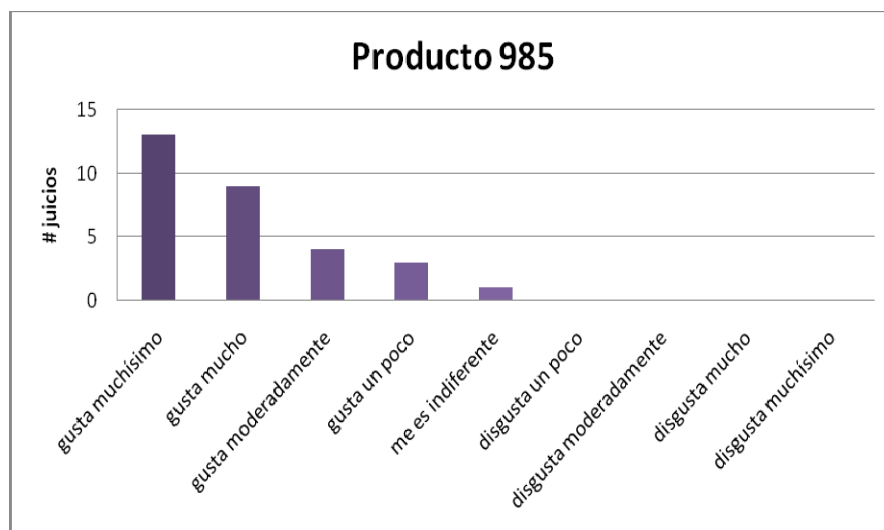
GRÁFICO 4.3.3 DIAGRAMA DE PARETO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL PRODUCTO 118.



Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

Analizando los resultados obtenidos del diagrama de Pareto del producto 985 se puede demostrar que la mayor parte de los panelistas señalo que el producto presentada una puntuación verbal de “*me gusta muchísimo* “ correspondiente en la escala hedónica a un puntaje de 9. Con lo cual se puede concluir que el producto 958 tendrá una aceptación en el mercado muy buena, ya que se encuentra dentro del rango del agrado.

GRAFICO 4.3.4. DIAGRAMA DE PARETO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL PRODUCTO 958.



Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

Con respecto a los resultados obtenidos del producto 118 se observa que la mayoría de los panelistas se inclina por la puntuación verbal de “*gusta moderadamente*”, la misma que presenta una puntuación de 7 en la escala hedónica, siendo de igual manera del agrado de la población participante aunque en una menor proporción que el producto 985. De acuerdo a los resultados obtenidos de las dos pruebas, el babaco sometido a la mezcla de Miel con sacarosa como Agente Osmótico, es el que presenta una mayor aceptación y nivel de agrado dentro de los panelistas en esta evaluación sensorial.

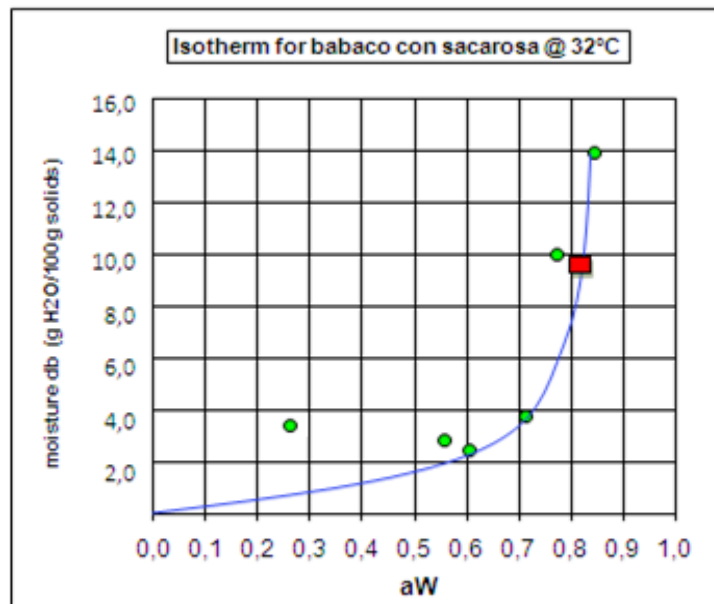
CAPÍTULO 5

5. EFECTOS DE LOS AGENTES OSMÓTICOS EN LA VIDA ÚTIL DEL BABACO DESHIDRATADO.

5.1. Determinación de isoterma final

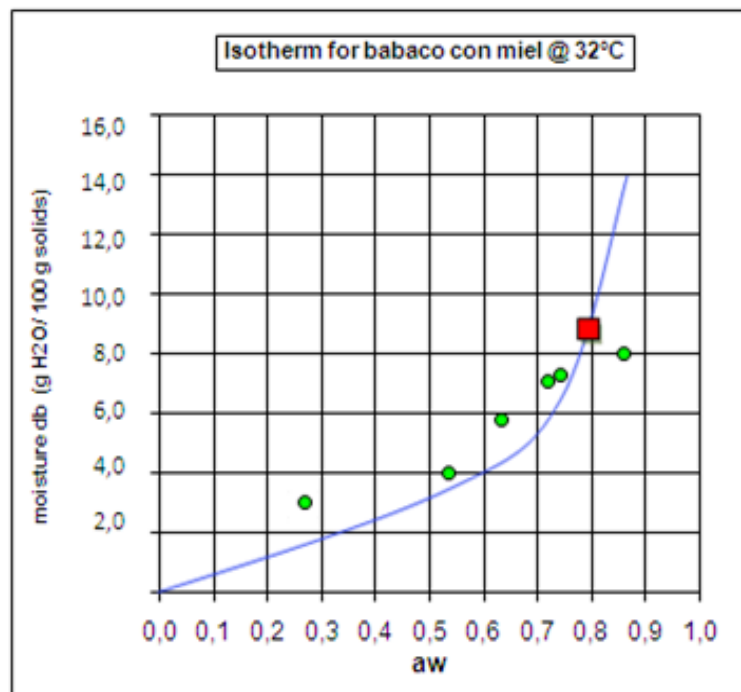
Las FIGURAS 5.1 y 5.1.1 muestran las isotermas de los babacos deshidratados con sacarosa y miel, respectivamente, se obtuvieron valores de monocapa de 1,54 y 1,39 g H₂O/ 100 g ss. Los babacos con miel sacarosa y glucosa que se muestran en las FIGURAS 5.1.2 y 5.1.3 respectivamente, obtuvieron los valores de monocapa de 1,03 y 2,6 g H₂O/ 100 g ss. Al aumentar este valor de monocapa con relación al valor inicial como materia prima, se incrementó la estabilidad del producto, debido a que el agua presente ya se encuentra unida fuertemente con las macromoléculas, reduciendo así su disponibilidad tanto para reacciones químicas como microbiológicas.

FIGURA 5.1 ISOTERMA DE BABACO CON SACAROSA



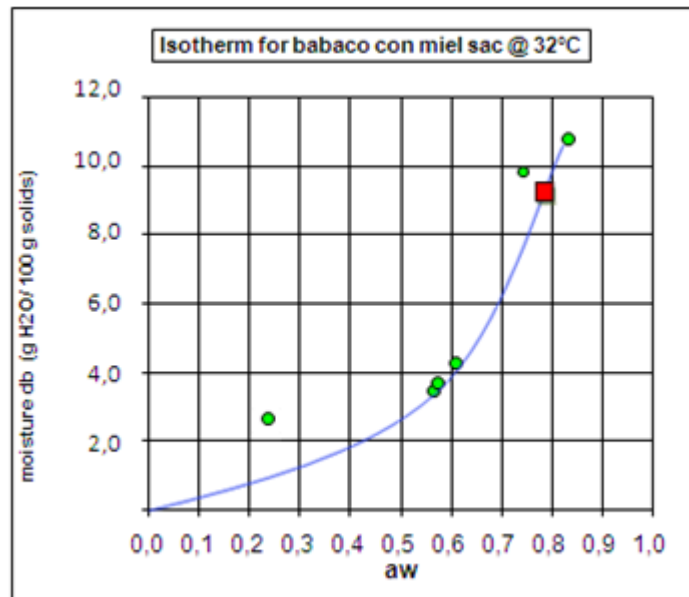
Monocapa: 1,54 g H₂O/ 100 g ss

FIGURA 5.1.1 ISOTERMA DE BABACO CON MIEL



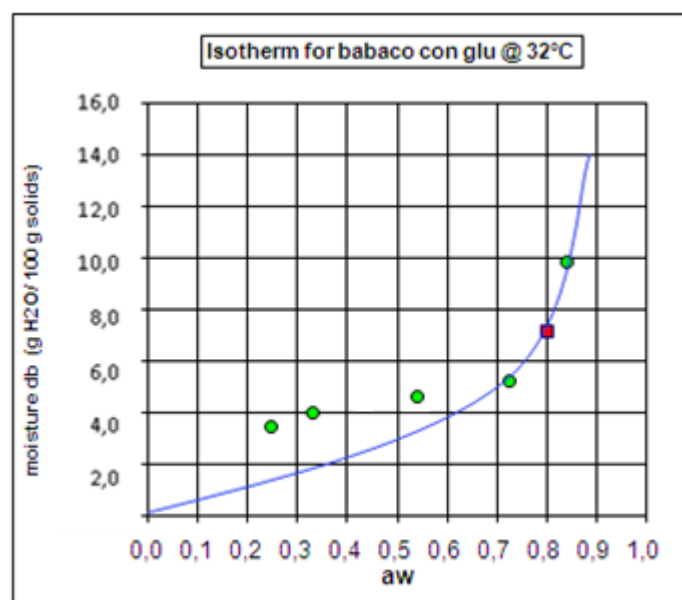
Monocapa: 1,39 g H₂O/ 100 g ss

FIGURA 5.1.2 ISOTERMA DE BABACO CON MIEL SACAROSA



Monocapa: 1,03 g H₂O/ 100 g ss

FIGURA 5.1.3 ISOTERMA DE BABACO CON GLUCOSA



Monocapa: 2,6 g H₂O/ 100 g ss

5.2. Determinación de humedad crítica

Las isotermas de sorción pueden ser usadas para predecir la humedad crítica. La humedad crítica se considera al punto en el cual se distingue la primera pérdida de característica de calidad en el producto final. (TABLA 12) Esta se determinó mediante el experimento descrito en el capítulo 2 y un análisis sensorial que se detalla a continuación.

TABLA 12. HUMEDAD CRÍTICA DE AGENTES OSMÓTICOS

Humedad Crítica	
Agente Osmótico	Valores de Humedad crítica
Sacarosa	13.3 g ss/100 g H ₂ O
Miel	12.75 g ss/100 g H ₂ O
Miel - Sacarosa	12.83 g ss/100 g H ₂ O
Glucosa	14.25 g ss/100 g H ₂ O

Los valores de humedad crítica obtenidos quieren decir la humedad máxima a la que estos productos pueden conservar sus características, entre mayor es este valor, el producto tiene mayor resistencia a los cambios sensoriales que puede provocar un ambiente adverso de mayor humedad.

5.2.1. Análisis sensoriales

En los productos secos, la textura es un parámetro que se

relaciona con la estabilidad en percha. La deshidratación osmótica junto al secado proporcionó una excelente dureza al babaco. Por lo tanto, se evaluó la textura como el primer parámetro en perderse durante el almacenamiento.

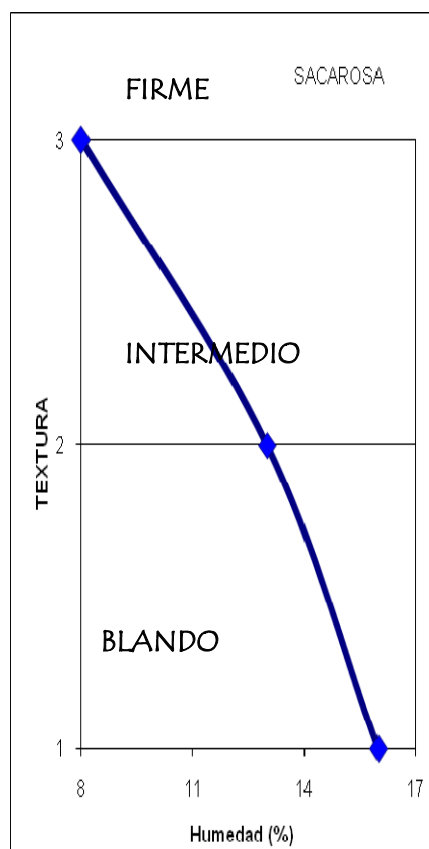
La percepción de textura surge de un conjunto complejo de características sensoriales que se presentan antes y durante la masticación. La apariencia visual también juega un papel importante en la percepción de la textura. La manipulación de los alimentos antes de su consumo aporta una percepción inicial de textura, tales como firmeza, dureza, crujibilidad, untabilidad, viscosidad, pegajosidad, etc. (Jack et al., 1995). Para este análisis participaron 10 catadores (consumidores habituales), los mismos que degustaron las muestras a medida que se tomaban los puntos para desarrollar las isotermas finales, es así que se determinó la humedad crítica en que ocurrió el primer cambio en la textura del babaco. En el APENDICE G se presenta la hoja donde los catadores expresan sus respuestas.

De los resultados obtenidos en la prueba para cada producto, se realizaron los GRAFICOS 5.2.1., 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4 , en los

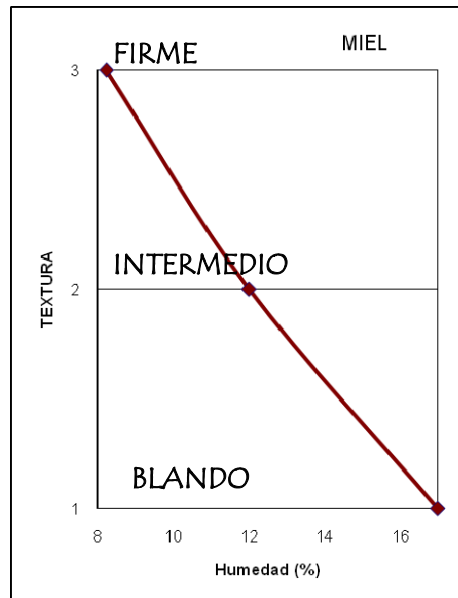
que se observan el decrecimiento en la intensidad de la firmeza de los babacos deshidratados, en función de la humedad.

Observando estos gráficos se puede llegar a la conclusión que el cambio en la firmeza del producto se dio entre 0.45 y 0.55 de aw; el babaco sometido a solución de glucosa mantuvo su textura a valores mayores de humedad.

GRAFICO 5.2.1 INTENSIDAD DE TEXTURA VS. HUMEDAD (SACAROSA)

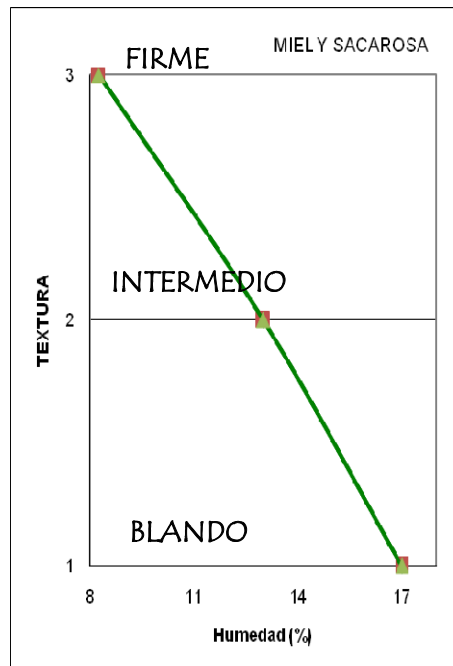


Elaborado: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)
GRAFICO 5.2.2 INTENSIDAD DE TEXTURA VS. HUMEDAD (MIEL)

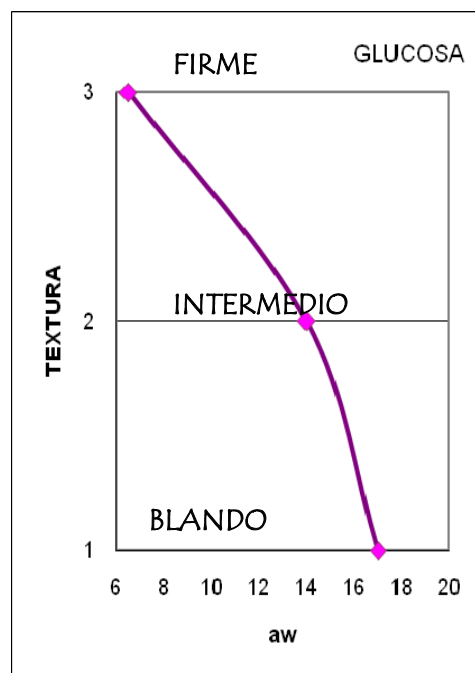


Elaborado por : Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

GRAFICO 5.2.3 INTENSIDAD DE TEXTURA VS. HUMEDAD (MIEL Y SACAROSA)



Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)
GRAFICO 5.2.4 INTENSIDAD DE TEXTURA VS. HUMEDAD (GLUCOSA)



Elaborado por : Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

5.3. Determinación de vida útil del babaco deshidratado por los

diferentes agentes osmóticos.

Siguiendo lo descrito en el capítulo 2, con los datos obtenidos del análisis sensorial y las isotermas finales, se obtuvieron los valores de humedad crítica, fundamentales para determinar la vida útil según la ecuación 2.2.4. En la siguiente TABLA 13 se muestran los resultados de la vida útil para el producto sometido a los diferentes agentes.

Como se puede observar hay una estrecha relación entre la monocapa de BET y la vida útil, el tratamiento en el cual se aplicó glucosa obtuvo un tiempo de vida útil de 14 meses correspondiente a un valor de monocapa de 2.6 g H₂O/ 100 g ss.

TABLA 13 VIDA ÚTIL DEL PRODUCTO FINAL

Vida Útil del Producto Final	
Agente Osmótico	Tiempo (meses)
Sacarosa	14
Miel	13
Miel - Sacarosa	11
Glucosa	18

Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

Esto se debe a que existe mayor cantidad de agua ligada al alimento lo cual indica que es muy difícil que estas moléculas de agua estén disponibles para ciertas reacciones de descomposición, o cambios organolépticos que afecten su calidad, en este caso la textura.

Determinación del mejor tratamiento

Finalmente, basándose en los análisis de transferencia de masa, análisis sensoriales, físico-químicos y de vida útil de los productos finales obtenidos se utilizó factores de ponderación para determinar cuál es el producto que reúne las características necesarias para cumplir el objetivo de este estudio (TABLA 14)

Además para calificar se utilizó una escala del 1 al 4, siendo 4 el mayor puntaje designado. Las características a evaluar fueron:

- Velocidad de Secado.
- Aceptación.
- Tiempo de Vida Útil.
- pH.

TABLA 14 FACTORES DE PONDERACIÓN

Factores de Ponderación	
30%	Transferencia de Masa
25%	Análisis Sensorial
25%	Vida Útil
20%	Análisis Físico-Químico

Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

Como se puede observar claramente en la TABLA 15, el babaco sometido a la solución de miel y sacarosa es el que cumple con los objetivos planteados en este estudio.

TABLA 15 RESULTADOS FINALES DEL PRODUCTO

Factores de Ponderación		Sac		Miel		Miel-Sac		Glu	
30%	Transferencia de Masa	2	0,6	2	0,6	3	0,9	4	1,2
25%	Análisis Sensorial	3	0,75	4	1	4	1	1	0,25
25%	Vida Útil	3	0,75	2	0,5	1	0,25	4	1
20%	Análisis Físico-Químico	1	0,2	3	0,6	4	0,8	2	0,4
Total		2,3		2,7		2,95		2,85	

Elaborado por: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El babaco que perdió la mayor cantidad de agua fue el que sometido a miel con sacarosa, lo que coincide con el coeficiente de difusión de agua obtenido de 0.055. Este fenómeno se explicaría debido a que la sacarosa y la miel compiten por el agua disminuyendo la actividad de agua (0,910) en comparación con las otras soluciones.
2. En cuanto a la velocidad de secado, el babaco deshidratado osmóticamente con glucosa obtuvo la mayor velocidad. Este resultado demostraría que la glucosa compite con el alimento de tal manera que incrementa la movilidad molecular del agua en la fruta. Esto estaría relacionado al menor peso molecular de la glucosa (180 g Mol) con respecto a los otros agentes osmóticos.
3. Finalmente, a pesar de lo antes expuesto el desarrollo de un análisis sensorial determinó que el babaco con la solución miel-sacarosa fue la que cumplió con las expectativas del consumidor, a pesar de tener

mejores resultados cinéticos con la glucosa.

4. El presente estudio es un referente válido para un diseño productivo que permita dar un valor agregado al babaco y ofrecer una alternativa de su consumo y exportación.

5. Con los datos y resultados expuestos en esta tesis, se podría realizar un estudio usando fructosa como agente, ya que es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la glucosa pero con diferente estructura.

BIBLIOGRAFÍA

1. **BABACO.**

http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/babaco/babaco_mag.pdf. 18 de agosto del 2008.

2. **BABACO.**

http://www.corpei.org/FrameCenter.asp?Ln=SP&Opcion=3_2_18. 18 de agosto del 2008.

3. **BABACO.**

http://www.proexant.org.ec/HT_Babaco.html. 18 de agosto del 2008.

4. Estudio De La Encapsulación De Los Agentes Osmóticos Utilizados Para La Deshidratación Osmótica De Mora De Castilla (Rubus Glaucus),[http://www.quimica.unal.edu.co/departamento/trabajos/pdf/Martha_Sof%EDa_Franco_\(173397\).pdf](http://www.quimica.unal.edu.co/departamento/trabajos/pdf/Martha_Sof%EDa_Franco_(173397).pdf), Franco, Barbosa, Morales 2005. 18 de agosto Del 2008.

5. Superficies de respuesta de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica del melón (Cucumis melo, variedad Edisto), http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/revistafarmacia/vol45/otoniel_c.pdf, 18 de agosto Del 2008.
6. El agua, extraña y vital, <http://waste.ideal.es/aguavital.htm>, 10 de agosto Del 2008.
7. Caramelos De Miel. Modelización De Curvas De Desorción De Ingredientes Y De Una Formulación, <http://www.uniram.com.ar/Jornadas/XVII/Ponencias/foro-laboratorios%20y%20educacion/Caramelos%20de%20miel-Jornadas%20IRAM%20Stechia.doc>, Stechina D.; Lesa C., Maffioly R. y Alvarez J. 12 de agosto Del 2008.
8. Deshidratación Osmótica: alternativa para la conservación de frutas tropicales. Soto, G. avance y Perspectiva vol. 21.11 de julio del 2008.
9. Osmotic Dehydration of Fruit: Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. C. R. Lerici. Journal of Food science. 1985. 13 de Julio del 2008.

10. Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm, Measurement and Use, LABUZA, University of Minnesota, 1984. 12 de Julio del 2008.
11. Deshidratación de alimentos, Barbosa-Cánovas, Gustavo V., Acribia, Editorial, 2000. 13 de julio del 2008.
12. La Agroindustria Microempresarial Una Alternativa Para El Desarrollo Y La Sostenibilidad De La Agricultura.
http://www.unl.edu.ec/website/documentos/dwn_doc.php?id=26. 15 de Enero de 2009
13. Determinación de los ácidos totales titulables (Método del Tipo I) Según el método N° 3, 1968, de la FIJU, Determinación del ácido tituable (ácido total). Los resultados se expresan en g de ácido cítrico anhidro/kg. http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/Marco_Regulatorio/normativa/codex/misc/CODEX_CAC_MISC_7.asp
14. Deshidratación Osmótica del Tomate de Árbol.
<http://fcial.uta.edu.ec/archivos/tomatearbol.pdf>. 19 de febrero del 2009.

15. Estudio de secado convectivo y osmótico aplicados a nopal (*Opuntia* Spp) y efecto en las propiedades mecánicas.
http://www.pncta.com.mx/pages/pncta_investigaciones_04h.asp?page=04e9. 20 de marzo del 2009.
16. Cambios de volumen, área superficial y factor de forma de Heywood durante la deshidratación de cerezas (*Prunus avium*)
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010120612008000200008&script=sci_arttext

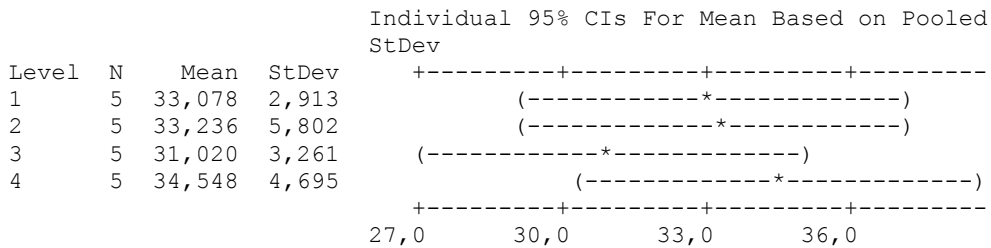
APÉNDICES

APÉNDICE A

One-way ANOVA: C1 versus C2

Source	DF	SS	MS	F	P
C2	3	31,9	10,6	0,57	0,644
Error	16	299,3	18,7		
Total	19	331,2			

S = 4,325 R-Sq = 9,63% R-Sq(adj) = 0,00%

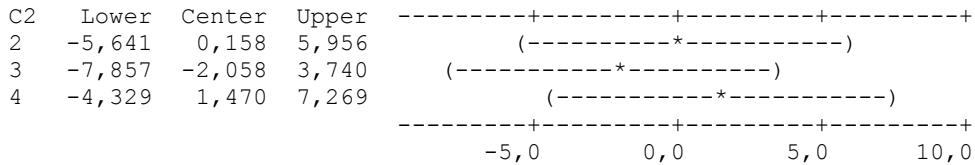


Pooled StDev = 4,325

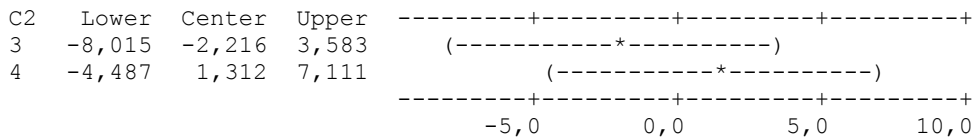
Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C2

Simultaneous confidence level = 81,11%

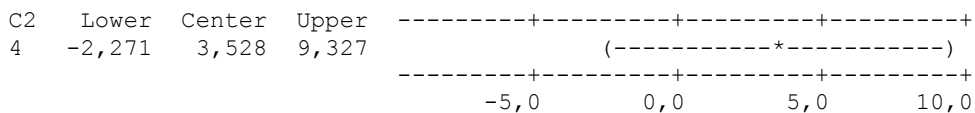
C2 = 1 subtracted from:



C2 = 2 subtracted from:



C2 = 3 subtracted from:



APÉNDICE B

ONE-WAY ANOVA: VELOCIDAD DE SECADO VERSUS AGENTES

OSMÓTICOS

Source	DF	SS	MS	F	P
Agentes Osmotico	3	0,0001665	0,0000555	55,18	0,000
Error	16	0,0000161	0,0000010		
Total	19	0,0001826			

S = 0,001003 R-Sq = 91,19% R-Sq(adj) = 89,53%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	5	0,000680	0,000360	(---*---)	
2	5	0,000696	0,000214	(---*---)	
3	5	0,002205	0,001030	(----*----)	
4	5	0,007702	0,001670		(---*---)

0,0000 0,0025 0,0050 0,0075

Pooled StDev = 0,001003

Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Agentes Osmoticos

Simultaneous confidence level = 81,11%

Agentes Osmoticos = 1 subtracted from:

Agentes Osmoticos	Lower	Center	Upper
2	-0,001329	0,000016	0,001360
3	0,000180	0,001525	0,002869
4	0,005677	0,007021	0,008366

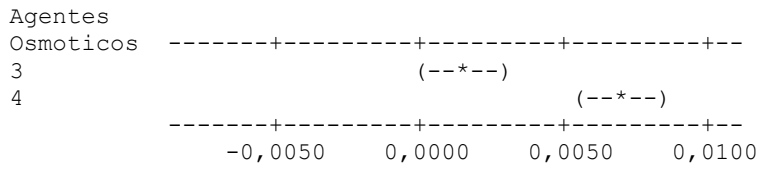
Agentes Osmoticos

Level	CI Lower	CI Upper
2	(--*--)	
3	(--*--)	
4		(--*--)

-0,0050 0,0000 0,0050 0,0100

Agentes Osmoticos = 2 subtracted from:

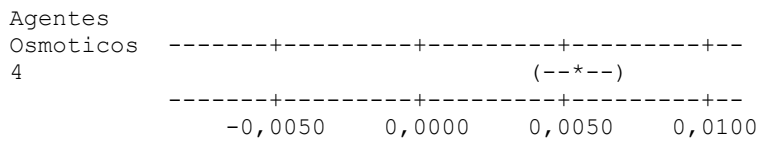
Agentes Osmoticos	Lower	Center	Upper
3	0,000164	0,001509	0,002854
4	0,005661	0,007005	0,008350



Agentes Osmoticos = 3 subtracted from:

Agentes

Osmoticos	Lower	Center	Upper
4	0,004152	0,005496	0,006841



APÉNDICE C

ONE-WAY ANOVA: COEFICIENTE KW VERSUS SOLUCIONES

Source	DF	SS	MS	F	P
soluciones	3	0,0002692	0,0000897	19,51	0,000
Error	16	0,0000736	0,0000046		
Total	19	0,0003428			

S = 0,002145 R-Sq = 78,53% R-Sq(adj) = 74,50%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
1	5	0,050000	0,002739	-----+-----+-----+-----+----- (-----*-----)			
2	5	0,053400	0,001140	-----+-----+-----+-----+----- (-----*-----)			
3	5	0,056400	0,001140	-----+-----+-----+-----+----- (-----*-----)			
4	5	0,046600	0,002881	-----+-----+-----+-----+----- (-----*-----)			
				0,0455	0,0490	0,0525	0,0560

Pooled StDev = 0,002145

Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of soluciones

Simultaneous confidence level = 81,11%

soluciones = 1 subtracted from:

soluciones	Lower	Center	Upper
2	0,000524	0,003400	0,006276
3	0,003524	0,006400	0,009276
4	-0,006276	-0,003400	-0,000524

soluciones	-----+-----+-----+-----+-----+-			
2	(---*---)			
3	(---*---)			
4	(---*---)			
-----+-----+-----+-----+-----+-				
	-0,0070	0,0000	0,0070	0,0140

soluciones = 2 subtracted from:

soluciones	Lower	Center	Upper
3	0,000124	0,003000	0,005876
4	-0,009676	-0,006800	-0,003924

soluciones	-----+-----+-----+-----+-----+-			
3	(---*---)			
4	(---*---)			
-----+-----+-----+-----+-----+-				
	-0,0070	0,0000	0,0070	0,0140

soluciones = 3 subtracted from:

soluciones	Lower	Center	Upper
4	-0,012676	-0,009800	-0,006924

soluciones	Lower	Center	Upper
4	-0,0070	0,0000	0,0070
			0,0140

ONE-WAY ANOVA: KSG VERSUS SOLUCIONES

Source	DF	SS	MS	F	P
soluciones	3	0,0046210	0,0015403	265,57	0,000
Error	16	0,0000928	0,0000058		
Total	19	0,0047138			

S = 0,002408 R-Sq = 98,03% R-Sq(adj) = 97,66%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	5	0,079200	0,003768	(-*)
2	5	0,077600	0,001673	(-*)
3	5	0,055800	0,001924	(-*)
4	5	0,043000	0,001581	(-*)

Pooled StDev = 0,002408

Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of soluciones

Simultaneous confidence level = 81,11%

soluciones = 1 subtracted from:

soluciones	Lower	Center	Upper
2	-0,004829	-0,001600	0,001629
3	-0,026629	-0,023400	-0,020171
4	-0,039429	-0,036200	-0,032971

soluciones	Lower	Center	Upper
2			(*)
3		(*)	
4	(*-)		

soluciones = 2 subtracted from:

soluciones	Lower	Center	Upper
3	-0,025029	-0,021800	-0,018571

4 -0,037829 -0,034600 -0,031371

```
soluciones    +-----+-----+-----+-----+
3                            (-*-)
4                    (-*)
              +-----+-----+-----+-----+
              -0,040    -0,020     0,000     0,020
```

soluciones = 3 subtracted from:

soluciones	Lower	Center	Upper
4	-0,016029	-0,012800	-0,009571

```
soluciones    +-----+-----+-----+-----+
4                            (-*)
              +-----+-----+-----+-----+
              -0,040    -0,020     0,000     0,020
```

APÉNDICE E

TABLA DE ESTIMACIÓN DE SIGNIFICANCIA, $p = 1/2$, DE UNA COLA

TABLA F. I. Número mínimo de juicios correctos para establecer significancia a varios niveles de significancia (una cola, $p=1/2$)*

Número de ensayos (<i>n</i>)	Niveles de probabilidad						
	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.005	0.001
7	7	7	7	7	7		
8	7	7	8	8	8	8	
9	8	8	8	8	9	9	
10	9	9	9	9	10	10	10
11	9	9	10	10	10	11	11
12	10	10	10	10	11	11	12
13	10	11	11	11	12	12	13
14	11	11	11	12	12	13	13
15	12	12	12	12	13	13	14
16	12	12	13	13	14	14	15
17	13	13	13		14	15	16
18	13	14	14		15	15	16
19	14	14	15	15	15	16	17
20	15	15	15	16	16	17	18
21	15	15	16	16	17	17	18
22	16	16	16	17	17	18	19
23	16	17	17	17	18	19	20
24	17	17	18	18	19	19	20
25	18	18	18	19	19	20	21
26	18	18	19	19	20	20	22
27	19	19	19	20	20	21	22
28	19	20	20	20	21	22	23
29	20	20	21	21	22	22	24
30	20	21	21	22	22	23	24
31	21	21	22	22	23	24	25
32	22	22	22	23	24	24	26
33	22	23	23	23	24	25	26
34	23	23	23	24	25	25	27
35	23	24	24	25	25	26	27
36	24	24	25	25	26	27	28
37	24	25	25	26	26	27	29
38	25	25	26	26	27	28	29

APÉNDICE D
HOJA DE RESPUESTAS-PRUEBA DE ACEPTACIÓN

Nombre: _____ Fecha: _____		
PRUEBA DE ACEPTACIÓN		
INSTRUCCIONES: Indique con una "x" su aceptación al probar la muestra de babaco deshidratado proporcionado		
Muestra	SI	NO
985	_____	_____
Comentarios: _____		

Fuente: DANIEL L. PEDRERO. Evaluación Sensorial de los Alimentos. 1998

APÉNDICE F.

HOJA DE RESPUESTAS DE PRUEBA HEDÓNICA

Nombre: _____ Fecha: _____

PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

INSTRUCCIONES: Indique con una "x" el nivel de agrado para cada una de las muestras de babaco deshidratado proporcionada.

NIVEL DE AGRADO	MUESTRAS	
	985	118
Escala verbal		
gusta muchísimo		
gusta mucho		
gusta moderadamente		
gusta un poco		
me es indiferente		
disgusta un poco		
disgusta moderadamente		
disgusta mucho		
disgusta muchísimo		

Comentarios: _____

Fuente: DANIEL L. PEDRERO. Evaluación Sensorial de los Alimentos. 1998

APÉNDICE G

HOJA DE RESPUESTAS PRUEBA HEDÓNICA

Nombre: _____	Fecha: _____
TEXTURA	
INSTRUCCIONES: Pruebe la siguiente muestra e identifique, en cuanto a su textura, del 1 al 3 que tan firme la considera, considerando 1= blando, 2= intermedio, 3= firme.	
MUESTRAS	TEXTURA
660	_____
345	_____
786	_____
067	_____

Fuente: Nelly Hidalgo y Fabiola Vargas (2009)

APÉNDICE G

D. Example

Examination of processed raisin test sample gave following data: dial setting 76 and temperature 74°F (23.3°C), on tap 3. Looking down 74°F (23.3°C) column (Table 972.20B), obtain 75.2 at 18.5% moisture and 78.4 at 19.0% moisture. Since reading is nearer to 18.5 than 19.0%, report as containing 18.5% moisture, or interpolate.

References: *JAOAC* 52, 858(1969); 54, 219(1971); 55, 202(1972); 59, 331(1976).

37.1.12

AOAC Official Method 920.151 Solids (Total) in Fruits and Fruit Products

First Action 1920
Final Action 1980

A. Insoluble Matter Present

Fresh and canned fruits, jams, marmalades, and preserves.—Accurately weigh, into large flat-bottom dish, 20 g pulped fresh fruit, or weight of fruit products that will give ≤ 3 –4 g dry material. If necessary to secure thin layer of material, add few mL H₂O and mix thoroughly. Dry at 70°C under pressure ≤ 100 mm Hg (13.3 kPa) until consecutive weighings made at 2 h intervals vary ≤ 3 mg.

B. Insoluble Matter Absent

Fruit juices, jellies, and syrups.—Proceed as in 925.45C, 925.45D (see 44.1.03), 932.14A, 932.14B, or 932.14C (see 44.1.04), using test sample prepared as in 920.149(a) or (b) (see 37.1.07).

37.1.13

AOAC Official Method 922.10 Solids (Water-Insoluble) in Fruits and Fruit Products

First Action 1922
Final Action

A. Method I

For use with Büchner, prepare filtering medium consisting of either circular disk of absorbent cotton ca 80 mm diameter, weighing ca 1.5 g, or coarse, qualitative filter paper (7–15 cm diameter, Whatman No. 4 or 41-H, or equivalent). For use with 60° funnel, prepare absorbent cotton circle ca 12.5 cm diameter weighing ca 2 g, or 12.5 cm filter paper. Wash filtering medium with hot H₂O, and dry overnight at 100°–110°C in open, flat-bottom Al dish of suitable size provided with tight-fit cover. Cool closed dish and contents 1 h in desiccator and weigh to nearest mg.

Weigh 25 or 50 g well-mixed test portion, 920.149(c) (see 37.1.07), to nearest 10 mg, transfer to 400 mL beaker, dilute to ca 200 mL mark with hot water, mix, and boil gently 15–20 min, occasionally replacing H₂O lost by evaporation. Filter by gravity through the prepared cotton or paper, and keep H₂O-insoluble solids from forming closely adhering mat on surface of filtering medium by frequent additions of portions of test suspension. Wash with ca 800 mL hot water, loosening H₂O-insoluble solids from filter with each addition. Remove excess water from cotton by gently squeezing it on 60° funnel, or by application of suction on Büchner. Transfer to original weighing dish, and wipe off any remaining

portions of H₂O-insoluble solids on filter or funnel with previously weighed portion of prepared filtering medium. Dry overnight at 100°–110°C, cool 1 h in desiccator, and weigh.

Method II (Rapid Method)

B. Apparatus

(a) *Weighing dishes.*—Al or tinned Fe, 13 cm (5.25 in.) diameter \times 1.9 cm (0.75 in.) high, with tight-fit cover (16 mm film holders obtainable from camera stores; Al dishes weigh ca 40 g, tinned Fe ca 85–90 g).

(b) *Rapid drying device.*—Moisture Teller, Model 276 (manufactured by George Fisher DISA, 407 Hadley St, PO Box 40, Holly, MI 48442, USA), or forced-draft drying oven set at 100°C.

C. Determination

Fit 15 cm filter paper (Whatman No. 4 or 41-H, or equivalent) into 12.5 cm Büchner, add half of 7 cm paper (used to wipe any insoluble solids from Büchner after filtering and washing solids), wash with boiling water, apply suction, and dry, using Moisture Teller and pan or forced-draft oven. Transfer to weighing dish, cool, and weigh, using tare consisting of weighing dish and paper. (Approximate time of drying, 5 min at 102° \pm 3°C.)

Weigh 25 or 50 g well-mixed test portion (high-speed blender) to nearest 10 mg, transfer with hot water to 400 mL beaker, adjust to ca 200 mL with hot water, stir, and boil gently few minutes. Place prepared filter in Büchner; attach to suction flask, but do not attach flask to suction line. Pour 50–100 mL boiling water on filter, and when steady flow of H₂O passes through filter, transfer suspension to filter, portionwise if necessary. Wash insoluble solids with boiling water and collect 850–900 mL filtrate. During washings, keep solids from forming tight mat on surface by portionwise additions of boiling water. When washing is finished, apply suction and aspirate thoroughly. Transfer paper and H₂O-insoluble solids to Moisture Teller pan, using extra piece of weighed filter paper to complete transfer, and dry at 102° \pm 3°C ca 15 min, depending on amount of H₂O-insoluble solids. After drying, transfer paper and H₂O-insoluble solids to weighing dish, cool in desiccator, and weigh. (Weight H₂O-insoluble solids/weight test portion) \times 100 = % H₂O-insoluble solids.

References: *JAOAC* 6, 34(1922); 21, 504(1938); 30, 260(1947); 32, 177(1949); 33, 349(1950).

37.1.14

AOAC Official Method 949.08 Seeds in Berry Fruits

First Action 1949
Final Action 1980

Prepare test sample by mixing with blender, 920.149(c) (see 37.1.07). Transfer 50 \pm 0.01 g with ca 500 mL hot water to blender and mix 1–2 min. Transfer mixture to No. 20 screen and use additional hot water to transfer and wash bare seeds (hot water from tap is suitable). Transfer seeds on screen to Al dish, previously weighed, with tight-fit cover (readily accomplished by transferring to 7 cm Whatman No. 4 paper previously dried and weighed with the dish, in 12.5 cm Büchner). Dry at 100°C in forced-draft oven 30 min and weigh. To determine average weight of one seed, count out and weigh separately several 100-unit lots. Report average weight of one seed in mg and number of seeds/100 g test sample. After

APÉNDICE H

determination of H₂O-insoluble solids, calculate and report % of total due to bare seeds and % due to nonseed H₂O-insoluble solids.

References: *JAOAC* 32, 179(1949); 33, 349(1950).

37.1.15

AOAC Official Method 932.12
Solids (Soluble)
in Fruits and Fruit Products
Refractometer Method
First Action 1932
Final Action 1980

(Insoluble matter present. Applicable to fresh and canned fruits, fruit jellies, marmalades, and preserves.)

Proceed as in 932.14C (see 44.1.04).

$$\% \text{ Soluble solids} =$$
$$\% \text{ solids determined by refractometer} \times (100 - b)/100$$

where b = % H₂O-insoluble solids.

(Note: U.S. Federal standards for frozen fruits, canned fruits, fruit jellies, and preserves make no correction for H₂O-insoluble solids, invert sugar, or other substances.)

Reference: *JAOAC* 15, 384(1932).

37.1.16

AOAC Official Method 976.20
Solids (Soluble)
in Frozen Concentrate for Lemonade
Refractometer Method
First Action 1976
Final Action

Proceed as in 932.12 (see 37.1.15). Correct values for sucrose by refractometer for acidity by adding $(-0.027 + 0.125x)$ to sucrose value, where x = % anhydrous citric acid as determined in 942.15A or B (see 37.1.37).

Reference: *JAOAC* 59, 368, 389(1976).

37.1.17

AOAC Official Method 983.17
Solids (Soluble)
in Citrus Fruit Juices
Refractometer Method
First Action 1983
Final Action 2001

Proceed as in 932.12 (see 37.1.15). Correct values for sucrose by refractometer for acidity by adding $(0.012 + 0.193x - 0.0004x^2)$ to sucrose value, where x = % anhydrous citric acid = $0.0064 \times \text{mL } 0.1\text{M alkali}/100 \text{ g}$ as determined in 942.15A or B (see 37.1.37).

37.1.18

AOAC Official Method 940.26
Ash of Fruits and Fruit Products
First Action 1940
Final Action

A. Ash

Proceed as in 900.02A or B (see 44.1.05), ashing at $\leq 525^\circ\text{C}$, using 25 g juices, fresh fruits, or canned fruits, and 10 g jellies, syrups, preserves, jams, marmalades, or dried fruits.

If ash of H₂O-soluble portion only is desired, evaporate 100 mL prepared solution, 920.149(b) or (c) (see 37.1.07), to dryness on steam bath. Proceed as in 900.02A or B (see 44.1.05).

Reference: *JAOAC* 23, 314(1940).

B. Alkalinity of Ash

Introduce measured excess of 0.1M HCl into Pt dish containing ash obtained in A, warm on steam bath, cool, add few drops methyl orange, and titrate excess acid with 0.1M NaOH. Report as alkalinity, number of mL 0.1M acid required to neutralize ash from 100 g test sample, and as alkalinity number, number of mL 1M acid required to neutralize 1 g ash. Reserve solution for determination of S in ash.

37.1.19

AOAC Official Method 929.05
Potassium in Fruits and Fruit Products
Chloroplatinate Methods
First Action 1929
Final Action

See 22.028–22.031, 13th Ed.

Sections 22.028–22.031 were modified as follows: Delete "Gooch with asbestos mat, or" from "Add ca 50 mL 90% alcohol to dish and transfer to Gooch with asbestos mat, or 30 mL Gooch with medium porosity fritted disk."

Revised: March 1996

37.1.20

AOAC Official Method 929.06
Potassium in Fruits and Fruit Products
Gravimetric Cobaltinitrite Method
First Action 1929
Final Action

See 22.026–22.027, 11th Ed.

37.1.21

AOAC Official Method 965.30
Potassium in Fruits and Fruit Products
Rapid Flame Photometric Method
First Action 1965
Final Action 1968

Prepare test solution as in 920.149 (see 37.1.07). Dilute, if necessary, to reduce potassium concentration to range covered by flame photometer (preferably 40–80 $\mu\text{g/mL}$). Aspirate test solution (diluted or undiluted) directly into flame.

Prepare standards as in 963.13A(a) (see 28.1.76) except cover

APÉNDICE I

Section 22.052 was modified as follows: Delete "through Gooch contg thin asbestos mat." from "If amt of alcohol ppt, indicated by its vol. on first pptn, is not excessive, second filtration may be made through Gooch contg thin asbestos mat."

Revised: March 1996

37.1.34

AOAC Official Method 924.09 Pectic Acid in Fruit Products First Action 1924

See 22.053, 12th Ed.

Section 22.053 was modified as follows: Replace "asbestos pad" with "glass fiber filter."

Revised: March 1996

37.1.35

AOAC Official Method 920.152 Protein in Fruit Products Kjeldahl Method First Action 1920 Final Action

Proceed as in 955.04C (see 2.4.03), using 5 g jelly or other fruit product containing large amount of sugar, or 10 g juice or fresh fruit, and larger amount of H_2SO_4 if necessary for complete digestion. % $N \times 6.25 = \% \text{ protein}$.

37.1.36

AOAC Official Method 970.41 Betaine in Orange Juice Spectrophotometric Method First Action 1970 Final Action 1980

A. Reagents

(a) *Ammonia solution*.—2%. Dilute 140 mL NH_4OH to 2 L with H_2O .

(b) *Ammonium reineckate solution*.—2.5%. Shake 2.5 g in 75 mL H_2O 30 min. Filter through paper and dilute to 100.0 mL. Adjust pH to 1.0 with HCl and filter through fine porosity glass crucible. Prepare fresh before betaine precipitation. Do not use reagent containing precipitate.

(c) *Acetone solution*.—70%. Dilute 70 mL to 100 mL with H_2O .

(d) *Aqueous ether*.—Add 1 mL H_2O to 140 mL ether.

(e) *Ion exchange resins*.—(1) *Amberlite IR-120 medium porosity (20–50 mesh, wet)*.—Prepare 250 g in H form by treating with 2 bed volumes 2M HCl (ca 500 mL). Soak 2 h. Drain resin and wash with H_2O until neutral and Cl-free. (2) *Amberlite IRA-400 (20–50 mesh, wet)*.—Prepare 250 g in OH form by treating with 2 bed volumes 2M NaOH (ca 500 mL). Drain and wash NaOH-free with H_2O . Mix with IRC-50 immediately for column II preparation. (3) *Amberlite IRC-50*.—Prepare 125 g in H form by treating with 2 bed volumes 2M HCl. Drain and wash Cl-free with H_2O .

(f) *Betaine standard solution*.—1 mg anhydrous betaine/mL. Weigh 0.2623 g betaine-HCl in 200 mL volumetric flask and dilute to volume with H_2O .

B. Preparation of Columns

(a) *Column I*.—Use 18 mm id chromatographic tube with medium or coarse porosity fritted glass and with stopcock. Add aqueous slurry Amberlite IR-120(H) to 12.5 cm bed depth (wet resin). To regenerate resin, pour through 100–200 mL 1M HCl and wash Cl-free with H_2O .

(b) *Column II*.—Homogeneously mix 2 volumes Amberlite IRA-400(OH) with 1 volume IRC-50(H) and transfer to column as above to 7.5 cm bed depth. Resins have different densities, and excess H_2O causes undesirable separation. Bed must be a homogeneous mixture. Resin mixture cannot be regenerated. Use for 2 determinations only.

C. Preparation of Test Sample

Prepare juice as in 920.149(a) (see 37.1.07).

D. Determination

Add accurately measured test portion of prepared juice (10–20 mL) containing 5–7 mg betaine to small beaker. Dilute to ca 30 mL with H_2O and adjust to pH 3.0 with 0.1M HCl, using pH meter. Transfer to column I. Collect eluate at ca 3 mL/min. When liquid reaches top of resin, wash column with 200 mL H_2O or until carbohydrate-free. Discard eluate and wash solution. Elute betaine by washing column with 150 mL 2% NH_4OH , ensuring eluate is alkaline. Follow with 100 mL H_2O . Reduce eluate to ca 25 mL by boiling. Cool, adjust to pH 7.0 with 0.1M HCl, and transfer to Column II. (Reduce volume in Erlenmeyer and then transfer to small beaker for pH adjustment.)

Collect eluate at 1 mL/min. When liquid reaches top of resin bed, wash with 50 mL H_2O . Concentrate combined eluates and washings to 15–20 mL, cool, and adjust to pH 1.0 with 1M HCl. Cool to $0^\circ \pm 3^\circ C$ and gradually add, with stirring, 20 mL 2.5% ammonium reineckate, adjusted to pH 1.0 and cooled to $0 \pm 3^\circ C$. Let stand 3 h at $0 \pm 3^\circ C$. Filter while cold through medium porosity 60 mL fritted glass crucible with vacuum. Transfer precipitate with small amounts cold filtrate. Wash precipitate with three 5 mL portions aqueous ether. Dissolve precipitate in 10 mL 70% acetone and transfer to 25 mL volumetric flask. Dilute to volume with 70% acetone. Determine *A* at 525 nm on spectrophotometer, using 1 cm cell, against 70% acetone as reference. (Make readings within 4 h.) Determine amount betaine from standard curve.

E. Preparation of Standard Curve

Transfer 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, and 15.0 mL betaine standard solution to beakers, using 10 mL buret. Add H_2O to ca 20 mL and proceed as in D, beginning, "... adjust to pH 1.0 with 1M HCl."

Plot of mg anhydrous betaine/mL against *A* should be straight line.

References: *J. Sci. Food Agr.* 17, 316(1966).

JAOAC 53, 568(1970).

CAS-107-43-7 (betaine)

37.1.37

AOAC Official Method 942.15 Acidity (Titratable) of Fruit Products First Action 1942

A. Indicator Method (Final Action 1965)

Titrate acidity can be expressed conventionally in g acid per 100 g or per 100 mL product, as appropriate, by using the factor

APÉNDICE J

appropriate to the acid; for malic acid use 0.067 as factor; oxalic acid, 0.045; citric acid monohydrate, 0.070; tartaric acid, 0.075; sulfuric acid, 0.049; acetic acid, 0.060; lactic acid, 0.090.

(a) *Colorless or slightly colored solutions.*—Dilute to ca 250 mL, with neutralized or recently boiled H₂O, 10 g prepared juice, 920.149(a) (see 37.1.07), or 25 mL prepared solution, 920.149(b) or (c) (see 37.1.07). Titrate with 0.1M alkali, using 0.3 mL phenolphthalein for each 100 mL solution being titrated, to pink persisting 30 s. Report as mL 0.1M alkali/100 g or 100 mL original material.

(b) *Highly colored solutions.*—Dilute test portion of known weight with neutralized H₂O and titrate to just before end point with 0.1M alkali, using 0.3 mL phenolphthalein for each 100 mL solution being titrated. Transfer measured volume (2 or 3 mL) of solution into ca 20 mL neutral H₂O in small beaker. (In this extra dilution, color of fruit juice becomes so pale that phenolphthalein color is easily seen.) If test shows that end point is not reached, pour extra diluted portion back into original solution, add more alkali, and continue titration to end point. By comparing dilutions in small beakers, differences produced by few drops 0.1M alkali can be easily observed.

B. Glass Electrode Method (Final Action 1980)

Before use, check apparatus with standard buffer solutions, 964.24 (see A.1.04) and Table 964.24 (see A.1.04). Rinse glass electrode in H₂O several times until reading is ca pH 6. Immerse electrodes in test solution contained in beaker. (Test solution should titrate 10–50 mL 0.1M NaOH and be contained in initial volume of 100–200 mL.) Stir moderately. Add alkali quite rapidly until near pH 6. Then add alkali slowly to pH 7. After pH 7 is reached, finish titration by adding 0.1M alkali 4 drops at time, and record total volume and pH reading after each addition. (Add whole drops, so that fraction of drop does not remain on buret tip.) Continue titration ≥ 4 drops beyond pH 8.1, and interpolate data for titration corresponding to pH 8.1. pH values used for interpolation should lie in range 8.10 ± 0.2 .

[Notes: (1) Always keep glass electrode covered with H₂O when not in use. (2) If strongly acid cleaning solutions are used, electrode requires several h to come to equilibrium on standing in H₂O. (3) If electrode and stirrer are wiped lightly with piece of filter paper before insertion into standard buffer, same solution may be used for several checks on instrument.]

References: *JAOAC* 25, 412(1942); 28, 507(1945); 71, 86(1988).

37.1.38

AOAC Official Method 925.34 Acidity (Volatile) of Fruit Products Steam Distillation Method First Action 1925 Final Action

Dissolve 10 g test solution, dilute to 25 mL, and steam distil as in 964.08C (see 28.1.30). 1 mL 0.1M alkali = 0.0060 g CH₃COOH.

37.1.39

AOAC Official Method 910.03 Tartaric Acid (Total) in Fruits and Fruit Products Bitartrate Method First Action 1910 Final Action

See 22.063–22.065, 12th Ed.

Sections 22.063–22.065 were modified as follows: Replace “asbestos pad” with “glass fiber filter.”

Revised: March 1996

37.1.40

AOAC Official Method 943.03 Citric Acid in Fruits and Fruit Products Pentabromacetone Method First Action 1943 Final Action

See 22.066–22.069, 12th Ed.

Sections 22.066–22.069 were modified as follows: Replace “asbestos pad” with “glass fiber filter.”

Revised: March 1996

37.1.41

AOAC Official Method 954.07 Malic Acid (Levo- and Inactive) in Fruits and Fruit Products Titrimetric Method First Action 1954

See 22.070–22.073, 12th Ed.

37.1.42

AOAC Official Method 957.12 Citric and Isocitric Acids in Fruits and Fruit Products Chromatographic Method First Action 1957

See 22.074–22.077, 12th Ed.

37.1.43

AOAC Official Method 932.13 Levo-Malic Acid in Fruits and Fruit Products First Action 1932

A. Method I

See 22.078–22.080, 12th Ed.

B. Method II

See 22.081, 12th Ed.