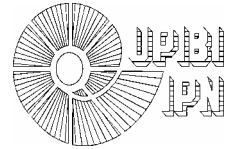




La técnica al servicio de la patria



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLIGÍA

SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL NOPAL Y LA PAPAYA APLICANDO UNA APROXIMACIÓN SISTEMÁTICA

**INFORME TÉCNICO DE LA OPCION CURRICULAR EN LA MODALIDAD DE:
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERA EN ALIMENTOS:

PRESENTA:
ROCÍO JAZMÍN PÉREZ PÉREZ
ALICIA ISABEL ARAYA SERRANO

ASESORA: M. en C. VERÓNICA HERRERA CORONADO

México D.F. Mayo de 2006

INDICE

	Pág.
1. Introducción	1
1.1 Estado de campo	2
1.1.1 Deshidratación osmótica	2
1.1.2 Papaya maradol (<i>Carica papaya L.</i>)	4
1.1.3 Nopal verdura (<i>Opuntia Platyopuntia</i>)	5
1.1.3.1 Componentes químicos del nopal	6
2. Justificación	8
3. Objetivos	9
4. Metodología	10
4.1 Materiales	10
4.2 Equipo	10
4.3 Métodos	11
5. Resultados y discusión	16
5.1 Tiempo de inmersión	16
Papaya	16
Nopal	18
5.2 Efecto de la temperatura	21
Papaya	21
Nopal	22
5.3 Pulso de vacío	25
Papaya	25
Nopal	26
5.4 Cinética de deshidratación a 100 °C	27
Papaya	27
Nopal	29
5.6 Determinación de parámetros	30
5.7 Balance de materiales	30
Papaya	31

Nopal	32
6. Conclusiones	33
7. Recomendaciones	34
8. Bibliografía	35
9. Anexos	38

INDICE DE FIGURAS

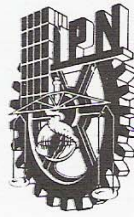
	Pág.
1. Curva de concentración y pérdida de peso de la papaya contra tiempo.	3
2. Diagrama de bloques para la metodología del proceso.	11
3. Corte del nopal para su deshidratación.	12
4. Papaya sumergida en solución osmótica.	13
5. Nopal en solución osmótica salina.	13
6. Determinación de humedad por termobalanza.	14
7. Bomba de vacío.	15
8. Cinética de la Deshidratación Osmótica de la papaya a en solución de sacarosa al 60% a temperatura ambiente (25° C).	16
9. Muestra de papaya deshidratada 2 h.	17
10. Cinética del nopal a temperatura ambiente (25 °C).	18
11. Cinética del nopal a temperatura ambiente (25 °C).	18
12. Cinética del nopal deshidratado osmóticamente en solución salina al 5%, a temperatura ambiente (25 °C)	20
13. Cinética del nopal deshidratado en solución osmótica salina al 5%, a temperatura ambiente (25 °C).	20
14. Efecto de la temperatura de la solución en la deshidratación osmótica de papaya.	21
15. Efecto de la temperatura de la solución en la deshidratación osmótica de papaya.	22

16. Efecto de la temperatura de la solución en la deshidratación osmótica de nopal.	22
17. Efecto de la temperatura de la solución en la deshidratación osmótica de nopal.	23
18. Nopales después de la cinética a temperatura ambiente (25 °C)	24
19. Apariencia de los nopales después de la deshidratación osmótica en solución salina a 40°C.	24
20. Apariencia de los nopales después de la deshidratación osmótica en solución salina a 50°C.	24
21. Efecto de la aplicación de pulsos de vacío en el peso de la papaya.	25
22. Efecto de la aplicación de pulsos de vacío en el peso del nopal.	26
23. Efecto de la aplicación de pulsos de vacío en el peso del nopal	26
24. Cinética de deshidratación a 100 °C, para la papaya fresca.	27
25. Cinética de deshidratación a 100 °C, para la papaya previamente deshidratada osmóticamente a las condiciones seleccionadas.	28
26. Papaya deshidratada osmóticamente y colocada en la termobalanza	28
27. Cinética de deshidratación a 100 °C, para el nopal fresco.	29
28. Cinética de deshidratación a 100 °C, para el nopal previamente deshidratado osmóticamente a las condiciones seleccionadas.	29
29. Determinación de humedad por termobalanza	30
30. Matriz producto para la papaya.	31
31. Matriz producto para el Nopal.	32



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA México., D. F., a 30 de Enero de 2006.
Of. No. SA-UPIBI-172/06

PÉREZ PÉREZ ROCÍO JAZMÍN.
8º SEMESTRE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN ALIMENTOS
Presente.

Comunico a usted, que como resultado de la evaluación del Comité de Proyecto Terminal, con esta fecha queda registrado su proyecto terminal en la modalidad de "PROYECTO DE INVESTIGACION" denominado "SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL NOPAL Y LA PAPAYA APLICANDO UNA APROXIMACIÓN SISTEMÁTICA" bajo la asesoría interna de la M. en C. Verónica Herrera Coronado.

De cumplir con las condiciones que abajo se indican, será acreditada la opción curricular de titulación. Asimismo me permito recordarle que el trabajo experimental deberá concluir en el octavo semestre y entregar el informe técnico final, de conformidad con los lineamientos que para tal fin establezca el Comité mencionado.

CONDICIONES

1. Permanecer en la misma opción y actividad en el Proyecto Terminal I, II, III.
2. Obtener una calificación igual o superior a 8.0 en Proyecto Terminal I, Proyecto Terminal II y Proyecto Terminal III.
3. Cumplir con el 90% de asistencia a las actividades asignadas.
4. Cumplir con los demás requisitos que se fijan en el programa de estudios de la asignatura.

ATENTAMENTE.
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"



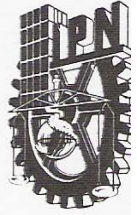
DR. GUSTAVO VALENCIA DEL TORO,
SUBDIRECTOR ACADÉMICO.

INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL
INTERDISCIPLINARIA DE
BIOTECNOLOGÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA

c.c.p. Departamento de Control Escolar.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA



SECRETARÍA
 DE
 EDUCACIÓN PÚBLICA México., D. F., a 30 de Enero de 2006.
 Of. No. SA-UPIBI-173/06

RAYA SERRANO ALICIA ISABEL.
8º SEMESTRE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN ALIMENTOS
Presente.

Comunico a usted, que como resultado de la evaluación del Comité de Proyecto Terminal, con esta fecha queda registrado su proyecto terminal en la modalidad de "PROYECTO DE INVESTIGACION" denominado "SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL NOPAL Y LA PAPAYA APLICANDO UNA APROXIMACIÓN SISTEMÁTICA" bajo la asesoría interna de la M. en C. Verónica Herrera Coronado.

De cumplir con las condiciones que abajo se indican, será acreditada la opción curricular de titulación. Asimismo me permito recordarle que el trabajo experimental deberá concluir en el octavo semestre y entregar el informe técnico final, de conformidad con los lineamientos que para tal fin establezca el Comité mencionado.

CONDICIONES

1. Permanecer en la misma opción y actividad en el Proyecto Terminal I, II, III.
2. Obtener una calificación igual o superior a 8.0 en Proyecto Terminal I, Proyecto Terminal II y Proyecto Terminal III.
3. Cumplir con el 90% de asistencia a las actividades asignadas.
4. Cumplir con los demás requisitos que se fijan en el programa de estudios de la asignatura.

ATENTAMENTE.
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL
INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

c.c.p. Departamento de Control Escolar.

1. INTRODUCCION

La deshidratación osmótica (DO) es un proceso de conservación que consiste en sumergir los alimentos en soluciones hipertónicas con el objetivo de producir dos efectos principales originados por la tendencia hacia el equilibrio: el flujo de agua desde el producto hacia la solución hipertónica y flujo de solutos hacia el interior del alimento. En el caso de frutas y hortalizas, se puede presentar la salida de solutos como son los ácidos orgánicos. Este fenómeno, aunque es poco importante por el bajo flujo de sólidos perdidos, puede modificar sustancialmente algunas propiedades del fruto como son las organolépticas.

Si bien se ha dado en décadas pasadas muchos resultados de investigación sobre el desarrollo de procesos de deshidratación bajo este principio para frutas y hortalizas como la papaya, el proceso es un estudio no acabado y continúan publicándose resultados al respecto, estudiando el efecto de la modificación de las variables, sobre la velocidad de deshidratación.

Para el caso del Nopal, objeto de este estudio, no hay mucha información publicada, razón por la cual se desarrolló en este estudio el proceso de DO utilizando solución de cloruro de sodio, considerando que el principal uso del nopal verdura es para consumo en forma salada, aunque para el caso de mermelada y dulce, el contenido de sal utilizado no representa ningún inconveniente.

Se evaluó el efecto que sobre el proceso de DO tiene las variables de operación, sales como: tiempo de inmersión, concentración de la solución, temperatura de la solución osmótica y la aplicación de un pulso de vacío. La aplicación del pulso de vacío es una variable que elimina parte o todo el gas intracelular ocluido en el producto, permitiendo o facilitando la salida de agua o la entrada de la solución.

Los resultados obtenidos sugieren para el proceso de DO de la papaya a una concentración del 65% de sacarosa, 2 h de inmersión a 30 °C y la aplicación de un pulso de vacío 6 min para papaya y 4 min para nopal; el nopal se trató 2h a temperatura ambiente en solución al 5% de cloruro de sodio.

❖ 1.1. ESTADO DEL CAMPO:

1.1.1 Deshidratación osmótica. El proceso de deshidratación osmótica se basa en el fenómeno de la ósmosis, en el que la difusión gobierna la transferencia de líquidos o gases a través de una sustancia permeable para alguno de ellos.

Si un compartimiento de agua pura se separa de una disolución acuosa por medio de una membrana rígida permeable al agua, pero impermeable a los solutos, habrá un paso espontáneo de agua desde el compartimiento que contiene agua pura hacia el que contiene la disolución. La transferencia de agua se puede detener aplicando a la disolución una presión, además de la presión atmosférica. El valor de esta presión adicional necesaria para detener el paso de agua recibe el nombre de PRESION OSMOTICA de la disolución. De lo anterior se puede deducir que a mayor concentración de solutos en un compartimiento (que puede ser una célula, como en el caso de este estudio), mayor será la presión osmótica que presente, es decir, mayor será su capacidad de absorber agua de la solución más diluida, de la cual está separada por una membrana permeable al agua.

Las paredes celulares o membranas biológicas que constituyen las paredes de las frutas o animales son semipermeables, es decir que permiten el paso de sustancias como el agua pero no el de moléculas más grandes y complejas, a no ser que se haga por fenómenos especiales (7.).

En la papaya el proceso de la deshidratación se debe, a que el agente osmodeshidratante esta compuesto por la sacarosa. El jarabe de sacarosa entra en la fruta dependiendo de la impermeabilidad de las membranas a este soluto. Por lo general los tejidos de la fruta no permiten el ingreso de sacarosa por el tamaño de esta molécula, aunque ésta si puede dejar salir moléculas mas sencillas como ciertos ácidos o aromas.

Se ha observado que la inclusión de azúcares protege la pigmentación de los vegetales, por lo que su aplicación podría eliminar la necesidad de inactivar

enzimas, proceso comúnmente aplicado para eliminar los problemas de oscurecimiento de vegetales (13).

La reducción del peso de la fruta sumergida en la solución o jarabe concentrado durante un tiempo determinado, puede ser tomada 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. 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 mas la presión osmótica, favoreciendo un rápido flujo de agua a través de la membrana en busca del equilibrio.

(www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obfrudes/p3.htm)

Curva A: Reducción porcentual de peso (% WR) en función del tiempo , de las muestras de papaya en cubos sumergidos en una solución de sacarosa de 60 Bx.

Curva B: Variación de la concentración (Bx) del jarabe durante la deshidratación osmótica

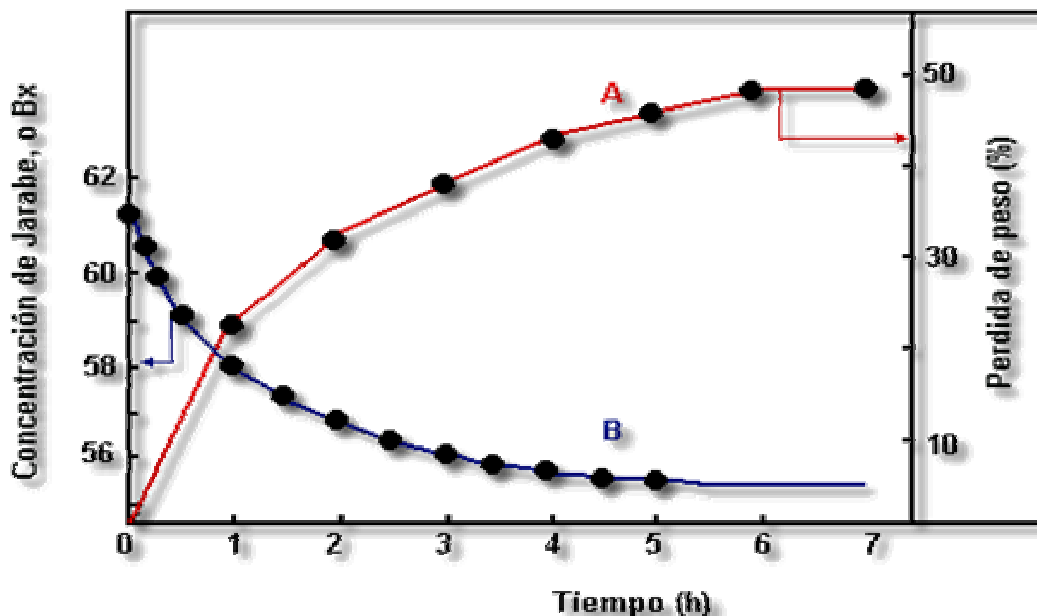


Figura 1. Curva de concentración y pérdida de peso de la papaya contra tiempo (Fuente: www.virtual.unal.edu.com)

1.1.2 Papaya maradol (*carica papaya L.*). Es una fruta blanda, muy jugosa y de consistencia pastosa. Pertenece a la familia de las Caricáceas. Es originaria de México y de los Andes Peruanos. La época de recolección llega cuando los frutos empiezan a ablandarse y a perder el color verde del ápice. La madurez se alcanza a los 4 ó 5 días de la recolección y los frutos toman un color amarillo. La fruta que es verde en un principio se encuentra en el momento óptimo para su consumo, tanto desde el punto de vista nutritivo como organoléptico, cuando empieza a adquirir un tono amarillento. Es frecuente que algunas manchitas marrones le afecten la piel, pero esto no afecta en absoluto a la calidad de su pulpa. El fruto maduro cede fácilmente a la presión de los dedos, desprendiendo la parte del tallo un suave aroma dulzón.

La papaya es una fruta bastante perecedera y muy frágil, debido a su suave y fina piel, por ello se la debe manipular con cuidado. Cuando está madura se ha de conservar en condiciones de refrigeración, donde se mantendrá en almacenamiento durante aproximadamente una semana, puesto que es un fruto climatérico. Si aún no ha madurado, se le debe mantener a temperatura ambiente hasta que la piel verde tome un tono amarillo. Si esto no sucede, es señal de que el fruto fue recolectado antes de tiempo y en este caso, se recomienda cocinarla a modo de verdura.

En cuanto a su valor nutritivo, la papaya contiene grandes cantidades de vitamina A, vitamina C, potasio, fibra y otros nutrientes. Es rica en sales minerales, sales alcalinas, con preferencia potasio y sal combinada con ácido málico. Posee una enzima llamada papaína, cuyo alto contenido hace que este fruto sea muy diurético y benéfico para la función digestiva. En el cuadro 1 se presenta la composición proximal de la papaya. (Fuente: www.virtual.unal.edu.com)

Cuadro 1. Composición química de la fruta de papaya maradol, expresada en porcentaje

ELEMENTO	%
Agua	88.1
Carbohidratos	9.8
Fibra	0.8
Proteína	0.6
Ceniza	0.6
Grasa	0.1
Calorías	39 en 100 gramos

Fuente: (www.virtual.unal.edu.com)

1.1.3 Nopal verdura (Opuntia Platyopuntia). El Nopal es endémico de América y existen 258 especies reconocidas, 100 de las cuáles se encuentran en México en donde se cuenta con una superficie aproximada de 10,000 Ha. de plantaciones especializadas en Nopal para consumo humano.

El Nopal se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Familia	Cactaceae
Género	<i>Opuntia</i>
Subgénero	<i>Platyopuntia</i>

Su planta es arborescente, arbustiva o rastrera, con o sin tronco bien definido, artículos aplanados (cladodios), de forma lanceolada, elípticos o suborbiculares; las flores son grandes, con corola frecuentemente amarilla, aunque a veces son de color rosa, anaranjado o rojizo. El fruto (tuna) es globoso, ovoide con espinas setosas, pulpa jugosa. Las semillas son lenticulares, con testa clara. Estas plantas se encuentran distribuidas en toda América, desde el nivel del mar hasta las planicies del centro y norte del país, aunque están representadas en toda la república. (www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm)

El género *Opuntia* (subgénero *Platyopuntia*) es uno de los más diversificados y abundantes en la República Mexicana; se presentan prácticamente en todos los tipos de vegetación de las zonas áridas y semiáridas, y con frecuencia aparecen también en zonas tropicales y templadas.

Se calcula que en México existen 2 mil 500 productores de nopal aproximadamente, ocupando el séptimo lugar en producción de cultivo con 267 mil 385 toneladas por año.

En México, el Nopal tiene principalmente tres usos. Como alimento: nopales en escabeche y salmuera, mermeladas, dulces y licores. Para medicamentos: cápsulas, comprimidos y polvos. Como cosméticos: cremas limpiadoras y humectantes, shampoo y jabones. En este caso se utilizará como alimento.

Como cultivo el nopal verdura se explota en los estados de San Luis Potosí, Oaxaca, Jalisco, Puebla, Michoacán, Aguascalientes. Como cultivo el nopal verdura se explota en los estados de San Luis Potosí, Oaxaca, Jalisco, Puebla, Michoacán, Aguascalientes, Baja California, Distrito Federal, Colima y Zacatecas. En la Delegación Milpa Alta del Distrito Federal y en el estado de Colima se concentran las mayores superficies cultivadas del nopal.

Tomando en consideración que más del 50% del territorio nacional puede catalogarse como árido y semiárido y que gran parte de la población nativa de estas zonas depende principalmente del aprovechamiento de plantas adaptadas a estas condiciones, se comprende la importancia que tiene el cultivo de esta cactácea, como fuente de alimento para las poblaciones marginadas.

1.1.3.1 Componentes químicos del nopal

En cactáceas tales como el nopal, el agua alcanza valores mayores al 90% en tallos, pencas y frutos, siendo el componente que le da el aspecto de succulencia. En lo que respecta a la planta del nopal, se han encontrado porcentajes de humedad muy variables. En el cuadro 2 se presentan las cantidades reportadas para los diferentes componentes del Nopal. (www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm)

Cuadro 2. Valor nutritivo del nopal (en 100 gr. de peso neto)
 (www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm)

CONCEPTO	CONTENIDO
Porción comestible	78%
Energía	27 kcal
Proteínas	1.70 g
Grasa	0.30
Carbohidratos	5.60 g
Calcio (mg)	93.00
Hierro (mg)	1.60
Tiamina (mg)	0.03
Riboflavina (mg)	0.06
Niacina (mg)	0.30
Ac. Ascórbico (mg)	8.00
Retinol (mcg Eq)	41.00

La cantidad y calidad de minerales que se localizan formando parte de los órganos y tejidos del nopal son muy variables, no sólo en diferentes especies, sino también dentro de una misma; dicha heterogeneidad se basa en las diferencias determinadas genéticamente por sus necesidades, variación climática y composición química de suelo. Los principales componentes minerales del nopal son el calcio y el potasio, presentándose también magnesio, sílice, sodio y pequeñas cantidades de hierro, aluminio y manganeso, predominando en forma de carbonatos y en ocasiones como cloruros, sulfatos y en pequeñas cantidades de fosfatos.

En relación a la calidad de su contenido proteico, en el cuadro 3 se presentan los diferentes aminoácidos encontrados en la porción comestible del nopal.

Cuadro 3. Aminoácidos encontrados en el nopal.

(www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm)

AMINOACIDO	CONTENIDO
Lisina	4.00 %
Isoleucina	4.00 %
Treonina	4.80 %
Valina	3.80 %
Leucina	5.20 %
Triptofano	0.80 %
Metionina	0.70 %

El proceso de DO se ha aplicado a la papaya con una concentración de 60 °Bx, ya que esta se ha encontrado que es la óptima para la solución y que a esta concentración la deshidratación ocurre más rápidamente (1). También se ha aplicado la DO en manzanas, fresas, zanahoria, membrillo, (3, 5, 6, 11, 7)

Sobre los resultados publicados se puede observar que utilizaron la metodología SAFES para determinar los balances de masa y energía, en este proyecto se utilizó manzana, esta metodología facilita mucho el trabajo para detectar los componentes de la muestra después del proceso, es decir, se ven reflejados los cambios que se presentaron durante la DO (4, 5).

2. JUSTIFICACION.

La deshidratación osmótica es un proceso relativamente económico que permite disminuir costos en el consumo de combustible en la deshidratación por aire caliente de frutas y hortalizas y constituye una alternativa para el procesamiento de papaya y nopal, en su consumo como conserva o como preparación para otro tipo de procesos finales.

La selección de los materiales permite explorar la aplicación de la metodología a dos materiales fisiológica y morfológicamente distintos, pero con el comportamiento del fenómeno de osmosis similar en cuanto a la difusión a través de la membrana celular.

La aproximación sistémica basada en la resolución de matrices facilita el balance de materiales en un proceso de deshidratación osmótica en el que se evalúan las modificaciones en los contenidos de líquidos, sólidos y gases durante el proceso.

La metodología de la investigación y la aplicación de los conocimientos de ciencia y tecnología de los alimentos, así como de ingeniería de bioseparaciones, coadyuva a la formación de acuerdo con el perfil de egreso de la carrera.

3. OBJETIVOS.

GENERAL: Caracterizar el proceso de deshidratación osmótica de papaya y de nopal mediante una aproximación sistemática para el balance de materiales.

ESPECIFICOS:

- a) Evaluar el efecto de variables como concentración de la solución osmótica, temperatura de la solución, tiempo de inmersión y pulso de vacío, sobre la velocidad de deshidratación del producto, para seleccionar las condiciones óptimas para el proceso de deshidratación de cada producto.
- b) Aplicar la metodología de aproximación sistemática (Método del Proyecto SAFES)

4 METODOLOGÍA

4.1 MATERIALES:

Papaya maradol en estado fisiológicamente maduro

Nopal verdura (*Opuntia Platyopuntia*)

Sal de mesa

Azúcar refinada de caña

4.2 EQUIPO

Refractómetro manual Marca Milwaukee , serie MR62, rango 10-30 °C, escala 28-65 °Bx

Refractómetro manual marca Thoinos SCIENTIFIC, serie 8045F64, escala 0-99 °Bx

Balanza analítica Marca Sartorius, serie CP 3245, capacidad máxima de 320 g, con desviación de ± 0.1 mg

Termobalanza Marca AMB MOISTURE BALANCE, serie AMB 310

Estufa Marca imperia V Laboratory , con control de temperatura con escala de 50-230 °C

Parrilla de agitación magnética Marca Fisher Scientific , intervalo de calentamiento de 30 a 380 °C, con controlador para la agitación con escala de 60-1200 rpm.

Bomba de vacío marca ARSA, serie 0512103, modelo AR-1500 con capacidad de vacío hasta 500 mmHg, DESPL 36.8L/min, arranque por capacitor.

Material común de laboratorio como: parrillas de calentamiento, Termómetro de vidrio con escala de mercurio, material de vidrio.

4.3 MÉTODOS.

En la figura 2 se presenta el diagrama de bloques para la metodología seguida para el desarrollo del proceso durante la investigación.

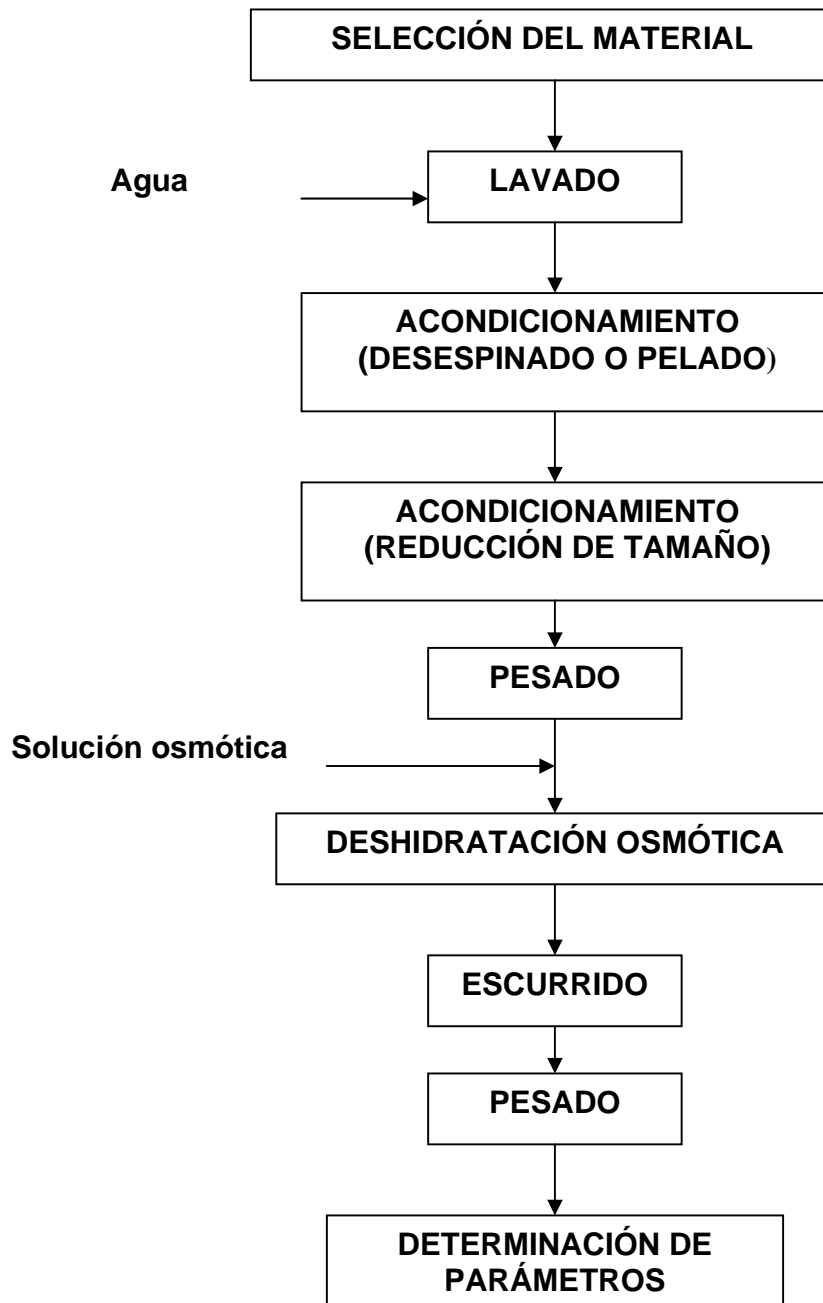


Figura 2. Diagrama de bloques para la metodología del proceso.

SELECCIÓN DEL MATERIAL. Para la papaya, se seleccionó la variedad maradol por ser económicamente la de mayor interés, además de tener mayor disponibilidad durante el año. La papaya se adquirió en tiendas de autoservicio, seleccionando el grado de maduración en estado “sazón”, esto es, fisiológicamente maduro pero de consistencia dura y color apenas presentando manchas amarillas.

Para el Nopal, se adquirió nopal procedente de la Delegación Milpa Alta, con cladidos (hojas) de tamaño de 15 a 18 cm.

LAVADO. Tanto la papaya como el nopal se lavaron con agua corriente. Al nopal se le aplicó un tratamiento desinfectante con solución de plata coloidal al 0.5%.

ACONDICIONAMIENTO (DESESPINADO O PELADO). La papaya se peló retirándole la cáscara y se acondicionó eliminando la zona adyacente a las semillas.

ACONDICIONAMIENTO (REDUCCIÓN DE TAMAÑO). La papaya se cortó en trozos de aproximadamente 2.5 por lado, mientras que el Nopal, se cortó en cuadrados de 1 cm por lado, del espesor correspondiente a la penca.

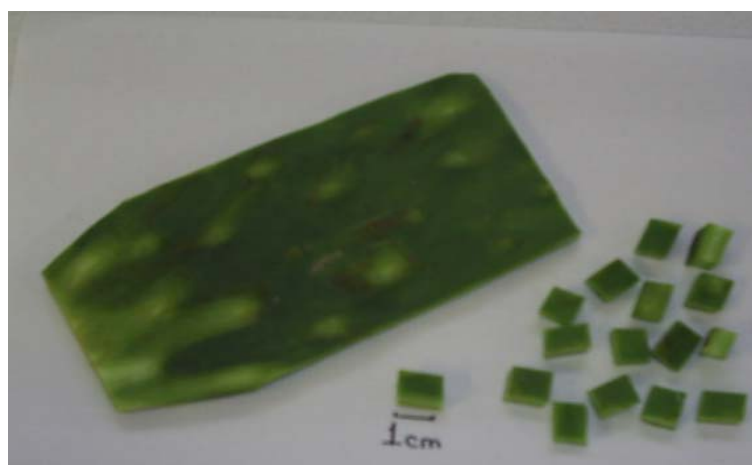


Figura 3. Corte del nopal para su deshidratación.

PESADO. Se pesaron porciones de 50 g para la papaya y de 100 g para el Nopal, procediendo a colocarlos por separado en un vaso con la solución osmótica en una relación 1:10 p/v pulpa/solución.

DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA. Se llevó a cabo evaluando diferentes concentraciones de solución osmótica, diferentes temperaturas en el intervalo de 20 a 50°C, con niveles de 10°C.

Ya pesados se sumergieron en la solución osmótica por diferentes tiempos para determinar la cinética de deshidratación y seleccionar el nivel de la variable tiempo de inmersión.

Para la papaya maradol se pesaron 50g de papaya y se sumergieron en 500 mL de una solución saturada de sacarosa a 60°Bx.



Figura 4. Papaya sumergida en solución osmótica.



Figura 5. Nopal en solución osmótica salina.

ESCURRIDO. Después del tiempo de deshidratación, el material se escurrió y se secó superficialmente con servilletas absorbentes de papel con la finalidad de retirarle la mayor cantidad de solución osmótica residual en la superficie.

PESADO. Después de escurridos, el material se pesó para registrar la pérdida de peso durante la deshidratación.

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS. Se determinaron los siguientes parámetros:

- Humedad de la papaya y el nopal fresco y deshidratado por medio de la termobalanza.



Figura 6. Determinación de humedad por termobalanza.

- Sólidos solubles mediante el refractómetro técnica 932.12 del A.O.A.C “sólidos solubles en frutas y productos de frutas método del refractómetro” (anexo 1).(2)
- Sólidos totales mediante la técnica 920.151 del A.O.A.C “sólidos totales en frutas y productos de fruta inciso b”. (anexo 1).(2)

- Sólidos solubles al inicio y final de la deshidratación, en la solución de sacarosa.(2)

APLICACIÓN DEL PULSO DE VACÍO. Con las condiciones de proceso seleccionadas como las óptimas para el proceso de deshidratación, se procedió a evaluar la aplicación de vacío a las muestras en fresco, antes del proceso de deshidratación. El pulso de vacío evaluado fue de 4, 6 y 8 minutos.



Figura 7. Bomba de vacío.

Balance de Materiales. La aproximación sistemática a los sistemas alimentarios (SAFES por sus siglas en inglés: Systematic Approach to Food Engineering

Systems) es un método desarrollado por el grupo de investigación en frutas y hortalizas de la Universidad Politécnica de Valencia, en España; permite describir y calcular productos, operaciones y procesos mediante la aplicación de la matriz descriptiva del alimento y balances de masa, volumen y energía. En el proceso de alimentos se aplica la matriz de la materia prima, la matriz del producto y la matriz de cambios, a partir de las cuales se desarrolla el balance de masa.(5, 6)

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan organizados de acuerdo a la variable de proceso estudiada, esto es: Tiempo de inmersión, Concentración de la solución, Temperatura de la solución y pulso de vacío.

5.1 TIEMPO DE INMERSIÓN.

En la figura 8 se observa que la papaya pierde peso en función del tiempo de inmersión en la solución. En las primeras etapas, la pendiente de la curva es pronunciada, semejando el periodo de velocidad constante en el proceso de deshidratación, hasta el tiempo de 2 h, a partir del cual, se observa un cambio drástico en la pendiente.

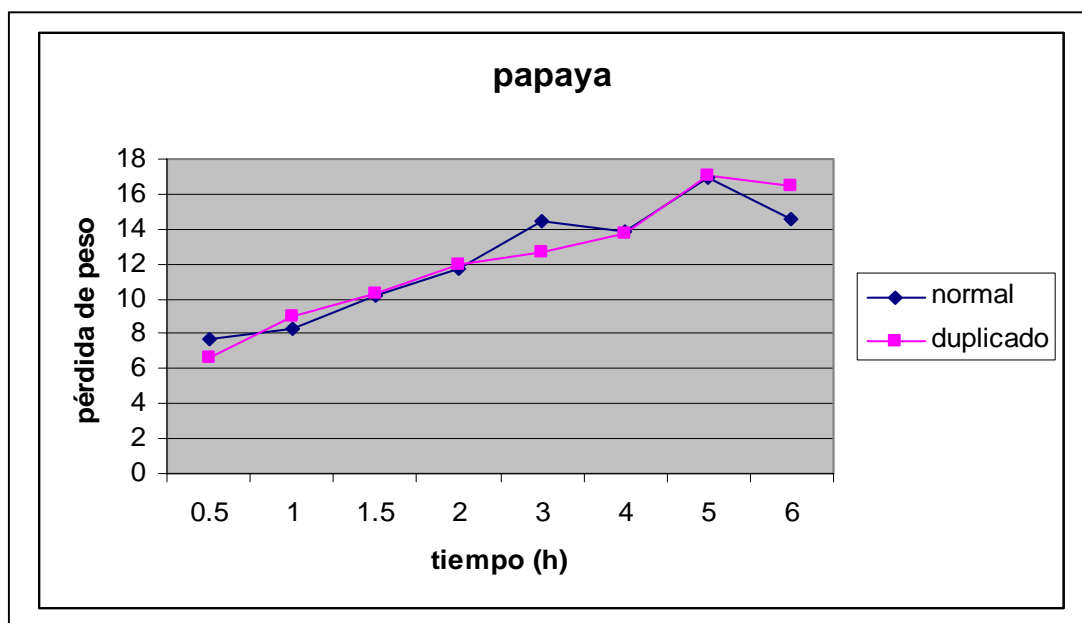


Figura 8. Cinética de la Deshidratación Osmótica de la papaya a en solución de sacarosa al 60% a temperatura ambiente (25° C).

Esta variación podría relacionarse con el periodo de velocidad decreciente en un proceso desecado, en el que la velocidad a la que se pierde agua disminuye y el proceso redeshidratación se hace muy lento, tendiendo a alcanzar la humedad de equilibrio. Realmente la humedad de la papaya deshidratada osmóticamente dista mucha de la humedad de equilibrio de la papaya en un secado por aire caliente, pero se observa que el fenómeno difusional se dificulta y disminuye.

Con base en este resultado, se tomó la decisión de aplicar en los tratamientos subsecuentes, un tiempo de inmersión de 2.0 h.

La apariencia en color de la papaya deshidratada osmóticamente es agradable, conforme a lo reportado por otros investigadores que argumentan que, a pesar de la probable pérdida de ácidos orgánicos hacia la solución osmótica, el color de la papaya se reafirma hacia un naranja más firme y brillante por el azúcar de la superficie. (1) y (13).

En cuanto a la textura, el producto es aceptable y no pierde la estructura y firmeza. En la Figura 9 se presenta el producto después de 2 h de inmersión en solución de sacarosa al 60% a temperatura ambiente.



Figura 9. Muestra de papaya deshidratada 2 h.

Los resultados para el Nopal se presentan en las figuras 10 y 11. En la Figura 10, se observa que en función del tiempo reinmersión, el nopal pierde peso en un comportamiento similar al observado para la papaya, pero a una velocidad ligeramente menor denotada por una menor pendiente en la curva. Se observa que el peso disminuye rápidamente en las dos primeras horas y posteriormente parece que se mantiene constante debido a que la pérdida de agua se vuelve muy lenta.

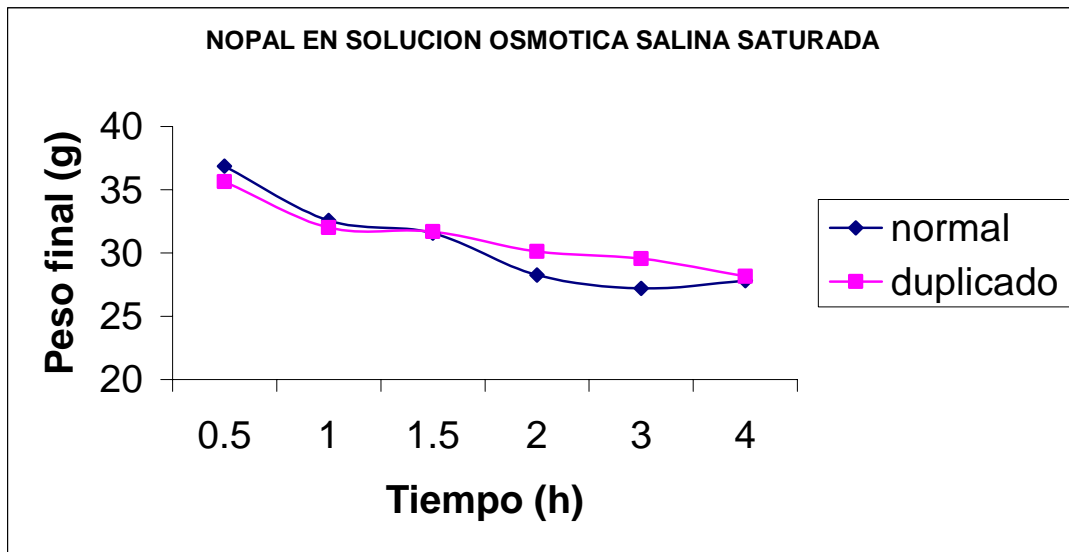


Figura 10. Cinética del nopal a temperatura ambiente (25 °C)

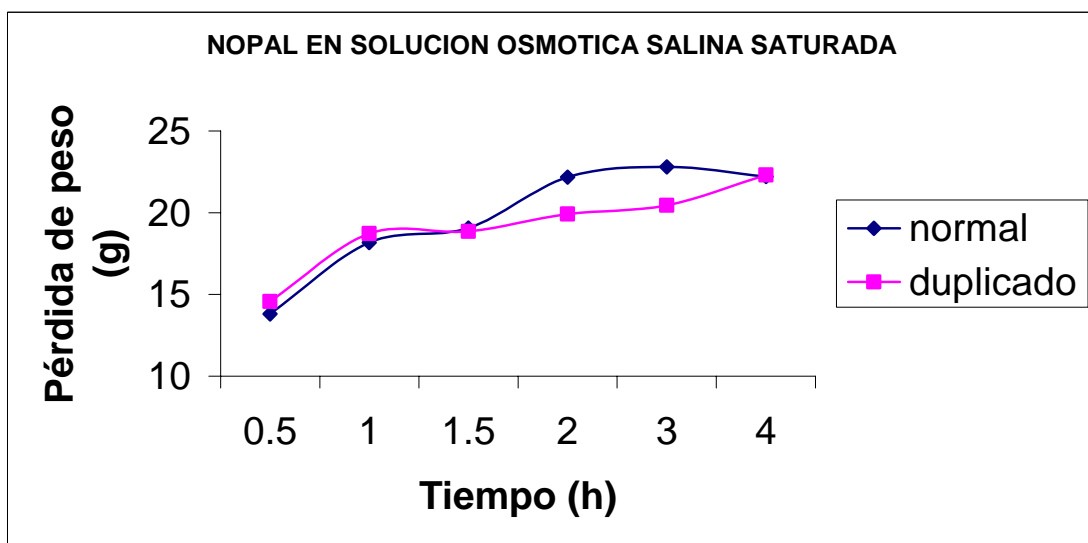


Figura 11. Cinética del nopal a temperatura ambiente (25 °C)

Este comportamiento se puede observar mejor en la figura 11. La velocidad a la que la papaya pierde peso a temperatura ambiente al inicio del proceso es rápida, por que conforme va pasando el tiempo el nopal empieza a perder agua debido a que la presión que ejerce la solución osmótica sobre la hortaliza ocasiona que esta empiece a liberar agua para tratar de igualar la presión que está en el exterior y cuando ya se empieza a igualar es cuando la deshidratación se hace mínima pero después de las dos horas casi se vuelve constante.

Esto puede atribuirse a la diferente estructura entre ambos materiales, pues la fibra que contiene el nopal dificulta el camino para la salida del agua libre. La estructura celular de la papaya, con células más homogéneas y regulares, facilita la conducción del agua. Por el contrario, la estructura celular del nopal, conformada precisamente de manera que aumenta su capacidad de retención de agua para su sobrevivencia en zonas áridas, dificulta el transporte del líquido.

Con este resultado, se procedió a evaluar para el nopal, el efecto de la concentración de la solución osmótica, tomando como tiempo de inmersión el de 2 h observado para la solución saturada.

Las concentraciones que se evaluaron fueron del 2% y 5%. En las figuras 12 y 13 se presentan los resultados obtenidos para el 5% ya que se decidió seleccionar ese nivel en la variable para optimizar el tiempo de inmersión, pues al 2% era mayor a las dos horas y a pesar de ser menor concentración, el sabor residual por efecto del tiempo de exposición fue mayor que cuando se sumergió en solución al 5%.

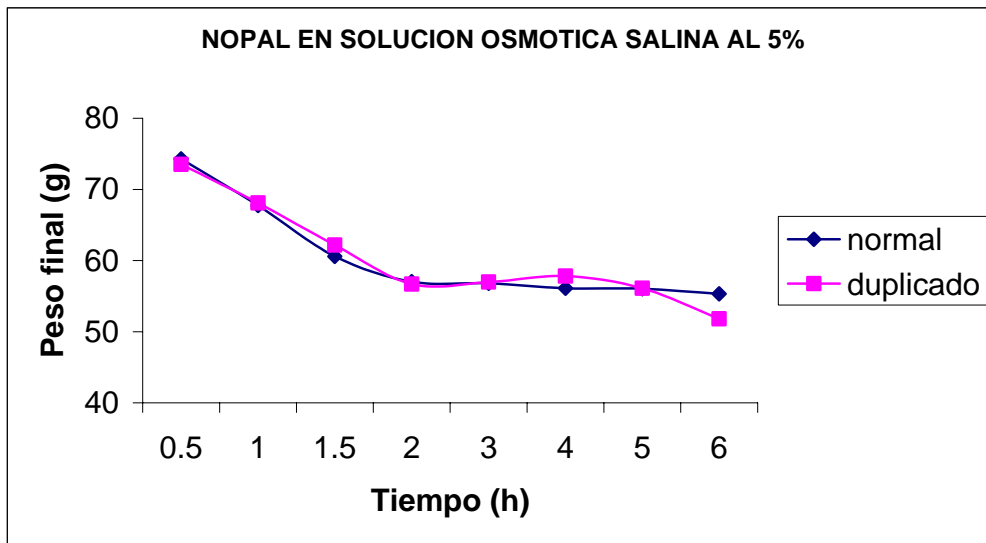


Figura 12. Cinética del nopal deshidratado osmóticamente en solución salina al 5%, a temperatura ambiente (25 °C)

La concentración del 5 % de solución salina no alteró el sabor del nopal y en cambio le proporcionó un sabor muy ligero y agradable.

Como se puede apreciar en la figura 13 el peso final va disminuyendo conforme transcurre el tiempo y después de las dos horas se mantienen casi constante.

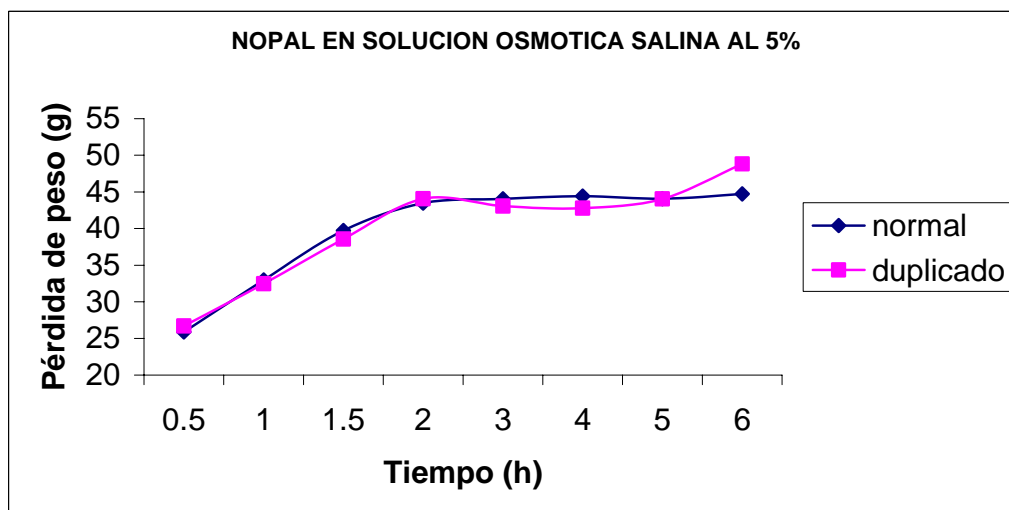


Figura 13. Cinética del nopal deshidratado en solución osmótica salina al 5%, a temperatura ambiente (25 °C)

5.2 EFECTO DE LA TEMPERATURA

Se tiene conocimiento en función de lo reportado por diferentes autores, que la temperatura aumenta la velocidad de deshidratación osmótica. Sin embargo, la temperatura solo puede aumentarse hasta cierto nivel dado que la estructura del material puede sufrir alteraciones en cuanto al color o en cuanto a la textura, provocando un apelmazamiento de la pulpa, lo que afecta la porosidad del material y por lo tanto, la facilidad para la conducción del agua.

En las figuras 14 y 15 se muestran los resultados obtenidos para el efecto de la variación en la temperatura de la solución osmótica. Los niveles estudiados fueron: 30, 40 y 50°C, contrastados con la temperatura ambiente.

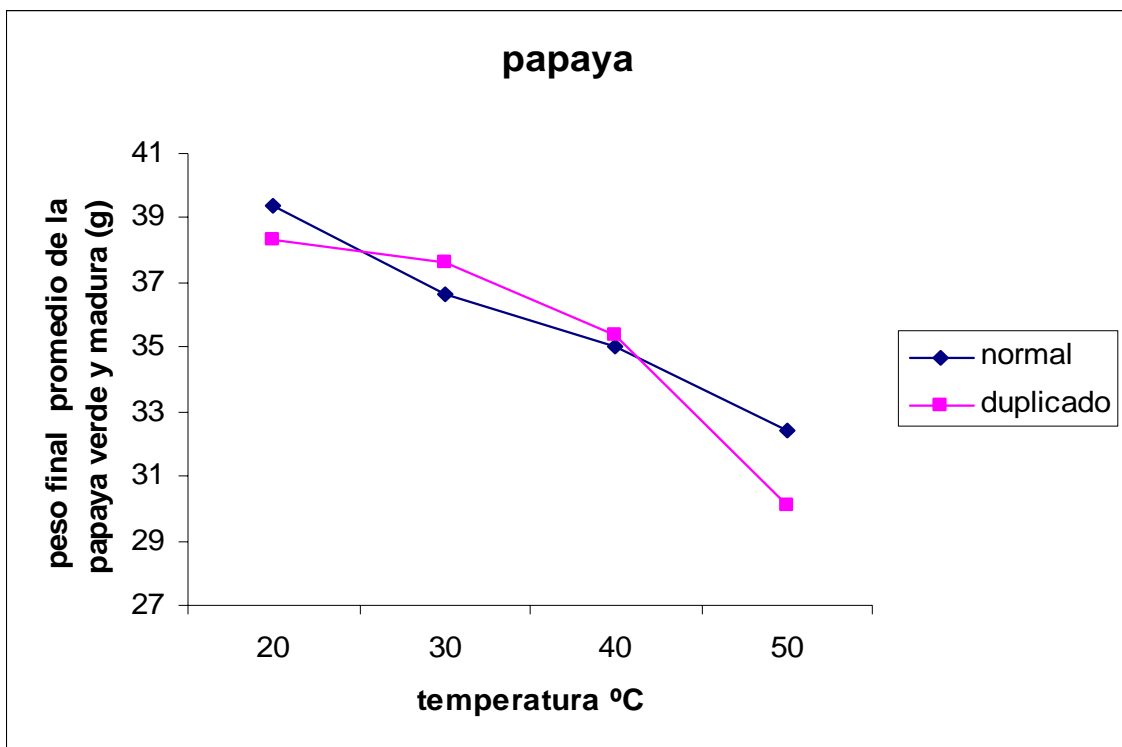


Figura 14. Efecto de la temperatura de la solución en la deshidratación osmótica de papaya.

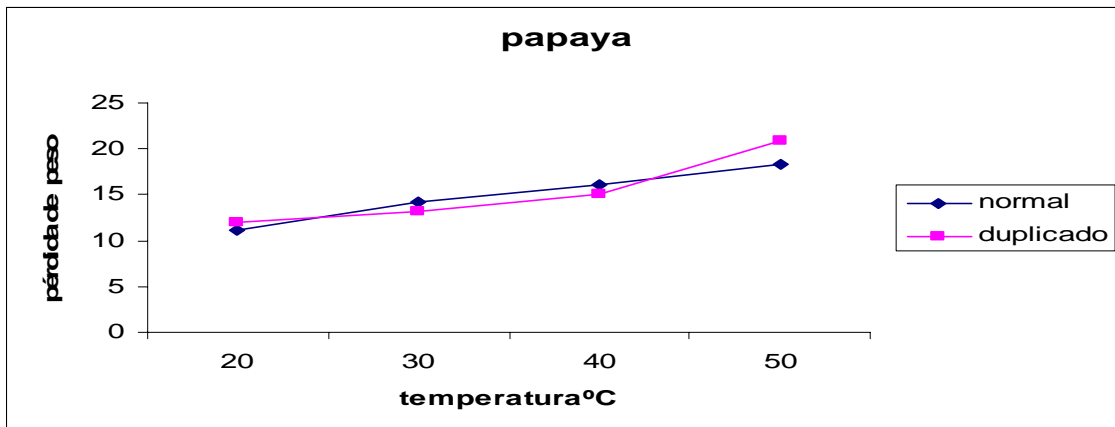


Figura 15. Efecto de la temperatura de la solución en la deshidratación osmótica de papaya.

En estas figuras, se observa que la temperatura óptima para la deshidratación es a 30°C. Aunque a 40°C reobserva una mayor reducción en el contenido de humedad, se presentaron problemas en la textura de la fruta. A 30°C, la fruta conserva su textura sólida y no se rompe su estructura fácilmente, conservando además un color apreciablemente agradable característico de la fruta fresca.

Para el caso del Nopal, los resultados se presentan en las gráficas 16 y 17. Los niveles estudiados de la temperatura fueron los mismos que para la papaya.

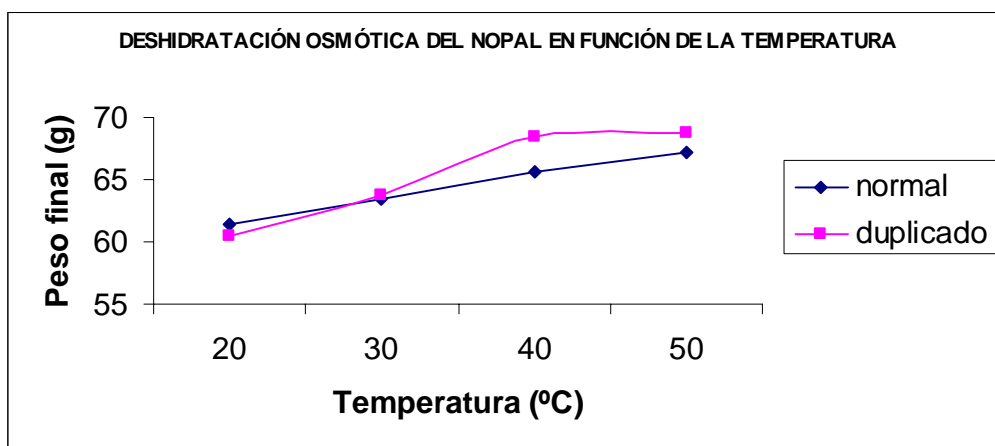


Figura 16. Efecto de la temperatura de la solución en la deshidratación osmótica de nopal.

Al aplicar temperatura como se muestra en la figura 16 se determinó que la temperatura óptima es de 30°C debido a que a partir de esta e temperatura la pérdida de peso ya no es muy notoria y se mantiene un poco constante. La desventaja de usar temperatura es que ocasiona en lo referente al color que cambie, es decir en el nopal se observa un oscurecimiento, lo cual provoca que no sea atractiva para la vista (13). En lo referente a su textura la pulpa se suaviza pero no llega al grado de perder su forma inicial.

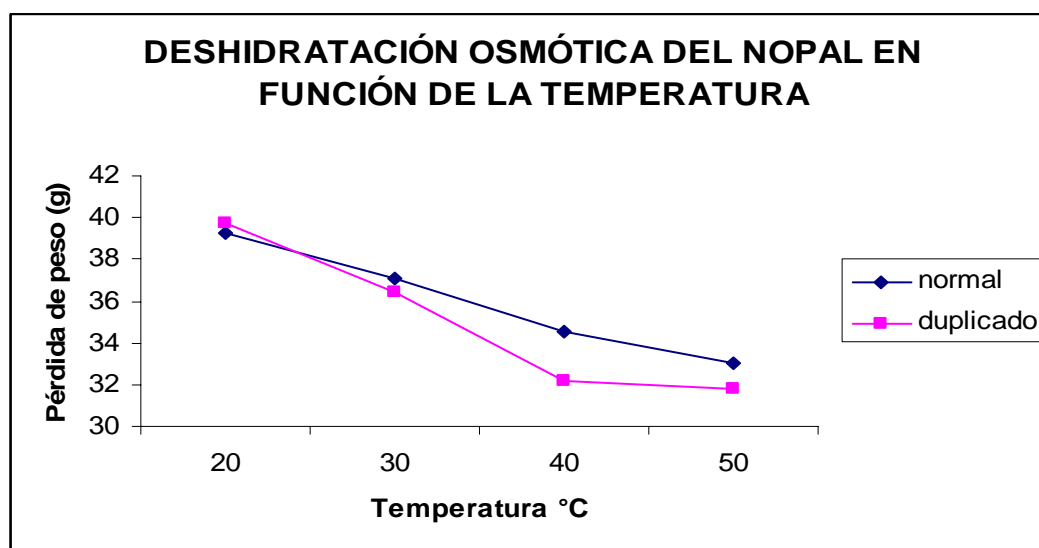


Figura 17. Efecto de la temperatura de la solución en la deshidratación osmótica de nopal.

El sabor del nopal no se afectó ya que el sabor que le aporta la solución salina es ligeramente salado pero agradable al paladar, realizando tanto el sabor como el color.

La apariencia de los nopales después de aplicados los procesos a temperatura ambiente fue de un verde brillante como se puede observar en la figura 18, mientras que los tratados a mayores temperaturas ocasionó un efecto de oscurecimiento, presentando además un cambio en la textura por cocimiento. Este efecto se puede observar en las figuras 19y 20.

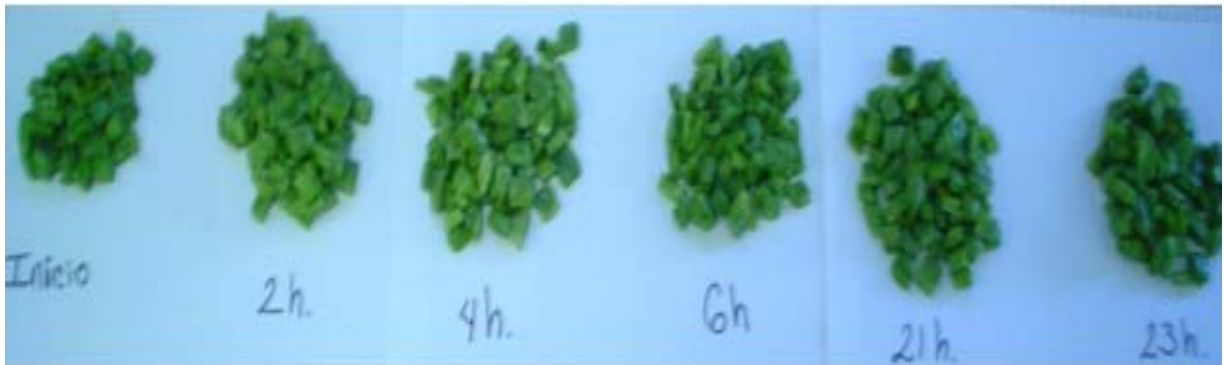


Figura 18. Nopales después de la cinética a temperatura ambiente (25 °C)



Figura 19. Apariencia de los nopales después de la deshidratación osmótica en solución salina a 40°C.



Figura 20. Apariencia de los nopales después de la deshidratación osmótica en solución salina a 50°C.

5.3 PULSO DE VACÍO

Se ha reportado que la aplicación de vacío al material vegetal, antes de sumergirlo en la solución osmótica, actúa sobre la estructura celular, aumentando la velocidad de la deshidratación osmótica dado que extrae el gas ocluido entre los espacios intracelulares, facilitando a la vez, la salida del líquido (4, 9).

A la aplicación de vacío por un determinado tiempo se le denomina “pulso de vacío”. En este estudio, se evaluó el efecto de la aplicación de pulsos de vacío de 4, 6 y 8 min a 20 mm Hg. Los resultados de la aplicación de vacío, registrando el peso inmediatamente después de aplicar el pulso, antes de sumergir la muestra en la solución, se presentan en la figura 21.

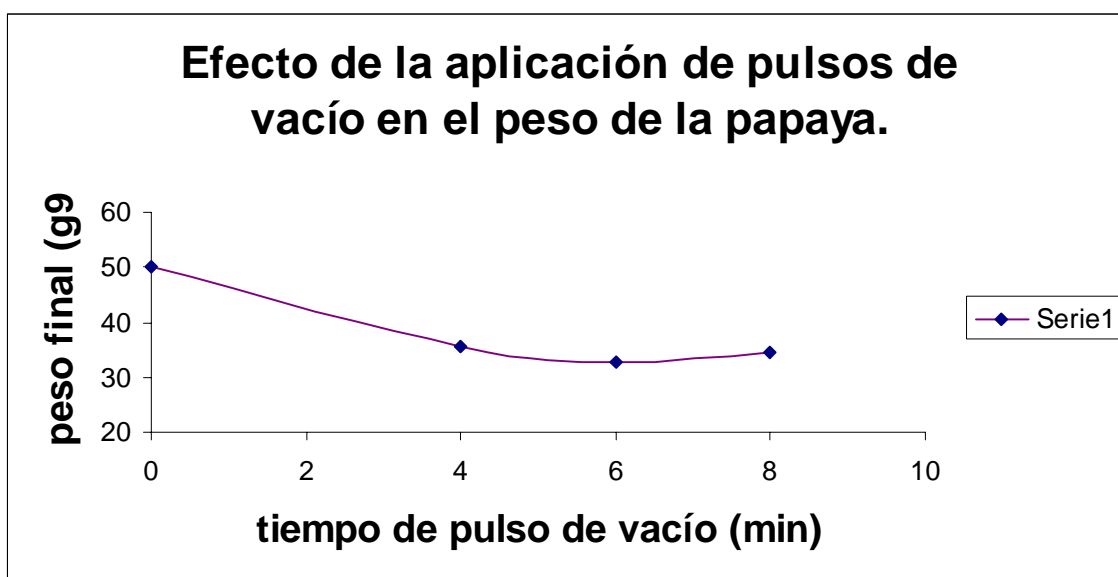


Figura 21. Efecto de la aplicación de pulsos de vacío en el peso de la papaya.

De acuerdo con el resultado obtenido, se observa claramente que al aplicar el pulso de vacío disminuye el peso en la papaya para los tiempos de 4 y 6 minutos; para el pulso de 8 min se encontraron resultados no satisfactorios, dado que el peso de la muestra disminuyó en menor grado que con los pulsos anteriores, posiblemente debido a que al aplicar esta cantidad de vacío, el gas se expulsa

más rápidamente cerrando los poros celulares, y atribuyendo a este incidente, el que no sale todo el gas ocluido.

Para el nopal, se evaluó el efecto de la aplicación de pulso de vacío en los mismos niveles que para la papaya, obteniendo los resultados mostrados en las figura 22 y 23.

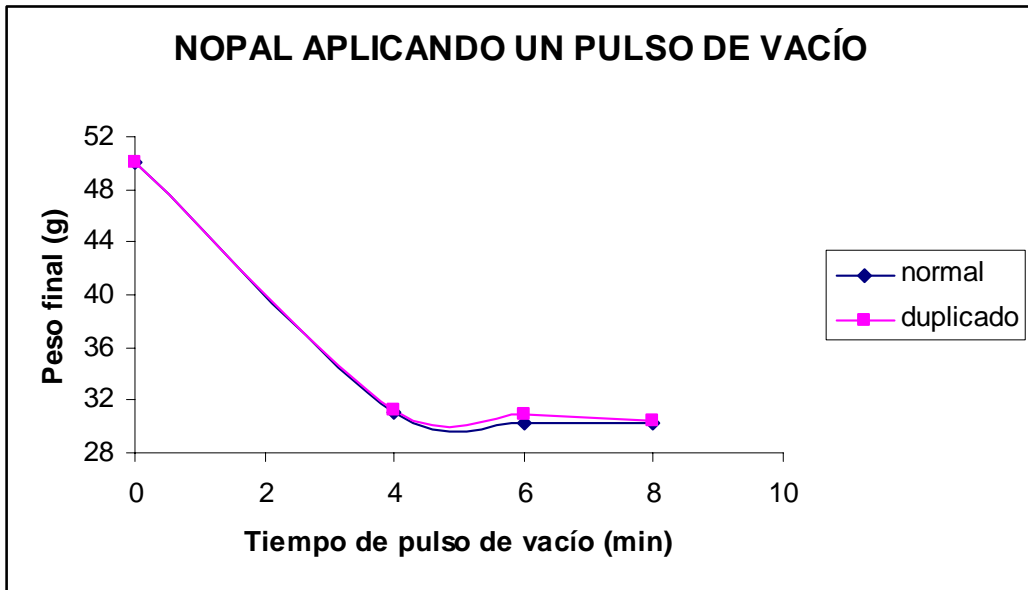


Figura 22. Efecto de la aplicación de pulsos de vacío en el peso del nopal.

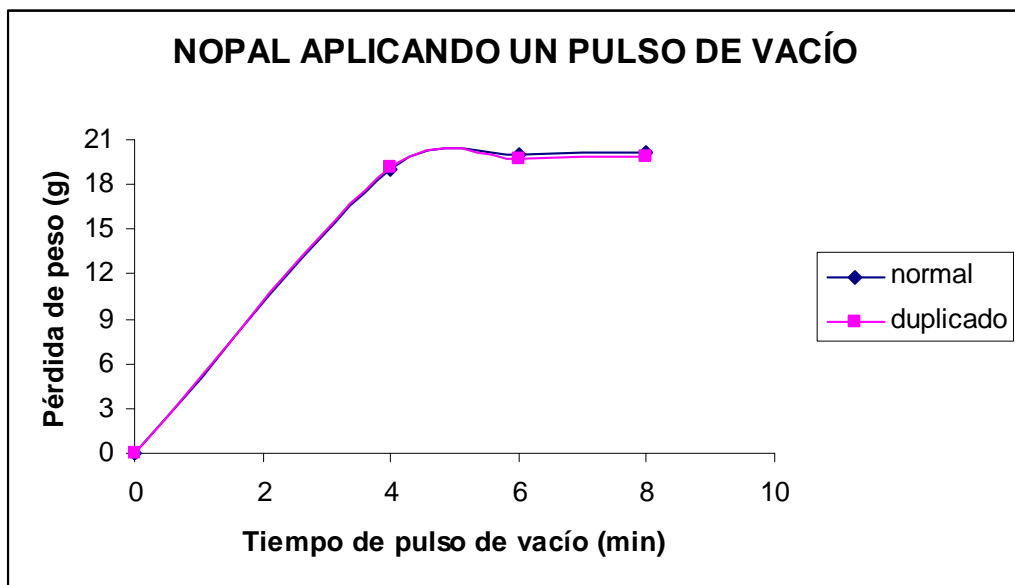


Figura 23. Efecto de la aplicación de pulsos de vacío en el peso del nopal.

En el caso del nopal, no se presentó el efecto observado con la papaya para el pulso de 8 min. En este caso, continúa la tendencia de que al aplicar mayor pulso, se reduce en mayor medida el peso de la muestra. Esto refuerza el supuesto de que esto se debe a la estructura del material, ya que la fibra del nopal le da mayor estructura y no permite que se cierren los poros intracelulares, por lo que el gas sale a mayores pulsos.

Con lo anterior, se propuso un tratamiento para la deshidratación osmótica de aplicación de un pulso de vacío de 6 min para papaya y de 4 min para nopal.

Al aplicar vacío, lo que ocasiona es eliminar la mayor cantidad de aire para facilitar la deshidratación y esta se realice en el menor tiempo posible y esto se observa en las figuras 22 y 23. En el nopal en la grafica 22 la mayor pérdida de gas es en los primeros 4 minutos, ya que en 6 y 8 minutos el peso se mantenía casi constante. La ventaja de utilizar vacío es que se reduce el tiempo de deshidratación y por lo tanto es más rápida, pero la desventaja es que aplicar este método es caro. Los resultados obtenidos se presentan en el anexo.

5.4 CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN A 100°C.

En las figuras 24 y 25 así como en la 27 y 28, se presentan las cinéticas de deshidratación a 100°C utilizando la termobalanza (figura 26), para papaya y nopal fresco y deshidratado osmóticamente.

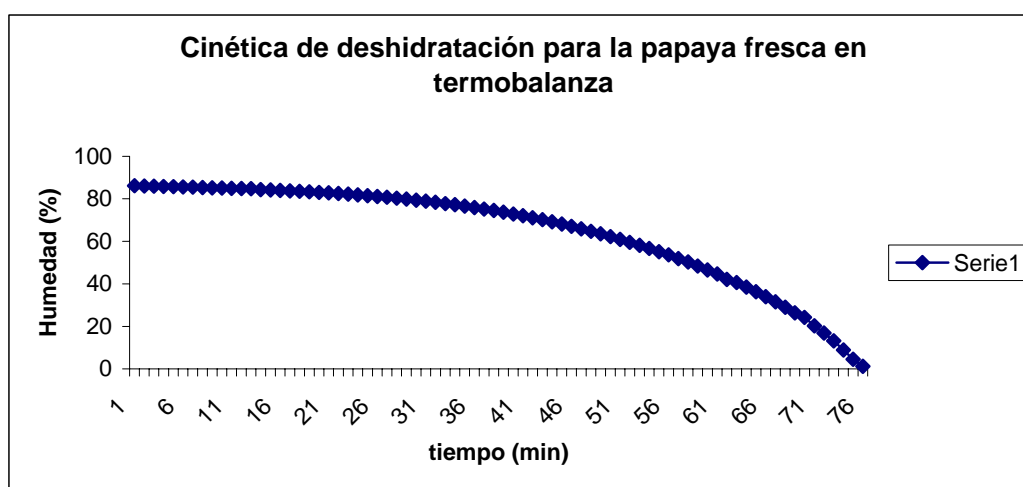


Figura 24. Cinética de deshidratación a 100°C, para la papaya fresca.

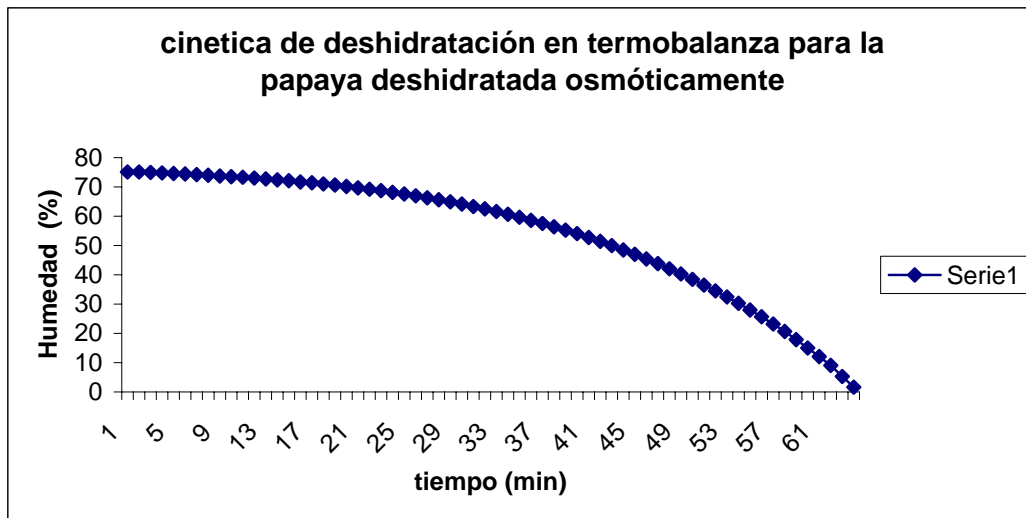


Figura 25. Cinética de deshidratación a 100°C, para la papaya previamente deshidratada osmóticamente a las condiciones seleccionadas.



Figura 26. Papaya deshidratada osmóticamente y colocada en la termobalanza

En las figuras 24 y 25 se observa el comportamiento del secado de la papaya fresca y deshidratada osmóticamente para saber el contenido de humedad en cada una de ellas. Se observa que la deshidratación osmótica es una alternativa para disminuir costos en el secado de la papaya, pues reduce el tiempo requerido para su deshidratación. Esto implicaría reducir costos en el consumo de combustibles, con el beneficio de que la solución osmótica puede reutilizarse hasta 15 o 20 veces (13).

De igual manera, se presentan los resultados para el nopal, en las figuras 27 y 28. Se estudió secando en termobalanza (figura 29) el comportamiento del nopal fresco y deshidratado osmóticamente para saber el contenido de humedad en cada una de ellas. Se observa que la deshidratación osmótica es una alternativa para disminuir costos en el secado del nopal, pues reduce el tiempo requerido

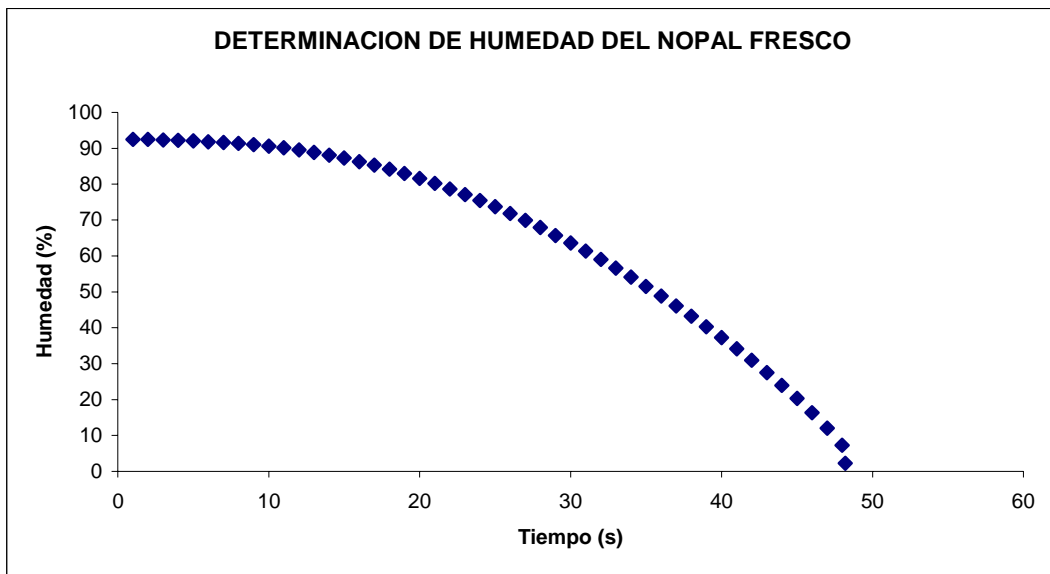


Figura 27. Cinética de deshidratación a 100°C, para el nopal fresco.

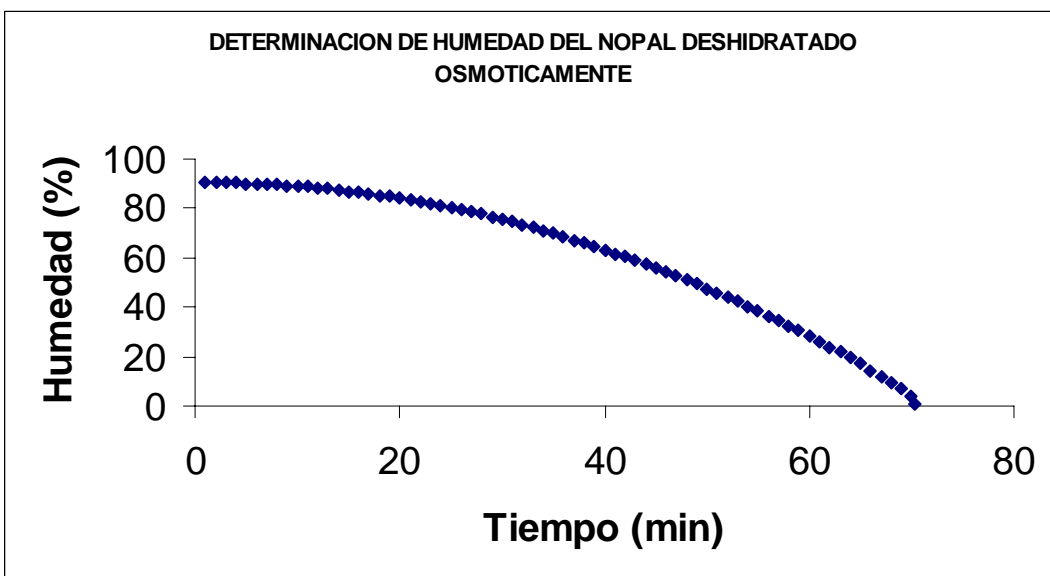


Figura 28. Cinética de deshidratación a 100°C, para el nopal previamente deshidratado osmóticamente a las condiciones seleccionadas.



Figura 29. Determinación de humedad por termobalanza

5.6 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS

Los resultados se presentan en el anexo y se utilizaron para determinar el efecto de las variables del proceso. Estos parámetros fueron: sólidos solubles en la fruta fresca y deshidratada osmóticamente, sólidos totales y Humedad.

Para determinar la humedad se utilizó la termobalanza. Esta determinación se realizó con el producto fresco para demostrar que realmente utilizando la deshidratación osmótica se reduce cantidad de agua presente en el producto.

5.7 BALANCE DE MATERIALES.

El balance de materiales se realizó aplicando la metodología del proyecto SAFES, basado en la matriz producto. Los resultados se presentan en las Figuras 30 y 31.

DESHIDRATACION OSMOTICA				
	Estado	Líquido intracelular	Líquido extracelular	Total
AGUA	G (gas)			
	L (líquido)	-0.8614	0.7458	-0.1156
	A (adsorbido)			
	R (viscosidad)			
	V (vítreo)			
	K (cristal)			
	Total	-0.8614	0.7458	-0.1156
SÓLIDOS INSOLUBLES (Propios del material)	G (gas)			
	L (líquido)			
	A (adsorbido)			
	R (viscosidad)			
	V (vítreo)			
	K (cristal)			
	Total			
SÓLIDOS SOLUBLES (propios del material)	G (gas)			
	L (líquido)			
	A (adsorbido)		-0.60	
	R (viscosidad)			
	V (vítreo)			
	K (cristal)			
	Total		-0.60	-0.60
SÓLIDOS SOLUBLES (Agregados)	G (gas)			
	L (líquido)			
	A (adsorbido)			
	R (viscosidad)			
	V (vítreo)			
	K (cristal)			
	Total			
Gas	Total	0		
Suma del material (masa)				
Suma del alimento (volumen)				

Figura 30. Matriz producto para la papaya.

DESHIDRATACION OSMOTICA				
	Estado	Líquido intracelular	Líquido extracelular	Total
AGUA	G (gas)			
	L (l líquido)	-0.925795	0.9076	-0.18195
	A (adsorbido)			
	R (viscosidad)			
	V (vítreo)			
	K (cristal)			
	Total	-0.925795	0.9076	-0.18195
SÓLIDOS INSOLUBLES (Propios del material)	G (gas)			
	L (l líquido)			
	A (adsorbido)			
	R (viscosidad)			
	V (vítreo)			
	K (cristal)			
	Total			0.0000
SÓLIDOS SOLUBLES (propios del material)	G (gas)			
	L (l líquido)			
	A (adsorbido)		-0.05	
	R (viscosidad)			
	V (vítreo)			
	K (cristal)			
	Total		-0.05	-0.05
SÓLIDOS SOLUBLES (Agregados)	G (gas)			
	L (l líquido)			
	A (adsorbido)			
	R (viscosidad)			
	V (vítreo)			
	K (cristal)			
	Total			
Gas	Total	0		
Suma del material (masa)				
Suma del alimento (volumen)				

Figura 31. Matriz producto para el Nopal.

6. CONCLUSIONES.

La deshidratación es utilizada para la conservación de los alimentos en este caso el nopal y la papaya, reduciendo la cantidad de agua disponible para la ocurrencia de reacciones enzimáticas y de deterioro así como para el crecimiento de microorganismos, lo cual nos permite asegurar que alarga la vida de anaquel.

Las condiciones de proceso óptimas para la deshidratación osmótica son: tiempo de inmersión 2 h en una solución osmótica salina al 5% a temperatura ambiente y aplicando un pulso de vacío de 4 minutos para nopal y tiempo de inmersión 2 h en una solución osmótica de sacarosa a 60 °Bx a 30 °C aplicando un pulso de vacío de 6 minutos.

La temperatura aumentó la velocidad de deshidratación osmótica pero afectó las características físicas como son el color y la textura, tanto para el nopal como para la papaya.

La concentración de solución osmótica de sal interviene en el sabor del nopal.

La impregnación con vacío ayudó a que el proceso de deshidratación osmótica fuera más rápido.

El método SAFES ayuda a realizar el balance de materia de manera rápida y eficaz.

7. RECOMENDACIONES

- ✓ Tener un mayor control y disponibilidad en el uso del equipo del laboratorio de bioingeniería para la mejor realización del proyecto y tener resultados confiables con menor gasto de recursos y tiempo.
- ✓ Aplicar los resultados obtenidos considerando el grado de maduración de la papaya, para la reproducibilidad de los mismos.
- ✓ Abundar en la aplicación del método SAFES como un método didáctico para la enseñanza de los balances de materiales en procesos de alimentos.
- ✓ Disponer de mayores recursos para la realización reprojectos de investigación.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Ahmed J, Shivhare US, Sandhu KS. 2002. Thermal Degradation Kinetics of Carotenoids and Visual Color of Papaya Puree. *J Food Sci* 67(7):2692-2695.
2. AOAC, (1998) *Oficial Methods of Análisis of Oficial analytical Chemists. Inc;* 5 ed., Vol. 2, pp. 913-920
3. Baltazar, F.E., Astorga, S., E. R., Welti-Chanes, J., San Martín, F., Palou, E., López Malo A. Enriquecimiento de Trozos de Manzana con Calcio y Ácido Ascórbico Utilizando Impregnación al Vacío con Ascorbato de Calcio. UDLAP, CYTED, Vallarta, Jal., México, sep. 2005, I-2.
4. Barat JM, Talens P, Barrera C, Chiralt A, Fito P. 2002. Pineapple Candying at Mild Temperature by Applying Vacuum Impregnation. *J Food Sci* 67(8):3046-3052.
5. Betoret, N., Andrés, A., Seguí, L., Betoret, E., Fito, P., 2005, Quality and Safety in Dehydration of Apple by Combined Methods: SAFES Metodology. *V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de alimentos*, IPN, UDLAP, CYTED, Vallarta, Jal., México, sep. 2005, V-08
6. Castello, M.L., Fito, P. J., Argüelles, A., Fito, P. 2005, Quality and Safety modelling of the frozen strawberry process: SAFES Metodology. *V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de alimentos*, IPN, UDLAP, CYTED, Vallarta, Jal., México, sep. 2005, V-08
7. Ferrando M, Spiess WEL. 2002. Transmembrane Mass Transfer in Carrot Protoplasts during Osmotic Treatment. *J Food Sci* 67(7):2673-2680.
8. Gomez M, Lajolo F, Cordenunsi B. 2002. Evolution of Soluble Sugars During Ripening of Papaya Fruit and its Relation to Sweet Taste. *J Food Sci*

67(1):442-447.

9. Gómez M; López F; Pinzón M; 2005, Cambios en el Comportamiento del Contenido de Azúcares y de la Actividad de Agua Durante Deshidratación Osmótica y con Pulso de Vacío de Rodajas de Banano Bocadillo (*Musa acuminata*). V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de alimentos, IPN, UDLAP, CYTED, Vallarta, Jal., México, sep 2005
10. Moreno J, Bugueño G, Velasco V, Petzold G, Tabilo-Munizaga G. 2004. Impregnation on Physicochemical Properties of Chilean Papaya (*Carica candamarcensis*). J Food Sci 69(3):E102-6
11. Moyano PC, Zúñiga RN. Kinetic Analysis of Osmotic Dehydration Carried Out with Reused Sucrose Syrup. J Food Sci 68:2701-5
LAZARIDES HN, NICKOLAIDIS A, and KATSANIDIS E. 1995. Sorption Changes Induced by Osmotic Preconcentration of Apple Slices in Different Osmotic Media. J Food Sci 60(20):348-50,359
12. Paredes J; Sosa M; Argaiz J; 2005, Evaluación de Vida de Anaquel de Papaya (*Carica papaya L.*) Deshidratada Osmóticamente con Película de Quitosano. V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de alimentos, IPN, UDLAP, CYTED, Vallarta, Jal., México, sep 2005
13. Pinzón M; León A; Mejía P; 2005, Efecto de los Tratamientos Osmóticos Sobre el Color y la Actividad Enzimática en Rodajas de Carambola (*Avrroha carambola L.*). V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de alimentos, IPN, UDLAP, CYTED, Vallarta, Jal., México, sep 2005
14. Salas Ma. E; Morales J; López M; Medrano H; Rocha M. Evaluación de la Reutilización de una Solución Osmótica sobre los Parámetros de Ingeniería. V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de alimentos, IPN, UDLAP, CYTED, Vallarta, Jal., México, sep. 2005,

15.Kader, Adel A. Papaya, Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha

<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Papaya.shtml>

<http://homero.galeon.com/nopal.htm>

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obfrudes/p3.htm>

www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm

ANEXOS

MEMORIA DE CÁLCULO.

DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE LA SOLUCIÓN OSMÓTICA PARA EL NOPAL.

✚ NOPAL.

Se realizó lo siguiente:

36g de sal \longrightarrow 100 mL de agua

X \longleftarrow 1000 mL de agua

X= 360g de sal

360g de sal \longrightarrow 100 %

X \longleftarrow 5%

X= 18g de sal

EFEECTO DE VACÍO.

✚ CANTIDAD DE AIRE EN LA PAPAYA.

Determinación de la cantidad de aire en la papaya aplicando vacío.

Peso fresco – peso después de vacío = cantidad de aire

Tiempo de vacío

4 min $51.44\text{g} - 51.15\text{g} = 0.29\text{g}$

6 min $51.50\text{g} - 47.24\text{g} = 4.26\text{g}$

8 min $51.85\text{g} - 51.66\text{g} = 0.23\text{g}$

CANTIDAD DE AIRE EN EL NOPAL

Determinación de la cantidad de aire en el nopal aplicando vacío.

Peso fresco – peso después de vacío = cantidad de aire

Tiempo de vacío

4 min $50.1478\text{g} - 47.7443\text{g} = 2.4035\text{g}$

6 min $50.3500\text{g} - 50.2607\text{g} = 0.0893\text{g}$

8 min $50.4833\text{g} - 50.4266\text{g} = 0.0567\text{g}$

COMPARACIÓN DE LA CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PAPAYA Y PAPAYA FRESCA.

$(\text{Peso final (g)}/\text{peso inicial (g)}) * 100 = \text{\%sólidos totales.}$

$100 - \text{\% de sólidos totales} = \text{\% Humedad.}$

Determinación de °Bx de acuerdo a lo referido en la técnica ya mencionada que se basó en el proceso 932.14C de la AOAC.

$^{\circ}\text{Bx}_{\text{medidos}} [1/(\text{g}_{\text{producto}}/\text{mL}_{\text{agua}})] = ^{\circ}\text{Bx.}$

PAPAYA FRESCA:

$(.704\text{g} / 5.15\text{g}) * 100 = 13.66\% \text{ de sólidos totales.}$

$100 - 13.66\% = 86.34\% \text{ H}$

$6 ^{\circ}\text{Bx} [1/(\text{7.8g}_{\text{papaya}} / 10\text{mL}_{\text{agua}})] = 7.69^{\circ}\text{Bx.}$

✚ PAPAYA DESHIDRATADA OSMOTICAMENTE:

$$(1.259g / 5.088g) * 100 = 24.74\% \text{ de sólidos totales.}$$

$$100 - 24.74\% = 75.26\% \text{ H}$$

$$7 \text{ °Bx } [1 / (6.7g_{\text{papaya}} / 10mL_{\text{agua}})] = 10.44 \text{ °Bx.}$$

COMPARACIÓN DE LA CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL NOPAL Y NOPAL FRESCO.

$$(\text{Peso final (g)} / \text{peso inicial (g)}) * 100 = \% \text{ sólidos totales.}$$

$$100 - \% \text{ de sólidos totales} = \% \text{ Humedad}$$

✚ NOPAL FRESCO

$$(0.378 / 5.094) * 100 = 7.4205 \% \text{ de sólidos totales}$$

$$100 - 7.4205 = 92.5795 \% \text{ Humedad}$$

✚ NOPAL DESHIDRATADO OSMOTICAMENTE POR 2h.

$$(0.486 / 5.266) * 100 = 9.24 \% \text{ de sólidos totales}$$

$$100 - 9.24 = 90.76 \% \text{ Humedad}$$

✚ CENIZAS DE NOPAL FRESCO

$$\text{Peso constante del crisol} = 13.8579 \text{ g}$$

$$\text{Peso de la muestra} = 1.2230 \text{ g}$$

$$\text{Peso del crisol con cenizas} = 13.8763 \text{ g}$$

Cenizas =(peso constante del crisol + peso de la muestra) – peso del crisol con cenizas

Cenizas = 1.2046 g \longrightarrow 0.0184 g

✚ CENIZAS DE NOPAL DESHIDRATADO OSMOTICAMENTE POR 2h.

Peso constante del crisol = 13.1690g

Peso de la muestra = 1.2926 g

Peso del crisol con cenizas = 13.1878 g

Cenizas =(peso constante del crisol + peso de la muestra) – peso del crisol con cenizas

Cenizas = 1.2738 g \longrightarrow 0.0188 g