



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS DE GRADO

TEMA:

**ESTUDIO DEL EFECTO DE CONCENTRACIONES DE
SACAROSA Y TEMPERATURA EN EL PROCESO DE
DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE TROZOS DE MELÓN
(*CUCUMIS MELO L.*).**

AUTOR:

NIXON XAVIER GARCÍA MANTUANO

DIRECTOR:

ING. JOSÉ LUIS COLOMA HUREL

MANTA-MANABÍ-ECUADOR

2014

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Ingeniería Agroindustrial

TESIS

Estudio del efecto de concentraciones de sacarosa y temperatura
en el proceso de deshidratación osmótica de trozos de melón
(*Cucumis melo L.*).

DERECHO DE AUTORÍA

Yo, Nixon Xavier García Mantuano, declaro bajo juramento que las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis son de mi autoría; que no ha sido previamente presentada por ningún grado o calificación profesional; que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Facultad de Ciencias Agropecuarias especialidad de Ingeniería Agroindustrial.

Nixon Xavier García Mantuano

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Ingeniería Agroindustrial

TESIS

Estudio del efecto de concentraciones de sacarosa y temperatura
en el proceso de deshidratación osmótica de trozos de melón
(*Cucumis melo L.*).

APROBACIÓN DEL DIRECTOR

En calidad de Director de Tesis, el Ing. José Luis Coloma Hurel certifica haber tutelado la tesis presentada por el señor Nixon Xavier García Mantuano, trabajo de investigación que reúne los requisitos para ser sometido a publicación y ser evaluado por parte del Tribunal Calificador como requisito previo para optar por el Título de Ingeniero Agroindustrial de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.

Ing. José Luis Coloma Hurel

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Ingeniería Agroindustrial

TESIS

Estudio del efecto de concentraciones de sacarosa y temperatura
en el proceso de deshidratación osmótica de trozos de melón
(*Cucumis melo L.*).

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos miembros del tribunal correspondiente, declaramos que se ha APROBADO la tesis propuesta, desarrollada y sustentada por Nixon Xavier García Mantuano, previa a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.

Ing. José Luis Coloma Hurel
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Yessenia García Montes Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Mirabella Lucas Ormaza
MIEMBRO TRIBUNAL

Ing. María Mantuano Cusme
MIEMBRO TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Mi especial gratitud a mi familia que apoyó mi esfuerzo para la realización de este trabajo y que siempre están a mi lado llenándome de fortaleza.

Al Ing. José Luis Coloma, Director de Tesis, por su apoyo, orientación y sobre todo por la paciencia brindada durante el transcurso de esta investigación.

A todos los catedráticos por su valiosa participación de impartir sus conocimientos. También deseo expresar mi agradecimiento a la Ing. Mirabella Lucas por su ayuda incondicional y su colaboración en los ensayos microbiológicos, así como también le agradezco a la Ing. Yessenia García y a la Ing. María Isabel Mantuano.

Por último, a mis amigos Jaime, Stalin, Cristhian, por demostrarme su gran amistad y apoyo, extendiéndome su mano incondicionalmente en el desarrollo de esta investigación. A Carlos Bravo, aunque ya no estás físicamente con nosotros, siempre te encuentras a mi lado apoyándome y dándome fuerzas para continuar.

Nixon García Mantuano

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios por permitirme vivir y darme la fortaleza para continuar cada día.

A mi madre quien ha estado conmigo en todo momento, por darme su apoyo constante e incondicional y por enseñarme a luchar para alcanzar mis metas.

A mis abuelos y a mi hermana quienes están pendientes de mí, dándome ánimos para superarme y encaminándome por el camino correcto.

A mi padre por su apoyo a pesar de la distancia.

Nixon García Mantuano

ÍNDICE GENERAL

DERECHO DE AUTORÍA.....	II
APROBACIÓN DEL DIRECTOR.....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
RESUMEN	XIII
SUMMARY.....	XIV
CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 EL MELÓN (Cucumis melo L).	5
2.1.1 PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL MELÓN	6
2.1.2 VARIEDADES BOTÁNICAS	7
2.2 DESHIDRATACIÓN	8
2.2.1 DEFINICIÓN	8
2.2.2 EFECTODE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS.	9
a) Textura	10
b) Aroma.....	10
c) Color	11
d) Valor nutritivo	11

2.2.3	EFFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS.	12
2.3	DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	14
2.3.1	LA VELOCIDAD DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	15
2.3.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	17
2.3.3	FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	19
a)	Temperatura de la solución osmótica.....	19
b)	Presión de operación	20
c)	Agitación de la solución osmótica.....	20
d)	Concentración de la solución osmótica	21
e)	Propiedades del soluto	21
f)	Tipo de soluto	22
g)	Geometría y tamaño del producto	23
h)	Relación masa de solución / masa de producto	23
2.3.4	FRUTAS DESHIDRATADAS OSMÓTICAMENTE	23
2.3.5	CINÉTICA DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	24
2.3.6	MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS.....	25
a)	Los factores que influyen en el crecimiento microbiano.....	26
b)	La actividad de agua.....	26
c)	Principales microorganismos en los alimentos.....	27
2.3.7	CRITERIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS	30
a)	Microorganismos asociados a frutas	31
b)	Reacciones fisicoquímicas de deterioro.....	32
c)	Almacenado del alimento	33
2.3.8	EL ANÁLISIS SENSORIAL Y LA CALIDAD.....	35
a)	Características organolépticas	36
b)	Aspectos psicológicos y fisiológicos de los analizadores	36
CAPÍTULO III		38
MATERIALES Y MÉTODOS		38
3.1	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	38
3.2	CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS	38
3.3	FACTORES EN ESTUDIO	38
3.4	TRATAMIENTOS	39

3.5	PROCEDIMIENTOS.....	39
3.5.1	DISEÑO EXPERIMENTAL	39
3.5.2	CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.....	40
3.5.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	40
3.5.4	MATERIALES Y EQUIPOS.....	41
3.6	MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	43
3.6.1	DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO	43
3.7	METODOLOGÍA DE LA TOMA DE DATOS EN EL ESTUDIO DE LOS DIFERENTES ANÁLISIS	46
3.7.1	ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS	46
3.7.2	ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	47
3.7.3	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	49
3.7.4	ANÁLISIS SENSORIAL	51
	CAPÍTULO IV	52
	ANÁLISIS DE RESULTADOS	52
4.1	ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	52
4.1.1	PÉRDIDA DE PESO	52
4.1.2	PÉRDIDA DE AGUA	54
4.1.3	GANANCIA DE SÓLIDOS SOLUBLES	56
4.1.4	EVOLUCIÓN DE LA PÉRDIDA DE AGUA Y GANANCIA DE SÓLIDOS SOLUBLES	57
4.1.5	COEFICIENTES DE DIFUSIÓN DE AGUA Y SÓLIDOS.....	58
4.2	ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS	59
4.2.1	ANÁLISIS DE pH	59
4.2.2	ANÁLISIS DE ACIDEZ	60
4.3	EVALUACIÓN SENSORIAL	62
4.4	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA	66
	a) Aerobios mesófilos.....	67
	b) Mohos y Levaduras	68
4.5	ANÁLISIS ECONÓMICO	69
	CONCLUSIONES	70
	RECOMENDACIONES.....	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	72
	ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Diversos fenómenos ocurridos en algunos productos alimenticios en función de la actividad de agua.	13
Figura 3.1: Diagrama de bloques del proceso de deshidratación osmótica de trozos de melón	45
Figura 4.1: Pérdida de peso porcentual en el proceso de deshidratación osmótica.	52
Figura 4.2: Pérdida de agua en el proceso de deshidratación osmótica.	54
Figura 4.3: Ganancia de sólidos solubles en el proceso de deshidratación osmótica.	56
Figura 4.4: Evolución de la pérdida de agua y de la ganancia de sólidos solubles en el proceso de deshidratación osmótica.	57
Figura 4.5: Variación del pH en el proceso de deshidratación osmótica.	59
Figura 4.6: Variación de la acidez en el proceso de deshidratación osmótica.	60
Figura 4.7: Resultado obtenido de la evaluación sensorial, variable color.	62
Figura 4.8: Resultado obtenido de la evaluación sensorial, variable sabor.	63
Figura 4.9: Resultado obtenido de la evaluación sensorial, variable olor.	64
Figura 4.10: Resultado obtenido de la evaluación sensorial, variable textura.	65
Figura 4.11: Resultados promedios de los análisis microbiológicos recuento de aerobios mesófilos.	67
Figura 4.12: Resultados promedios de los análisis microbiológicos recuento de mohos y levaduras.	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1: Propiedades nutricionales del melón.	6
Cuadro 2.2: Usos y ventajas de algunos solutos osmóticos.	22
Cuadro 3.1: Formulación de los tratamientos.	39
Cuadro 3.2: Análisis de varianza (ANOVA).....	40
Cuadro 4.1: Coeficientes de difusión de agua y sólidos para las diferentes soluciones osmóticas.	58
Cuadro 4.2: Análisis de varianza de la variable pH.	60
Cuadro 4.3: Análisis de varianza de la variable acidez.	61
Cuadro 4.4: Estimación económica.	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 3.1: Preparación de la solución osmótica.....	78
Anexo 3.2: Pesado de las muestras de melón.....	78
Anexo 3.3: Deshidratación osmótica.....	79
Anexo 3.4: Esquema de toma de datos en el proceso de deshidratación osmótica.....	80
Anexo 3.5: Determinación de sólidos solubles.....	81
Anexo 3.6: Determinación de acidez.....	81
Anexo 3.7: Determinación de pH.....	82
Anexo 3.8: Procedimiento microbiológico.....	82
Anexo 3.9: Esquema de la evaluación sensorial.....	83
Anexo 4.1: Evaluación sensorial.....	84
Anexo 4.2: Etapa de almacenado.....	85
Anexo 4.3: Recuento de placas Petrifilm™ Aerobios Mesófilos.....	85
Anexo 4.4: Recuento de placas Petrifilm™ Mohos y Levaduras.....	86

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de brindar una alternativa de conservación para el melón (*Cucumis melo L*), una fruta conocida por su aroma y agradable sabor. Para esto se usaron los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la ULEAM, el experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar, con tres réplicas para cada tratamiento, los factores fueron: concentración de sacarosa (Factor A) y temperatura (Factor B); el primer factor contó con tres niveles: 40, 50 y 60 °Brix; el segundo factor contó con 2 niveles: 30°C y 50°C. En cuanto a pruebas físico-químicas las variables analizadas fueron el pH, acidez, pérdida de peso, ganancia sólidos solubles y pérdida de agua.

Para determinar el mejor tratamiento se analizó el coeficiente de transferencia de agua y el de sólidos, como resultado se eligió el tratamiento con difusión de agua 0,0301 g H₂O/g fruta fresca y difusión de sólidos de 0,0059 g H₂O/g fruta fresca, el cual tiene concentración de sacarosa de 50 °Brix a temperatura constante de 50 °C (**a2b2**). Se comparó sensorialmente este tratamiento con muestras de melón fresco y se evaluó la estabilidad microbiológica del mejor tratamiento (**a2b2**) versus una muestra de melón fresco almacenadas a 4 °C por un lapso de 15 días, se analizó el crecimiento microbiológico de aerobios mesófilos, mohos y levaduras. Los recuentos demostraron que el método de conservación aplicado aumenta la estabilidad microbiológica del producto, en comparación a una muestra fresca.

Los resultados indican que la deshidratación osmótica aplicada como tratamientos de conservación representa una tecnología alternativa para aumentar la vida útil de productos frescos, como es el caso del melón, sin afectar en gran medida sus características propias.

SUMMARY

The purpose of this investigation is to provide a preservation alternative for melon (*Cucumis melo* L), a fruit known for its aroma and pleasant flavor. The investigation took place in the laboratories of the School of Agricultural Science of ULEAM, the design of the experiment developed completely by chance, with three replicas for each treatment, the factors were: concentration of sucrose (Factor A) and temperature (Factor B); the first factor was measured at three levels: 40, 50 and 60 °Brix; the second factor was measured at two levels: 30°C and 50°C. In reference to the physiochemical properties, the variables analyzed were the pH, acidity, weight loss, appearance of soluble solids, and water loss.

In order to determine the best treatment the coefficient of transference of water and solids was analyzed, as a result the chosen treatment involved the diffusion of water of 0,0301 g H₂O/g fresh fruit and diffusion of solids of 0,0059 g H₂O/g fresh fruit, each of which had a sucrose concentration of 50 °Brix at a constant temperature of 50°C (a2b2). This treatment was compared sensorially with samples of fresh melon and the microbiological stability was evaluated for the best treatment (a2b2) versus a sample of fresh melon stored at 4 °C for a period of 15 days, and the microbiological growth was analyzed for mesophilic aerobic bacteria, molds and yeasts. The counts demonstrated that the applied method of preservation increases the microbiological stability of the product, in comparison to a fresh sample.

The results indicate that osmotic dehydration applied as a treatment of preservation represents an alternative technology to lengthen the life span of fresh products, as is the case with the melon, without affecting to a great extent its characteristic properties.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país que posee una gran variedad de productos agropecuarios, de alto valor nutritivo pero la industrialización de frutas está limitada y no reciben un manejo poscosecha adecuado para su conservación en fresco, dando lugar a la necesidad de implementar tecnologías que permitan alargar la vida útil de un producto sin alterar en gran medida sus características propias.

El melón es una fruta de una alta aceptación, pero su vida útil en percha es muy corta, su contenido de agua favorece al crecimiento microbiano, aumentando la velocidad de deterioro de esta fruta. Actualmente se comercializan en estado fresco en los mercados nacionales y en ambiente refrigerado en los supermercados. La refrigeración prolonga la vida útil de las frutas pero por periodos cortos, por tal motivo se deben de buscar alternativas de conservación para esta fruta. La deshidratación osmótica es un proceso de conservación novedoso y de bajo costo, aplicado en frutas y vegetales para reducir su contenido de agua, logrando minimizar el crecimiento microbiano conservando sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas.

La reducción del contenido de agua de alimentos es uno de los métodos comúnmente empleados para su preservación GENINA SOTO, (2002), La deshidratación osmótica es un proceso innovador y de gran acogida debido a las bajas temperaturas de operación usadas (20-50°C), lo cual evita el daño de productos termolábiles, además de reducir los costos de energía para el proceso, la deshidratación osmótica permite reducir el contenido de humedad e incrementar el contenido de sólidos solubles en las frutas, mediante la inmersión de éstas en soluciones acuosas de alta concentración de soluto.

IICA. (1980), menciona que la deshidratación es uno de los procesos más antiguos para conservar alimentos y a través de los años el hombre lo ha ido mejorando paulatinamente. La deshidratación es el método más empleado para conservar alimentos, ya que los granos de los cereales se preservan gracias a él, como proceso natural. Pero hay épocas en que las condiciones climáticas no son favorables para que los granos se sequen convenientemente en los campos; en estas oportunidades el hombre se vé en la obligación de suplir a la naturaleza aplicando desecación artificial. Los granos, legumbres, nueces y algunas frutas maduran en la planta y se desecan con el aire tibio. Por desecación se preservan más frutas que por cualquier otro método.

TRUJILLO, F y CUEVAS, Z. (2005), mencionan que la fruta seca o deshidratada es un producto obtenido mediante la pérdida parcial del agua presente en la fruta madura, entera o en pedazos, a través de procesos tecnológicos adecuados. La deshidratación osmótica constituye una tecnología con amplias perspectivas de aplicación en el procesamiento de alimentos. Con la reducción del contenido de humedad se logra minimizar el ataque de microorganismos que provocan el deterioro de los alimentos, con el fin de evitar pérdidas en la calidad del producto final.

Según GENINA SOTO, (2002), la reducción del contenido de agua de los alimentos es uno de los métodos comúnmente empleados para su preservación. Las tecnologías más utilizadas están basadas en la evaporación del agua. Actualmente la DO ha cobrado gran interés debido a las bajas temperaturas de operación usadas (20-50°C), lo cual evita el daño de productos, además de reducir los costos de energía para el proceso. La deshidratación osmótica se presenta como una tecnología alternativa de conservación de frutos.

CASTILLO, M. y CORNEJO, F. (Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil Ecuador) en su tesis; Estudio del efecto del proceso de

deshidratación osmótica en la obtención de trozos secos de carambola (Averrhoa carambola L.), establecieron la cinética de deshidratación osmótica a concentraciones de sacarosa (40°Brix, 50°Brix y 60°Brix), y a presión atmosférica, demostrando que a una concentración de 50°Brix se obtiene el menor coeficiente de difusión de sólidos y una mayor pérdida de agua.

MOYANO, P. y ZÚÑIGA, R. (Universidad de Santiago de Chile) en el proyecto de tesis; Predicción de la concentración de soluto durante el proceso de osmodeshidratación, por medio de modelos de difusión, determinaron los °Brix óptimos en un proceso de deshidratación osmótica, en donde se estudió manzana. Estudiaron la pérdida de agua y la ganancia de soluto, con soluciones de sacarosa a distintos °Brix (40, 45, 50, 55 y 60°). Mantuvieron una agitación constante de 30 RPM a 25°C en un tiempo de 180 minutos, con una relación fruta / jarabe de 1/10 y registraron datos de la pérdida de peso, °Brix y humedad de las muestras a distintos tiempos. Al terminar el proceso la predicción de los °Brix presentó un porcentaje de variación promedio de 8.1% para la fruta y de 2.9% para el jarabe.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos planteados para este estudio fueron:

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de sacarosa y temperatura en el proceso de deshidratación osmótica de trozos de melón (*Cucumis melo L.*).

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar la concentración de sacarosa y temperatura, que permita obtener la mayor remoción de humedad.
- b) Determinar la variación en parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, °Brix) durante el proceso de deshidratación osmótica.
- c) Comparar el efecto de la deshidratación osmótica en características organolépticas en comparación con muestras de melón sin tratamiento.
- d) Evaluar el efecto de la deshidratación osmótica en la estabilidad microbiológica en comparación con muestras de melón sin tratamiento durante 15 días de almacenamiento a 4°C.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 EL MELÓN (*Cucumis melo* L).

LEÓN, J. (1987), define que el género *Cucumises* nativo de África y se asume que el melón se originó en ese continente pues hay poblaciones aparentemente silvestres en África Oriental. Es uno de los cultivos africanos que fueron llevados tempranamente al Sureste de Asia y en India presenta la mayor variabilidad, incluyendo poblaciones espontáneas. A Europa fue introducido posiblemente al inicio de la era cristiana y al Nuevo Mundo poco después del Descubrimiento. En Asia el melón ha tenido cuatro centros de variación secundaria, es decir bajo cultivo: el primero en Asia Menor, de donde posiblemente descienden los cantalupes y otros tipos; el segundo en Asia Central, con numerosos cultivares notables por su contenido de azúcar: el tercero en China, donde se obtuvo los cultivares de frutos más pequeños; finalmente en India, donde hay tipos muy primitivos de alta resistencia a enfermedades.

VALEJO, F. y ESTRADA, E. (2004), mencionan que el melón una especie muy polimórfica, con tallo herbáceo que puede ser rastrero o trepador. Las hojas exhiben tamaños y formas muy variables, y pueden ser enteras, reniformes, pentagonales o provistas de tres a siete lóbulos.

Según LEÓN, J. (1987), en el melón como en otras Cucurbitáceas el área de origen estuvo en los trópicos, pero el cultivo se desarrolló en regiones marginales de la zona templada. *Cucumis melo* es una especie altamente polimórfica y anual, de tallos lisos o estriados, con pubescencia suave y zarcillos simples. La forma de la lámina varía según el cultivar, desde ovadas enteras hasta lobuladas, con cinco a siete segmentos. Hay cultivares monoicos y andromonoicos. Las flores estaminadas, en pedúnculos cortos y finos, aparecen en grupos de tres cinco en los

extremos de las ramas fructíferas. Las pistiladas o hermafroditas naovario infiero es elipsoidal, finalmente pubescente, y el estigma está dividido en cinco partes.

2.1.1 PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL MELÓN

Cuadro 2.1: Propiedades nutricionales del melón.

MELÓN	
composición	
por cada 100g de parte comestible cruda	
Energía	26,0 Kcal = 110 Kj
Proteínas	0,900 g
H. de carbono	5,40 g
Fibra	0,800 g
Vitamina A	3,0 µg
Vitamina B1	0,060 mg
Vitamina B2	0,020 mg
Niacina	0,400 mg
Vitamina B6	0,120 mg
Folatos	17,0 µg
Vitamina C	16,0 mg
Vitamina E	0,150 mg
Calcio	5,00 mg
Fósforo	7,00 mg
Magnesio	8,00 mg
Hierro	0,400 mg
Potasio	210 mg
Cinc	0,160 mg
Grasa total	0,100 g
Grasa saturada	0,025 g
Sodio	12,0 mg
% de la CDR (cantidad diaria recomendada) cubierta por 100 g de este alimento	

Fuente: PAMPLONA ROGER, JORGE. (2003).

2.1.2 VARIEDADES BOTÁNICAS

El melón es una especie muy variable, destacándose las siguientes formas botánicas.

- ***C. melovar. cantaloupensis***

Son variedades monoicas, típicas del continente europeo y se caracterizan por presentar una gran variación en el color de la pulpa. Los frutos son esféricos o ligeramente achatados; cáscara dura, verrugosa, reticulada, color externo pajizo, pulpa de color salmón, variable en cuanto al espesor y aroma muy intenso, VALEJO, F. y ESTRADA, E. (2004).

- ***C. melovar. Inodorus***

Presentan frutos grandes, de maduración tardía, cáscara lisa, sin aroma pero muy dulces (12-15°Brix), excelente conservación en poscosecha, VALEJO, F. y ESTRADA, E. (2004).

- ***C. melovar. Flexuosus***

Variedad que presenta frutos de cinco centímetros de diámetro y longitud muy variable. Se produce y consume en el oriente medio, en estado inmaduro como si fuese pepino, VALEJO, F. y ESTRADA, E. (2004).

- ***C. melovar. Comomon***

Presenta frutos pequeños, ovoides, superficie lisa, de color verde y pulpa blanca. En Egipto se consume en estado inmaduro, bajo la forma de conserva, VALEJO, F. y ESTRADA, E. (2004).

- ***C. melovar. Saccharinus***

Conocidos como melones azucarados, poseen frutos de cáscara lisa, a veces reticuladas, pulpa dulce y menos aromáticos que de los cantaloupensis, VALEJO, F. y ESTRADA, E. (2004).

- ***C. melovar. reticulatus***

Incluye a todas las variedades americanas y se caracteriza por presentar plantas con flores hermafroditas, frutos redondos, reticulados, muy aromáticos y dulces (10% brix), pulpa color salmón, se desprenden fácilmente de la planta en estado maduro y son muy perecibles, VALEJO, F. y ESTRADA, E. (2004).

2.2 DESHIDRATACIÓN

2.2.1 DEFINICIÓN

CHACÓN, S. (2006), menciona que la deshidratación es la eliminación del agua de un alimento en forma de vapor mientras es calentado, es uno de los procesos más antiguos de preservación. En los alimentos deshidratados, debido a la mínima actividad de agua, los microorganismos no pueden proliferar y quedan detenidas la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas de alteración. La deshidratación aparte de tener un fin de conservación, disminuye el peso y volumen de los alimentos para un fácil transporte y almacenamiento, con el fin de reducir sus costos.

Según IICA. (1980), en los productos deshidratados el hombre controla las fuerzas químicas por medio de un envasado adecuado o con aditivos químicos. Las fuerzas biológicas se controlan reduciendo el agua libre en el alimento y por medio del calentamiento. Para que un medio sea favorable al desarrollo de los microorganismos es necesario que exista una cantidad suficiente de agua libre. Por lo tanto, si se reduce la cantidad de agua libre

del medio a un nivel adecuado los microorganismos no se podrán desarrollar.

IICA. (1986), menciona que las frutas y verduras maduras contienen entre 80 y 95% de agua; una proporción mucho mayor que la que se encuentra en otras sustancias que son secadas comercialmente, como químicos, tintes, arcillas e incluso ciertos alimentos, como los granos, cosechados con una humedad entre 20 y 25% y secados al 12 y 15% para almacenarlos en forma segura.

2.2.2 EFECTOS DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS.

Según CAÑIZARES, et al. (2007), las velocidades de deshidratación rápidas y las temperaturas más elevadas provocan mayores cambios, porque a medida que el agua va eliminándose, los solutos se desplazan hacia la superficie del alimento formando una capa dura e impermeable. Con la deshidratación se produce una pérdida irreversible del flavor característico del alimento. Al evaporarse el agua del producto, inevitablemente arrastra trazas de casi todos los componentes volátiles del alimento fresco. Los compuestos orgánicos volátiles responsables del aroma y flavor tienen puntos de ebullición más bajos que el del agua, por lo tanto se pierde durante el secado.

CASP, A. ABRIL, J. (2003), mencionan que el secado de los alimentos aumenta el tiempo de conservación pero altera otras propiedades como: el aspecto, la textura, el gusto, la composición nutricional, la actividad enzimática, el deterioro microbiano, el aroma y el sabor de los alimentos.

Según BARBOSA, G. Vega, H. (2000), los defectos más comunes de los alimentos deshidratados son el endurecimiento, la textura leñosa, la baja o incompleta rehidratación y la pérdida de la jugosidad de los alimentos frescos.

a) Textura

Según SIERRA GARCÍA. (2010), la textura de los alimentos es el parámetro de calidad que más se modifica con la desecación. Sus variaciones dependen mucho del tipo de pretratamiento que se le da al alimento (por ejemplo: adición de cloruro de calcio al agua de escaldado), el tipo e intensidad con que se realiza la reducción de tamaño y el modo de pelado. En alimentos escaldados la pérdida de textura se debe a la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido de agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado. En la rehidratación estos alimentos absorben agua más lentamente y no llegan a adquirir de nuevo la textura firme característica de la materia prima original. Si las temperaturas son elevadas la evaporación del agua hace que la concentración de solutos en la superficie aumente lo que conduce a la formación de una capa superficial dura e impenetrable. Este fenómeno se llama acortezamiento y reduce la velocidad de deshidratación dando lugar a un alimento seco en su superficie pero húmedo en su interior.

b) Aroma

Según SIERRA GARCÍA. (2010), el calor no sólo provoca el paso del agua a vapor durante la deshidratación, sino también la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento. Su mayor o menor pérdida dependerá de la temperatura, de la concentración de sólidos en el alimento y de la presión de vapor de las sustancias volátiles y su solubilidad en el vapor de agua. Por ello, alimentos especiales por sus características aromáticas (hierbas y especias) se deshidratan a temperaturas bajas. La desecación también produce la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones se producen por la presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla

durante la deshidratación. La velocidad a la que estos componentes se deterioran depende de la actividad de agua en el alimento y de la temperatura de almacenamiento. Las reacciones oxidativas influyen en la producción o destrucción de compuestos aromáticos.

c) Color

Según SIERRA GARCÍA. (2010), la deshidratación afecta también al color por los cambios químicos que se producen en las clorofilas, carotenoides y otros pigmentos como antocianinas, β alaminas, etc. Por lo general cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en estos pigmentos. La oxidación y la actividad enzimática residual favorecen el desarrollo del pardeado durante su almacenamiento. Ello puede evitarse usando el escaldado como tratamiento previo a la desecación o tratando la fruta con ácido ascórbico u otros compuestos.

d) Valor nutritivo

Según SIERRA GARCÍA. (2010), las pérdidas de valor nutritivo que se producen durante la preparación previa de frutas y verduras, son generalmente mayores que las que ocasiona el propio proceso de deshidratación. La pérdida de vitaminas viene en función de su solubilidad en agua. A medida que el proceso de deshidratación avanza algunas (por ejemplo: la riboflavina) alcanzan su sobresaturación y precipitan. Las pérdidas, por tanto, son pequeñas. Otras, (Por ejemplo: el ácido ascórbico) se mantienen disueltas hasta que el contenido en agua del alimento es muy bajo y reaccionan con los solutos a mayor velocidad a medida que el proceso progresa. La vitamina C también es sensible al calor y la oxidación. Por ello, los tiempos de deshidratación deben ser cortos. Otras vitaminas liposolubles son más estables (a la oxidación y al calor) por lo que sus pérdidas rara vez son superiores al 5 – 10%. Los nutrientes liposolubles se encuentran, en su mayor parte, en la materia seca del alimento, por lo que

durante la deshidratación no experimentan concentración alguna.

Los metales pesados, sin embargo, actúan como catalizadores de reacciones de oxidación de nutrientes insaturados, están disueltos en la fase acuosa del alimento. A medida que el agua se elimina, su reactividad aumenta y las reacciones de oxidación (de lípidos esenciales también) se aceleran. La deshidratación no cambia sustancialmente el valor biológico y la digestibilidad de las proteínas de la mayor parte de los alimentos, SIERRA GARCÍA, (2010).

2.2.3 EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS.

IICA. (1980), menciona que los microorganismos se encuentran ampliamente repartidos en la naturaleza, los alimentos en una u otra oportunidad están en contacto con el polvo que es rico en bacterias, mohos y levaduras, que se desarrollarán inmediatamente al existir en el alimento las condiciones de medio adecuadas. Un método sencillo para inhibir el desarrollo de ellos es limitar el agua libre que estos necesitan. Los mohos se pueden desarrollar en medios que contengan una humedad de por lo menos 20% y hay algunos que incluso lo hacen con 5% de humedad. Las bacterias y levaduras requieren de por lo menos 80%.

Según BARBOSA y VEGA (2000), la deshidratación es un proceso de eliminación de agua para detener o aminorar el crecimiento de microorganismos patógenos así como de ciertas reacciones químicas. Los tipos de deshidratación más comunes son: atomización, liofilización, deshidratación osmótica, secado solar, secado por convección o aire forzado y secado al vacío.

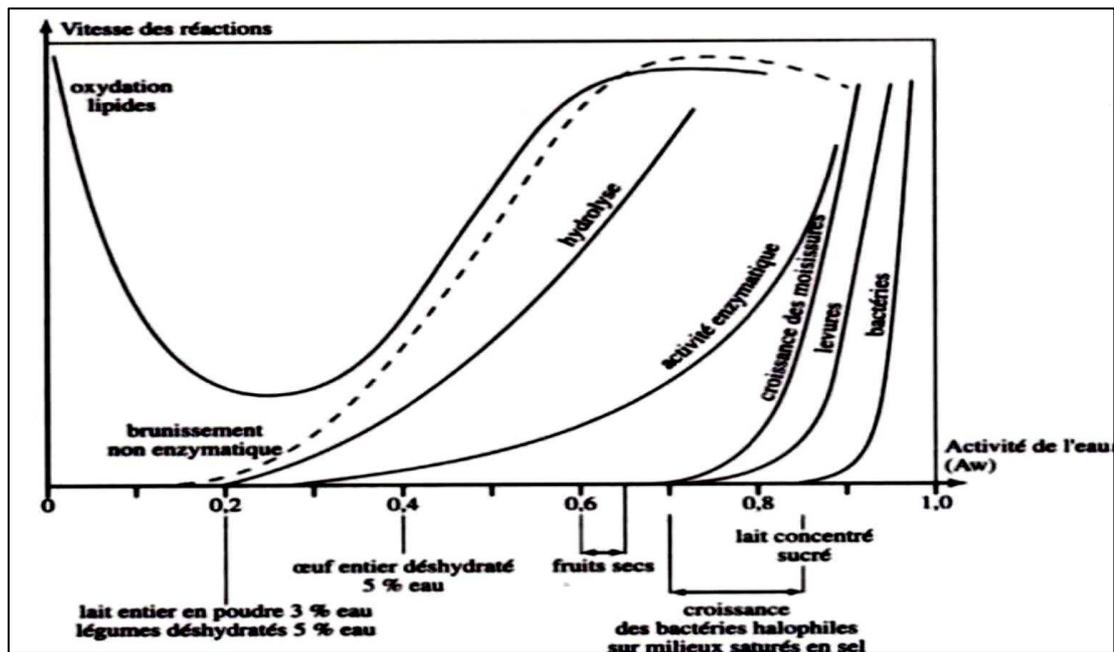
Según IICA. (1986), la conservación de frutas y verduras por deshidratación, consiste en reducir el contenido de humedad hasta un nivel tan bajo, que no permita el desarrollo de microorganismos. Un alimento es

considerado “seco” cuando su contenido de humedad es de 10 a 12%, mientras que un material deshidratado tiene únicamente de 4 a 6% de humedad.

RESNIK, S., & CHIRIFE, J. (1983), define que la actividad de agua es un parámetro que permite correlacionar los cambios que se producen en los alimentos permitiendo optimizar procesos ya existentes y desarrollar nuevos métodos de producción aplicando este principio con el fin de obtener productos estables y de buena calidad.

Las actividades mínimas requeridas para el crecimiento de ciertos números de microorganismos se presentan en la **Figura 2.1**.

Figura 2.1: Diversos fenómenos ocurridos en algunos productos alimenticios en función de la actividad de agua.



Fuente: VACLAVIK, V. 2002. Fundamentos de ciencia de los alimentos.

2.3 DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

SPIAZZI, E. y MASCHERONI, R. (2001), definen que la deshidratación osmótica (DO) es una técnica que aplicada a productos frutihortícolas permite reducir su contenido de humedad (hasta un 50-60 % en base húmeda) e incrementar el contenido de sólidos solubles. Si bien el producto obtenido no es estable para su conservación, su composición química permite obtener, después de un secado con aire caliente o una congelación, un producto final de buena calidad organoléptica. En este proceso el frutihortícola es puesto en contacto con una solución concentrada de alcohol, sales y/o azúcares, estableciéndose una doble transferencia de materia: agua desde el producto hacia la solución – junto con sustancias naturales (azúcares, vitaminas, pigmentos) y, en sentido opuesto, solutos de la solución hacia el frutihortícola. En consecuencia el producto pierde agua (WL), gana sólidos solubles (SG) y reduce su volumen (VR).

La deshidratación osmótica (DO) consiste en la inmersión de alimentos sólidos como frutas y vegetales enteros o en trozos, en soluciones acuosas concentradas en solutos a un tiempo y temperaturas específicos para producir una eliminación parcial del agua de los alimentos (UNAL, 2004).

DUQUE, C. y MORALES, A. (2005), describen a la deshidratación osmótica como una técnica utilizada con el fin de concentrar frutas o vegetales que enteros o en trozos son sumergidos en soluciones azucaradas o salinas de elevadas soluciones osmóticas. También menciona que es un proceso sencillo de gran versatilidad, y que puede ser aplicado a numerosas especies vegetales ofreciendo ventajas relacionadas con la conservación de la calidad sensorial y nutricional de las frutas, pues al llevarse a cabo a temperaturas similares al ambiente se conservan los componentes volátiles responsables del aroma y del sabor así como las vitaminas y los minerales de la fruta fresca.

La DO es un método que, reduce hasta un 80% del agua original de los alimentos y permite obtener productos de humedad intermedia, su composición química permite, después de un secado con aire caliente o mediante un proceso de congelación, obtener un producto final con una buena calidad organoléptica (UNAL 2004).

Según BARAT, *et al.* (1998), este proceso consiste en sumergir los alimentos sólidos, ya sean enteros o en piezas; en soluciones hipertónicas (alta concentración de solutos, azúcar y sal, especialmente) con el objetivo de producir al menos dos flujos principales simultáneos en contracorriente: un flujo de agua junto con sustancias hidrosolubles (azúcares, vitaminas, pigmentos, cuantitativamente despreciables) desde el alimento hacia la solución hipertónica, y un flujo simultáneo de soluto de la solución al alimento. Estos flujos son provocados por los gradientes de agua y soluto, a un lado y otro de las membranas que forman el tejido parenquimático del producto. La transferencia de materia se realiza hasta que las actividades de agua de la solución osmótica y del alimento se igualan.

SHARMA S. *et al.* (2003), hacen referencia que la deshidratación osmótica es un proceso de eliminación de agua basado en el gradiente de agua y actividad de solubilidad a través de la membrana semipermeable de una célula. Este proceso implica sumergir materiales alimenticios de humedad alta en una solución osmótica, por lo general una solución de azúcar o de cloruro de sodio.

2.3.1 LA VELOCIDAD DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

CAMACHO, G. (2002), menciona que la reducción del peso de la fruta sumergida en la solución o jarabe concentrado durante un tiempo determinado, puede ser tomado como indicador de la velocidad de deshidratación. La velocidad de pérdida de peso de una determinada fruta sucede inicialmente de manera más acelerada con un progresivo retardo a medida que avanza el tiempo de contacto con el jarabe. Las investigaciones

adelantadas han determinado que existen varios factores que influyen en la velocidad de deshidratación. Estos factores están estrechamente relacionados con las características propias de la fruta y del jarabe, y de las condiciones en que se pongan en contacto estos componentes de la mezcla. Los factores que dependen de la fruta son: la permeabilidad y características estructurales de las paredes o membranas celulares: la cantidad de superficie que se ponga en contacto con el jarabe y la composición de los jugos interiores de la pulpa. La pulpa entera con cáscara, de características cerosas como la breva, al ser sumergida en el jarabe sufrirá una deshidratación más lenta que una fruta sin cáscara. Lo anterior se presenta por el "obstáculo" que constituye para la salida del agua, la cáscara que contiene sustancias de carácter aceitoso o ceroso.

Los factores que influyen en la velocidad de deshidratación de frutas, debido a las características del jarabe se hallan la composición y la concentración. Dependiendo de la naturaleza química de los compuestos empleados para preparar el jarabe, es decir su composición, estos van a ejercer una diferente presión osmótica. Algunos autores expresan esta fuerza osmótica en términos de osmosidad, término que expresa el número de moles de cloruro de sodio por litro necesarias para obtener una solución con la misma presión osmótica de la solución en estudio. Esta osmosidad será mayor si el peso molecular del compuesto es más bajo y su capacidad ionizante es alta. Un caso es el cloruro de sodio que pesa 58 g/mol y sus átomos son altamente ionizables en agua, por lo que se constituye en un soluto de alta osmosidad y de hecho desde la antigüedad se empleó en la osmodeshidratación de pescado y carnes. La concentración del jarabe influye directamente sobre la velocidad, porque al mantener una alta diferencia de concentraciones a lado y lado de la membrana, se incrementa más la presión osmótica, favoreciendo un rápido flujo de agua a través de la membrana en busca del equilibrio. El peso molecular y el tamaño del compuesto de que está preparado el jarabe, también influyen para que se produzca el fenómeno de ingreso de este compuesto a la fruta a través de

la membrana, paralelo a la salida de agua de la fruta hacia el jarabe. El ingreso de los sólidos es del orden del 3 al 10% del total de los sólidos de la fruta y se produce a mayor velocidad durante los primeros minutos de inmersión. Finalmente, existen otros parámetros diferentes a la pérdida de peso, que permiten visualizar de manera más completa la evolución y efectos de la osmodeshidratación en la fruta y en el jarabe. Estos parámetros son: el contenido de agua (WC, Water contain), que permanece en la fruta. La pérdida de agua (WI, Water Loss), la ganancia de sólidos (SG, solids gain), que proviene del jarabe, u la actividad del agua, (AW). Este último parámetro es muy importante porque se puede medir directamente de la fruta, de manera similar como se mide una humedad, solo que se hace en un equipo específico y no mide el contenido de agua sino la real disponibilidad del agua por parte de los microorganismos o para su empleo en reacciones bioquímicas. Dependiendo del valor obtenido se sabrá si la fruta es estable o no para el desarrollo de cierto tipo de deterioro, CAMACHO, G. (2002).

2.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

Según CAMACHO, G. (2002), el agua que sale de la fruta al jarabe a temperatura ambiente y en estado líquido, evita las pérdidas de aromas propios de la fruta, los que si se volatilizarían o descompondrían a las altas temperaturas que se emplean durante la operación de evaporación que se practica durante la concentración o deshidratación de la misma fruta mediante otras técnicas. La ausencia de oxígeno en el interior de la masa de jarabe donde se halla la fruta, evita las correspondientes reacciones de oxidación (pardeamiento enzimático) que afectan directamente la apariencia del producto final. La deshidratación de la fruta sin romper células y sin poner en contacto los sustratos que favorecen el oscurecimiento químico, permite mantener una alta calidad al producto final. Es notoria la alta conservación de las características nutricionales propias de la fruta. La fruta obtenida conserva en alto grado sus características de color, sabor y aroma.

Además, si se deja deshidratar suficiente tiempo es estable a temperatura ambiente (18 °C) lo que la hace atractiva a varias industrias. La relativa baja actividad de agua del jarabe concentrado, no permite el fácil desarrollo de microorganismos que rápidamente atacan y dañan las frutas en condiciones ambientales. Esta técnica también presenta interesantes ventajas económicas, teniendo en cuenta la baja inversión inicial en equipos, cuando se trata de volúmenes pequeños a nivel de Planta piloto, donde solamente se requieren recipientes plásticos medianos, mano de obra no calificada, sin consumo de energía eléctrica y además los jarabes que se producen, pueden ser utilizados en la elaboración de yogurts, néctares, etc.) a fin de aprovechar su poder edulcorante y contenido de aromas y sabores de la fruta osmodeshidratada. Por otra parte el uso de azúcar (sacarosa) o jarabes y melazas tan disponibles en nuestro medio rural, con la posibilidad de su reutilización bien sea en nuevos procesos o para edulcorar otros productos la hace una técnica interesante. Entre las limitaciones que presenta esta técnica de ósmosis está que no a todas las frutas puede aplicarse. Por ahora solo se emplean las frutas que presentan estructura sólida y pueden cortarse en trozos. Tampoco se recomiendan las frutas que poseen alto número de semillas de tamaño mediano como la mora o guayaba. Algunas frutas pueden perder su poca acidez como el mango o la piña, aunque se puede corregir este inconveniente ajustando la acidez del jarabe a fin de que la relación de sabor ácido-dulce sea agradable al gusto. Una característica en la operación de inmersión de la fruta en el jarabe es la flotación. Esto es debido a la menor densidad de la fruta que tendrá 5 a 6 veces menos °Brix que el jarabe y además a los gases que esta puede tener ocluidos. Cuando se intenta sumergir toda la masa de fruta dentro del jarabe se forma un bloque compacto de trozos que impiden la circulación del jarabe a través de cada trozo, con lo que se obtiene la ósmosis parcial de la fruta. Las frutas obtenidas, dependiendo del grado de deshidratación, por lo general no son productos estables, sino semielaborados que pueden complementarse con otras técnicas que podrían encarecer el producto final, CAMACHO, G. (2002).

Las investigaciones desarrolladas en diferentes centros han estudiado complementar la ósmosis con la refrigeración, pasterización, congelación, deshidratado mediante diferentes técnicas o en condiciones de secado solar. Los resultados han sido diversos tanto en calidad sensorial como de vida útil en anaquel. También se presentan inconvenientes con el manejo de los jarabes. Algunos de estos inconvenientes están relacionados con el almacenamiento de los altos volúmenes que se necesitan, su reutilización una vez se hayan concentrado de nuevo; el enturbiamiento que se genera por el desprendimiento de solutos y partículas de las frutas allí sumergidas; el riesgo de contaminación microbiana cuando ha descendido a niveles inferiores a 60°Bx; la resistencia de los microorganismos a los tratamientos térmicos higienizantes; la necesidad de conservar los jarabes almacenados bajo condiciones que eviten su fermentación, y si ya avanzó un poco esta contaminación puede transmitirse a la nueva fruta allí sumergida, CAMACHO, G. (2002).

2.3.3 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

Las variables que afectan el proceso de deshidratación osmótica se puede resumir en las siguientes:

a) Temperatura de la solución osmótica

Según MAESTRELLI, (1997), los intercambios de masa aumentan al aumentar la temperatura, pero sobre los 45°C se puede observar oscurecimiento enzimático y alteraciones del aroma. Altas temperaturas por ejemplo, sobre los 60°C, modifican las características del tejido, favorecen la impregnación y por lo tanto la ganancia de sólidos. La temperatura produce cambios en el proceso de deshidratación osmótica debido a los efectos que tiene sobre la difusión de agua del producto hacia la solución y sobre la permeabilidad de las membranas celulares.

Según CAMACHO, G. (2002), el aumento de la temperatura del sistema va a producir cambios en la permeabilidad de la pared celular y en la fluidez del jarabe. El aumento de la permeabilidad produce una mayor velocidad de deshidratación, debido a la mayor movilidad de las moléculas y a la pérdida de la selectividad de la membrana, la cual permite un mayor intercambio de agua que sale de la fruta, pero también un mayor ingreso de solutos o componentes del jarabe. Esto reforzado por el contacto más íntimo entre el jarabe, que por acción del calor se ha hecho menos espeso y las paredes de las células.

b) Presión de operación

PARZANESE, M, menciona que cuando se lleva a cabo la Deshidratación Osmótica a Vacío (DOV) se favorece el proceso de transferencia de agua ya que permite retirar los gases ocluidos en espacios intracelulares y ser ocupados por la solución osmótica, incrementando el área disponible para la transferencia de masa. Por otro lado la aplicación de vacío al proceso de DO no afecta la ganancia de solutos por parte del alimento.

Según CAMACHO, G. (2002), recientemente se ha incluido otro factor que puede acelerar el proceso de deshidratación, como es la disminución de la presión atmosférica mediante aplicación de vacío al sistema. Esta técnica permite la salida de gases ocluidos en el interior de las paredes de la fruta los cuales son una barrera para la osmodeshidratación. Además la disminución de la presión permite una salida más rápida del agua por la ausencia parcial de la barrera que ejerce la fuerza de la gravedad sobre la pared celular.

c) Agitación de la solución osmótica

PARZANESE, M, menciona que una mejora del proceso de deshidratación osmótica puede lograrse mediante la agitación de la solución ya que permite homogeneizar la temperatura y la concentración de soluto. Como

consecuencia aumenta la velocidad de deshidratación ya que constantemente la fruta está en contacto con una solución de alta concentración y de temperatura uniforme.

Según CAMACHO, G. (2002), a medida que avanza el tiempo de contacto de la fruta con el jarabe, esta se va rodeando de su propia agua, la cual se va difundiendo lentamente por el jarabe concentrado. Al estar rodeada de agua la fruta, la diferencia de concentraciones entre el jarabe y la pared celular se hace menor, con lo que también se disminuye la velocidad de salida de agua. Si el sistema es agitado, el agua que ha salido es retirada del contacto y vecindario de la pared y será reemplazada por jarabe concentrado que permitirá el nuevo establecimiento de una alta diferencia de concentración entre el aumento de la velocidad de deshidratación.

d) Concentración de la solución osmótica

BARAT, et al. (1998), mencionan que la concentración de la solución osmótica, afecta en el sentido de definir la fuerza impulsadora en cuanto a la transferencia de materia se refiere, así como a la distinta viscosidad de la solución, y de la fase líquida del alimento que va aumentando su viscosidad a medida que se concentra, hasta alcanzar la de la solución osmótica en el equilibrio.

CAMACHO, G. (2002), refiere que un factor que aumenta la velocidad de deshidratación osmótica es la relación fruta: jarabe.

e) Propiedades del soluto

Según PARZANESE, M, las propiedades físico-químicas del soluto elegido son una variable determinante en la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica. Si se utilizan solutos de peso molecular alto se favorece la pérdida de agua, mientras que si se eligen solutos cuyo peso molecular es bajo la impregnación de soluto al alimento será mayor ya que

las moléculas de éste pueden pasar más fácilmente hacia el interior del tejido celular.

SHARMA S. *et al.* (2003), menciona que la elección del soluto y la concentración de la solución osmótica depende de varios factores, como su efecto en la calidad organoléptica, sabor del producto final, su capacidad para disminuir la actividad de agua, la solubilidad del soluto, la permeabilidad a la membrana celular, efecto conservador y el costo. Por su eficiencia, sabor agradable se ha encontrado que la sacarosa es uno de los mejores agentes osmóticos.

f) Tipo de soluto

Según BARAT, *et al.* (1998), la naturaleza del agente osmótico es fundamental para definir el comportamiento del producto durante el proceso de deshidratación osmótica.

Cuadro 2.2: Usos y ventajas de algunos solutos osmóticos.

Nombre	Usos	Ventajas
Cloruro Sódico	Carnes y verduras. soluciones superior 10%	Alta capacidad de depresión de aw.
Sacarosa	Frutas	Reduce pardeamiento y aumenta retención de volátiles.
Lactosa	Frutas	Sustitución parcial de sacarosa.
Glicerol	Frutas y Verduras	Mejora la textura.
Combinación	Frutas, Verduras y Carnes	Características sensoriales ajustadas, combina la alta capacidad de depresión de aw de las sales con alta capacidad de eliminación de agua del azúcar.

Fuente: BARBOSA, G. Vega, H. (2000). Deshidratación de Alimentos.

TALENS, (2002), menciona que en el caso de frutas el agente osmótico más empleado ha sido la sacarosa debido a su fácil accesibilidad, aceptable sabor y aroma y por reducir el pardeamiento enzimático.

g) Geometría y tamaño del producto

Según PARZANESE, M, dependiendo del tipo de geometría y tamaño que presente el producto variará la superficie por unidad de volumen expuesta a la acción de la solución osmótica. Diferentes estudios demostraron que si se tienen productos de menor tamaño (la superficie por unidad de volumen aumenta) se eleva la pérdida de agua, por el contrario si se tienen trozos de fruta, u otro alimento, de tamaño superiores (la superficie por unidad de volumen disminuye) la pérdida de agua es menor.

h) Relación masa de solución / masa de producto

Según PARZANESE, M, cuanto mayor sea la relación masa de solución sobre la masa de producto a tratar (es decir cuanto mayor sea la cantidad de jarabe respecto a la cantidad de fruta) mayor será la pérdida de agua y la ganancia de solutos.

2.3.4 FRUTAS DESHIDRATADAS OSMÓTICAMENTE

Según CAMACHO, G. (2002), los jugos en el interior de las células de la fruta están compuestos por sustancias disueltas en agua, como ácidos, pigmentos, azúcares, minerales, vitaminas, etc. Algunas de estas sustancias o compuestos de pequeño volumen, como el agua o ciertos ácidos, pueden salir con cierta facilidad a través de orificios que presentan la membrana o pared celular, favorecidos por la presión osmótica que ejerce el jarabe de alta concentración donde se ha sumergido la fruta. La presión osmótica presente será mayor en la medida que sea mayor la diferencia de concentraciones entre el jarabe y el interior de los trozos de la fruta. El efecto de esta diferencia se ve reflejado en la rapidez con que es

extraída el agua de la fruta hacia el jarabe. El valor de esta diferencia en el ejemplo anterior permite que los trozos de fruta se pierdan cerca del 40% del peso durante cerca de 4 horas de inmersión. La posibilidad de que la sacarosa del jarabe entre en la fruta dependerá de la impermeabilidad de las membranas a este soluto. Por lo general los tejidos de las frutas no permiten el ingreso de sacarosa por el tamaño de esta molécula, aunque si pueden dejar salir de la fruta moléculas más sencillas como ciertos ácidos o aromas.

Según CAMACHO, G. (2002), la aplicación del fenómeno de ósmosis en la deshidratación de frutas se puede lograr debido a que un buen número de frutas, como es el caso de la fresa, papaya, mango o melón entre otras, cuentan con los elementos necesarios para inducir la osmosis. Estos elementos corresponden a la pulpa, que en estas frutas consiste en una estructura celular más o menos rígida que actúa como membrana semipermeable. Detrás de estas membranas celulares se encuentran los jugos, que son soluciones diluidas, donde se hallan disueltos sólidos que oscilan entre el 5 a 18% de concentración. Si esta fruta entera o en trozos se sumerge en una solución o jarabe de azúcar de 70%, se tendría un sistema donde se presentaría el fenómeno de ósmosis.

2.3.5 CINÉTICA DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

SHARMA S. *et al.* (2003), mencionan que la cinética de la deshidratación osmótica se determina estimando la velocidad de eliminación de agua y la ganancia de sólidos. Por lo general, las velocidades más altas de eliminación de agua se alcanzan dentro de los primeros 60 minutos de deshidratación osmótica. Esto es seguido por velocidades más bajas a causa de la formación de una capa superficial sólida, que reduce la fuerza impulsora. La velocidad de ganancia de sólidos también parece comportarse de manera similar en la mayoría de los casos. Sin embargo, depende del tamaño del soluto y la permeabilidad de la membrana del alimento.

2.3.6 MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

UMAÑA, E. (2007), describe que los microorganismos los hay en cuatro categorías: bacterias, levaduras, hongos y virus. Las bacterias son los patógenos producidos por los alimentos más comunes. Las tasas de crecimiento bacterianas, bajo condiciones óptimas, son generalmente más rápidas que las de levaduras y de mohos, siendo las bacterias unas de las primeras causantes de desperdicios o averías, especialmente en alimentos refrigerados, húmedos. Las bacterias tienen muchas formas, incluyendo las esferas (cocos), las barras (bacilos) o los espirales (espiroqueta) y están generalmente entre 0.3 y 5 a 10 micras de tamaño. Las bacterias pueden crecer en una amplia gama de ambientes. Las bacterias, las levaduras, y los mohos se distribuyen extensamente en agua, suelo, aire, materiales de planta y zonas de la piel e intestinales de seres humanos y de animales. Prácticamente todos los alimentos sin procesar se contaminan con una variedad de desperdicios o desechos y a veces de microorganismos patógenos porque los alimentos actúan como medios de cultivo excelentes para la multiplicación bacteriana. Los ambientes de procesamiento de alimentos que contienen residuos de alimentos son seleccionados naturalmente por los microorganismos que más probablemente pueden estropear un producto determinado en particular.

Según UMAÑA, E. (2007), el uso total más importante de la refrigeración es la prevención o el retraso de cambios microbianos, fisiológicos y químicos en alimentos. Incluso en las temperaturas cerca del punto de congelación, los alimentos pueden deteriorarse con el crecimiento de microorganismos, de cambios causados por enzimas o de reacciones químicas. Mantener los alimentos a bajas temperaturas reduce el porcentaje en la cual estos cambios ocurren. Algunos microorganismos dañinos pueden crecer en o debajo de las temperaturas de congelamiento. La refrigeración también juega un papel muy importante en el mantenimiento y suministro de alimentos seguros. El manejo incorrecto de la temperatura en la manipulación de alimentos es el principal factor en la causa de

enfermedades. Otro factor importante es equipo incorrectamente esterilizado y otros aspectos como seguridad, inocuidad y otros aspectos responsabilidad de la dirección o gerencia técnica.

a) Los factores que influyen en el crecimiento microbiano.

La descomposición de los alimentos depende tanto de características intrínsecas como extrínsecas a ellos.

- Factores intrínsecos

Son las características propias de cada grupo de alimentos que, en algunos casos impiden o retardan el crecimiento microbiano, estos factores son: la actividad de agua, el pH, la presión osmótica y la presencia de microorganismos competentes en un alimento.

- Factores extrínsecos

Se refiere a factores externos de los alimentos que pueden relacionarse con su manipulación y almacenaje. Los principales factores son: temperatura, humedad relativa ambiental y atmósfera de envasado o enlatado. Los sistemas de la refrigeración y ventilación desempeñan un papel importante en el control de estos factores, UMAÑA, E. (2007).

b) La actividad de agua

ANDINO, F. (2010), menciona que las bacterias pueden alterar los alimentos con a_w superiores a 0,99. Todos los microorganismos conocidos causantes de toxiinfecciones alimentarias pueden multiplicarse al menos a los valores más altos de a_w comprendidos en el intervalo superior a 0,93. Por su parte, las levaduras $> 0,88$; hongos $> 0,90$; halófilas $>0,75$; mohos xerófitos $>0,61$; levaduras osmófilas $>0,61$. La deshidratación es un método de conservación de los alimentos basado en la reducción de la a_w , lo que

se consigue eliminando el agua de los productos. Durante el curado y salazonado, así como el almíbar y otros alimentos azucarados son los solutos los que, al ser añadidos, descienden la aw. Un pequeño descenso de la aw es a menudo suficiente para evitar la alteración de los alimentos siempre que esta reducción sea potenciada por otros agentes tal como ocurre con los nitritos en muchas carnes curadas y con los componentes del humo en los alimentos ahumados, salazonados y desecados. El crecimiento de la mayoría de bacterias y hongos ocurre a aw superiores a 0,90. Sin embargo, entre los microorganismos que tienen una importancia en la conservación de los alimentos existen muchos que pueden multiplicarse a valores de aw mucho más bajos. Dichos microorganismos se denominan de forma variada: halófilos, xerófilos y osmófilos.

c) Principales microorganismos en los alimentos

Según ANDINO, F. (2010), cuando se habla de la calidad de un alimento se debe considerar el aspecto microbiológico que resulta fundamental porque influye en la conservación y la vida útil del producto, pero además, porque los microorganismos pueden ser causantes de enfermedades conocidas como enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA's). Existen microorganismos indicadores que tienen la ventaja de que su detección puede resultar adecuada desde un enfoque de prevención de riesgos, indicando un manejo inadecuado o presencia de contaminación. También, su detección puede resultar más sencilla, rápida y económica, pudiendo brindar información de manera oportuna.

Los microorganismos indicadores se pueden dividir en dos grupos:

Indicadores de condiciones de manejo o de eficiencia de proceso

- Mesófilos aerobios (o cuenta total).
- Hongos y levaduras.
- Coliformes totales.

Indicadores de contaminación fecal

- Coliformes fecales.
- E. coli.
- Enterococos.
- Cl. Perfringens.

El análisis microbiológico de alimentos para la búsqueda de estos microorganismos suele utilizar técnicas que permiten evaluar:

- Calidad de la materia prima, problemas de almacenamiento, abuso de temperatura, vida útil (recuento de aerobios mesófilos).
- Potencial contaminación fecal o posible presencia de patógenos (Escherichia coli, Coliformes fecales).
- Contaminación por manipulación humana (Staphylococcus aureus coagulasa positiva).
- Contaminación post tratamiento térmico (coliformes, enterobacterias, Staphylococcus aureus coagulasa positiva, estreptococos fecales).
- Productos metabólicos de patógenos que indican un peligro para la salud (termonucleasa). A continuación se describirá brevemente cada uno de ellos.

➤ **Aerobios mesófilos**

ANDINO, F. (2010), define que en este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 30° C, pero pueden hacerlo en rangos bien amplios de temperaturas inferiores y mayores a los 30° C. Todas las bacterias patogénicas de origen alimenticio son mesófilas. Esta determinación indica el grado de contaminación de una

muestra y las condiciones que han favorecido o reducido la carga microbiana, es decir indica la calidad sanitaria del alimento y se utiliza para monitorear la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura. Desde luego, no se aplica a alimentos fermentados, y puede dar escasa información sobre el manejo del alimento cuando éste es poco favorable para el desarrollo microbiano por su pH o aw. Se estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos, reflejando la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación, las condiciones higiénicas de la materia prima. Hay que tener en cuenta que un recuento bajo de aerobios mesófilos no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, igualmente, si se tiene un recuento elevado no significa presencia de flora patógena, más sin embargo, no son recomendables recuentos elevados, ya que esto podría significar:

- Excesiva contaminación de la materia prima.
- Deficiente manipulación durante el proceso de elaboración.
- La posibilidad de que existan patógenos, pues estos son mesófilos.
- La inmediata alteración del producto.

Este grupo es un indicador importante en alimentos frescos, refrigerados y congelados, en lácteos y en alimentos listos para consumir (RTE por sus siglas en inglés: ready to eat). En alimentos no perecederos es indicativo de uso de materia prima contaminada o de procesamiento insatisfactorio. Por el contrario, en alimentos perecederos indica almacenamiento a tiempos y temperaturas inadecuados, ANDINO, F. (2010).

➤ **Mohos y levaduras**

Según ANDINO, F. (2010), los mohos tienen potencial para crecer en valores extremos de pH (1-11), mientras que las levaduras lo hacen en pH

de 2 a 9. Se caracterizan porque disminuyen la vida útil del producto y se les asocia con materia prima contaminada o ambiente contaminado y su presencia es indicativo de:

- Alimentos de baja acidez y alta actividad de agua (aw), el crecimiento es lento.
- Alimentos ácidos de baja aw, el crecimiento de mohos es mayor. Ejemplo: frutas frescas, vegetales, cereales, jugo de frutas, quesos y alimentos congelados.

Las levaduras son organismos monocelulares, eucarióticas, que no contienen clorofila, algunas son saprofitas y otras son parásitas. Se encuentran en las frutas, los granos y otras materias nutritivas que contienen azúcares, en el suelo de los huertos, en el aire, en la piel y en el intestino de los animales. Se diseminan por intermedio de portadores y por el viento, ANDINO, F. (2010).

2.3.7 CRITERIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS

Para establecer los factores que contribuyan a la conservación de las frutas se deben de tener en cuenta los siguientes puntos:

- Los tipos de microorganismos que pueden estar presentes y pueden crecer.
- Las reacciones bioquímicas y fisicoquímicas que pueden deteriorar la calidad del producto.
- Almacenamiento adecuado del alimento.

a) Microorganismos asociados a frutas

ALZAMORA, M. *et al.* (2004), mencionan que las frutas exhiben un record excepcionalmente bueno desde el punto de vista de la salud pública, atribuido principalmente a los mecanismos de defensa naturales que muchas de ellas poseen. Entre éstos pueden mencionarse una piel gruesa, sustancias antimicrobianas naturales (por ejemplo aceites esenciales, antocianinas, ácido benzoico, benzaldehído) y/o ácidos orgánicos (tales como málico, tartárico y cítrico) que contribuyen a la acidez de las frutas y hortalizas y que generalmente mantienen el pH de la fruta a valores menores a 4,6. La mayor parte de las frutas son productos de alta acidez, si bien ciertas frutas tienen un pH mayor, por ejemplo, chicozapote, banana, melón, mamey, higo y papaya. La procedencia de la fruta y las condiciones de crecimiento determinan la flora microbiana del producto, los patógenos que pueden causar enfermedad durante el crecimiento y también el deterioro postcosecha y la incidencia de patógenos humanos y animales. Como las superficies expuestas de la fruta se contaminan a través del suelo, agua, aire, animales, insectos, excrementos, etc., y luego a través del contacto con el equipo de procesamiento, deben también considerarse los microorganismos de dichas fuentes y aquéllos que puedan transportar otros ingredientes del producto final. La colonización fúngica precosecha determina usualmente el deterioro postcosecha. Algunos hongos son capaces de penetrar la cutícula intacta de las hojas, tallos y frutos. Otros organismos de deterioro entran en la fruta a través de heridas mecánicas producidas durante la cosecha, el manipuleo y el envasado, o a través de aberturas naturales de la cutícula, atacando los tejidos internos. Entre los deterioros después de la cosecha pueden citarse: crecimiento superficial de hongos, ennegrecimiento de los tejidos (antracnosis), podredumbre marrón, azul, rosada y gris causada por hongos, podredumbre del tallo, podredumbre por levaduras y otras. La ocurrencia de podredumbre se asocia a la producción microbiana de enzimas que degradan las paredes celulares. A medida que la fruta madura, la susceptibilidad a los microorganismos de deterioro aumenta, por una parte debido a que la

producción de componentes antifúngicos de la fruta disminuye, y por otra parte debido a la degradación de las paredes celulares. El deterioro también se favorece en condiciones de alta temperatura y alta humedad después de la cosecha.

UMAÑA, E. (2007), menciona que las bacterias, las levaduras, y los mohos se distribuyen extensamente en agua, suelo, aire, materiales de planta y zonas de la piel e intestinales de seres humanos y de animales. Prácticamente todos los alimentos sin procesar se contaminan con una variedad de desperdicios o desechos y a veces de microorganismos patógenos porque los alimentos actúan como medios de cultivo excelentes para la multiplicación bacteriana. Los ambientes de procesamiento de alimentos que contienen residuos de alimentos son seleccionados naturalmente por los microorganismos que más probablemente pueden estropear un producto determinado en particular.

b) Reacciones fisicoquímicas de deterioro

Según ALZAMORA, M. *et al.* (2004), además de la alteración microbiológica, los cambios fisicoquímicos durante el procesamiento y almacenamiento de las frutas pueden causar un deterioro en su calidad, afectando el color, la textura, el sabor, el olor y el valor nutritivo. Las frutas contienen sustancias naturales que son responsables de su color característico. Estos componentes pueden ser agrupados como carotenos y carotenoides, antocianinas, clorofila, y compuestos fenólicos. Operaciones tales como el pelado y la reducción de tamaño permiten que las enzimas (clorofilasa, peroxidasa, polifenoloxidasa) y los sustratos entren en contacto, principalmente en la superficie de los productos, originando reacciones enzimáticas relacionadas al deterioro de color. Los cambios de color más importantes son consecuencia del desarrollo enzimático y/o no enzimático de sustancias pigmentadas marrones. Los tejidos de frutas dañados expuestos al aire sufren un oscurecimiento rápido debido a la acción de las

enzimas peroxidasa y polifenoloxidasa, las que catalizan la oxidación de compuestos fenólicos incoloros a o-quinonas que causan pigmentos marrones u oscuros por polimerización o reaccionan con las antocianinas.

El pardeamiento no enzimático es producto de reacciones complejas que ocurren durante el almacenamiento y el procesamiento de frutas (condensación de Maillard, caramelización de azúcares, reacción oxidativa de ácido ascórbico). El color puede también ser afectado por la conversión de clorofilas a feofitinas por acidificación, y/o por la modificación de las antocianinas por oxidación (catalizada por la lipoxigenasa) y la acidificación del medio. Además las clorofilas, las antocianinas y los carotenoides pueden perderse por difusión al medio, resultando en una disminución de la intensidad de color. Las propiedades mecánicas de las frutas cambian ampliamente, no sólo durante la maduración y almacenamiento sino también durante el procesamiento, a causa de las alteraciones de sus componentes estructurales (por ejemplo, la pared celular, la laminilla media, los plasmodesmos y las membranas), ALZAMORA, M. *et al.* (2004).

c) Almacenado del alimento

Según UMAÑA, E. (2007), durante manejo y el almacenaje poscosecha, las frutas y vegetales frescos pierden la humedad a través de sus pieles o cáscara a través de la transpiración. El deterioro de la materia, tal como sabor marchito o deteriorado, puede resultar si la pérdida de humedad es muy alta. Para reducir al mínimo pérdidas a través de la transpiración y para aumentar calidad en el mercado y la vida útil, las materias se deben almacenar en un ambiente de baja temperatura y de alta humedad. Las varias capas de la piel y las películas a prueba de humedad se pueden también utilizar durante el empaquetado para reducir perceptiblemente la transpiración y para ampliar vida de almacenaje.

La actividad metabólica en frutas y vegetales frescos continúa por un período corto después de la cosecha. La energía requerida para sostener esta actividad viene de la respiración, que implica la oxidación de azúcares para producir bióxido de carbono, agua y calor. La vida de almacenaje es influenciada por su actividad respiratoria. Almacenando a baja temperatura, la respiración es reducida y se retrasa la senectud, vida de almacenaje se extiende. El control apropiado de las concentraciones del bióxido de carbono y de oxígeno en una cámara es también eficaz en la reducción de tasa de respiración. La fisiología del producto, referente a madurez de cosecha y a temperatura de cosecha, determina en gran parte los requisitos y métodos del preenfriado. Algunos productos son altamente perecederos y deben comenzar a enfriarse cuanto antes posible después de la cosecha; como ejemplos se incluyen: espárrago, habas, el brócoli, la coliflor, el maíz dulce o elotes, melones, calabaza o ayote, tomates madurados, los vegetales frondosos, alcachofas, coles de Bruselas, col, apio, zanahorias, guisantes y rábanos. Productos menos perecederos, como: papas blancas, papas dulces, calabaza o ayote maduro y tomates verdes, pueden necesitar una temperatura más alta, UMAÑA, E. (2007).

Las frutas comercialmente importantes que necesitan preenfriado inmediato incluyen: albaricoques, aguacates, todas las bayas exceptuando arándanos, cerezas agrias, melocotones y nectarinas, ciruelas y pasas; frutas tropicales y subtropicales tales como: guayabas, mangos, papayas y piñas. Las frutas tropicales y subtropicales de este grupo son susceptibles a lesiones por enfriamiento y necesitan ser enfriados según requisitos individuales de temperatura. Las cerezas dulces, uvas, peras y cítricos tienen una vida poscosecha más larga, solamente se enfrían con el fin mantener alta calidad. Los plátanos y bananos requieren tratamiento de maduración especial y por lo tanto no se preenfrian. Los melones Cantaloupes cosechados en la etapa duro-maduro se pueden mantener cerca de 15 días en 36 a 39°F/0 a 2.2°C. Temperaturas más bajas pueden causar lesión por enfriamiento. Son más resistentes a lesión por enfriamiento. Los

cantaloupes son preenfriados por enfriamiento húmedo por inmersión o aire forzado o por hielo antes del cargamento, UMAÑA, E. (2007).

2.3.8 EL ANÁLISIS SENSORIAL Y LA CALIDAD

Raúl G. Torricella; Víctor M. Huerta (2008), mencionan que los métodos de Análisis Sensorial o pruebas sensoriales son indispensables en el control de la calidad de los alimentos. Es frecuente que se rechacen producciones por problemas sensoriales, iniciándose procesos de reclamación contra los productores. Por tal motivo se requiere que las evaluaciones sensoriales se realicen con una fundamentación científica, asegurándose así la obtención de resultados objetivos. Para lograr esto se requiere del constante desarrollo de los procedimientos de evaluación sensorial y la correcta planificación, diseño y obtención de la calidad sensorial adecuada. Para el aseguramiento de la calidad de los alimentos es indispensable también la evaluación comparativa de las características sensoriales con relación a otros productos semejantes o iguales, pero elaborados por otras entidades o países. A partir de los resultados de la evaluación comparativa se puede obtener información relevante sobre posibles problemas tecnológicos, de diseño de la calidad sensorial o de calidad de la materia prima de un producto. Las pruebas sensoriales se clasifican, según los objetivos que se persiguen, en dos grandes grupos: analíticas y afectivas. Las afectivas se dirigen, fundamentalmente, hacia los consumidores y pretenden evaluar su aceptación o preferencia por un determinado producto o productos. Generalmente requieren 200 o más consumidores. Las pruebas analíticas se diferencian de las anteriores en que se necesitan catadores adiestrados en dar respuesta acerca de la calidad sensorial del producto sin tener en cuenta sus gustos o preferencias personales. Estas pruebas son las más adecuadas para la evaluación de la calidad de los alimentos, aunque en ocasiones se hace necesario conocer el criterio de los consumidores, especialmente durante el desarrollo de nuevos productos o formulaciones, para lo que se deben utilizar pruebas afectivas.

a) Características organolépticas

Según Raúl G. Torricella; Víctor M. Huerta, (2008), las características organolépticas, o como también se les conoce, atributos sensoriales, constituyen el estímulo que se evalúa y a su vez son el reflejo, imagen o percepción, que los analizadores humanos generan a partir de estas y será más perfecta en la medida que sean mejores los procedimientos, las condiciones de la evaluación sensorial utilizadas y la experiencia de los catadores. La selección de las características organolépticas a evaluar debe realizarse en función de los mecanismos de la percepción humana y las características concretas del alimento a evaluar, de esta forma se asegura la correcta interpretación de los resultados sensoriales. El proceso de percepción de los atributos sensoriales se puede describir de forma muy simplificada, de la siguiente manera: un conjunto de estímulos, materializado en uno o varios tipos de energía (química, electromagnética u otras) interactúa con los receptores del analizador o analizadores correspondientes al tipo de estímulo. El receptor transforma la energía que actúa sobre él en proceso nervioso que se transmite a través de los nervios aferentes o centrípetos, hasta los sectores corticales y subcorticales, donde se integran las diferentes sensaciones con las experiencias anteriores, formándose la percepción o imagen de la característica organoléptica.

b) Aspectos psicológicos y fisiológicos de los analizadores

Según Raúl G. Torricella; Víctor M. Huerta, (2008), para poder diseñar e interpretar correctamente los resultados de la evaluación sensorial es indispensable el conocimiento elemental de algunos aspectos psicológicos y fisiológicos de los analizadores. Los clásicos son: vista, olfato, gusto, tacto y oído. En el análisis sensorial son de interés también los cinestéticos o analizadores del movimiento. Tradicionalmente se atribuye mayor importancia a los referentes al olfato y al gusto, y esto, hasta cierto punto es lógico, ya que en la mayoría de los alimentos la característica organoléptica sabor es la de mayor importancia relativa con respecto al conjunto, por lo

que los analizadores del olfato y el gusto son los que mayor papel desempeñan en el análisis sensorial. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el valor sensorial de un determinado alimento está dado por la integración de los valores particulares asignados a cada una de sus características, ya que estas no se evalúan independientemente, sino que existe cierto grado de interdependencia entre ellas, por tal motivo no se debe menospreciar la importancia de los analizadores del tacto, cinestésicos, oído y vista.

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de análisis de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, localizada en la ciudadela Universitaria calle 12 vía San Mateo del cantón Manta, con latitud SUR 00° 57' 00" y en la longitud de OESTE 080° 43' 00" con una altura promedio de 20 MSNM.

3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

El laboratorio de análisis cuenta con las siguientes características:

- Humedad relativa: 70 %
- Temperatura: 27° C
- Iluminación Media-Alta: 80%

3.3 FACTORES EN ESTUDIO

La descripción de los factores en estudio es la siguiente:

- **FACTOR A : Concentración de sacarosa**

a₁ :40 °Brix

a₂ :50 °Brix

a₃ :60 °Brix

- **FACTOR B :Temperatura**

b₁ :30 °C

b₂ :50 °C

3.4 TRATAMIENTOS

La combinación de los factores en estudio da como resultados los siguientes tratamientos:

Cuadro3.1: Formulación de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
T1	$a_1 b_1$	Solución de sacarosa a 40°Brix a una temperatura de 30°C.
T2	$a_1 b_2$	Solución de sacarosa a 40°Brix a una temperatura de 50°C.
T3	$a_2 b_1$	Solución de sacarosa a 50°Brix a una temperatura de 30°C.
T4	$a_2 b_2$	Solución de sacarosa a 50°Brix a una temperatura de 50°C.
T5	$a_3 b_1$	Solución de sacarosa a 60°Brix a una temperatura de 30°C.
T6	$a_3 b_2$	Solución de sacarosa a 60°Brix a una temperatura de 50°C.

Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

3.5 PROCEDIMIENTOS

3.5.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló bajo un Diseño Experimental completamente al Azar, en el cual se evaluaron 6 tratamientos con 3 repeticiones para un total de 18 unidades experimentales, con un arreglo bifactorial en donde el factor A corresponde a la concentración de las soluciones de sacarosa expresado en °Brix y el factor B a la temperatura aplicada a cada tratamiento.

3.5.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

El desarrollo experimental de la deshidratación osmótica de trozos de melón se realizó en vasos de precipitación de 250 ml, cada unidad experimental constó de 50 g. de muestras de melón cortados en cubos y sumergidas en 250 g. de solución osmodeshidratante constatando la relación fruta-solución de 1:5. El mejor tratamiento y la muestra testigo fueron almacenadas en una cámara de refrigeración a temperatura de 4°C.

3.5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Las pruebas a las que se sometieron los datos obtenidos en la ejecución de los tratamientos fueron:

- Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar la significancia de los tratamientos en el análisis sensorial del mejor tratamiento comparado con muestras frescas de melón.
- Coeficiente de Variación (CV) para la comparación de las variabilidades de los conjuntos de valores de las variables analizadas.

➤ Esquema del análisis de varianza (ANOVA)

Cuadro 3.2: Análisis de varianza (ANOVA).

F. VARIACIÓN	GL
TOTAL	17
TRATAMIENTO	5
REPETICIONES	2
ERROR EXPERIMENTAL	10

Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

3.5.4 MATERIALES Y EQUIPOS

a) Materia prima

Los melones de variedad Cantaloupe, en estado semi-maduro, fueron comprados en el mercado mayorista de Tarqui de la ciudad de Manta, los cuales fueron sometidos a análisis físico-químicos y sensoriales.

- ✓ Melones.
- ✓ Sacarosa (azúcar de mesa).
- ✓ Agua purificada.

b) Cristalería

- ✓ Bureta 250 ml.
- ✓ Pipeta de 10 ml.
- ✓ Bureta de 25 ml.
- ✓ Matraz de 50 ml.
- ✓ Pipeta milimétrica de 10 ml.
- ✓ Pipetas milimétricas de 1ml.
- ✓ Termómetro de mercurio ± 0.5 °C.
- ✓ Vasos de precipitación de 500 ml.
- ✓ Vasos de precipitación de 250 ml.

c) Materiales

Los materiales que se utilizaron fueron los siguientes:

- ✓ Cuchillos.
- ✓ Tabla para cortar.
- ✓ Mesas de trabajo.
- ✓ Espátula.
- ✓ Soporte universal.

- ✓ Colador.
- ✓ Olla de acero inoxidable.
- ✓ Guantes de látex.
- ✓ Mandil.
- ✓ Mascarilla.
- ✓ Recipiente de polipropileno 500g.
- ✓ Papeles absorbentes.
- ✓ Papel filtro.
- ✓ Placas Petrifilm™.

d) Equipos

Los equipos que se utilizaron fueron los siguientes:

- ✓ Refractómetro de 0-32 °Brix, Marca BRIXCO.
- ✓ Refractómetro de 28-65 °Brix, Marca BRIXCO.
- ✓ Medidor de PH (INOLAB WTW).
- ✓ Balanza gramera (SARTORIUS).
- ✓ Balanza analítica (SARTORIUS TE2145).
- ✓ Estufa de precisión (THERMO).
- ✓ Estufa de microbiología (MEMMERT).
- ✓ Cocina eléctrica (ELECTROLUX).
- ✓ Autoclave (MRC UTKB-50LV).
- ✓ Cámara de flujo laminar (HAIER).

e) Reactivos

- ✓ Fenolftaleína.
- ✓ Hidróxido de sodio 0.1N.
- ✓ Alcohol 50% de pureza.
- ✓ Hipoclorito de sodio.

3.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.6.1 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

PRIMERA PARTE

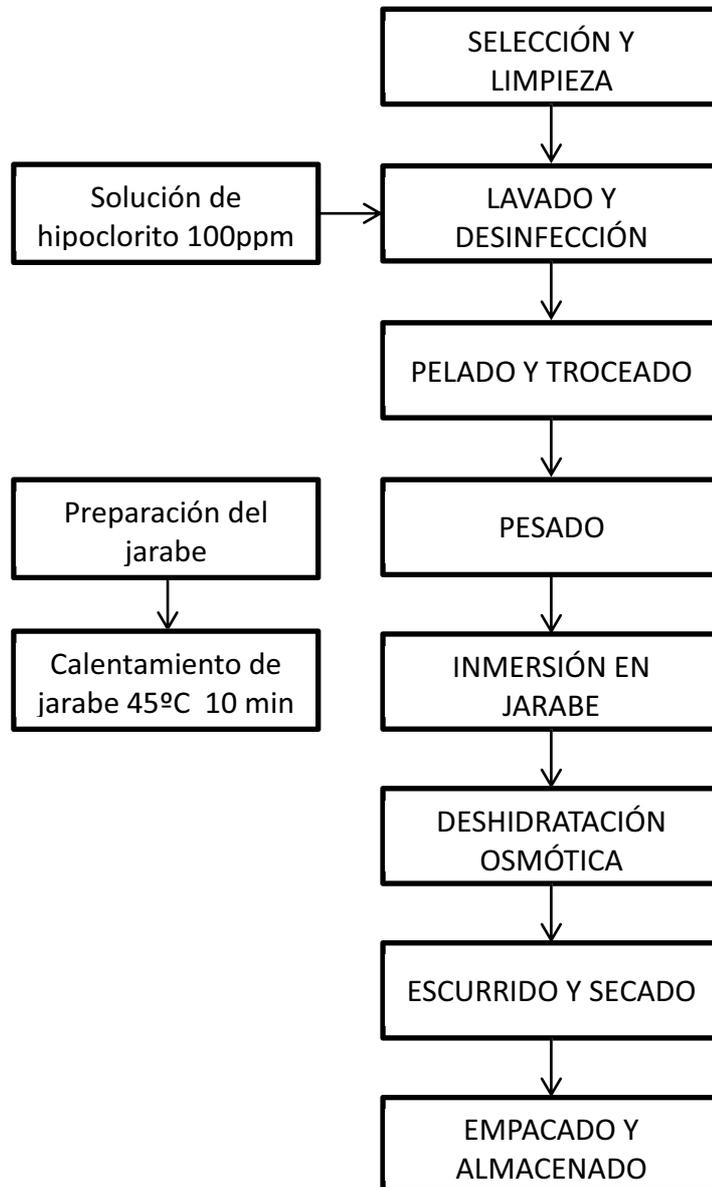
- ✓ **Solución osmótica:** Se preparó la solución osmótica en concentraciones de sacarosa de 40, 50 y 60 °Brix respectivamente para cada tratamiento, la comprobación de la concentración correcta de sólidos solubles se realizó con un refractómetro manual Marca BRIXCO que mide rangos de 28-65 °Brix, (Anexo 3.1).

SEGUNDA PARTE

- a) **Selección:** Se seleccionó el melón con la madurez apropiada para realizar el proceso.
- b) **Lavado y desinfección:** Los melones fueron lavados con agua limpia para remover cualquier tipo de impurezas que trajeran del campo, luego se sumergieron en una solución de Cloro a 100 ppm (partes por millón), por un tiempo aproximado de dos minutos.
- c) **Pelado:** Se retiró la cáscara y las semillas, dejando solamente la parte comestible del melón.
- d) **Troceado:** Se realizó el corte del melón en pequeños cubos cuyas dimensiones aproximadas fueron: 3 ± 0.05 cm. de largo, 3 ± 0.05 cm. de ancho y 1 ± 0.01 cm. de espesor y estos poseían un peso aproximado de 8 gramos.
- e) **Pesado:** Se pesaron 50 gramos de melón troceado para cada tratamiento y 250 gramos de solución osmótica, utilizando una relación fruta: jarabe de 1:5, (Anexo 3.2).

- f) Inmersión en jarabe:** Se sumergieron las muestras de melón previamente pesados en las diferentes concentraciones.
- g) Deshidratación osmótica:** Al sumergir las muestras de melón empieza la deshidratación osmótica para los distintos tratamientos, utilizando soluciones en concentración de sacarosa de 40, 50 y 60°Brix con temperaturas de 30 y 50°C, sumergido por un tiempo estimado de dos horas, (Anexo 3.3).
- h) Escurrido y secado:** Se retiraron las muestras de melón de las diferentes soluciones osmóticas, quitando el exceso de jarabe con papel absorbente.
- i) Empacado:** Una vez secada la fruta, las muestras se colocaron en recipientes herméticos para evitar el contacto con la humedad del ambiente.
- j) Almacenamiento:** Tanto las muestras de melón deshidratado osmóticamente así como también las muestras de melón fresco fueron almacenados en una cámara de refrigeración a una temperatura de $4 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Figura 3.1: Diagrama de bloques del proceso de deshidratación osmótica de trozos de melón.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

3.7 METODOLOGÍA DE LA TOMA DE DATOS EN EL ESTUDIO DE LOS DIFERENTES ANÁLISIS

Se registró datos del peso, °Brix, pH y acidez de las muestras deshidratados cada 15 minutos durante la primera hora y cada 20 minutos en la siguiente hora, con los datos obteniendo del peso y °Brix se realizó el cálculo de la cinética de deshidratación osmótica, mientras que con los datos de pH y acidez se realizó un gráfico lineal para observar cambios en estos parámetros por el efecto de la deshidratación osmótica, (Anexo 3.4).

3.7.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

a) Determinación de la variación de peso.

Se determinó el peso de cada muestra, por la diferencia de peso inicial y el tomado inmediatamente después de retirar la muestra inmersa en la solución osmótica en cada uno de los tiempos determinados, empleando una balanza analítica de 0.0001 g de precisión, se realizó este proceso para cada tratamiento.

b) Determinación del contenido en sólidos solubles.

La determinación de sólidos solubles de las muestras de melón deshidratadas osmóticamente se llevó a cabo por refractometría (AOAC 932.13 de 1990). Se empleó un refractómetro BRIXCO que mide rangos de 0-32 °Brix, para ello se homogenizó previamente la muestra y se recogió una pequeña cantidad a través de una pipeta milimetrada de 10ml de punta capilar y se depositaba sobre el refractómetro, (Anexo 3.5).

c) Determinación de acidez titulable

Se determinó la acidez en los tratamientos con deshidratación osmótica, evaluando los cambios de acidez debido a la diferencia de concentraciones

de sacarosa y las temperaturas aplicadas. Para ello se realizó una titulación con una solución valorada de NaOH 0.1 N frente a fenolftaleína como indicador, hasta la aparición de color rosado que persista por 30 segundos (AOAC 942.15 de 2005), procediendo a registrar el porcentaje de acidez titulable a través de la siguiente ecuación, (Anexo 3.6).

$$\% \text{ Acidez Titulable} = \frac{V * N * \text{MeqAc} . * 100}{m}$$

Dónde:

V = Consumo en ml de NaOH 0.1 N.

N = Normalidad de NaOH.

MeqAc.= Miliequivalente del ácido predominante (0.07 del ácido cítrico en frutas).

m = Peso de la muestra en gramos.

d) Determinación del pH

La determinación del pH se realizó para las muestras de melón deshidratadas osmóticamente, a través de un potenciómetro el cuál mide directamente el valor del pH; introduciendo el electrodo en la muestra la misma que ha sido previamente preparada añadiendo agua destilada, (Anexo 3.7).

3.7.2 ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

El estudio de la cinética de deshidratación osmótica del melón se empleó para conocer la forma en que se da la transferencia de masa en las distintas soluciones osmóticas, para esto se determinó la pérdida de agua, ganancia de solutos, coeficientes de difusión de agua y de sólidos.

a) Cinética de transferencia de masa

VEGA-GÁLVEZ, Antonio, et al. (2007), indican las fórmulas para calcular la pérdida de agua y la ganancia de sólidos.

- Pérdida de agua (ΔM_w)

La pérdida de agua se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\Delta M_w = \frac{M_o X_{ow} - M_t W_{wt}}{M_o}$$

- Ganancia de sólidos (ΔM_s)

La ganancia de sólidos se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\Delta M_s = \frac{M_t X_{st} - M_o W_{so}}{M_o}$$

Dónde:

ΔM_w = Pérdida de agua (g H₂O / g fruta).

ΔM_s = Ganancia de sólidos (g sólidos / g fruta).

M_o = Masa inicial de la fruta (g).

M_t = Masa de fruta deshidratada osmóticamente al tiempo t (g).

X_{so} = Sólidos solubles iniciales en la fruta (°Brix).

X_{st} = Sólidos solubles en la fruta deshidratada osmóticamente al tiempo t (°Brix).

X_{wo} = Humedad inicial de la fruta (g H₂O / g de muestra húmeda).

X_{wt} = Humedad de la fruta deshidratada osmóticamente al tiempo t (g H₂O / g de muestra húmeda).

b) Coeficientes de difusión de agua y de sólidos

La determinación de los coeficientes de agua y sólidos se realizó mediante las fórmulas presentadas por OCHOA MARTÍNEZ, C.I; AYALA, A, (2005).

- Coeficiente de difusión de agua

El coeficiente de difusión de agua (K_w) se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\Delta M_w = K_w \cdot t^{1/2}$$

- Coeficiente de difusión de sólidos

El coeficiente de difusión de sólidos (K_s) se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\Delta M_s = K_s \cdot t^{1/2}$$

3.7.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Se comparó microbiológicamente al mejor tratamiento deshidratado osmóticamente ante muestras de melón fresco, ambas muestras almacenadas en las mismas condiciones (4°C), donde se realizó un recuento de aerobios mesófilos así como también de mohos y levaduras representados en \log^{10} UFC/g, se evaluó mediante seguimiento cada 5 días a partir de su fecha de elaboración durante 15 días, obteniendo así resultados a los 0, 5, 10 y 15 días de almacenamiento. Se homogenizaron 10g de fruta en 90 ml de diluyente, que corresponde a la dilución 10^{-1} . Se tomó 1ml de esta dilución, inoculando por duplicado en placas Petrifilm™

para recuento de aerobios mesófilos y para recuento de mohos y levaduras, (Anexo 3.8).

Para el recuento de mohos y levaduras, las placas se incubaron según la Guía de interpretación 3M™ Petrifilm™ la cual indica que se deben incubar durante 3-5 días a 25°C.

En la interpretación de resultados se utilizó la Guía de Interpretación Petrifilm para la identificación de colonias de mohos y levaduras en placas, donde se indica que para diferenciar las colonias de mohos y levaduras en las placas Petrifilm™ Levaduras y Mohos, se deben buscar una o más de las siguientes características típicas:

LEVADURAS

- Colonias pequeñas.
- Las colonias tienen bordes definidos.
- De color rosa-tostado a azul-verdoso.
- Las colonias pueden aparecer alzadas ("3D").
- Generalmente no tienen un foco (centro negro) en el centro de la colonia.

MOHOS

- Colonias grandes.
- Las colonias tienen bordes difusos.
- Color variable (los mohos pueden producir sus propios pigmentos).
- Las colonias son planas.
- Generalmente con un foco en el centro de la colonia.

En cuanto al recuento de microorganismos aerobios mesófilos, las placas se incubaron 48 horas a 35°C según el Instructivo técnico para Recuento de

Microorganismos Aerobios Mesófilos Mediante Técnica Petrifilm AOAC Official Method 990.12.

Para la interpretación de las colonias de aerobios mesófilos se utilizó la Guía de interpretación 3M™Petrifilm™ el cual indica que se deberán contar todas las colonias de color rojo, independientemente de su tamaño o intensidad.

3.7.4 ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se realizó con el fin de revelar el grado de satisfacción que provoca en los consumidores los trozos de melón deshidratados osmóticamente, se contó con la participación de 30 panelistas, que fue conformado por docentes y estudiantes de Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí. Para este análisis se procedió a dotar de dos muestras de melón fresco y dos muestras osmodeshidratada de melón del mejor tratamiento elegido mediante el análisis de la cinética de deshidratación osmótica, ambas muestras fueron codificadas para asegurar la veracidad de los resultados. Para la obtención de datos se utilizó una tabla para prueba de escala de control (Anexo 3.9) presentada por HERNANDEZ, E. (2005), para calificar a cada tratamiento en base a parámetros de color, olor, sabor y textura.

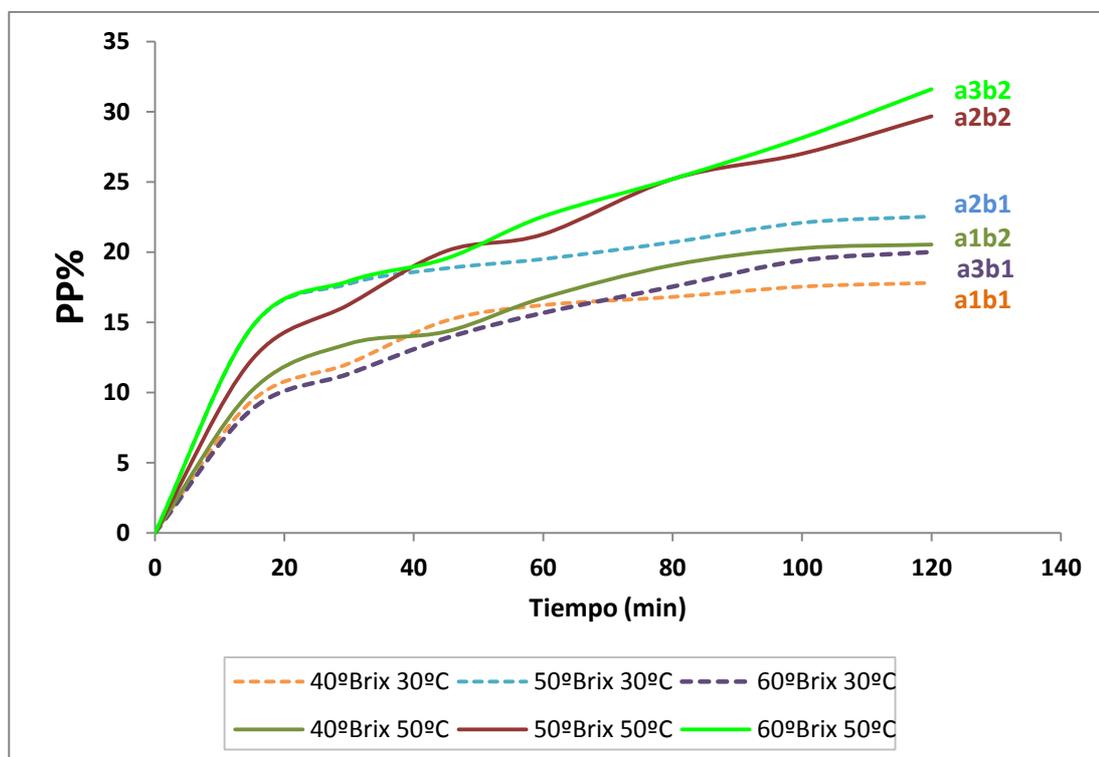
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

El análisis de la deshidratación osmótica de las muestras de melón se realizó a través de la cinética de pérdida de agua, pérdida de peso y la ganancia de sólidos para cada tratamiento donde se evaluó el comportamiento de aplicar soluciones de sacarosa de 40, 50 y 60 °Brix con variables de temperaturas de 30 y 50 °C para la solución.

4.1.1 PÉRDIDA DE PESO

Figura 4.1: Pérdida de peso porcentual en el proceso de deshidratación osmótica.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

En la **Figura 4.1** se muestra la evolución de la pérdida de peso en las muestras de melón a las temperaturas de 30 y 50 °C durante la deshidratación osmótica con soluciones de sacarosa en concentraciones de 40, 50 y 60 °Brix.

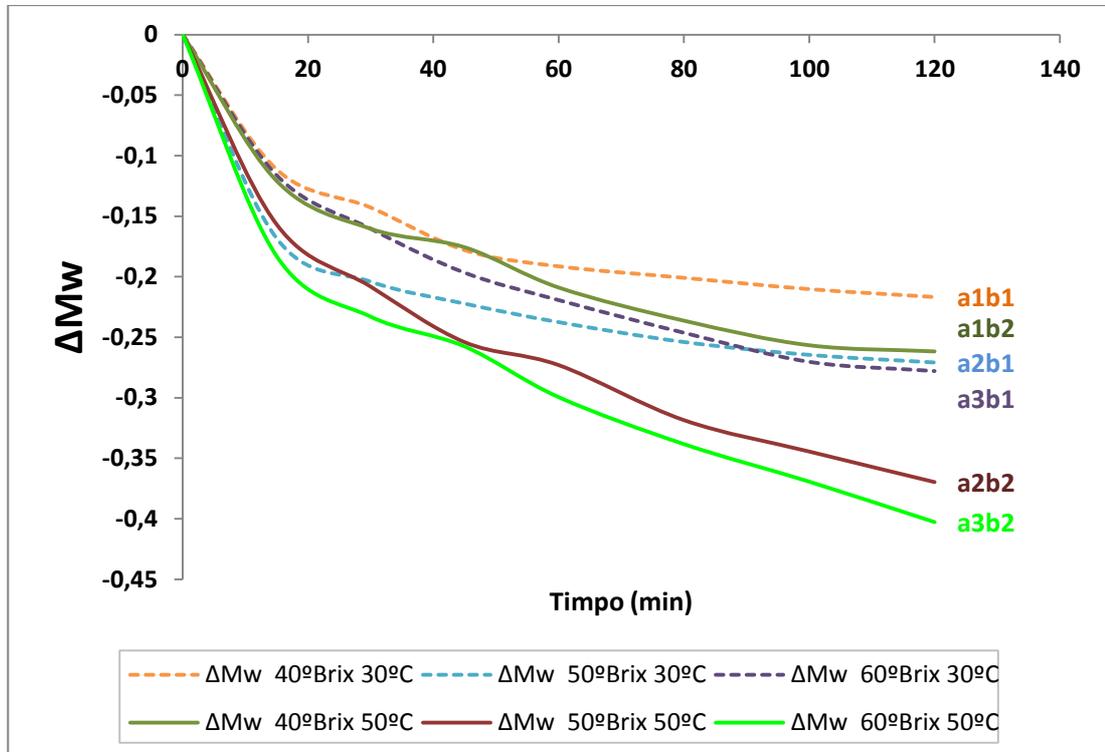
La temperatura afectó la evolución de la pérdida de peso, a mayor temperatura se obtuvo mayor pérdida de peso. En solución de sacarosa con 60 °Brix a 30°C se alcanzó una reducción de peso final de 20%, mientras que la misma concentración (60 °Brix) a 50°C la pérdida de peso fue del 31,6%; el comportamiento fue similar para las concentraciones de sacarosa de 40 y 50 °Brix.

En cuanto al comportamiento de las soluciones osmóticas bajo las mismas condiciones de temperatura, en la mayoría de los casos se observó que a menor concentración de sacarosa es mucho menor la pérdida de peso, ya que la solución osmótica de 40 °Brix produce menor pérdida de peso (17,8% a 30°C y 20,53% a 50°C) que las soluciones de 50 °Brix (22,53% a 30°C y 29,67% a 50°C) y 60 °Brix (20% a 30°C y 31,60% a 50°C).

La velocidad de pérdida de peso sucede inicialmente de manera más acelerada con un progresivo retardo a medida que avanza el tiempo de contacto con la solución osmótica. Para todos los tratamientos en las condiciones evaluadas se observó que en los primeros 20 minutos de la deshidratación osmótica hay una marcada tendencia inicial a perder peso, aproximadamente el 10% y tendiendo luego todas las curvas a perder peso gradualmente a través del tiempo.

4.1.2 PÉRDIDA DE AGUA

Figura 4.2: Pérdida de agua en el proceso de deshidratación osmótica.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

En la **Figura 4.2** se muestra la evolución de la pérdida de agua en las muestras de melón a las temperaturas de 30 y 50 °C durante la deshidratación osmótica con soluciones de sacarosa en concentraciones de 40, 50 y 60 °Brix.

Para ambas temperaturas (30 y 50 °C), la mayor pérdida de agua al final de la deshidratación osmótica se obtuvo a mayor concentración (60 °Brix), en los tratamientos **a3b1** (60 °Brix a 30 °C) y **a3b2** (60 °Brix a 50 °C). Al analizar el efecto de la aplicación de temperatura para cada tratamiento, se muestra un aumento en la pérdida de agua al aumentar la temperatura, los tratamientos **a1b1**, **a2b1** y **a3b1** con temperatura de 30 °C tuvieron pérdidas de agua inferiores comparadas con los tratamientos **a1b2**, **a2b2** y **a3b2** a los cuales se aplicó temperatura constante de 50 °C.

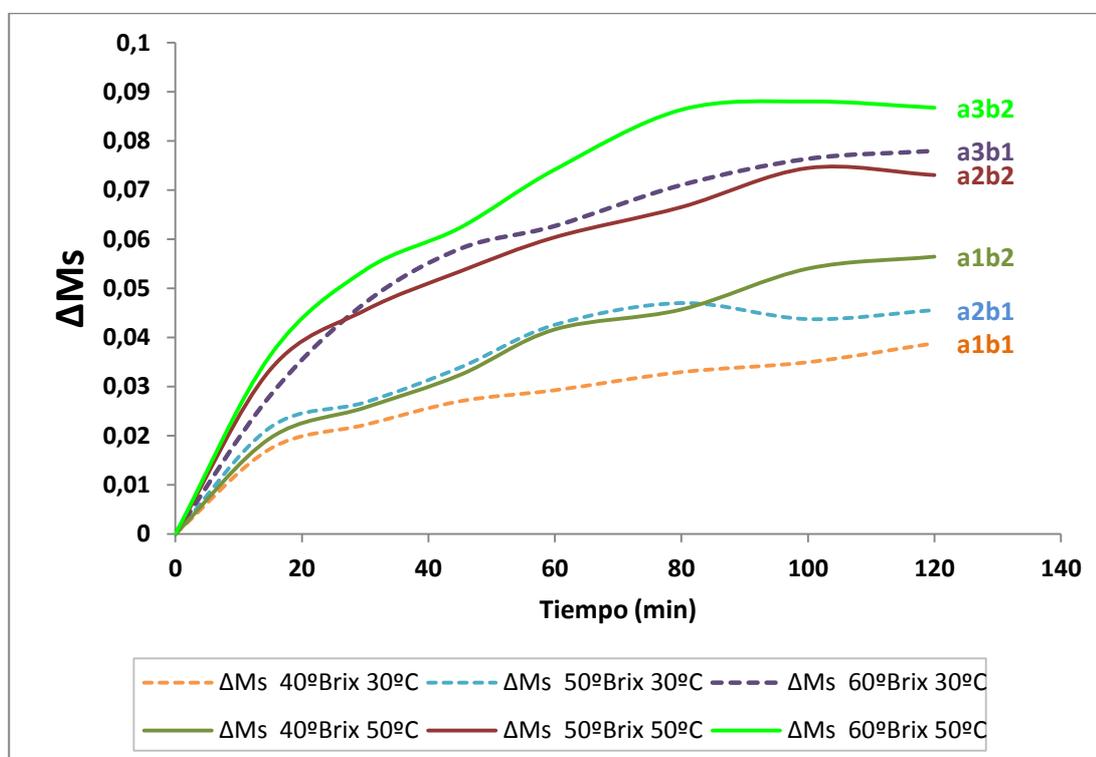
Al finalizar el tiempo de deshidratación osmótica, cabe destacar que en todos los tratamientos resultó mayor la pérdida de agua a mayor concentración de sacarosa (60 °Brix) y temperatura (50°C); se pudo comprobar que mientras mayor sea la concentración de sacarosa y aplicando temperaturas más altas, es considerablemente mayor la pérdida de agua.

Para todos los tratamientos indiferentemente de la concentración de sacarosa y aplicación de temperatura, se pudo observar un aumento de la pérdida de agua a medida que aumenta el tiempo de deshidratación osmótica, observando un flujo neto negativo que hace reducir el peso de las muestras de melón.

SHARMA S. *et al.* (2003), refiere que las temperaturas altas aumentan la pérdida de agua por medio del hinchamiento y plasticidad de las membranas celulares, mientras que las velocidades más altas de eliminación de agua se alcanzan dentro de los primeros 60 minutos de deshidratación osmótica debido a una gran fuerza impulsora entre la savia diluida de la fruta y la solución osmótica.

4.1.3 GANANCIA DE SÓLIDOS SOLUBLES

Figura 4.3: Ganancia de sólidos solubles en el proceso de deshidratación osmótica.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

En la **Figura 4.3** se muestra la evolución de la ganancia de sólidos solubles en las muestras de melón a las temperaturas de 30 y 50 °C durante la deshidratación osmótica con soluciones de sacarosa en concentraciones de 40, 50 y 60 °Brix.

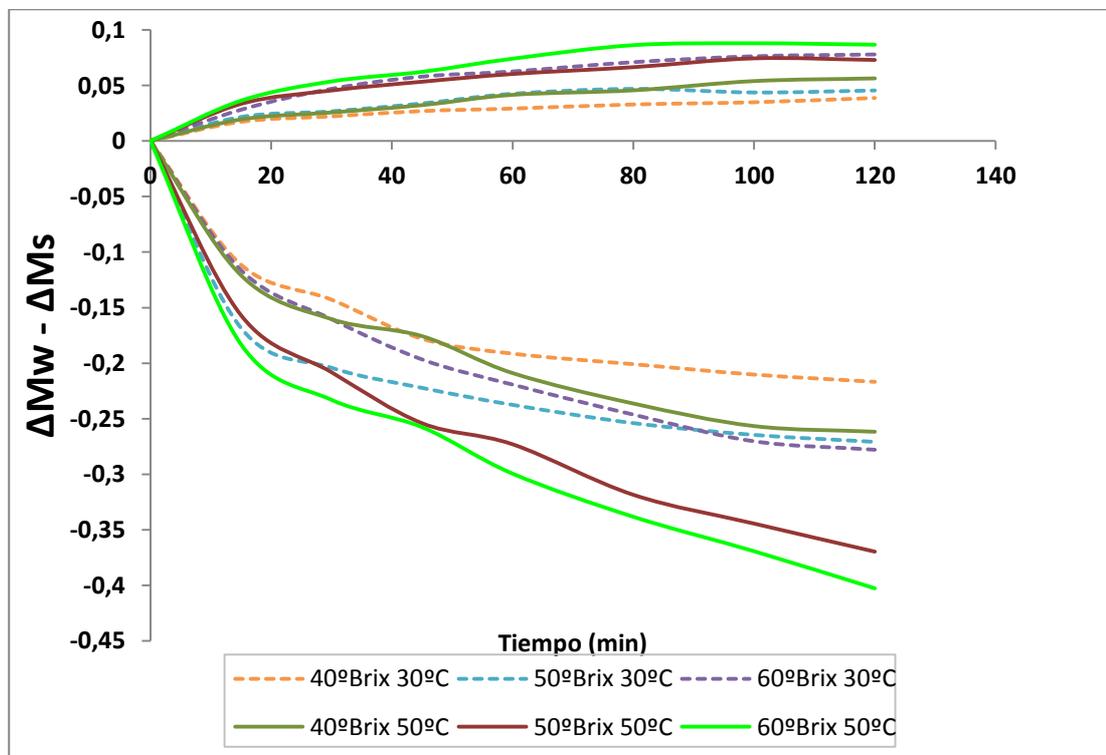
Para los tratamientos con temperatura de 30 y 50 °C y concentraciones de sacarosa de 40, 50 y 60 °Brix, el contenido de sólidos solubles aumentó con el tiempo de inmersión, con una acelerada incorporación inicial de soluto en los primeros 60 minutos dada por la capilaridad y por los cambios impuestos en la fuerza impulsora.

Se obtuvo mayor incremento en el contenido de sólidos solubles cuando se emplearon soluciones de sacarosa más concentradas, al aplicar soluciones a 50 y 60 °Brix la ganancia de sólidos es mayor que en soluciones de 40 °Brix en ambas temperaturas (30 y 50 °C), el incremento de sólidos solubles es más notorio a la concentración de 60 °Brix.

En los tratamientos **a1b2**, **a2b2** y **a3b2** con temperatura de 50 °C se produjeron cambios en la permeabilidad de la pared celular, aumentando la fluidez de la solución y el ingreso de sólidos solubles hacia las muestras de melón, mientras que los tratamientos **a1b1**, **a2b1** y **a3b1** con temperaturas de 30 °C tuvieron menor ganancia de sólidos.

4.1.4 EVOLUCIÓN DE LA PÉRDIDA DE AGUA Y GANANCIA DE SÓLIDOS SOLUBLES

Figura 4.4: Evolución de la pérdida de agua y de la ganancia de sólidos solubles en el proceso de deshidratación osmótica.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

La **Figura 4.4** se muestra la evolución de la pérdida de agua y de la ganancia de sólidos solubles en las muestras de melón a las temperaturas de 30 y 50 °C durante la deshidratación osmótica en soluciones de sacarosa en concentraciones de 40, 50 y 60 °Brix.

El análisis de los efectos de los diferentes tratamientos sobre el proceso de deshidratación osmótica demostró que las mayores velocidades de pérdida de agua y ganancia de sólidos se presentan en los primeros minutos. Es importante destacar que para todos los tratamientos resultó mayor la pérdida de agua que la ganancia de sólidos. Esto significa que la temperatura aplicada y las concentraciones de sacarosa tienen relación directa con la pérdida de agua y ganancia de sólidos.

4.1.5 COEFICIENTES DE DIFUSIÓN DE AGUA Y SÓLIDOS

Cuadro 4.1: Coeficientes de difusión de agua y sólidos para las diferentes soluciones osmóticas.

TRATAMIENTOS	Kw(gH ₂ O/g fruta)	R ²	Ks(gH ₂ O/g fruta)	R ²
a1b1	0,0148	0,9343	0,0030	0,9943
a1b2	0,0209	0,9847	0,0055	0,9876
a2b1	0,0143	0,9730	0,0037	0,8695
a2b2	0,0301	0,9959	0,0059	0,9728
a3b1	0,0234	0,9865	0,0069	0,9529
a3b2	0,0310	0,9963	0,0076	0,9373

Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

Comparando los coeficientes de difusión de agua (KW) de los tratamientos en los cuales se aplicó concentraciones de 40, 50 y 60 °Brix en temperaturas de 30 y 50 °C, se escogió el que posee mayor coeficiente de difusión de agua.

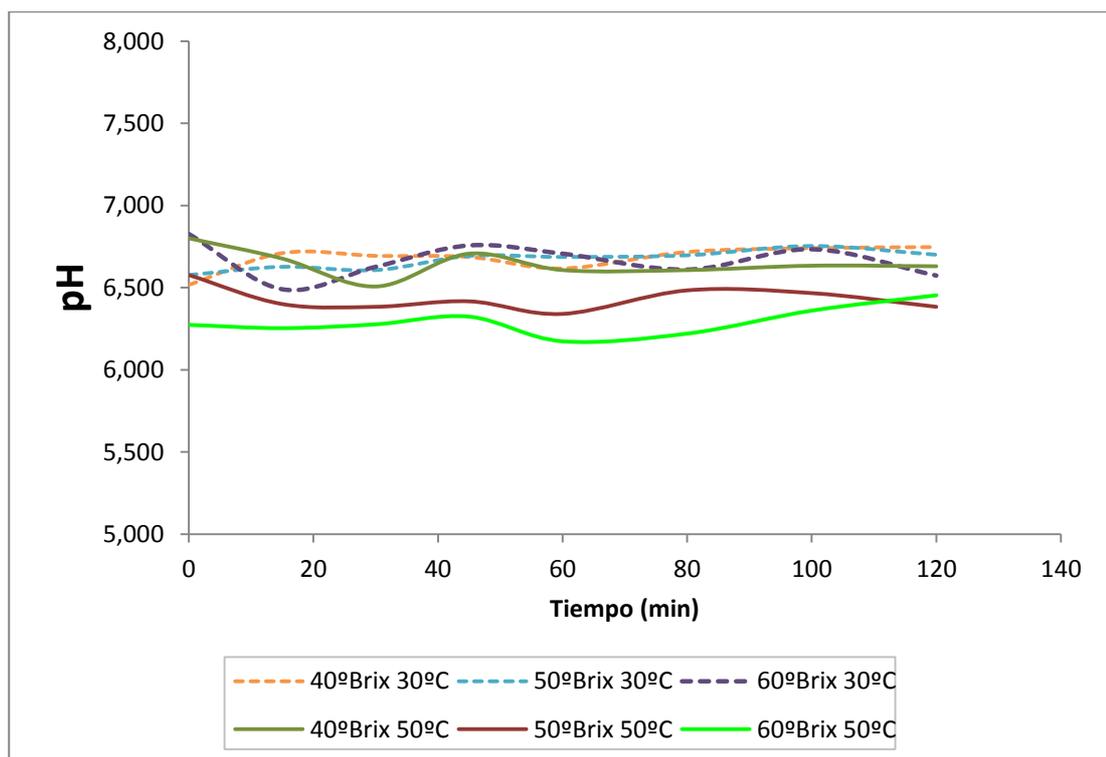
Para los coeficientes de difusión de sólidos (KS) se consideró el que posee mayor resistencia a la difusión de sólidos, escogiendo el tratamiento con el menor coeficiente de difusión de sólidos.

En la elección del mejor tratamiento se consideraron los tratamientos: **a2b2** y **a3b2**, siendo los que presentaron el mayor coeficiente de difusión de agua. Mientras que el coeficiente de difusión de sólidos resultó menor para el tratamiento **a2b2**, motivo por el cual se lo escogió como el mejor tratamiento.

4.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

4.2.1 ANÁLISIS DE pH

Figura 4.5: Variación del pH en el proceso de deshidratación osmótica.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

En la **Figura 4.5** se comparan los valores del pH con relación al tiempo de deshidratación osmótica, el pH presenta el mismo comportamiento para

cada tratamiento, para comprobar variabilidad de los datos obtenidos se procedió a realizar un análisis de varianza.

Cuadro 4.2: Análisis de varianza de la variable pH.

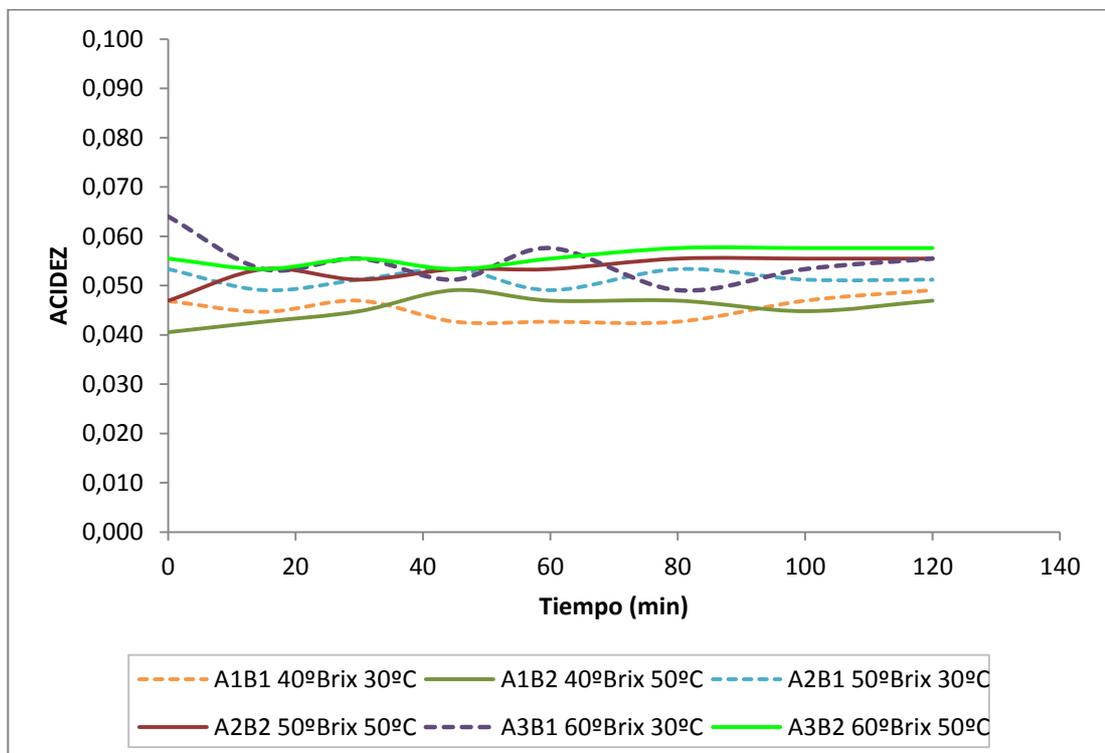
ANOVA					F TABLA	
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc	0,05	0,01
TOTAL	17	1,795			3,11	5,06
TRATAMIENTOS	5	0,350	0,070	0,581	NS	
ERROR	12	1,445	0,120			

Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

Para el pH se determinó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos: **a1b1**, **a2b1**, **a3b1**, **a1b2**, **a2b2** y **a3b2**.

4.2.2 ANÁLISIS DE ACIDEZ

Figura 4.6: Variación de la acidez en el proceso de deshidratación osmótica.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

En la **Figura 4.6** se muestra el comportamiento del análisis fisicoquímico de acidez realizado a las muestras de melón deshidratadas osmóticamente en el tiempo del proceso de deshidratación osmótica, donde se muestran el comportamiento de la acidez para cada tratamiento, de igual forma se procedió a realizar el análisis de varianza respectivo.

Cuadro 4.3: Análisis de varianza de la variable acidez.

ANOVA					F TABLA	
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc	0,05	0,01
TOTAL	17	0,003728			3,11	5,06
TRATAMIENTOS	5	0,000278	0,000056	0,193	NS	
ERROR	12	0,003450	0,000287			

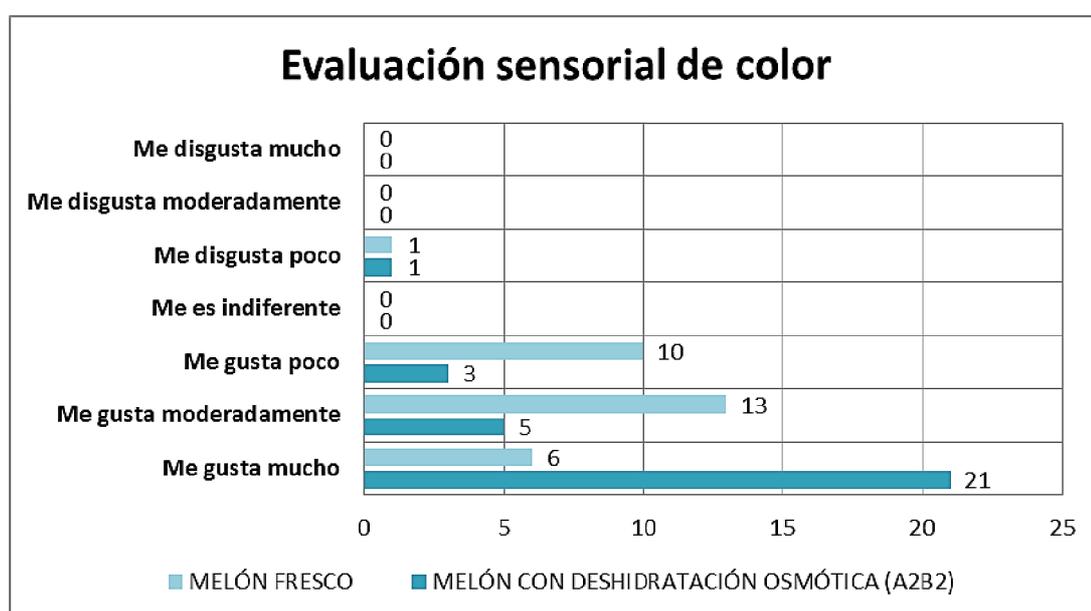
Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

En cuanto a la acidez se determinó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos: **a1b1, a2b1, a3b1, a1b2, a2b2 y a3b2.**

4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL

En el análisis sensorial se analizó la preferencia y aceptabilidad de las muestras de melón del mejor tratamiento (**a2b2**) comparándolas con muestras de melón fresco, evaluando así el efecto del proceso de deshidratación osmótica en las variables de color, olor, sabor y textura (Anexo 4.1).

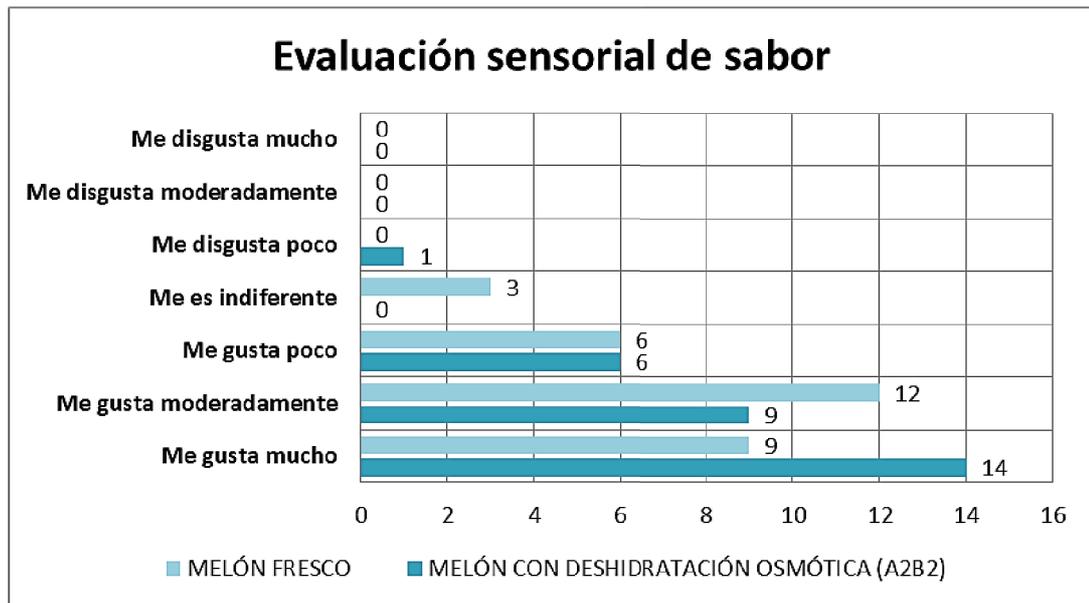
Figura 4.7: Resultado obtenido de la evaluación sensorial, variable color.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

En la **Figura 4.7** se encuentran graficados los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de acuerdo al color de las muestras de melón frescas y deshidratadas osmóticamente. En ambos tratamientos existe un dato para el parámetro de “Me disgusta poco”, esto no es significativo comparado con el resultado de agrado de las muestras de melón del mejor tratamiento. Se obtuvo mayor aceptación para la muestra deshidratada osmóticamente del mejor tratamiento **a2b2** (50 °Brix a 50 °C).

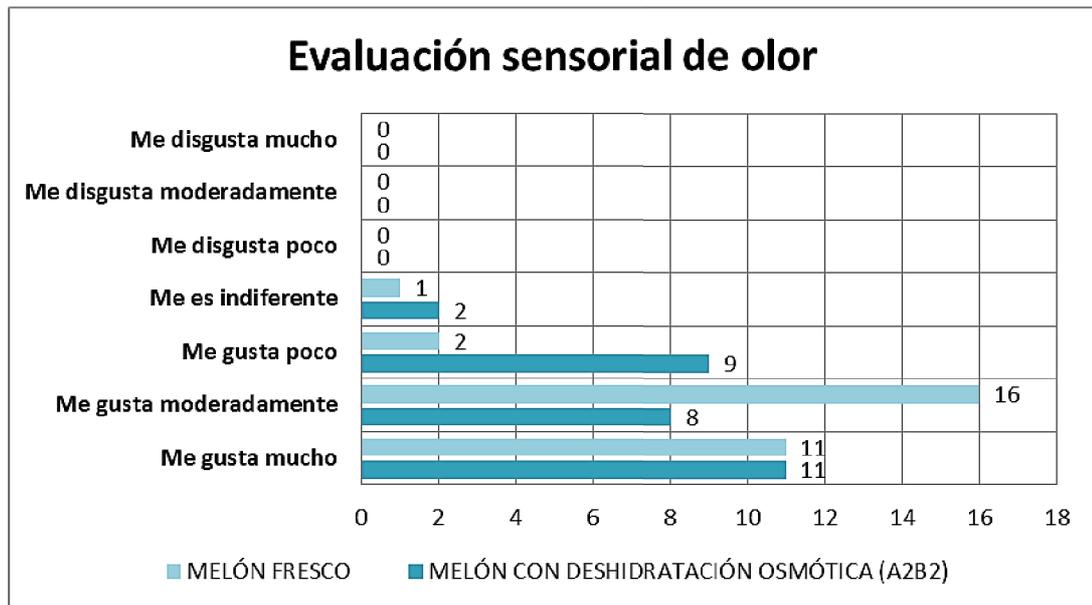
Figura 4.8: Resultado obtenido de la evaluación sensorial, variable sabor.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

De igual manera en la **Figura 4.8** se encuentran los resultados del parámetro sabor en la evaluación sensorial de melón fresco comparado con muestras del mejor tratamiento, obteniendo mayor porcentaje de aceptación el mejor tratamiento **a2b2**, esto se debe a la ganancia de sólidos solubles en el proceso de deshidratación osmótica, resaltando el dulzor y mejorando el sabor de los trozos de melón.

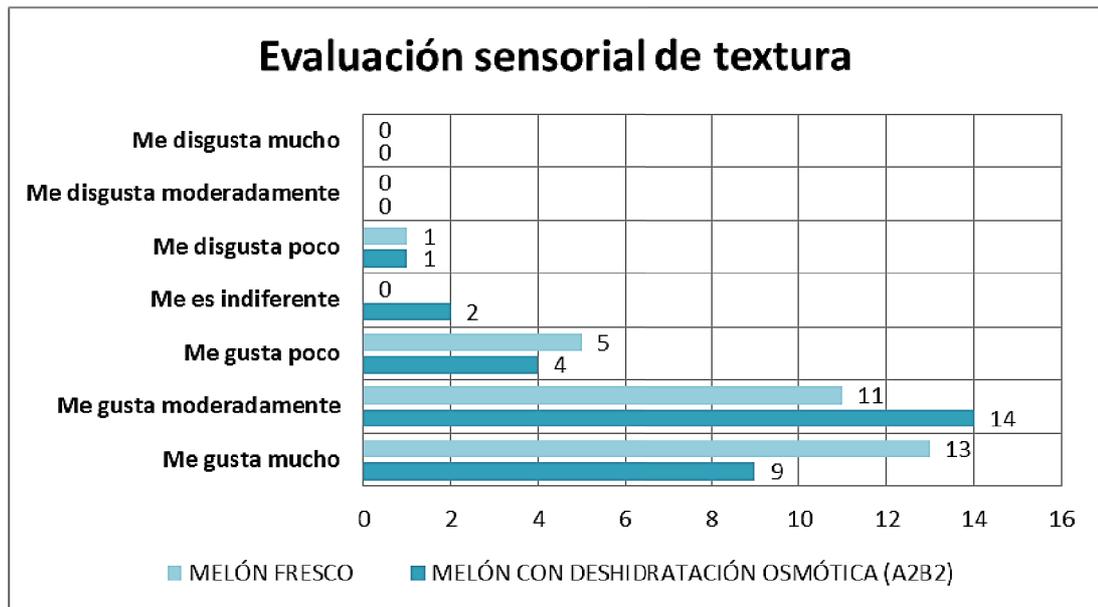
Figura 4.9: Resultado obtenido de la evaluación sensorial, variable olor.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

En la **Figura 4.9** se encuentran reflejados los resultados de acuerdo al olor de las muestras de melón fresco y las del mejor tratamiento osmodeshidratado (**a2b2**), para este parámetro evaluado se evidencia gran similitud en la comparación de resultados.

Figura 4.10: Resultado obtenido de la evaluación sensorial, variable textura.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

Finalmente en la **Figura 4.10** se grafican los resultados de la variable textura, con un mínimo porcentaje diferencial hacia el mejor tratamiento (**a2b2**) si se compara con los resultados de aceptación de las muestras de melón fresco, ya que el olor de la fruta no se ve afectado en el procesos de deshidratación osmótica.

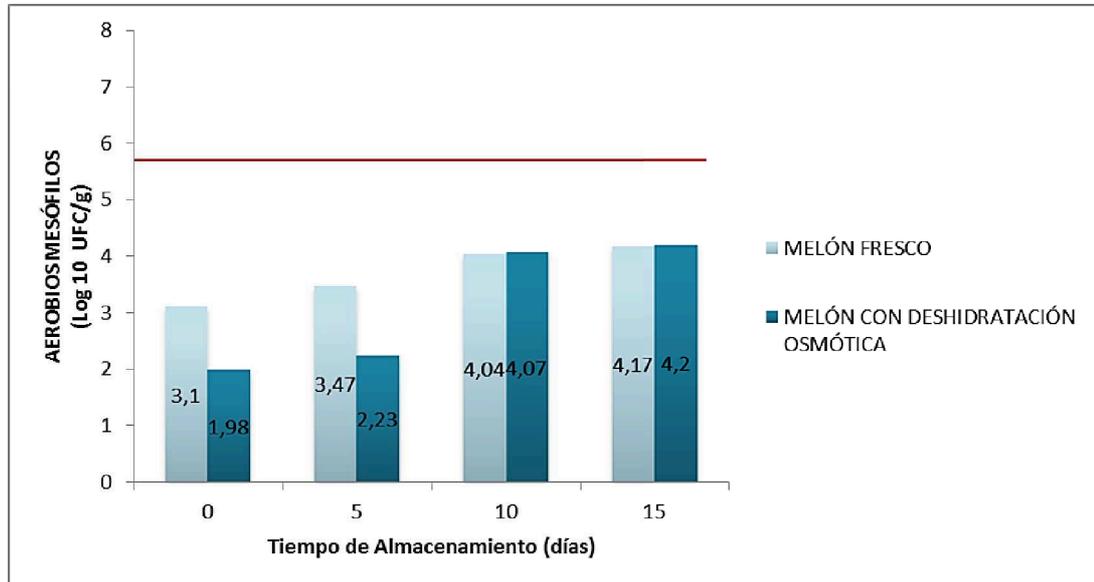
4.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA

Al almacenar las muestras de melón fresco y muestras de melón del mejor tratamiento (**a2b2**) que fue sometido a un proceso osmótico, se determinó la vida útil desde el punto de vista microbiológico analizando el crecimiento de aerobios mesófilos así como también el crecimiento de mohos y levaduras en placas Petrifilm™ 3M a los 0, 5, 10, 15 días de almacenamiento a 4°C, evaluando el efecto de aplicar deshidratación osmótica para reducir el contenido de agua disponible para el crecimiento microbiano.

En la recopilación de normas microbiológicas de alimentos, asimilados y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario presentada por Moragas E, M., & Pablo Busto, M. B. D. (2006), especifican que para aerobios mesófilos el límite máximo es de 5×10^5 ufc/g y 10^2 ufc/g para mohos y levaduras respectivamente.

a) Aerobios mesófilos

Figura 4.11: Resultados promedios de los análisis microbiológicos recuento de aerobios mesófilos.

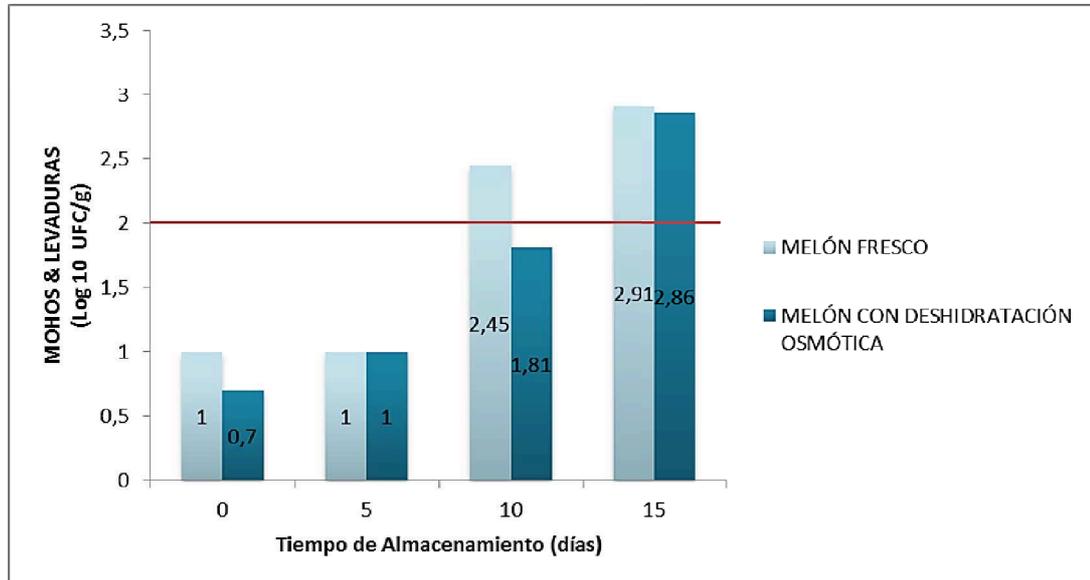


Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

En la **Figura 4.11** se puede evidenciar que inicialmente las muestras de melón del mejor tratamiento (**a2b2**) mantuvieron un menor número de aerobios mesófilos en comparación al melón fresco, al día 5 de almacenamiento en ambas muestras hay un incremento notorio, sin embargo las muestras osmodeshidratadas se mantienen por debajo de las muestras de melón fresco; Al día 10 tanto las muestras de melón fresco así como las del mejor tratamiento alcanzan valores similares en los recuento de aerobios mesófilos, al día 15 se produce un ligero incremento para ambas muestras, pero se mantienen con valores similares. En el periodo de almacenamiento hubo un incremento notable en el crecimiento de aerobios mesófilos en los primeros días, decayendo a partir del día 10 para ambos casos, sin embargo las muestras de melón del mejor tratamiento (**a2b2**) y las muestras de melón fresco se mantuvieron dentro de los límites permitidos en los recuentos de aerobios mesófilos, (Anexo 4.3).

b) Mohos y Levaduras

Figura 4.12: Resultados promedios de los análisis microbiológicos recuento de mohos y levaduras.



Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

En la **Figura 4.12** se muestra el crecimiento de mohos y levaduras de las muestras de melón del mejor tratamiento (**a2b2**) comparado con muestras de melón fresco, al inicio del almacenamiento ya existe crecimiento para ambas muestras, predominando el crecimiento en las muestras de melón fresco; para el día 5 existe una igualdad en el recuento de mohos y levaduras en las muestras de melón fresco y las muestras deshidratados osmóticamente del mejor tratamiento; Las muestras de melón fresco tienen un incremento considerable para el día 10, superando el límite permitido mientras que el crecimiento se ve afectado por el tratamiento osmótico ya que las muestras del mejor tratamiento (**a2b2**) se mantienen dentro del límite máximo permitido en el recuento de mohos y levaduras. Para el día 15 ambas muestras almacenadas superan el límite permitido para mohos y levaduras (10^2 ufc/g), (Anexo 4.4).

4.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

La estimación de costos de cada insumo utilizado en el proceso de osmodeshidratación para el mejor tratamiento (**a2b2**) elegido mediante estudio cinético de la deshidratación osmótica, se representó en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.4: Estimación económica.

INSUMOS	CANT. USADA (gr)	PRECIO/KILO	COSTO DE INSUMO
Azúcar	2000	0,95	1,90
Agua purificada	1000	0,33	0,33
Melón	500	1,85	0,93
		TOTAL	3,16

Elaborado por: GARCÍA N, (2014).

CONCLUSIONES

En el análisis de la cinética del proceso de deshidratación osmótica se determinó que a mayor concentración de sacarosa aumenta la pérdida de peso, pérdida de agua y la ganancia de sólidos, mientras que al aplicar temperatura a la solución osmodeshidratante se afecta el comportamiento de estos factores, ya que se altera el tejido de la fruta y con esto aumenta el flujo de agua saliente e incrementa la ganancia de sólidos solubles en la muestra, permitiendo mayor remoción de humedad.

No se encontró diferencia significativa entre las muestras tratadas con deshidratación osmótica en las variables fisicoquímicas de pH y acidez, manteniendo valores similares a los del melón fresco, considerando que el proceso de deshidratación osmótica no afectó las propiedades fisicoquímicas de las muestras de melón.

En análisis sensorial se evaluaron las variables de color, sabor, olor y textura, con gran aceptación para las muestras de melón del mejor tratamiento (**a2b2**) escogido mediante el análisis de la cinética de deshidratación osmótica, determinando que el proceso de deshidratación osmótica ayudó a conservar las propiedades organolépticas del melón.

En cuanto a la estabilidad microbiológica, las muestras tratadas osmóticamente presentaron menores recuentos de aerobios mesófilos como también de mohos y levaduras, manteniendo menor población microbiana hasta el final del almacenamiento, comprobando la efectividad del tratamiento de conservación en el aumento de la vida útil del melón.

RECOMENDACIONES

Aplicar métodos combinados de conservación en conjunto con el proceso de deshidratación osmótica, que permitan disminuir la actividad de agua a tal punto de inhibir el crecimiento microbiano, teniendo en cuenta que estos métodos no sean aplicados de forma excesiva y conseguir que no afecten en gran medida las cualidades propias de un producto fresco.

Realizar un estudio de la influencia del empaque utilizado sobre la vida útil del melón deshidratado osmóticamente , así como también la utilización de sellado al vacío para tratar de prolongar aún más la vida útil sin afectar a las características organolépticas.

Buscar el método apropiado para la reutilización de la solución osmótica, logrando así reducir el costo de elaboración en el proceso de deshidratación osmótica.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANDINO, F. (2010). Curso de microbiología de alimentos. Un enfoque práctico para la inocuidad alimentaria. P. 20-41
2. ALZAMORA, M. *et al.* (2004). Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Manual de capacitación. P. 7-15.
3. ALVARADO, J. 1996. Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. Ambato, EC, División de Artes Gráficas. p. 434 – 440.
4. ARBOLEDA, J. 1999. Tratamientos de rodajas de piña Cayena Champaca por deshidratación osmótica y otros métodos combinados. Tesis Ingeniería Química. Quito Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Escuela de Ingeniería Química. p. 11-12, 19, 20.
5. BARBOSA, G. Vega, H. 2000. Deshidratación de Alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. p. 27- 35, 130, 135.
6. BARAT, J. MAUPOEY, P. GRAW, A. 1998. Deshidratación osmótica de alimentos. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia. Dpto. de Tecnología de Alimentos. p. 1-18, 53-70.
7. CAMACHO, G.(2002), Revista científica, Versión on-line. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ICTA. Procesamiento y conservación de frutas por deshidratación osmótica directa. Consultado el 11 – junio 2013 Disponible en:
http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomo_bak/2006228/teoria/obfrudes/pl.htm.

8. CHACÓN, S. 2006. Manual de procesamiento de frutas tropicales a escala artesanal, en el Salvador. Procesamiento de frutas: Procesos húmedos y procesos secos”, Instituto interamericano de cooperación para la agricultura, Santa Tecla, Salvador, p. 49 – 50.
9. CASP, A. ABRIL, J. 2003. Procesos de conservación de alimentos. 2a. ed. Madrid-ES. Mundi-Prensa. p. 34-40, 69-71.
10. CAÑIZARES A; BONAFINE O; LAVERDE D (2007).Elaboración de productos agrícolas. Deshidratación de productos vegetales. P 11-14.
11. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DIRECTA. Consultado 14- mayo - 2013.Disponible en:
<http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0302107-41116>
12. DUQUE, C. y MORALES, A. (2005). Universidad Nacional de Colombia. El aroma frutal de Colombia. p. 256-258.
13. Empleo de la deshidratación osmótica en frutas. Consultado el 12 de septiembre del 2013. Disponible en:
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obfrudes/p3.htm>
14. FITO, P. (1994). Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. Journal of Food Engineering. p. 313-328.
15. GENINA SOTO, P. (2002). Deshidratación osmótica: alternativa para conservación de frutas tropicales. Revista Avance y Perspectiva, Vol. 21. p. 321-324.
16. HERNANDEZ, E. (2005). Evaluación Sensorial. Facultad de ciencias básicas e ingeniería. P. 57-65.

17. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (1988). Máquinas para el procesamiento de alimentos. p. 121-125.
18. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (1980). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Curso sobre preparación y evaluación de proyectos agropecuarios y agroindustriales. Tomo III. P. 32-38.
19. JORGE LEÓN. ORTON IICA/CATIE (1987). Botánica de los cultivos tropicales. P. 392-395.
20. MAESTELLI, Andrea (1997). Fundamentos de la deshidratación osmótica de frutas. CURSO TALLER DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DIRECTA DE VEGETALES. Memorias del Curso Taller "Deshidratación Osmótica Directa de Vegetales. Santafé de Bogotá: Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. p. 37.
21. Manual de Comercialización de Melón, CEDEGE.
22. MORAGAS ENCUESTRA, Manuel; PABLO BUSTO, M^a Begoña de. Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y asimilados y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario. Alimentaria, 2006, no 374, p. 76-77.
23. MILLÁN, F. (2005), Aplicación de un diseño rotatable en el modelado empírico de la deshidratación osmótica en frutas, Vol. 30, núm. 10, pp. 638-643.
24. OCHOA MARTÍNEZ, C.I; AYALA, A. (2005). Modelos matemáticos de transferencia de masa en deshidratación osmótica. Ciencia y tecnología. Vol. 4. Pp. 330-342.
25. PAMPLONA ROGER, JORGE. (2003). El poder medicinal de los alimentos- 1^a ed., 1^a. Reimp.- Buenos Aires.p. 240.

26. PASCUAL, M.R.; CALDERÓN, V. (2000). Microbiología alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas. Cap. 30: Cereales (315-319). Cap. 34: Hortalizas y verduras (337-339). Cap. 35: Frutas y derivados (341-345). Edición Díaz de Santos.
27. PARZANESE, M. Tecnología para la industria alimentaria. DESHIDRATCIÓN OSMÓTICA. Ficha N° 6, p. 1-11.
28. PRÓSPERO, G. 2006. Deshidratación osmótica: alternativa para la conservación de frutas tropicales. Disponible en:
<http://www.cinvestav.mx/Portals/0/Publicaciones%20y%20Noticias/Revistas/Avance%20y%20perspectiva/sepoct02/12%20DESHIDRATACION.pdf>
29. Raúl G. Torricella Morales y Víctor M. Huerta Espinosa (2008). Análisis Sensorial aplicado a la restauración. Antología / -- Puebla: Instituto Culinario de México - Editorial Universitaria, p.
30. Rios, M; Márquez, C; Ciro, H. 2005. Deshidratación osmótica de papaya hawaiana (Carica papaya L.) Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias (en línea). Consultado 25- junio-2013. Disponible en:
<http://www.agro.unalmed.edu.co/publicaciones/revista/docs/art.%2013.%20deshidratacion.pdf>
31. SANTILLÁN, C. (2004). Procesamiento de tajaditas de mango (Mangifera indica) variedad Tommy Atkins por deshidratación osmótica y fritura. Tesis Ingeniería Agroindustrial. Tegucigalpa- Honduras. Escuela Panamericana de Agricultura. p. 7, 43.
32. SHARMA S; MUVANEY S; RIZVI S, (2003). INGENIERÍA DE ALIMENTOS. Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio.

Editorial Limusa. p. 225-230.

33. SIERRA GARCÍA (2010). Estudio de la deshidratación osmótica de la arveja china (*Pisum Sativum* L.) Mediante dos metodologías, directa e indirecta, como alternativa tecnológica al sector hortofrutícola del país.
34. TALENS, P. (2002). Tratamientos Osmóticos en la Crioprotección de Fresa y Kiwi. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
35. Técnicas de Secado Soluciones Prácticas-ITDG. Consultado el 22 – junio 2013 Disponible en:
<http://www.itdg.org.pe/publicaciones/pdf/tecnicasdesecado.pdf>
36. TORRICELLA, R; HUERTA, V. (2008). Análisis sensorial aplicado a la restauración. P. 11-20.
37. UNAL. 2004. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. (ICTA). Fundamentos de la osmodeshidratación directa. Consultado el 20 de agosto del 2013. Disponible en:
www.unal.edu.co/icta
38. UMIÑA, G. (2007). Conservación de alimentos por frío. Refrigeración/Congelamiento. P. 30-54.
39. VALLEJO F, ESTRADA E. (2004), Producción de Hortalizas de clima cálido. p. 239-241.
40. VACLAVIK, V. 2002. Fundamentos de ciencia de los alimentos. Zaragoza-España. Editorial Acribia S.A. p. 393, 430,438.
41. VEGA-GÁLVEZ, Antonio, et al (2007). Deshidratación osmótica de la

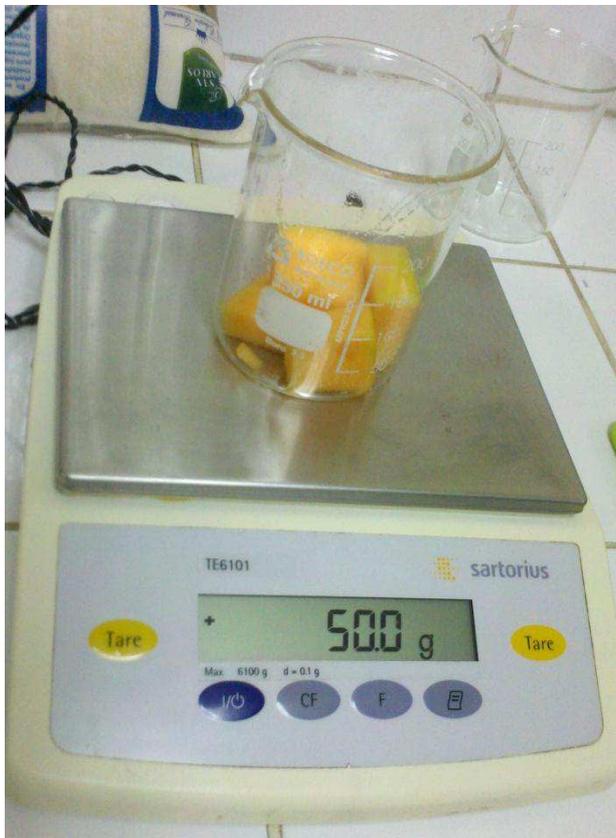
papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia. *Food Science and Technology* (Campinas), vol. 27, no 3, p. 470-477.

ANEXOS

Anexo 3.1: Preparación de la solución osmótica.



Anexo 3.2: Pesado de las muestras de melón.



Anexo 3.3: Deshidratación osmótica.



Anexo 3.4: Esquema de toma de datos en el proceso de deshidratación osmótica.

Nixon Xavier

FECHA			T1	T2	T3	T4	T5	T6
			A1*B1 (40°Brix- 30°C)	A1*B2 (40°Brix- 50°C)	A2*B1 (50°Brix- 30°C)	A2*B2 (50°Brix- 50°C)	A3*B1 (60°Brix- 30°C)	A3*B2 (60°Brix- 50°C)
: DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	MIN	pH						
		Acidez						
		° Brix						
		PESO						
		HUMEDAD						
	MIN	pH						
		Acidez						
		° Brix						
		PESO						
		HUMEDAD						
	MIN	pH						
		Acidez						
		° Brix						
		PESO						
		HUMEDAD						
	MIN	pH						
		Acidez						
		° Brix						
		PESO						
		HUMEDAD						
MIN	pH							
	Acidez							
	° Brix							
	PESO							
	HUMEDAD							

Anexo 3.5: Determinación de sólidos solubles.



Anexo 3.6: Determinación de acidez.



Anexo 3.7: Determinación de pH.



Anexo 3.8: Procedimiento microbiológico.



Anexo 3.9: Esquema de la evaluación sensorial.

EVALUACIÓN SENSORIAL		
NOMBRE: _____	FECHA: _____	
CURSO: _____		
<p>Frente a usted hay dos muestras codificadas de melón, las cuales debe probar una a la vez; Marque con una X su juicio sobre cada muestra.</p>		
COLOR	MUESTRAS	
	M1	M2
Me gusta mucho		
Me gusta moderadamente		
Me gusta poco		
Me es indiferente		
Me disgusta poco		
Me disgusta moderadamente		
Me disgusta mucho		
OBSERVACIONES _____		

GRACIAS..		

Anexo 4.1: Evaluación sensorial.



Anexo 4.2: Etapa de almacenado.



Anexo 4.3: Recuento de placas Petrifilm™ Aerobios Mesófilos.



Anexo 4.4: Recuento de placas Petrifilm™ Mohos y Levaduras.

