



300627  
3  
2ej

UNIVERSIDAD LA SALLE  
ESCUELA DE QUIMICA  
INCORPORADA A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA ESPINACA

(*Spinacia oleracea*)

DESHIDRATADA Y ALMACENADA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A:

MARTHA YOLANDA DAVILA LOAIZA

DIRECTOR DE TESIS: Q. IRENE MONTALVO VALVERDE

MEXICO

D. F.

1991



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este trabajo se realizó en el Laboratorio del Departamento de Graduados en Alimentos de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (E.N.C.B.), en el Instituto Politécnico Nacional, bajo la dirección del Dr. Arana Errasquín y M. en C. Irasema Anaya Sosa, como parte del proyecto: Estudio y Almacenamiento de Hortalizas Deshidratadas con clave B60654, financiado por la Dirección de Estudios de Postgrado e Investigación del I.P.N.

+A la memoria de mi señor madre Yolanda --  
Loaiza Mercado de Dávila con mi eterno re-  
conocimiento y lealtad.

A MI PADRE

D. Carlos Dávila Mendoza con  
profundo respeto y cariño por  
su ejemplo inagotable de per-  
severancia y tenacidad, el --  
cual siempre me ha dado for--  
taleza para culminar una eta-  
pa importante de mi vida.

A mi segunda madre. La Sra.  
Contadora Catalina Sánchez  
de Dávila, por su inagota -  
ble cariño y ayuda en los -  
momentos mas difíciles de -  
mi vida.

A MI ESPOSO

El Arq. Ludovico Villaseñor Iñiguez  
con amor y agradecimiento por su co-  
laboración en el presente trabajo, -  
por llenar mi vida de felicidad y -  
estímulo con el advenimiento de un -  
nuevo ser.

**A MIS HERMANAS**

Carlina Patricia y Gabriela  
Dávila Loaiza por la gran so-  
lidadad intelectual que nos  
une.

**A MI DIRECTOR DE TESIS**

**Q. Irene Montalvo Valverde**  
Quien sin cuya atinada di --  
rección y valiosos consejos --  
no hubiera sido posible la --  
realización del presente --  
trabajo

**A Dr. Ramon Arana Errasquín**  
Jefe del Departamento de Gra-  
duados en Alimentos del I.P.N  
y M. en C. Irasema Anaya Sosa  
con sincero agradecimiento por  
su orientación en la dirección  
de este trabajo.

Mi reconocimiento a la UNI-  
VERSIDAD LA SALLE y a la --  
ESCUELA DE QUIMICA.

**A MIS MAESTROS** por su gran  
ejemplo y acertados consejos.

## INDICE

INTRODUCCION	-----	8
C A P I T U L O    I		
1.0. OBJETIVOS	-----	12
1.1. Objetivos esocíficos	-----	12
C A P I T U L O    II		
2.0 ANTECEDENTES DEL SECADO DE LOS ALIMENTOS		
2.1 Breve panorama del secado en los alimentos y la importancia de éstos.	-----	14
2.2 Las Hortalizas	-----	16
2.3 Clasificación de las hortalizas	-----	18
3.0 FAMILIA CHENOPODIACEA-ESPINACA ( <u>Spinacia oleracea</u> )		
3.1 Origen	-----	20
3.2 Botánica	-----	21
3.3 Métodos de siembra y obtención de semillas	-----	21
3.4 Cultivos	-----	22
3.5 Fisiología	-----	25
3.6 Valor Nutritivo	-----	31
4.0 LA DESHIDRATACION DE LOS ALIMENTOS		
4.1 Equipo de secado. características del diseño y aplicaciones.	-----	35
4.2 Microbiología de los vegetales deshidratados	-----	39
4.3 Almacenamiento	-----	42
4.4 Ventajas y desventajas de la deshidratación	-----	45
C A P I T U L O    III		

3.0 MATERIALES Y METODOS

3.1 Diagrama de Flujo ----- 48

3.1.1 Caracterización de la Materia prima ----- 49

3.2 Desarrollo Experimental ----- 50

3.3 Determinaciones físicas, químicas y microbiológicas----- 55

3.3.1 DETERMINACIONES FISICAS

3.3.1.1 Determinación de Húmedad en estufa de secado ---- 56

3.3.1.2 Determinación de Rendimiento ----- 56

3.3.1.3 Determinación de Color ----- 57

3.3.1.4 Prueba de Rehidratación ----- 58

3.3.2 DETERMINACIONES QUIMICAS

3.3.2.1 Determinación Simultánea de Azúcares Reductores -  
----- 59

3.3.2.2 Determinación Espectrofotométrica de Clorofilas y  
feofitinas en extracto de plantas ----- 62

3.3.2.3 Determinación de Hierro ----- 65

3.3.2.4 Escalde y Sulfitado ----- 67

3.3.2.5 Determinación de Sulfito Total en Alimentos por una  
Destilación Rapida seguida por una Titulación -  
Redox ----- 68

3.3.2.6 Determinación de Peroxidasa ----- 69

3.3.2.7 Determinación de pH ----- 70

3.3.3 DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS

3.3.3.1 Recuento de Bacterias Mesófilas Aerobias por Va -  
ciado en placa. ----- 71

3.3.3.2 Determinación de Hongos y Levaduras en Alimentos  
----- 72

4.0 Equipo y material de laboratorio ----- 72

C A P I T U L O IV

4.0 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Discusi3n de la Determinaciones Fisisas ----- 78

4.2 Discusi3n de las Determinaciones Quimicas ----- 85

4.3 Discusi3n de las Determinaciones Microbiol3gicas --- 103

C O N C L U S I O N E S ----- 109

B I B L I O G R A F I A ----- 113

A P E N D I C E ----- 120

## INTRODUCCION

Las necesidades alimentarias a nivel mundial, siguen en aumento mientras que la producción y productividad son reducidas o limitadas, así como, los problemas de almacenamiento y tratamiento de alimentos persisten, lo anterior obliga a buscar nuevos métodos de conservación.

Un cuarto de la producción nacional de alimentos se pierde después de la recolección. Las pérdidas ocurren en el lugar de cultivo, durante la distribución, el almacenamiento, el tratamiento y la comercialización, al igual que en el hogar.

Estas mermas son apreciables en las hortalizas, que representan un grupo de alimentos muy importantes por su alto contenido en vitaminas y minerales. Es un grupo perecedero que se ve afectado directamente por las condiciones ambientales de la época en la que se cosecha. En general las hortalizas de hojas tiene una vida de anaquel corta. Con base a lo antes expuesto, se seleccionó la espinaca además de ser la más representativa de este tipo de alimentos y presentar un elevado contenido en minerales y vitaminas.

Aunque este producto se encuentra en el mercado todo el año, es una hortaliza de clima frío, por lo que los meses mas benignos para su desarrollo son de octubre a febrero.

Por consiguiente, los meses de febrero a junio es más débil y su calidad nutritiva es inferior . Por tanto, se puede proponer que los meses antes señalados serían los meses mas factibles para procesar la espinaca y hortalizas de la misma familia.

Para enfrentarse a estos problemas de pérdidas, se propone un método de conservación cuyos principales propósitos sean:

- a) Aumentar el periodo de utilidad y puesta en el mercado de las hortalizas.
- b) Permitir que estos productos locales tengan difusión nacional y de ser posible internacional.
- c) Dar al consumidor un acopio de las existencias para situaciones de emergencia.

A pesar de que existen varios métodos de conservación de las hortalizas y frutas, tales como enlatado, congelación, fermentación etc., el método de deshidratación en México se conoce y se emplea poco para su conservación. Existen datos proporcionados por un Censo Industrial de la S.P.P. (Secretaría de Programación y Presupuesto) en donde se muestra que a partir de la lista de clasificación para frutas y legumbres, sólo existen catorce empresas a nivel nacional, que se dedican a su conservación por deshidratación . Situándose principalmente los estados del Distrito Federal, con 3 empresas; Jalisco con 2 registradas y otros.

Existen otros antecedentes sobre la deshidratación de cereales, semillas, legumbres, lácteos etc., pero poco de hortalizas, realizados a nivel de investigación en diferentes Universidades de México D.F., como la U.N.A.M. a través de la Facultad de Química, con 9 investigaciones registradas en relación a este método de conservación; el I.P.N., en el Depto. de Grad. e Invest. en Alimentos de la E.N.C.B. (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas) cuenta con mas de 14 investigaciones registradas actualmente.

Además, existen proyectos en este campo de la conservación de los alimentos realizados por Empresas Nacionales como Deshidratadora la Cascada etc.

Por lo anterior, es importante contar con un método factible de deshidratación que permita prolongar la conservación de estos productos.

## CAPITULO I

### OBJETIVOS

## 1.0 OBJETIVO

### Objetivo General

- Determinar el tipo de secador para deshidratar la espinaca fresca (Spinacia oleracea) variedad Viroflay, con el fin de conservar las características de calidad y de estabilidad de la materia prima.

### Objetivos Específicos

- Definir las características de calidad la espinaca fresca especificada que se apega a los requerimientos de la norma Internacional UN/ ECE Standard FFV-34 ( UNITED NATIONS/ ).
- Determinar la variación de las características antes e inmediatamente después de la operación de secado.
- Determinar la vida de anaquel durante 1 y 2 meses de almacenamiento.

**C A P I T U L O   I I**  
**A N T E C E D E N T E S   D E L   S E C A D O   D E   L O S   A L I M E N T O S**

## 2.0 ANTECEDENTES DEL SECADO EN LOS ALIMENTOS.

### 2.1 Breve Panorama del Secado en los Alimentos y la Importancia de éstos.

Es tan antiguo el origen de la deshidratación, como método de conservación de alimentos, que la memoria apenas tiene reminiscencias; por ejemplo, el secado de los higos, dátiles, duraznos y uvas aparecieron junto con lo que se puede decir como historia. La búsqueda tan remota realizada por la especie humana por los alimentos, permitió enumerar descubrimientos menores e innovaciones que con su elaboración gradualmente extendieron las listas de métodos y procesos (32,49).

Así, las antiguas artes del secado de los alimentos en algunos casos, formaron las bases de los procesos de la alimentación moderna. Por ejemplo, la deshidratación de la papa que data de hace 2.000 años, se concibió en las tierras altas de Sudamérica. Y el Pemmican, que es la carne de bisonte ó venado mezclada con grasa, fue creada por los indios precolombinos sin precisar en que fecha de su cultura (32).

El primer registro de secado artificial de los alimentos de acuerdo con los investigadores Prescott y Proctor (36) aparece en el siglo XVIII. Así mismo, J. Graefer (10) trata los vegetales con agua caliente y los mantiene bajo condiciones de secado en el año de 1780, generando así su patente (29,49).

Las guerras fueron grandes estimuladores de estos métodos de preservación. En la Primera Guerra Mundial, la industria de los vegetales deshidratados avanzó fundamentalmente en el Reino Unido y en Europa, y se mantuvo relativamente pequeña en los Estados Unidos. La segunda Guerra Mundial aceleró la expansión de los alimentos deshidratados en este último país. Por 1944 se desarrollaron cerca de 375 productos y se produjeron aproximadamente 200.000 libras de papa deshidratada (29).

Muy significativa fue la Compañía de Vegetales Concentrados de California que se estableció en 1926, que obtuvo vegetales en polvo por medio de prensado en pilas con sales terapéuticas y en los años posteriores comenzó a suplir sus procesadores de alimentos expandiendo el negocio en los años de 1950. En 1960, esta empresa de California se convirtió en una división de la corporación general de alimentos, facilitándose el programa de modernización a la mitad de este siglo (32).

Con el paso del tiempo, la importancia de los alimentos deshidratados en otros países como E.U.A. Europa etc. ha crecido. No obstante, en México esta actividad no ha sido desarrollada ya que existen aproximadamente 14 empresas dedicadas a la conservación de frutas y legumbres a través de este método, un ejemplo es la empresa Deshidratadora la Cascada, S.A. en comparación con 125 empresas dedicadas a la preparación, congelación y elaboración de conservas encurtidos de frutas y legumbres.

En la actualidad, existen secadores con banda de movimiento continuo donde se procesan cientos de toneladas de vegetales frescos en un día, y compiten con las industrias enlatadoras, congeladoras y se venden en los mercados de la industria alimenticia casi en las mismas cantidades como se venden los productos frescos recién cosechados (4B).

## 2.2 LAS HORTALIZAS.

Las hortalizas son la porción comestible fresca de las plantas herbáceas tal como, raíces, tallos, hojas, flores o frutos. Estas partes de la planta pueden ser ingeridas bien en forma fresca o preparada de diferentes maneras.

Este grupo de perecederos agrícolas, han experimentado un crecimiento significativo en el país, sin embargo, debido a los problemas de conservación y distribución, no siempre están al alcance de la población de menores ingresos a pesar de que, junto con los frutos suministran complejos nutricionales. La falta de seguridad en la oferta interna y la correlativa oscilación de precios han impedido impulsar el consumo de hortalizas en la magnitud del potencial productivo (4).

De acuerdo a sus causas fisiológicas, las hortalizas se adaptan a climas muy diversos y son bastante resistentes al frío. Se cultivan en gran escala en muchas regiones de las tierras nacionales, lo que facilita que se encuentren todo

el año, sin embargo vegetales como: la oca, berenjena, espinaca, col de bruselas, apio y acelga son productos que debido a que se desconoce su aprovechamiento, se consumen en menor cantidad por los mexicanos en relación a la lechuga, coliflor y col. La berenjena y la oca por sus características de siembra no soportan el frío, se desarrollan bien en climas cálidos y templados. Por estas condiciones climáticas los principales estados productores son Tamaulipas (oca) y Sinaloa (berenjena). Por lo que básicamente estas hortalizas son de exportación.

No obstante, la acelga, apio, col de bruselas y espinacas tienen buen desarrollo a bajas temperaturas y son resistentes al frío invernal. Además, de que necesitan riego frecuente.

Entre estos, la espinaca como en México es de temporal, esta sujeta a las condiciones climatológicas. Por esto, su producción, superficie cosechada y rendimiento varían año con año. Cuando la producción es elevada, el precio baja con la consiguiente pérdida económica. Como se señala en el cuadro I los valores estadísticos promedio de los años 1980-1986 de algunas hortalizas mexicanas.

Para prevenir y evitar la descomposición y desperdicio de este vegetal se está obligado a que mediante técnicas adecuadas para la preservación y transformación, se pueda disponer de este alimento en cualquier época del año.

CUADRO I. Valores Estadísticos promedio de los años 1980-1986 de algunas hortalizas (2).

HORTALIZAS	PRODUCCION (TON)	SUPERFICIE COSECHADA (Ha)	RENDIMIENTO (TON/ Ha)
Acelga	799.6	75.3	10.6
Apio	1.349.0	85.0	15.8
Berenjena	17,245.2	702.8	24.5
Col	96,756.0	3,257.8	29.6
" Bruselas	6,084.0	481.3	12.6
Coliflor	11,942.8	959.6	12.4
Espinaca	3,788.5	524.0	7.2
Lechuga	62,827.0	3,254.8	19.3
Otra	23,791.0	3,254.5	7.3

### 2.3 CLASIFICACION DE HORTALIZAS

Las hortalizas se clasifican según su características botánicas, se agrupan según a la familia a la que pertenecen como lo señala en cuadro II a continuación:

CUADRO II. Clasificación botánica de las hortali-  
zales (49).

FAMILIA	HORTALIZAS	
Chenopodiaceae	Espinaca	Remolacha de hoja
Compositae	acelga	Alcachofa
	Lechuga	Salsifi negro
	Achicoria	
	Endivia	
Convolvulaceae	Camote	
Cruciferas	Repollo blanco	Colirrabano
	Repollo colorado	Brocoli
	Repollita bruselas	Col china
Dioscoreaceae	Ñame	
Gramineae	Maíz dulce	
Leguminosae	Habichuela	Haba
	Frijol	Guisantes
	Chicharo	Jicama
Lilaceae	Espárrago	Yuca, mandioca
	Cebolla de bulbo	Ajo
	Cebolla de tallo	Poro
Malvaceae	Quimbombó	
Poligonaceae	Ruibarbo	
Rosaceae	Fresa	
Solanaceae	Tomate, Jitomate	Berenjena
	Pimiento	Aji
Umbeliferae	Apio-nabo	Zanahoria
	Apio blanco	
	Chirivía	

### 3.0 FAMILIA CHENOPODIACEAE (Spinacia oleracea)

Hierbas anuales o perennes, con los tallos rollizo y anguloso, articulados, con las hojas alternas, rara vez opuestas y sin estipulas.

Flores hermafroditas o unisexuales. generalmente actimorfas. con brácteas o sin ellas. agrupadas en glomérulos o cimas. Perigonio membranoso, 3-5 lobulado o partido. a veces ausente en las flores femeninas. Estambres de igual número que las divisiones del perigonio y opuestos a ellas, encorvadas hacia dentro cuando están en botón; filamentos libres etc.

La familia está formada por unos 100 géneros y más de 1400 especies, distribuidas de preferencia en suelos alcalinos. No tienen una gran importancia económica. aunque algunas de las plantas incluidas en ella son utilizadas por el hombre en su alimentación, como la espinaca Spinacia oleracea, el betabel Beta vulgaris . acelga Beta vulgaris cicla etc.(41)

**3.1 ORIGEN.** La espinaca es originaria de Asia y especialmente de Persia. Por otra parte, el nombre chino de la espinaca significa "Hierba de Persia".

Casi se puede asegurar que los árabes introdujeron esta verdura en Europa, primeramente en España durante el siglo XI y más tarde en Francia e Italia durante el siglo XIII.

La palabra espinaca proviene del árabe: Isfânâdsch. Esbanach o Sebanach; según los autores, sería el mismo procedente del persa: Ispany o Ispanaj (4,48).

### 3.2 BOTANICA

La planta típica tiene tallo recto, hueco, ramoso, de unos 50 cm de altura; hojas radiales alternas, rugosas, algo espesas pero tiernas, de color verde oscuro brillante, más pálido en la parte inferior, reunidas en rosetas las caulinares o centrales son más pequeñas (48). Las basales o externas son más grandes en términos de entre 6 y 12 cm, largamente pecioladas.

El tallo floral es ramificado y alcanza hasta un metro de altura. La especie es dioica, es decir, que las flores masculinas están en un pie y las femeninas en otro. Los pies machos se reconocen porque la inflorescencia es un racimo, y las hembras son glomérulos sentados (47).

El fruto, que luego será la semilla, se forma sólo en los pies hembras, que son fecundados por polinización por los insectos. Tienen una envoltura a veces lisa, otras con espinas divergentes en número de dos o cuatro. Se consideran dos subespecies según tengan frutos lisos o no (47).

### 3.3 METODO DE SIEMBRA Y OBTENCION DE LA SEMILLA.

Normalmente las semillas se compran en casas autorizadas y registradas. De esta manera, se tiene la seguridad de adquirir semilla de una u otra variedad con sus respectivos antecedentes de adaptación al clima y suelo.

Lo mismo vale mencionar que las propiedades y características de la variedad en cuanto a la resistencia o sensibilidad a una o más enfermedades.

En caso de que la semilla no esté certificada, el horticultor debe vigilar que tenga las siguientes características:

- Pureza genética y de variedad.
- Libre de partículas extrañas.
- Libre de plagas o enfermedades.
- Alto poder germinativo.
- Tamaño uniforme, o sea, bien calibrada.

Es necesario almacenar las semillas a temperatura entre 5 y 15°C, con una humedad relativa entre 40 y 60% y en oscuridad (47).

La siembra de la semilla de espinaca se hace directa en la parcela a 12mm de profundidad, se aplicando 20 Kg/ha de semillas a una distancia de 30 X 20 cm, obteniéndose 160 plantas de espinaca por hectárea (47).

**3.4 CULTIVOS.** Existen dos tipos diferentes de espinacas, Spinacia oleracea a la cual Yawakjar (51) le dió el nombre común de "Vilayati Palak" y la Beta vulgaris como "palak" o remolacha de espinaca. La última tiene hojas muy largas con márgenes enteros y su flor tiene ambas partes sexuales masculina y femenina (díica). La espinaca crece bien en climas calientes, mientras que la Spinacia oleracea es una planta de estaciones frías. Nath (33) describe tres cultivos desarrollados de la remolacha, llamados All Green, Jobner Green y Pusa Jyotti. En la India el Instituto de Investigaciones de Agricultura, de Nueva Delhi impulsó dos

variedades de la Spinacia oleracea y son: Virginia Savoy y Early Smooth de hoja suave (40).

En cuanto a la composición de la espinaca se representa en el cuadro III: este cuadro muestra algunas otras hortalizas de la misma familia de la espinaca. Y como se puede observar, es la que tiene el más alto contenido en minerales y vitaminas como riboflavina y vitamina C, es por ello, que es una hortaliza recomendada en la dieta alimenticia del ser humano.

CUADRO III. Contenido mineral y vitamínico de algunas hortalizas (21).

HORTALIZAS	MINERALES		VITAMINAS			
	CALCIO (mg)	HIERRO (mg)	TIAMINA (mg)	RIBO (mg)	NIACINA (mg)	Vit C (mg)
Acelga	62	3.9	0.5	0.23	0.5	6
Apio	52	1.4	0.02	0.04	0.4	8
Berenjena	8	0.5	0.05	0.05	0.8	8
Coliflor	38	2.9	0.12	0.11	0.8	127
Col	38	1.4	0.10	0.06	0.6	38
Elote	24	1.6	1.17	0.09	2.0	8
Espinaca	66	4.4	0.10	0.16	0.5	40
Lechuga	25	0.6	0.14	0.05	0.3	6
Zanahoria	26	1.5	0.04	0.05	0.3	6

Nota: Los valores del contenido de minerales y vitaminas se dan por 100g de porción comestible del alimento.

**3.5 FISILOGIA** Se producen innumerables procesos fisiológicos de las plantas comestibles tras la recolección. Al ser apartados de la tierra están privados de suministro normal de agua, minerales y en algunos casos de moléculas orgánicas simples (azúcares, hormonas), que usualmente les llegan de la tierra, fertilizante, etc. Sin embargo, la mayoría de los tejidos son capaces de transformar muchos de los constituyentes presentes. Estos procesos fisiológicos pueden ser beneficiosos o perjudiciales para la cantidad comestible de determinado vegetal (16).

Los procesos fisiológicos que tienen repercusión en la calidad de alimento comestible (espinaca) son:

a) La respiración de los vegetales que muestran rápido consumo de oxígeno y veloz evolución del dióxido de carbono suele hacerlos bastante perecederos, mientras que aquellos de respiración más lenta es posible conservarlos satisfactoriamente durante períodos relativamente largos. Además, cabe ampliar considerablemente la duración de la conservación de determinado vegetal (espinaca) colocándolo en un ambiente que retrase la respiración (tales como refrigeración, atmósfera controlada etc.) con el fin de evitar su descomposición tempranamente..

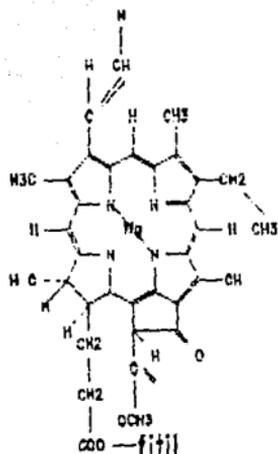
Los tallos, raíces y tejidos de hojas separadas de la planta acostumbran respirar uniformemente, o bien, presentan gradual disminución respiratoria al iniciarse la senescencia, cuando las condiciones del entorno son

constantes. Y la falta de oxígeno o aumento de dióxido de carbono origina su deterioro.

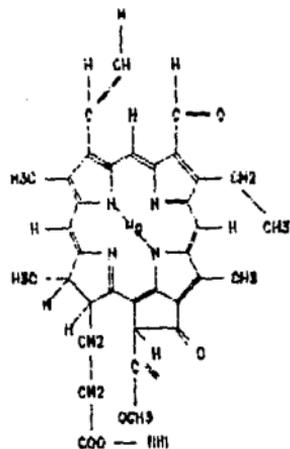
b) Síntesis de proteínas, durante la senescencia de las plantas hay aumento de actividad de enzimas específicas en los tejidos de las plantas desprendidas o en vías de deterioro. Por ejemplo, es el caso en la espinaca de las enzimas clorofilasa (pérdida de color verde), fosforilasa y principalmente peroxidasa. En general, se observa que la senescencia de las plantas va acompañada de una síntesis de proteínas acrecentada de RNA y de incorporación de aminoácidos que aumentan la cantidad de proteínas (16).

c) Metabolismo de los pigmentos de plantas verdes. La pérdida de color verde característico es uno de los más evidentes cambios que se producen en los tejidos senescentes de la plantas que contienen clorofila. El metabolismo de la clorofila se ve marcadamente influido por las condiciones del ambiente, tales como luz, temperatura y humedad cuyos efectos son específicos para cada tejido. En la figura 1 se ilustran las estructuras de los principales pigmentos clorofílicos que se encuentran en la espinaca.

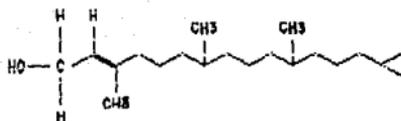
Los pigmentos carotenoides presentes en la espinaca existen en la naturaleza tanto en forma libre, en el tejido vegetal disueltos en lípidos, así como formando complejos con proteínas, carbohidratos y ácidos grasos. Estos complejos generan diferentes colores según la manera en que interaccionen (16).



CLOROFILA a

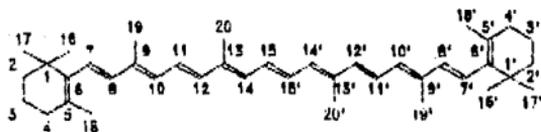


CLOROFILA b

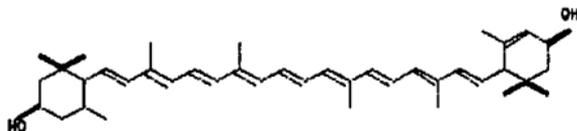


FITOL

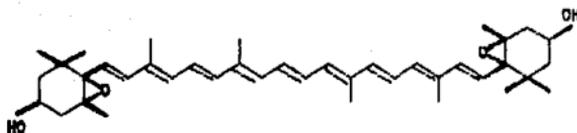
$\beta$ -CAROTENO



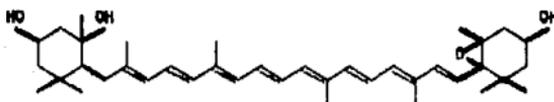
## LUTEINA



## VIOLAXANTINA



## NEOXANTINA



En las plantas verdes, la clorofila es mas abundante y mas intensa en color por lo que los carotenoides presentes están enmascarados. Estos ultimos se distinguen mejor en plantas jóvenes, cuando la clorofila aún no se desarrolla en grandes concentraciones y entre los carotenoides mas abundante en estas se ilustra en la fig 2. el  $\beta$ -caroteno.

Mientras que las xantofilas se encuentran asociadas con los carotenos y sus estructuras son muy parecidas a la del  $\beta$ -caroteno con la única diferencia de que tienen un hidroxilo en el segundo anillo que puede esterificarse con varios ácidos grasos.

Las tres principales xantofilas de las hojas verdes (espinaca) son luteína, violaxantina, neoxantina, los que se representan en la figura 3.

Las pérdidas de estos pigmentos se deben fundamentalmente a reacciones de oxidación, sea por oxígeno o por enzimas como lipoxigenasa, y se presentan generalmente en el secado de frutas y vegetales.

En el cuadro IV se muestran los principales pigmentos encontrados en mg/100g de espinaca comestible (24,43)

CUADRO IV. Principales pigmentos de la espinaca (24).

<u>XANTOFILAS</u>	<u>Mg/100g</u>
Trans-neoxantina-----	1.39
9'-cis-neoxantina-----	4.98
Violaxantina-----	4.16
Neocromo-----	0.88
Epóxido-luteína-----	1.27
Cis-luteína epóxido-----	1.10
Trans-luteína-----	14.40
(neoluteína B)	
Neoluteína B-----	0.13
(9-ó9'-cis)	
Neoluteína B'-----	0.51
(9'- ó 9-cis)	
Neoluteína A-----	0.90
(13 ó 13'-cis)	
TOTAL -----	29.72
<u>CAROTENOS</u>	
Todos los trans+15.15'cis,β-caroteno	6.7
carotenoides totales-----	36.4
promedio total -----	4.20
<u>CLOROFILAS</u>	
Clorofila b-----	20.2
Clorofila a-----	94.6
Feofitina b-----	9.66
Feofitina a-----	2.12
TOTAL-----	127.00

### 3.6 VALOR NUTRITIVO

En el desarrollo de la tecnología de alimentos, la principal prioridad es el hombre como centro beneficiario, por lo que es necesario transitar por la satisfacción de sus requerimientos básicos atendiendo a la alimentación y a la adecuada nutrición debido a que estos son indispensables para el desarrollo pleno de la capacidades y potencialidades individuales y colectivas.

Es sabido que las deficiencias nutritivas disminuyen los mecanismos de defensa del ser humano y aumentan la morbilidad, particularmente entre los niños. También afectan al crecimiento y al desarrollo físico, intelectual y social de las personas. Así mismo, los hábitos y requerimientos de alimentación adquieren rasgos diferenciados de acuerdo con las peculiaridades étnicas y culturales, influyen también el ingreso económico de la población, etc.

La importancia nutricional de los vegetales que alimentan a la población directa o indirectamente a través de los animales, consiste en que es una fuente vital de minerales esenciales, vitaminas y fibra dietética. Estos vegetales también suplen cantidades de carbohidratos, y energía, que en otros alimentos están deficientes.

Entre los beneficios que los vegetales aportan al ser humano están:

-El neutralizar las sustancias ácidas producidas en el curso de la digestión de la carne, queso, y otros alimentos de elevado contenido calórico.

-El minimizar ciertas enfermedades relacionadas con la deficiencia o carencia de fibra cruda que existe en las dietas alimenticias. Estas ventajas, se deben a sus elevados contenidos de agua (suculencia) y fibra cruda (bulbo), por ello los vegetales de hoja y raíces probablemente ayudan en la digestión y utilización de alimentos más difíciles de absorber y que se incluyen en la dieta humana (40).

Por otro lado, una proporción substancial de los carbohidratos de los vegetales esta presente en la dieta como fibra en forma de celulosa, hemicelulosa, y substancia como la pectina y la lignina. El organismo humano no es capaz de secretar las enzimas digestivas necesarias para romper estos polímeros complejos en simples unidades para ser absorbidos por el tracto intestinal (40).

Aunque la fibra fue considerada alguna vez innecesaria en la dieta humana, la evidencia epidemiológica obtenida posteriormente muestra que la dieta rica en fibra puede ser de importancia para curar varias enfermedades en el hombre, como lo muestra el cuadro V a continuación:

**CUADRO V. Enfermedades en el hombre causadas por la posible deficiencia de fibra (39).**

- Apendicitis	- Hernia Iatal
- Cáncer de Colon	- Isemia en el Corazón
- Constipación	- Obesidad
- Trombosis en venas	- Venas Varicosas
- Diabetes	- Tumores en el Recto
- Diabetes Ventricu- - losis	- Piedras en la vesicula

Muchos vegetales, especialmente los de hoja tal como el apio, calabaza, espinaca, lechuga se caracterizan por su elevado contenido en agua y un alto porcentaje de celulosa (fibra) como es el caso de la espinaca que se indica en el cuadro VI (40).

**CUADRO VI. Composición química de la espinaca fresca (40).**

Porción comestible*	Energía (Kcal)	Proteína (g)	Grasas (g)	Carbohidratos (g)	Calcio (mg)
0.82	16	2.9	0.4	1.7	66
Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Ac. Ascórbico (mg)	Retinol (mcgEq)
44	0.10	0.16	0.5	40	323

\*gr/100gr de Porción Comestible

#### 4.0 DESHIDRATACION DE LOS ALIMENTOS

El secado o deshidratación de un cuerpo puede definirse como la eliminación del agua, dentro de un límite determinado, bajo determinadas condiciones de temperatura, humedad, velocidad del aire de secado debidamente controladas, por medio de una corriente de aire sobre el cuerpo. Por ser el aire caliente el medio más usado y económico para efectuar el secado industrial de la fruta seca y de los vegetales en general, interesa estudiar las características del fenómeno a fin de determinar las condiciones precisas para llevar a cabo la deshidratación industrial en el tiempo mínimo, con el mejor resultado y mayor economía posibles, aprovechando al máximo el calor, ya sea en la fase de transmisión de éste al aire seco, o bien en aquella durante la cual el aire se suministra al vegetal en el secado (9).

##### PROCESOS DE SECADO

Hay tres clases diferentes de proceso de secado (secado al vacío, por liofilización y por contacto con aire a presión atmosférica). Este último es el que nos interesa ya que fué el que se utilizó para deshidratar la espinaca.

#### 4.1 EQUIPO DE SECADO, CARACTERISTICAS DEL DISEÑO Y APLICACIONES

CUADRO VIIA. Equipo. características y aplicaciones del secado con aire caliente (9)

SECADO CON AIRE CALIENTE		
TIPO DE SECADOR	CARACTERISTICAS	APLICACIONES
Secador de dos plantas	1a.planta quemador de aire caliente 2a.planta rejilla largos tiempo de secado.	Seca lúpulo, rodajas de manzanas y malta.
Secador de cabina, bandejas o compartimientos	Provisto de ventilador para circular aire al calentador, regulador de velocidad del aire 2.5m/s	Principalmente frutas y verduras de 1-20ton/día. También a a escala piloto.
Secador de túnel	Contiene túnel y bandeja para que pase el aire de secado. vel. del aire 2.5-6.0 m/s. Estos se clasifican por el mov. del producto.	Frutas y verduras de forma semicontinúa con gran capacidad de producción.
Secador de Transportador	No es adecuado para productos que tienden adherirse. Se consiguen altas vel. de secado. Equipo caro. Los productos se secan hasta 10-15% de humedad.	Frutas y verduras picadas de diferentes clases.
Secador de tolva	Baja velocidad de secado, bajo costo de instalación y mantenimiento.	Acabado de productos vegetales secos, reduce la humedad un 15-3%

Secador de Lecho Fluidizado	Aplicable a sólidos - susceptibles a fluidización. Las velocidades de secado son altas y fácil de controlar. En sistema discontinuo - se seca uniformemente y continuo determina la salida de producto no secado.	Comercialmente a escala experimental a chicharos, zanahorias, cebollas, café-sal, etc.
Secador Neumático	Al producto se introduce una fuerte corriente de aire caliente. Fluidiza a altas velocidades de secado. Actúa simultáneamente como secador y transportador.	Productos como granos de cereal, harina, papa granulada, cubos de carne, de leche en polvo y huevo.
Secador Rotatorio	Usado a productos constituidos por partículas que pueden fluir bien. Se consiguen altas velocidades de evaporación y un grado de secado uniforme.	Aplicación limitada para comprimidos de carne, azúcar granulado y tratamiento de semillas de cacao
Secador Atomizador	Sus tiempos de secado muy cortos 1-10s. Temp. relativamente bajas. Las gotas de aspersión ofrecen al aire de secado área superficial grande. permite secar rápido.	Amplio uso en la industria de alimentos: leche, suero, mezcla para fabricar helados, mantequilla queso, alimento para bebé etc.

---

CUADRO VIIB. Equipo, características y aplicaciones del secado con una superficie caliente (9).

SECADO POR CONTACTO CON UNA SUPERFICIE CALIENTE

TIPO DE SECADOR	CARACTERISTICAS	APLICACIONES
Fundamento	El calor se suministra de una superficie caliente. Se realiza la desecación por contacto a presión reducida para que puedan emplearse temperaturas más bajas en la superficie y en el producto con el objeto de no dañar alimentos sensibles al calor.	
Secador de Tambor de Rodillos o de Película	Este tipo de secador consta de uno o más cilindros metálicos huecos que giran sobre ejes horizontales y son internamente calentados a vapor, agua u otro medio líquido de calentamiento en la superficie del cilindro, se aplica una película del producto líquido, se calienta y el producto se desprende.	leche, sopas, -- alimento para -- hebras, purés de papa y muchos otros alimentos.
Secador a Vacío de placas	Seca alimentos sensibles al calor, mediante la aplicación de calor por conducción a una cámara provista con placas huecas, horizontales y paralelas.	Alimentos sensibles al calor como concentrados de jugos de frutas.
Secador a Vacío de Cintas Sin Fin	Seca líquidos y papi-llas que van sobre una cinta transportadora de acero inoxidable montado sobre un tambor de calentamiento y otro de enfriamiento en el interior de la cámara al vacío.	En concentrados de jugos de frutas, en concentrados de tomate y de extractos de café.

A continuación en los cuadros VIIA, VIIB se muestra el equipo de secado además de sus características y aplicaciones (9). En donde el calor se transmite a la sustancia alimenticia bien por medio de aire caliente o bien por superficies calientes, mientras que el vapor de agua es extraído junto con el aire.

De ahí los métodos de deshidratación pueden clasificarse de la siguiente manera (9).

(i) Desecación con aire caliente. El alimento se pone en contacto con una corriente de aire caliente. El calor se aporta principalmente por convección.

(ii) Desecación por contacto directo con una superficie caliente. El calor se aporta al producto principalmente por conducción.

De donde la transmisión de calor por convección consiste en transmitir energía por movimiento de grupos de moléculas, estando restringida a líquidos y gases, ya que en los sólidos no es posible el movimiento molecular de la materia. Al contrario de lo que sucedería con la transmisión por conducción en la que hay una transferencia de calor desde una superficie caliente a la sustancia a desecar. Este calor suministra el calor latente de vaporización del agua por tanto la deshidratación transcurre en total independencia de las condiciones en que se encuentre el aire. Se establece un balance de calor entre el calor transmitido al producto alimenticio y el calor perdido por

evaporación de agua y perdido por convección y conducción hacia el aire.

#### 4.2 MICROBIOLOGIA DE LOS VEGETALES DESHIDRATADOS

Es importante conocer la flora microbiana asociada con el medio natural de las plantas y animales, ya que estos microorganismos serán el origen de las alteraciones en nuestros alimentos, al infectar y destruir a plantas y animales.

Por esto, si se identifican las clases de organismos asociados con los alimentos vegetales y animales en sus estados naturales, es posible predecir los microorganismos presentes en los productos alimenticios derivados de aquellos.

En general, estos microorganismos que se mencionan se asocian con el medio ambiente, como se indica en el cuadro VIII.

Además es de interés sanitario conocer el grupo de microorganismos propio de las frutas y hortalizas y las técnicas que ayudan a eliminarlos antes, durante y después de la deshidratación.

#### ANTES DE LA DESHIDRATACION DE FRUTAS Y HORTALIZAS

1. Debe cuidarse la selección y clasificación atendiendo al tamaño, grado de madurez y estado sanitario.
2. El lavado de frutas y hortalizas y su pelado con vapor o lejía reduce el número de gérmenes, puesto que la mayoría se encuentran en la superficie externa.

3. El escaldado de verduras, cuya finalidad primaria es la destrucción de enzimas, que podrían activarse y dar lugar a cambios no deseables en los productos terminados. Los vegetales foliáceos requieren menos tiempo que los chícharos.

4. El sulfitado en frutas y hortalizas inhibe el crecimiento y el número de estos microorganismos, como los que se encuentran en el cuadro VIII.

5. El equipo debe ser inspeccionado previo al secado o contar con aceptación sanitaria, así como los empleados o manipuladores que estén en contacto con las frutas y hortalizas.

CUADRO VIII. Tipo de microorganismos que suelen formar parte del medio ambiente que rodean al alimento (17).

ORIGEN	MICROORGANISMOS
Suelo y agua	<i>Alcanligens, Bacillus, Clostridium, Pseudomonas</i> etc.
Plantas y productos vegetales	<i>Acetobacter, Lactobacillus, Leuconostoc, Streptococcus</i> , etc.
Utensilios	El género de microorganismos se vincula con el tipo de alimento manipulado, su cuidado y con --servación.
Tracto intestinal del hombre	<i>Escherichia</i> , principalmente -- <i>Clostridium, Enterobacter, Pseudomonas</i> , etc.
Aire y polvo	<i>Bacillus</i> y <i>Micrococcus</i>
Bacterias de -- toxiinfecciones alimenticias	<i>Staphylococcus, Salmonella</i> y -- <i>Clostridium</i>

De estos microorganismos mencionados anteriormente, los que se encuentran más relacionados con las hortalizas deshidratadas son principalmente bacterias. Varios investigadores, han señalado los géneros de bacterias encontrados que han sido resumidos por Vaughn (17), entre ellos se encuentran: *Echerichia*, *Aerobacter*, *Cromobacter*, y *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, y *Streptococcus*. En muchas muestras de hortalizas deshidratadas se encontraron que las especies predominantes eran *Lactobacillus* y *Leuconostoc*.

#### DURANTE LA DESHIDRATACION

La aplicación de calor durante la deshidratación disminuye el número de microorganismos, destruye generalmente las levaduras y la mayoría de bacterias termorresistentes por lo que se deben tomar los cuidados necesarios.

#### DESPUES DE LA DESHIDRATACION

Una vez deshidratada la hortaliza, las condiciones de almacenamiento deben ser adecuadas. Por ejemplo la humedad debe ser inferior al 18% durante el almacenamiento. Y no sólo en el almacenamiento sino durante el envasado y las otras manipulaciones subsiguientes a la deshidratación del producto.

### 4.3 ALMACENAMIENTO

Los alimentos por su constante actividad biológica manifiestan variación de su naturaleza química, física y microbilógica o enzimática que los llevan al deterioro de su calidad. Esta se caracteriza por la inadaptación de los productos para su consumo humano, como resultado de la existencia de la contaminación microbiana o de insectos, de la pérdida de ciertos atributos específicos como color, sabor, textura y viscosidad o la presencia de ciertos contaminantes químicos. Una de las etapas del manejo de los alimentos donde estos sufren un deterioro importante es durante el almacenamiento y mientras éste sea apto para consumo humano será susceptible de comercialización. A este intervalo de tiempo, se le da el nombre de vida útil o vida de anaquel (18).

De acuerdo al INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGIST (IFT) (22) definen la vida de anaquel como el período transcurrido entre su producción y el consumo del producto alimenticio, durante el cual, éste se caracteriza por un nivel satisfactorio de cualidades evaluadas por un valor nutritivo, sabor, textura y apariencia. Las alteraciones de materiales alimenticios en el almacenamiento, en caso de que existan, permanecen en los niveles considerados aceptables (12).

La vida de anaquel varía con el tipo de alimentos, la temperatura de almacenamiento y el envasado, en donde las

velocidades de deterioro aumentan con la temperatura y con el uso de envases inadecuados. Es común afirmar que a cada aumento de  $10^{\circ}\text{C}$  en la temperatura de almacenamiento la velocidad de reacción se duplica, no obstante, existen circunstancias en que ese factor puede llegar de 4 a 7 veces duplicarse. Dentro de este contexto, un producto con vida de anaquel de algunas semanas a temperatura de  $38^{\circ}\text{C}$ , puede eventualmente mantenerse apto para el consumo durante 2 a 3 años a  $7^{\circ}\text{C}$  (temp. de almacenamiento). El tiempo de vida de anaquel es generalmente determinado por los fabricantes y es esencial conocerlo cuando se establecen las condiciones y métodos empleados en la distribución de estos productos (12).

Diversos parámetros están directamente envueltos en el estudio de la vida de anaquel de los alimentos. De acuerdo con el I.F.T. los principales son (12).

- Valor nutritivo, válido para la concentración de vitaminas, proteínas y minerales.
- Crecimiento microbiano, acción enzimática o infección de insectos.
- Cualidades sensoriales, como sabor, aroma, textura y apariencia general.

Hearne (19) clasifica estos parámetros de modo más pormenorizado dando margen a discusiones más profundas, y después señala los daños al que los alimentos están sujetos durante su vida de anaquel, de la manera siguiente:

- Contaminación microbiana
- Contaminación de insectos y roedores
- Reacción de oscurecimiento no enzimático
- Oxidación, hidrólisis y rancidez de grasas
- Alteraciones debido a la pérdida de humedad
- Alteraciones debido a la ganancia de humedad
- Actividad enzimática
- Pérdida de valor nutritivo (alteraciones estructurales de proteínas y deterioro de vitaminas)
- Interacción con los recipientes
- Pérdidas de las cualidades estéticas

De estos puntos señalados antes por I.F.T. y por Hearne (19) los que más se relacionan con la espinaca deshidratada durante su almacenamiento, son estos:

- Oxidación de sus pigmentos por interacción con la luz
- Alteración debido a la ganancia de humedad
- Pérdida de aroma, sabor y color

La mayor parte de los alimentos deshidratados son higroscópicos y susceptibles a la oxidación y al deterioro bajo el influjo de la luz. Por ende, han de envasarse al vacío, o en gas inerte (nitrógeno), en recipientes impermeables al vapor de agua.

Si se esperan ventas y consumos rápidos de las hortalizas (espinaca deshidratada) es mejor que se envasen en sacos laminados o bolsas de celofán o plástico. Este

procedimiento protege superficialmente contra la absorcion de agua durante periodos largos, pero no contra la oxidacion.

#### 4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DESHIDRATACION

La deshidratacion trae muchas ventajas como se enumeran a continuacion:

- 1) La reduccion de peso y conservacion del alimento con objeto de economizar gasto de transporte, almacenamiento y manejo.
- 2) No existen costos de refrigeracion en comparacion con los empleados para productos frescos y congelados.
- 3) Alarga la vida de anaquel del alimento, debido a la disminucion del contenido de agua del alimento.
- 4) Mayor aprovechamiento del alimento natural: e impulsa su disposicion en cualquier epoca del año.
- 5) El alimento mantiene su calidad nutritiva e higienica -- constante, con el fin de obtener estas sus caracteristicas -- invariables.

Es indudable que la deshidratacion, si bien ofrece muchas ventajas tambien tiene sus inconvenientes, los que se pueden concretar de la siguiente manera:

- 1) Pobre calidad y textura, sino se controla humedad y temperatura .
- 2) Puede producir un obscurecimiento durante la operacion.
- 3) Los alimentos con naturaleza higroscopica presentan pro -

blemas en el secado, ya que estos productos se adhieren al interior del equipo, ésto provoca considerables pérdidas que traen consigo alteraciones en el producto terminado.

4) Disminución en el sabor natural.

5) Si no es envasado el producto en empaques adecuados hay absorción de agua, pérdida de sabor, así como, de componentes aromáticos durante el almacenamiento.

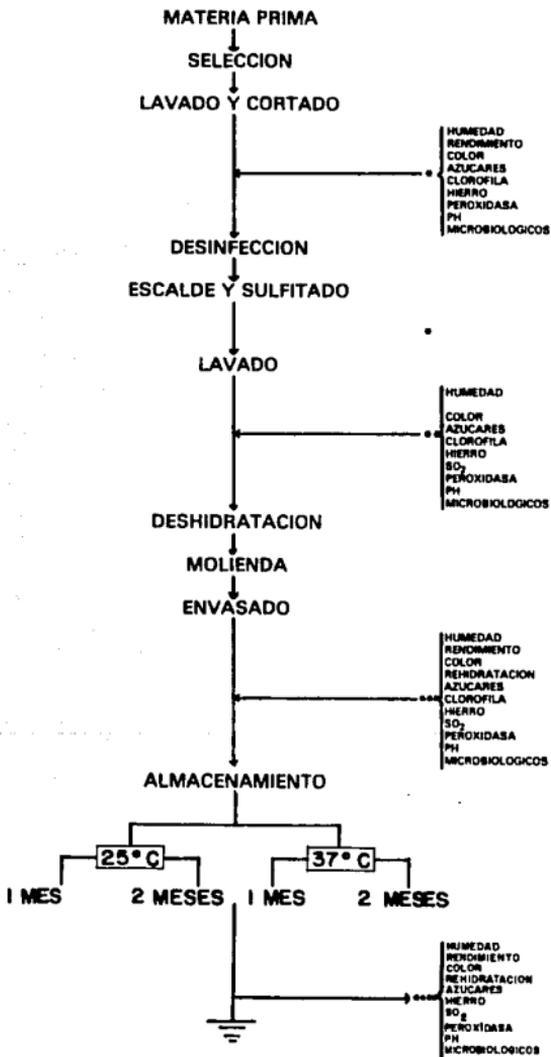
6) Oxidación de pigmentos por acción de la luz.

7) En referencia a su color, textura y sabor, los vegetales deshidratados son comunmente percibidos como inferiores por características sensoriales en relación al producto fresco aún contra el enlatado. Esta comparación debe ser hecha dentro de un contexto de aplicaciones, un porcentaje de su fórmula y de como se prepara. Muchas veces la calidad inferior del producto deshidratado es una noción tradicional no basada en hechos.

## C A P I T U L O   I I I

### MATERIALES   Y   METODOS

FIG. 4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA EL SECADO DE LA ESPINACA (*Spinacia oleracea*)



El plan de trabajo para el estudio experimental de la espinaca deshidratada se dividió en cuatro etapas que se enumeran a continuación:

I. Primera etapa se realizó una selección bibliográfica que contuviera tomas de la deshidratación de hortalizas en México y el extranjero.

II. Segunda etapa, se elaboró un diagrama del proceso experimental del secado de la espinaca que se muestra en la fig 4. Posteriormente se caracterizó la espinaca a la que se le realizaron los análisis físicos, químicos y microbilógicos a la espinaca fresca y deshidratada en varias etapas del proceso.

III. Tercera etapa, se seleccionó el secador, para la deshidratación de la espinaca y obtención de un producto que conservara su calidad nutritiva y física (color, aroma etc), además de una producción considerable ( 2 a 5 kg) de espinaca deshidratada para los estudios de calidad nutritiva y físicas de la muestra .

IV. Cuarta etapa de este trabajo, se establecieron las condiciones de almacenamiento de la espinaca deshidratada, las cuales se indican en el cuadro IX.

### **3.1 CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA**

3.1.1. Materia Prima. Provino del estado de Tlaxcala, y se obtuvo en la Central de Abastos, de donde tres horas después se seleccionó la espinaca fresca, ya que de ello dependió

la calidad final del producto. Esta selección, se apegó a los requerimientos de la UN/ECE STANDARD FFV-34 y al CODEX ALIMENTARIUS dado en el apéndice 1 (1,37) debido a que no existe una norma para seleccionar hortalizas que se someterán a un secado en México.

La variedad de la espinaca que se empleó para la elaboración de este trabajo fué la Viroflay con las siguientes características (18):

- Día aproximados de maduración: 40
- Planta, grande y erecta
- Hoja, lisa y grande
- Color, verde obscuro
- Resistencia, al tizón

### 3.2 DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA ESPINACA

Después de obtenida la materia prima, se seleccionó de acuerdo con la Norma mencionada arriba, que se relaciona con el patron del mercado y control de calidad comercial de la espinaca.

La selección se hizo manualmente para eliminar todas las irregularidades y materias extrañas. Se separa parte del tallo de la hoja, con objeto de obtener un mayor rendimiento en el secado.

El lavado se hace con una gran cantidad de agua a presión, para eliminar la tierra adherida y otras materias extrañas.

Inmediatamente después de lavada y escurrida la espinaca, se corta a mano con cuchillo sobre tablas limpias.

El tamaño del trozo de la hoja es aproximadamente de 2 x 3 cm.

Después de este paso se realizan determinaciones físicas químicas y microbiológicas, que se señalan en la primera etapa en la figura 4 y se establecen en el cuadro X para el producto FRESCO las que se realizan a tiempo cero de almacenamiento.

Después se hizo la desinfección, en caso de que no hubiera sido eficaz el lavado. Consistió en introducir la hortaliza en unos cubos de plástico desinfectados, que contenían agua y una mezcla de dos soluciones comerciales (Elibac -Profade y Desingen -Turmix), los que se adicionan en las proporciones indicadas por el fabricante (en 2L de agua agregar 5 ml). Ahí se remoja la espinaca durante 20 min para disminuir su carga bacteriana, ya que la muestra proviene de la tierra, donde hay gran variedad de microorganismos. Terminado el remojo se escurre en coladeras lavadas con una solución antiséptica.

Ya escurrida la muestra se procede a escaldarla con el objeto de fijar el color e inactivar enzimas, sumergiéndola en agua destilada a temperatura de ebullición entre 80-100°C durante 3 min (7.39), según la hortaliza tratada. Aunque por lo general, se considera suficiente cuando los tejidos comienzan a ablandarse.

Inmediatamente después, se procede a la sulfitación la que junto con el escaldado, se realizan por medio de la

adición de metabisulfito de sodio, a una concentración de 2500 ppm, incorporandólo en agua a temperatura de ebullición durante 3 minutos. En seguida la muestra se somete a un baño con agua fría destilada para su consecutiva manipulación que se señala en la segunda etapa de la fig 4.

Esta segunda etapa y sus posteriores determinaciones se representan en el cuadro X para el producto ESCALDADO Y SULFITADO. En esta etapa además de realizarse las determinaciones mencionadas antes, se describen: el Escalde y sulfitado y la determinación de Sulfito total, las cuales fueron realizadas a un tiempo cero de almacenamiento.

Previo al paso del secado, durante el escurrimiento de este producto, el secador de tolva se limpió y desinfectó con una solución de benzal al 20%. En seguida, se esparció la muestra en el secador. En este permaneció cerca de 6 a 7 hr, a una temperatura de 60°C y con una velocidad 2.5 m/s (9,34.6). Esta última varía con el tipo de secador y de producto.

Finalizó el secado al alcanzar una humedad final entre 5-10% . Ya deshidratada la hortaliza, se sacó del secador para enfriarse a la temperatura ambiente para su posterior molienda, la que se realizó en una licuadora a la velocidad 2 en un tiempo 2-3 min.

Ya molida esta hortaliza, se envasa. Para el envasado se utilizaron botes de polietileno con su respectiva tapa

para despues almacenarse. Para el almacenamiento se establecieron valores de temperatura y tiempo que se señalan en el cuadro IX para cada una de las muestras. Esto quiere decir que por las condiciones de almacenamiento señaladas , se trabajó con 7 muestras incluyendo a la espinaca fresca y escaldada como se puede ver cuadro IX.

CUADRO IX. Condiciones de almacenamiento de la espinaca deshidratada

MUESTRA (espinaca)	TIEMPO (días)	TEMPERATURA ( °C )	CONDICION
Fresca	0	Ambiente	Fresca
Escaldada y Sulfitada	0	Ambiente	Escaldada y Sulfitada
Seca	0	Ambiente	1
Seca	30	25	2
Seca	60	25	3
Seca	30	37	4
Seca	60	37	5

Al producto seco se hicieron las determinaciones que se señalan en el cuadro X para la muestra DESHIDRATADA Y ENVASADA. Así mismo, transcurridos las condiciones de almacenamiento propuestas en el cuadro IX se realizaron las determinaciones que se dan en el cuadro X para la muestra DESHIDRATADA ENVASADA Y ALMACENADA.

### 3.3 DETERMINACIONES FISICAS, QUIMICAS Y MICROBIOLÓGICAS

En el cuadro X se expresan las determinaciones que se realizaron en el estudio de la espinaca fresca, deshidratada y almacenada.

CUADRO X. Determinaciones Físicas, Químicas y Microbiológicas realizadas durante el estudio de calidad de la espinaca

#### DETERMINACIONES FISICAS\*, QUIMICAS\*\* Y MICROBIOLÓGICAS\*\*\* DE LA ESPINACA FRESCA Y DESHIDRATADA

PRODUCTO	HUMEDAD *	RENDIMIENTO *	COLOR *	REHIDRATACION *	AZÚCARES **	CLOROFILA **	HIÉRRÓ **	PEROXIDASA **	NO <sub>2</sub> **	PH **	MICROBIOLÓGICAS ***
FRESCA	X	X	X		X	X	X	X		X	X
ESCALDADA Y SULFITADA	X		X		X	X	X	X	X	X	X
DESHIDRA- TADA Y EN VASADA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DESHIDRA- TADA, ENVA- SADA Y AL- MACENADA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

X = REALIZADAS

### 3.3 DETERMINACIONES FISICAS, QUIMICAS Y MICROBIOLÓGICAS

En esta etapa se experimentaron los análisis físicos, químicos y microbiológicos.

#### 3.3.1 DETERMINACIONES FISICAS.

##### 3.3.1.1 HUMEDAD EN ESTUFA DE SECADO (27).

Se determinó por desecación en estufa de vacío hasta peso constante. En esta determinación se utilizaron crisoles. Se pesaron de 2 a 5 g de muestra en los recipientes previamente tarados y se secaron a una temperatura de 60-65°C en estufa durante 6 horas aproximadamente. Una vez transcurrido el tiempo se enfriaron en un desecador y se pesaron.

Los cálculos se hicieron de la siguiente manera:

$$\% \text{Humedad} = \frac{(B-A)}{P.M.} \cdot 100$$

P.M.

En donde:

B = peso del recipiente tarado con muestra

A = peso del recipiente con muestra seca

P.M. = peso de la muestra en gramos

##### 3.3.1.2 DETERMINACION DE RENDIMIENTO. (8)

El rendimiento puede tomarse a base de la materia fresca total o de la hortaliza ya preparada. En donde generalmente se nota una pérdida del rendimiento después de su remojo, cocción, deshidratación y el producto fresco original.

Estos rendimientos varían en consonancia con varios factores como son grado de madurez, variedad de hortaliza, forma de remojo, de secado etc.

Los cálculos son hechos en peso por ciento.

### 3.3.1.3 DETERMINACION DE COLOR.

El color de la espinaca fué determinado en un espectrofotómetro de reflectancia y se realizó el procedimiento siguiente:

a. Se seleccionó el filtro de color verde, según recomendaciones del fabricante y se permitió que el aparato se calentara 30 min.

b. Después que el espectrofotómetro se ha calentado, se ajusto a cero en la escala del por ciento de transmitancia, y de la misma manera hasta que la aguja marca noventa, haciendo estos ajustes con el blanco del aparato.

De esta manera se asegura la estabilidad de la lectura.

c. Se repite lo mencionado en el punto a y b para verificar la calibración y se toma la lectura de la aguja.

d. Después se colocó la muestra (espinaca fresca ó deshidratada) y se registran las lecturas, que se hicieron sobre la extracción acuosa de las muestras.

e. Se selecciona la lectura que corresponde a la muestra más clara y a la más oscura y con estos datos se establecen los límites de control para la nueva calibración con los discos.

f. Finalmente se colocó la muestra problema (espinaca fresca ó deshidratada) y se registra la lectura hecha por el espectro de reflectancia.

#### 3.3.1.4 PRUEBA DE REHIDRATACION.

Aunque no existe un método o seguimiento uniforme para medir la rehidratación de un producto deshidratado. Esta prueba de rehidratación puede ser la más apropiada para evaluar la calidad de plantas y hortalizas secas. El procedimiento de esta prueba se apega a los seguimientos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (38), y son los siguientes:

1. Pesar de 2 a 10g de material seco.
2. Colocar este material en un matraz de 500ml y añadir de 80 a 150ml de agua destilada y sobre el matraz colocar un vidrio de reloj. En seguida este matraz se coloca sobre una parrilla, para llegar a temperatura de ebullición en un lapso de 3 min.
3. La cantidad de agua, tiempo y período de ebullición varían de acuerdo al producto. Sin embargo, no se debe agregar un exceso de agua (arriba de 150 ml), ya que esto ocasionaría un tiempo mayor para llegar a la ebullición.
4. Una vez alcanzada la temperatura deseada, se filtra la muestra para quitar el exceso de agua y después se pesa. Estos pasos (1-4) se repiten para cada muestra problema deshidratada a los tiempos de ebullición de 2-5, 10, 20 y 30 min por triplicado.

Los resultados se expresan en términos de coeficientes de rehidratación y porcentaje de agua del material rehidratado, y se representan con las siguientes fórmulas:

1) Coeficiente de Rehidratación:

$$\frac{\text{Peso drenado de la muestra deshidratada}}{\text{Peso de la muestra seca para rehidratarse}} \times \frac{\text{100-humedad de la muestra antes del secado}}{\text{Humedad presente en la muestra seca para rehidratarse}} \times 100$$

2) Porcentaje de agua del material rehidratado:

$$\frac{\text{Peso drenado de la muestra rehidratada}}{\text{Peso de la muestra rehidratada}} - \frac{\text{Contenido de materia seca en la muestra tomada para rehidratación}}{\text{Peso de la muestra rehidratada}} \times 100$$

3.3.2. DETERMINACIONES QUIMICAS.

3.3.2.1 METODO COLORIMETRICO RAPIDO PARA LA DETERMINACION SIMULTANEA DE AZUCARES REDUCTORES TOTALES Y FRUCTOSA EN JUGOS CITRICOS (45)

La solución amortiguadora de fosfato disódico y carbonato de calcio junto con el ferricianuro se usaron como agentes oxidante de los azúcares reductores. El ferricianuro empleado produce una coloración azul que se mide

colorimétricamente, después de la adición del reactivo de arsenomolibdato de Nelson.

La determinación de fructosa en presencia de la glucosa depende generalmente de los agentes alcalinizantes y de la temperatura. La temperatura del baño de agua en el que se introducen los azúcares reductores se lleva a la temperatura de ebullición (93°C) por 20 min donde la glucosa y fructosa se oxidan partes iguales y a 55°C por 30 min, toda la fructosa se debe oxidar y solo una octava parte de la glucosa se oxida.

En este método se prepara una curva tipo, que se hace con soluciones conocidas de glucosa y fructosa las que contienen 0.020, 0.040, 0.060, 0.080, 0.100, 0.120 y 0.140 g de cada azúcar por 100 ml.

La construcción de las curvas tipo de glucosa y fructosa son hechas a las temperaturas de 93°C/20 min y 55°C/30min correspondientemente en el apéndice 2 y 3, fig. 15 y 16.

La glucosa y fructosa tienen rangos de oxidación similares y sus curvas son idénticas. A 55°C los valores de fructosa pueden ser cerca de ocho veces más altos que los de glucosa a la misma concentración, de acuerdo con el método descrito.

El color de la solución después de la adición del arsenomolibdato se determinó en el espectrofotómetro a 550nm. El resultado de esta determinación en el espectrofotómetro son las lecturas registradas por éste. Las

lecturas de la muestra problema se grafican en la curva tipo para determinar su concentración .

Por otra parte, el valor de k ó pendiente de la curva tipo se calculó también matemáticamente con la fórmula siguiente:

$$k = c / a$$

k= Factor de unidad de absorbancia, o pendiente de la curva.

c= Concentración en g de azúcares reductores por 100 ml

a= Absorbancia de la solución a esa concentración.

Los valores de k de diferentes concentraciones de azúcar son promediados y designados como K.

El total de azúcares reductores contenidos como S en la muestra, se calculan con la siguiente ecuación:

$$S = K \cdot A \cdot D$$

S= Concentración de azúcares reductores directos de muestra g/100 ml de jugo

K= Promedio de la pendiente de la curva

A=Concentración dada por la absorbancia

D= Factor de dilución

Así se compararon los métodos gráfico y matemático para dar más precisión a los resultados.

### 3.3.2.2 DETERMINACION ESPECTOFOTOMETRICA DE CLOROFILAS Y FEOFITINAS EN EXTRACTO DE PLANTAS (50).

El procedimiento espectrofotométrico usado determina cuantitativamente: clorofila a, clorofila b, feofitina a, feofitina b, clorofila total, feofitina total .

La clorofila a y b y sus absorbancias respectivas en acetona al 80%, fueron estimadas con este disolvente, para extraer los pigmentos de las plantas.

El método utiliza absorbancias específicas. Las absorbancias cambian para cada uno de los pigmentos mencionados en el primer párrafo, al extraerse con acetona al 80%. Y a las longitudes de onda 662 y 645 nm son medidas las absorbancias de la clorofila a y b a su máxima absorción.

Por otra parte, las absorbancias específicas de las feofitinas a y b se cuantificaron bajo la conversión (hidrólisis ácida) completa de las clorofilas a sus correspondientes feofitinas.

Esta conversión se hizo añadiendo 1.0 ml de ácido oxálico saturado en acetona al 80% a una solución de clorofila en acetona al 80%. El cual, una vez disuelto se dejó reposar durante 3 horas en un cuarto oscuro a temperatura ambiente.

Los valores de las absorbancias de la muestra convertida se midieron a las longitudes de ondas sugeridas por la ecuaciones que se muestran en el siguiente párrafo. Una vez medidas se compararon con las absorbancias control (contenía sólo clorofila extraída con acetona al 80%) y de esta manera

se evaluaron las absorbancias específicas de las feofitinas a su máxima absorción y los cambios resultantes de esta conversión.

De acuerdo a la bibliografía se determinaron las absorbancias de la muestra control y convertida que se emplearon en las fórmulas. para cada una de las siguientes longitudes de onda: 536, 558, 645, 649, 655, 662, 665, 666, 667 y 700nm

Las ecuaciones utilizadas para la determinación de las clorofilas y feofitinas señaladas antes son las siguientes:

$$(1) \% \text{ Clorofila a} = \frac{\text{clo a (mg/lt)}}{\text{clo tot a sin conversión (mg/lt)}} \times 100 =$$

$$= \frac{25.38 (\Delta A662) + 3.64 (\Delta A645)}{22.32 (A666) - 17.90 (A536)} \times 100$$

$$(2) \% \text{ Clorofila b} = \frac{\text{clo b (mg/lt)}}{\text{clo tot b sin conversión (mg/lt)}} \times 100 =$$

$$= \frac{30.38 (\Delta A645) + 6.58 (\Delta A662)}{97.40 (A536) - 22.6 (A666)} \times 100$$

$$(3) \% \text{ Cloro Total} = \frac{\text{clo (mg/lt)}}{\text{clo tot sin conversión (mg/lt)}} \times 100 =$$

$$= \frac{18.80 (\Delta A662) + 34.02 (\Delta A645)}{79.50 (A536) - 0.29 (A666)} \times 100$$

De donde  $\Delta$  = son los cambios en las absorbancias especificadas en las fórmulas señaladas arriba correspondientes a la conversión de clorofilas a feofitinas

a una longitud de onda mencionadas antes para mediadas quantitativas.

Los valores de los denominadores en la ecuación son dados por la bibliografía, mientras que los valores de las absorbancias son usados para determinar las clorofilas sin conversión, y los valores de los numeradores son tomados individualmente para determinar la cantidad de clorofila presente en el extracto.

Para las absorbancias específicas de las clorofilas a 665 y 649 nm en acetona al 80% pueda usarse las siguientes ecuaciones:

$$(4) \text{ clo a (mg/lt) } = 11.63 (A 665) - 2.39 (A 649)$$

$$(5) \text{ clo b (mg/lt) } = 20.11 (A 649) - 5.18 (A 665)$$

$$(6) \text{ clo tot (mg/lt) } = 6.45 (A 665) + 17.72 (A 649)$$

Al usar las absorbancias específicas de feofitinas a 666, 665 y 563 nm se obtiene la concentración de las feofitinas en el extracto de acetona al 80% después de la conversión con ácido oxálico.

$$(7) \text{ Feo a (mg/lt) } = 20.15 (A 666) - 5.78 (A 655)$$

$$(8) \text{ Feo b (mg/lt) } = 31.90 (A 655) - 13.40 (A 666)$$

$$(9) \text{ Feo tot (mg/lt) } = 6.75 (A 666) + 26.03 (A 655)$$

### 3.3.2.3 DETERMINACION DE HIERRO (31).

El método que se llevó a cabo fue el que se encuentra en el manual de Técnicas para el análisis de alimentos del I.N.N.S.Z., (Instituto Nacional de la Nutrición) (27).

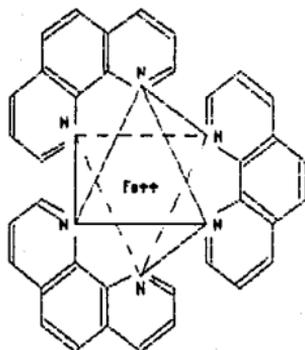
Se incinera la muestra cuidadosamente en un recipiente, posteriormente se le agregan 5ml de HCl que se evaporan en un baño de vapor. Se añaden 2ml más de HCl y se calientan en un baño de vapor en el recipiente con un vidrio de reloj sobre éste. se enjuaga el vidrio con agua y se recoge en un matraz de 100ml, se lleva al aforo con agua y se filtra sobre papel. Una vez realizado este paso se toma una alícuota de 10ml que se afora en un matraz de 25 ml. Al que se agrega 1 ml de clorhidrato de hidroxilamina, después se añaden 5 ml de solución buffer y 1 ml de solución de orto-fenantrolina y se afora con agua. La orto-fenantrolina se emplea como indicador, el cual produce un color rojo intenso al formarse un complejo de  $Fe(C_6H_5N_3)_3$  que se muestra en la fig. 5, cuya intensidad es proporcional a la concentración de Fe presente, el cual se cuantifica leyendo en un espectrofotómetro a 510nm.

De la lectura se determina la concentración de Fe de la representación de la línea de la curva estándar.

La preparación de una curva estándar consiste de 11 soluciones a diferentes concentraciones (0.0, 2.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0, 35.0, 40.0, y 45.0) de solución estándar de Fe más 2 ml de HCl. Se diluyen a 100ml

y se usan 10 ml de cada una de esta diluciones a las cuales se les agrega 1 ml de clorhidrato de hidroxilamina . después de unos min se agregan 5ml de solución buffer y 1 ml de solución de orto fenantrolina y se añoran a 25 ml se leen en el espectrofotometro y se grafica.

FIG. 5 COMPLEJO FORMADO ENTRE EL INDICADOR Y EL  $Fe^{3+}$



Finalmente se determina la concentración de Fe de la espinaca tratada y deshidratada con la curva tipo de referencia representada en el apéndice 4.

#### 3.3.2.4 ESCALDE Y SULFITADO

El escalde es la operación clave para casi la totalidad de los vegetales, a fin de obtener una buena calidad (inactivar enzimas, eliminar el aire en los tejidos, fijar el color verde, reducir el número de microorganismos). Puede realizarse, bien con vapor o bien con agua hirviendo. Mediante esta operación se consigue ante todo, la destrucción de las enzimas naturales, que pueden en el curso de los diversos tratamientos o aún después de secado el producto, producir alteraciones de color, en el aroma, en las características del tejido y en la conservación de las vitaminas.

Es preferible realizar esta operación con agua hirviendo y no a vapor ya que esta última ejerce una fuerte reacción disolvente sobre las sales minerales, azúcares, vitaminas y otras sustancias nutritivas. Ello se pone especialmente en relieve en el caso de las espinacas (34, 28).

Por otra parte, este tratamiento con agua es favorable para la hortaliza, pues se reduce mucho el oxalato presente. Ya que una parte de éste es balanceado en el tejido de la planta por el calcio y magnesio y el resto está en forma activa, lo que priva del calcio a otros alimentos de la dieta alimenticia.

Mientras que la sulfitación se puede hacer mediante vapores de azufre o también con soluciones de sulfitos o bisulfitos, con las cuales se rocía la materia prima.

En las espinacas la sulfitación mejora mucho el producto, prolonga su conservación y protege la vitamina C y el caroteno (6).

Estos pretratamientos se efectuaron en una sola operación y la cantidad de aditivo empleado se apegó a THE FOOD AND DRUGS ACT AND REGULATIONS (45), el cual señala que el nivel permitido para la ingesta humana es de 2500 ppm, sin causar daño. Este se elimina por orina, heces o sudor.

### 3.3.2.5 DETERMINACION DE SULFITO TOTAL EN ALIMENTOS POR UNA DESTILACION RAPIDA SEGUIDA POR UNA TITULACION REDOX (13).

El método es el usado por Monier- Williams, en donde la técnica de destilación empleada ayuda a remover el sulfito adicionado como dióxido de azufre y la técnica de titulación yodométrica ayuda a la cuantificación del dióxido de azufre destilado. Actualmente la destilación se basa en la combinación de dos técnicas similares propuestas para la rutina de control de calidad (AOAC 1970 y Monier Williams).

Se monta el aparato de acuerdo a las técnicas mencionadas arriba con un equipo estándar de vidrio y una vez hecho esto, se procede a la destilación e inmediata titulación con yoduro de potasio y una solución estandarizada de yodo al 0.02N y el indicador de almidón.

Y los cálculos se hicieron con las siguientes ecuaciones:

En donde la fórmula siguiente se usó para valorar el yodo:

$$1) \quad N = \frac{5 \times 0.1N}{V}$$

N = normalidad

5 = ml de tiosulfato de sodio valorada.

0.1 = N de tiosulfato de sodio valorada.

V = ml de yodo no estandarizado necesarios para la titulación.

2) Concentración de sulfito en la muestra  $SO_2$ :

$$\text{ppm } SO_2 = \frac{V \times N \times 32 \times 1000}{PM}$$

V = ml gastados de I estandarizado

N = normalidad de la solución de I estandarizado

32 = eq. de  $SO_2$

1000 = conversión de mgmol a g/mol

PM = peso de la muestra en g.

### 3.3.2.6 PRUEBA DE LA PEROXIDASA

Esta prueba se conoce por la reacción que efectúa la enzima peroxidasa, sobre todo en fruta y vegetales deshidratados. Dado que la peroxidasa es muy resistente a la inactivación por calor y está ampliamente distribuida en los tejidos vegetales, y que se dispone de ensayos colorimétricos sencillos y muy sensible para medir su actividad, se ha utilizado como indicador de la eficacia de tratamientos térmicos (38,16)

Este ensayo consiste en tomar una pequeña porción de la muestra y rehidratarla en agua fría por 10-15min. Se elimina el exceso de agua. Se ponen algunos pedazos de muestra

(espinaca fresca o deshidratada) rehidratada en un tubo de ensayo. Se agrega 10 ml de agua y 1 ml de quavacol al 1% (solución al 1% de alcohol al 95%) y 1 ml de una solución recién preparada de peróxido al 0.5% (10 ml de peróxido al 3% en 50 ml de agua). Agitar el tubo de ensayo y observar la reacción como se indica después de 5 y 10 min.

Negativa---- No hay coloración, ni manchas café rojizas, ni manchas mas grandes, especialmente sobre las venas.

Ligeramente Positiva---- Marcas color café claro difundidas sobre el tejido o bien oscurecimiento pronunciado de algunos pedazos de muestra (no sólo en las venas).

Positiva---- Coloración, café rojiza mas pronunciada que si se tuviera una prueba ligeramente positiva.

### 3.3.2.7 DETERMINACION DE pH

1. Se determinó de acuerdo a la técnica del A.O.A.C (11). Se utilizó un potenciómetro con electrodos de vidrio sobre una solución.

2. Se peso en el vaso de licuadora tarado 10 g de muestra (espinaca fresca o deshidratada). Se adicionó de 2-3 veces su peso en ml de agua destilada recién hervida y enfriada.

3. Se licuó de 1-2 min la muestra y posteriormente se vació a un vaso de precipitados.

4. En el caso de la muestra pulverizada no se uso licuadora, sino unicamente se hizo la disolución de la muestra. Mientras que en el caso de la muestra fresca se empleo la licuadora.

5. Se ajusto el potenciómetro de acuerdo con las instrucciones del fabricante. De referencia se ajusto con una solución amortiguadora, a un pH tan próximo como sea posible al de la muestra por examinar a una temperatura entre los 18°C y 22°C.

6. Una vez estandarizado, se sumergieron los electrodos a la muestra licuada y se efectuó la medición.

### **3.3.3 DETERMINACION MICROBIOLOGICA**

En este punto se realizaron dos análisis microbiológicos:

a) Recuento de Bacterias Mesófilas aerobias por Vaciado en Placa.

b) Recuento de Hongos y levaduras en Alimentos.

#### **3.3.3.1 RECUENTO DE BACTERIAS MESOFILAS AEROBIAS POR VACIADO EN PLACA (5)**

Este recuento de bacterias mesófilicas persigue diversos objetivos que se enumeran en seguida:

- 1) Determinar la eficiencia de un proceso de desinfección o de cualquier tipo de tratamiento que tienda a mejorar su calidad a base de reducir la carga microbiana.
- 2) Determinar la aceptabilidad de un producto en términos de cumplimiento de una norma microbiana.
- 3) Estimar el grado de peligrosidad del alimento involucrado en un brote de intoxicación alimentaria de acuerdo con el número de germen potencialmente patógenos que contenga.

4) Determinar el grado de frescura o el posible tiempo de vida de un alimento con base al número de microorganismos de algún grupo especial.

### 3.3.3.2 RECUENTO DE HONGOS Y LEVADURAS EN ALIMENTOS (5)

La importancia de este recuento radica en diferentes puntos de vista que se enumeran a continuación:

- 1) Bien por su utilización en la fabricación de algunos alimentos.
- 2) Estos microorganismos pueden generar toxinas con notables efectos en los animales y el hombre, por ejemplo el *Aspergillus Flavus*.
- 3) En algunos alimentos su presencia se asocia generalmente a deficientes prácticas higiénicas de fabricación y almacenamiento.

Debido a que no existe norma referente a hortalizas deshidratada, se tomaron como parámetros las especificaciones microbiológicas de la norma "Alimentos-Espinacas Envasadas" (37) tanto para microorganismos mesófilicos como para hongos y levaduras la cual se da en el anexo 5.

## 4.0 EQUIPO Y MATERIAL DE LABORATORIO

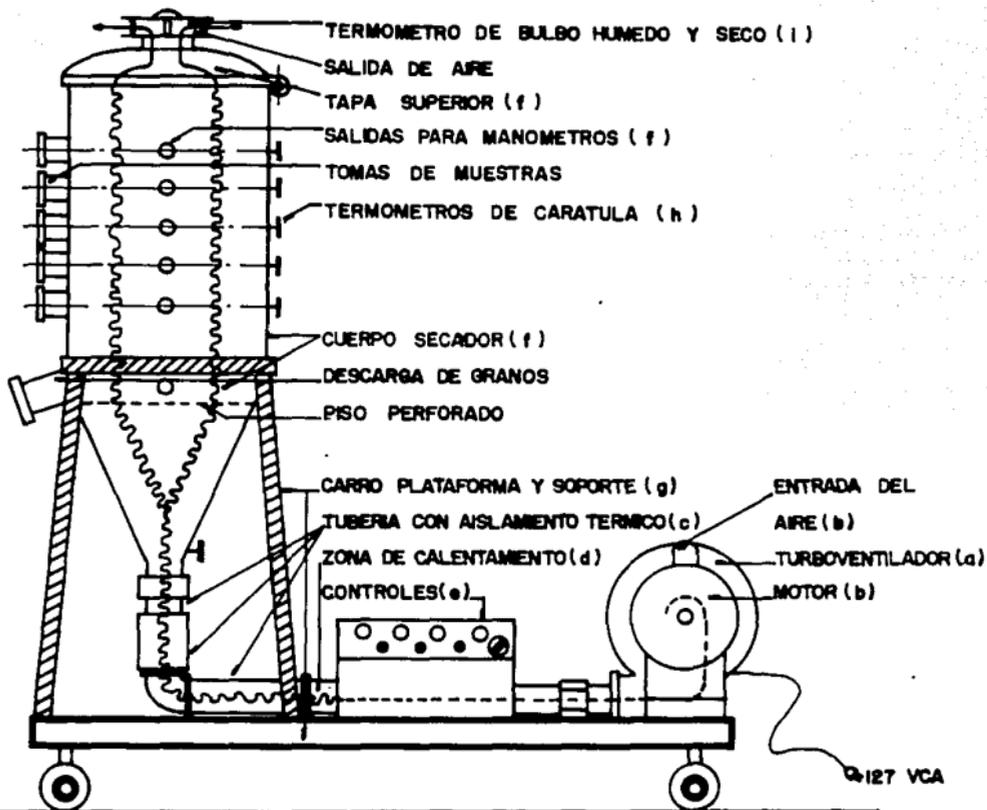
4.1 Secador de tolva estacionaria. Este fué elaborado con anterioridad en el I.P.N. Y consiste de los siguientes elementos que se representan en la fig. 6 (3) y que se describen a continuación:.

a) Sistema para mover el aire: Constituido por un turboventilador centrífugo, con motor de 0.25 c.f., 2750 r.p.m. 120 V.C.A. y 60 Hz. (a,b). En la succión se colocó un disco de aluminio a modo de válvulas de paso para regular el flujo de aire (b).

b) Sistema de conducción de aire: Constituido por dos tramos de tubería de asbesto, con un codo de 90° de PVC. Toda la tubería armada va conectada desde la descarga del turboventilador hasta la entrada del secador. Dicha tubería fue forrada con una capa de fibra de vidrio para disminuir las pérdidas de calor (c).

c) Sistema de calentamiento del aire: Formado por tres resistencias de 1000 watts cada una, 127 VCA, conectadas en paralelo como se muestra en la fig. 6 (d). Dichas resistencias se montaron en tres aisladores de tipo estrella, los cuales fueron colocados longitudinalmente en el interior del tubo de asbesto, de tal manera, que se aseguró un contacto eficiente con el aire que circula a través del ducto. A dos de las resistencias se les colocaron interruptores directos de voltaje y a la resistencia se le colocó un interruptor térmico indirecto de voltaje con el fin de controlar la temperatura del aire de secado (e).

d) Cuerpo del secador: Es la cámara de secado propiamente dicha, constituida por dos cuerpos construidos de acero inoxidable, cedula No. 18. En la parte inferior del cuerpo -



**FIG. No. 6 SECADOR TIPO TOLVA-ESTACIONARIA PARA GRANOS**

conico se conecta la tubería de conducción del aire, (f) teniendo como función la de asegurar una distribución homogénea del aire del secado. En la parte superior del cuerpo cilíndrico se colocó una tapa del mismo material que el cuerpo: este tiene pequeños nipples con tapa en los que se se conecta el manómetro (f).

e) Estructura para el armado del equipo. Consta de un carro plataforma de donde se coloca el turboventilador, el sistema de conducción del aire, los controles de temperatura, y el cuerpo del secador, fabricado con ángulo de fierro (g).

f) Instrumentación. La instrumentación del equipo consiste básicamente en:

- Seis termómetros de caratula, con intervalo de registro de 0°-110°C, talle largo; cinco de ellos se colocaron a lo largo de la cámara de secado, y el último en la entrada del aire al secador (h).

- Un termómetro de bulbo húmedo y bulbo seco, para registrar la temperatura del aire ambiente y el aire a la salida del secador (i).

#### 4.2 MATERIAL

- Espectrofotómetro de doble haz, Marca Shimadzu modelo UV-210 A.
- Espectrofotómetro de reflectancia, Marca Agron, modelo M-400.
- Termoanemómetro de caballo, Marca Airflow, modelo TA-300.
- Microscopio bifocal, Marca Liebtz Wezlar.
- Cuenta colonias, Marca Kraft Instrumentos de Precisión.

- Cámaras de almacenamiento. Marca Hotpack.
- Estufas de Incubación. Marca Lab-line Instrument. modelo Incubator 417.
- Estufa de Secado. Marca Kraft (Instrumentos de Precisión).
- Mufla Marca Lindenberg.
- Cuatro Parrillas (de Precisión). Marca Scientific Chicago.
- Parrilla Eléctrica Hot Plate Stirrer. Marca Corning. --  
Modelo PC-351.
- Balanza para humedad. Marca Ohaus. Modelo MB-300.
- Balanza Digital. Modelo B/500D.
- Balanza Analítica. Marca Schimadzu. Modelo Libror L-1600  
DTP.
- Potenciómetro. Marca Corning. Modelo 125.
- Cronómetro a intervalo de 0 a 60 seg y de 0 a 30 min.  
Marca Heuer.
- El material de vidrio utilizado. fue el común de labora-  
torio.

#### 4.3 REACTIVOS

- Reactivos: Los reactivos que se usaron fueron de grado analítico.

**C A P I T U L O   I V**  
**R E S U L T A D O   Y   D I S C U S I O N**

#### 4.1 DETERMINACIONES FISICAS

El estudio realizado presenta una serie de resultados para el desarrollo de la deshidratación de la espinaca en polvo a nivel laboratorio. Y aunque los resultados de este trabajo no presentan parámetros para un trabajo a nivel industrial, si son útiles ya que es poca la información en materia de secado de hortalizas especialmente en México.

##### DETERMINACION DE HUMEDAD Y RENDIMIENTO

Como se mencionó anteriormente en el capítulo II la espinaca crece en climas calientes, sin embargo, es una planta de clima frío y la germinación de su semilla se inicia a partir de 0°C y se desarrolla normalmente a los 5°C y entre los 15°C y 25°C aumenta la velocidad de germinación pero disminuye el porcentaje de plántula normales.

Después de un desarrollo vegetativo normal la espinaca puede soportar temperaturas bajas, pudiendo resistir -7°C para variedades de invierno como se menciona antes.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los cuadros XI, XIIa y XIIb se observa que existen variaciones en estos valores de humedad y rendimiento, ya que, se trabajó con muestras que fueron adquiridas en diferentes épocas, las que se vieron modificadas por el clima, tipo de suelo, condiciones de operación del cultivo etc. Esta variación principalmente en las muestras fresca, escaldada y sulfitada y deshidratada se atribuye, a que la materia prima de cada una de estas muestras se adquirió en diferentes periodos del

año, influyendo primordialmente la temperatura del período de la época en su humedad. Así mismo, influyendo la temperatura de la época en su rendimiento. Consecuentemente, el rendimiento de las primeras muestras (1, 2 y 3) fué menor con respecto a las demás muestras 4 y 5.

En el cuadro XIIa el rendimiento de la espinaca fresca está en un intervalo de 17 a 60%. La amplitud de este intervalo se debe fundamentalmente a la temporada en que se adquirió. Por otra parte el rendimiento más alto fué más conveniente ya que indica que la materia prima que se adquirió fue de mejor calidad según norma FFV-34 del apéndice 1.

En el cuadro XIIb se muestra el rendimiento de la materia prima seleccionada y de la espinaca deshidratada, el intervalo marcado es 4.5 a 8.7%. El valor de este intervalo señala, que el rendimiento de la espinaca deshidratada es pequeño debido a su contenido de humedad (92%).

Por otro lado, en los cuadros XIIa y b el rendimiento en base seca entre la condición 1 y 5 observó un incremento, lo que significó que en las primeras condiciones (1-3) la calidad de materia prima fue inferior a las últimas condiciones, cuyas mermas fueron mucho menores a estas. Esto también, se atribuyó a la temperatura de cosecha, que como se mencionó arriba, aunque la espinaca es una planta de frío, la temperatura posiblemente disminuyó abajo de lo permitido (0°-25°C), lo que provocó mayores pérdidas en las primeras condiciones.

CUADRO XI. Humedad de la espinaca antes y después de la deshidratación

HUMEDAD DE LA ESPINACA

CONDICION	FRESCA (%)	DESHIDRATADA (%)
FRESCA	89.0	4.48
ESC Y SUL	92.0	4.48
1*	90.2	5.00
2*	94.8	6.50
3*	94.8	9.50
4*	94.0	8.83
5*	90.6	5.17

Nota: \*1= sin almacenamiento. \*2=1m/25°C.  
\*3=2m/25°C. \*4=1m/37°C. \*5=2m/37°C.  
condiciones indicada en el cuadro IX

CUADRO XIIa. Rendimiento del proceso de seleccion y limpieza de la espinaca fresca

CONDICION	E S P I N A C A			
	FRESCA (b.s)	FRESCA (kq)*	SELECCIONADA (kq)**	RENDIMIENTO para secar (%)
1	3.364	34.0	5.79	17.02
2	3.893	70.0	13.80	19.71
3	1.034	18.0	8.5	47.22
4	1.151	17.5	10.45	59.71
5	0.743	7.5	4.42	58.93

CUADRO XIIb. Rendimiento de la espinaca seleccionada a espinaca deshidratada.

CONDICION	E S P I N A C A			
	SELECCIONADA (kq)**	DESHIDRATADA (kq)	RENDIMIENTO prod (%) term (b.s)	
1	5.79	0.3151	5.44	9.3
2	13.80	0.6476	4.69	16.0
3	8.50	0.3854	4.53	37.0
4	10.45	0.6220	5.95	54.0
5	4.62	0.3831	8.66	51.5

Nota: \* Incluye tallos, raices y hojas maltratadas.

\*\* Incluye hojas con aproximadamente un cm de tallo.

## DETERMINACION DE COLOR

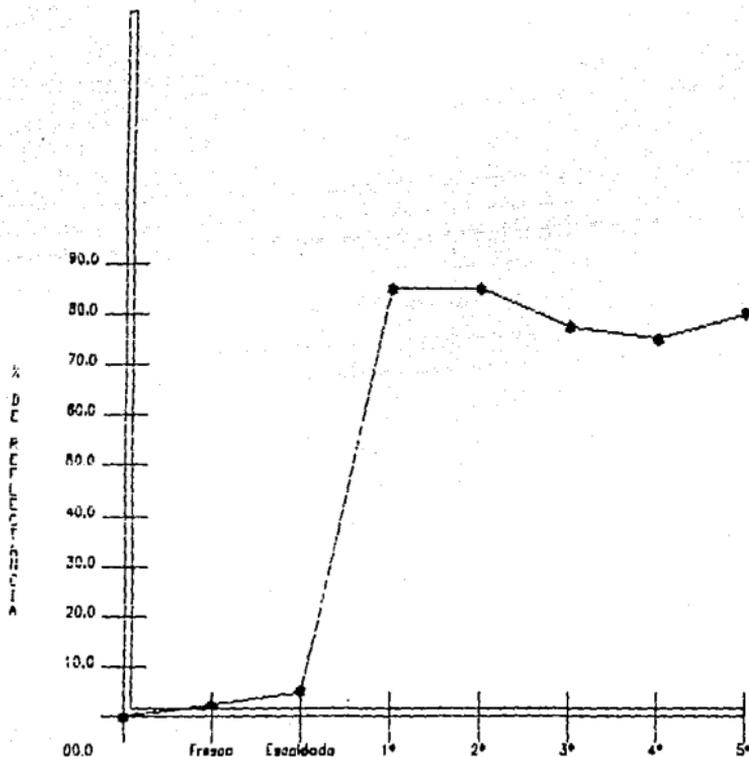
De acuerdo a los datos señalados en la fig. 7 se observa que hay una gran diferencia entre los dos primeros valores y el resto. Esta diferencia radica en la naturaleza de la muestra, ya que los primeros lotes se refiere a espinaca fresca mientras en los otros a productos deshidratados.

Por otro lado no se puede hacer una comparación directa entre cada uno de ellos ya que se habla de muestras de diferente aspecto físico, sin embargo, se puede decir que el tejido de los primeros muestras frescas no se ve tan transformado como las muestras deshidratadas. Por ello la luz que refleja es mayor. Mientras en las otras muestras donde la espinaca esta deshidratada, molida y rehidratada con un poco de agua la luz reflejada es menor que la de las muestras frescas.

Otro punto importante es el cambio de color verde brillante a un verde menos intenso después del almacenamiento, se puede atribuir al fenómeno de la feofitización.

## PRUEBA DE LA REHIDRACION

En el cuadro XIII se muestran los coeficientes de rehidratación y el porcentaje de agua del material rehidratado a los 20 y 25 min de prueba debido a que a estos tiempos fué cuando se lograron los mejores resultados.



## ESPINACA

1° ESPINACA DESHIDRATADA SIN ALMACENAMIENTO

2° ESPINACA DESHIDRATADA ALMACENADA 1 mes/25° C

3° ESPINACA DESHIDRATADA ALMACENADA 2 meses/25° C

4° ESPINACA DESHIDRATADA ALMACENADA 1 mes/37° C

5° ESPINACA DESHIDRATADA ALMACENADA 2 meses/37° C

CUADRO XIII. Pruebas de rehidratación a 20 y 25 min de la espinaca deshidratada.

ALMACENAMIENTO		tiempo Rehi. (min)	Cof. de		Porcentaje de agua		
Temperatura (°C)	tiempo (días)		Rehi. (a)	Rehi.	Mat.	Rehi.	
						(% )	
-	0	20	0.7189		87.64		
		25	0.7510		88.17		
25	30	20	0.6629		85.55		
		25	0.6929		86.57		
25	60	20	0.3597		92.41		
		25	0.3655		92.53		
37	30	20	0.2950		92.75		
		25	0.3121		93.36		
37	60	20	0.6259		85.80		
		25	0.6419		86.15		

Es decir fue el momento en que la hortaliza seca captó y absorbió un 89% de humedad al contacto con 150 ml de agua.

Este porcentaje se considera adecuada ya que la humedad inicial de producto fue de 92% esto significó que se rehidrató 96.7% de 100% de la humedad inicial de la espinaca fresca.

Sin embargo, aunque se logró una buena rehidratación su textura envolvió una serie de cambios como la modificación del estado nativo de las macromoléculas tales, como polisacáridos y proteínas que dependen del medio acuoso transformandolas irreveriblemente durante la deshidratación. Además de una retracción de los tejidos de la espinaca al principio del secado en donde conforme avanza este, menor fué el cierre de los poros, y los tejidos se rompieron internamente dando origen a una estructura mas abierta. En estas condiciones el producto tuvo poca densidad y poseyó buenas características para la rehidratación.

#### 4.2 DETERMINACIONES QUIMICAS

##### DETERMINACION DE AZUCARES

En el cuadro XIV se observa los siguiente:

El contenido de azúcares reductores presentados en el cuadro XIV no fué similar en todos las condiciones, esto se debe probablemente a la diferencia en calidad entre cada lote, por lo que no se puede discutir acerca de alguna

variación de estos componentes en la espinaca durante su almacenamiento.

Se cumple que el contenido de glucosa como es reportado en la bibliografía (16) ( D-glucosa 0.09%, D-fructosa 0.04% y Sacarosa 0.06 % base fresca) es mayor al de fructosa aproximadamente de dos a tres veces. Esto mismo se observa en el cuadro XVI, lo que prueba que no hubo una conversión de glucosa a fructosa debido a un tratamiento térmico (deshidratación). Ya que de acuerdo con la bibliografía la glucosa en condiciones alcalinas débiles se puede tautomerizar formando un enol, dando manosa y fructosa.

Al comparar los métodos analíticos; gráfico (ver apéndice 2 y 3 figs. 16 y 17) con el matemático, se observa una coincidencia en los resultados, lo que dice que es válido utilizar cualesquiera de los métodos de manera indistinta.

En lo referente a establecer una comparación entre los resultados en la bibliografía, se encuentran datos que sin embargo no señalan la variedad de espinaca utilizada ni el método de obtención de estos valores por lo que no se discute este punto. Sin embargo, se sabe por la clasificación de frutas y verduras según su contenido de carbohidratos que la espinaca pertenece al grupo I, el cual contiene 3% de carbohidratos totales, lo que va acorde con el contenido de espinaca fresca.

CUADRO XIV. Azúcares reductores presentes en la espinaca ( q/100q).

ESPINACA	FRESCA		DESHIDRATADA	
	FRUCTOSA g/100g	GLUCOSA g/100g	FRUCTOSA g/100g	GLUCOSA g/100g
FRESCA	0.4612	1.0144	4.5665	10.0439
ESC/SUL	0.3564	0.7781	4.4556	10.0421
*1	0.4866	1.0480	5.1768	11.1494
*2	0.3044	0.6778	5.8556	13.0363
*3	0.1150	0.3494	0.2212	6.7193
*4	0.4209	0.7874	7.0165	13.1249
*5	0.4460	0.4634	4.7453	4.9298

NOTA: ESC/SUL= espinaca escaldada y sulfitada. \*1= sin almacenamiento. \*2= 1m/25°C. \*3=2m/25°C. \*4=1m/37°C. \*5=2m/37°C. condiciones señaladas en el cuadro IX.

DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DE CLOROFILA Y FEOFITINAS  
EXTRACTO DE PLANTAS

Para obtener los valores del cuadro XV, se emplearon las ecuaciones 4,5, 7 y 8 del capitulo de métodos. Además para cada uno de estas ecuaciones se usó una muestra control (1ml de acetona al 80%) y una convertida (1 ml de ácido oxálico saturado) así como también para las fig 8 a 12. De donde se tomaron 9 valores a 9 diferentes longitudes de onda (536, 558, 645, 649, 662, 666, 700 nm) que se usaron para las ecuaciones.

En la figura 8 entre la longitud de onda de 655 a 660 se registra un crecimiento fuerte en la curva de absorción de la clorofila y feofitina de la espinaca fresca. No obstante, aunque no se puede comparar la figura de la espinaca fresca con cada una de las otras figuras (9-12), se puede establecer que las curvas de absorción de la espinaca deshidratada hay menor absorción por el efecto de la temperatura sobre los pigmentos de la espinaca (40). Y por lo tanto disminuye su concentración.

A las longitudes de onda de 662 y 666 nm en la figs. 8, 9, 10, 11, y 12 se tiene el registro de máxima absorción en las curvas tanto de la muestra control como de la convertida.

Por otro lado, de acuerdo con la literatura y con los resultados en el cuadro XV se observa que la clorofila *a* se encuentra en mayor proporción (3:1) que la clorofila *b*.

CUADRO XV. Determinación de clorofilas y feofitina en la espinaca fresca y deshidratada (mg/lt).

FRESCA			Sin/almacenamiento		
	(clorofila)	(feofitina)	(clorofila)	(feofitina)	
	CONTROL CONVERTIDA		CONTROL CONVERTIDA		
CLO a	8.1456	4.5960	CLO a	3.2557	2.4198
CLO b	0.3750	0.7811	CLO b	1.5210	0.7696
CLO T	8.2006	5.3772	CLO T	4.7767	3.1894
FEO a	9.0485	8.0247	FEO a	4.4068	3.1957
FEO b	12.0386	9.9415	FEO b	5.8256	4.2716
FEO T	21.1782	17.9186	FEO T	10.2003	7.4468

1/25°C			2/25°C		
	(clorofila)	(feofitina)	(clorofila)	(feofitina)	
	CONTROL CONVERTIDA		CONTROL CONVERTIDA		
CLO a	2.4635	1.7054	CLO a	1.0855	1.1430
CLO b	0.9597	0.4785	CLO b	0.4116	0.5764
CLO T	3.4230	2.1838	CLO T	1.4971	1.7195
FEO a	1.3525	2.2186	FEO a	1.3450	0.1866
FEO b	4.3826	2.9868	FEO b	1.7709	1.7843
FEO T	7.6435	5.2313	FEO T	2.3179	2.3111

1/37°C			2/37°C		
	(clorofila)	(feofitina)	(clorofila)	(feofitina)	
	CONTROL CONVERTIDA		CONTROL CONVERTIDA		
CLO a	1.6377	1.4991	CLO a	0.4263	0.4242
CLO b	0.5846	0.3607	CLO b	0.3068	0.2300
CLO T	2.2243	1.8598	CLO T	0.7316	0.6542
FEO a	2.0118	2.2072	FEO a	0.5891	0.6236
FEO b	2.5900	2.8809	FEO b	0.7585	0.7636
FEO T	4.5892	5.0747	FEO T	1.3498	1.3835

FIG. 8

CURVA DE ABSORCION DE LA CLOROFILA Y  
 FEOFITINA EN ACETONA AL 80% DE LA  
 "ESPINACA FRESCA"

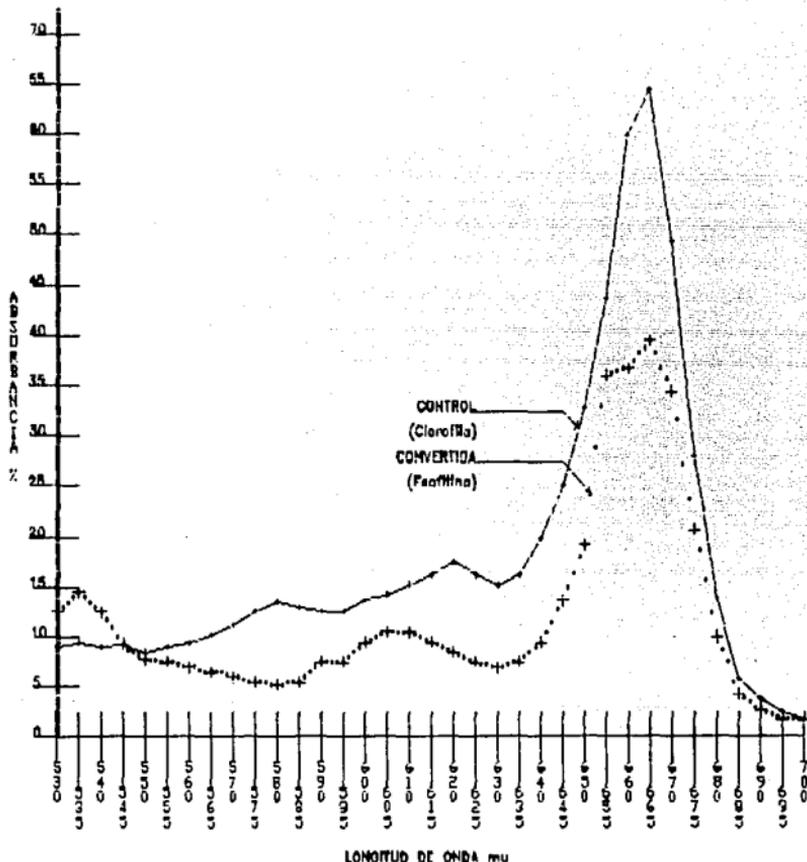


FIG. 9 CURVA DE ABSORCION DE LA CLOROFILA Y  
 FEOFITINA EN ACETONA AL 80% DE LA  
 "ESPINACA DESHIDRATADA"  
 Y ALMACENADA 1 MES/25°c

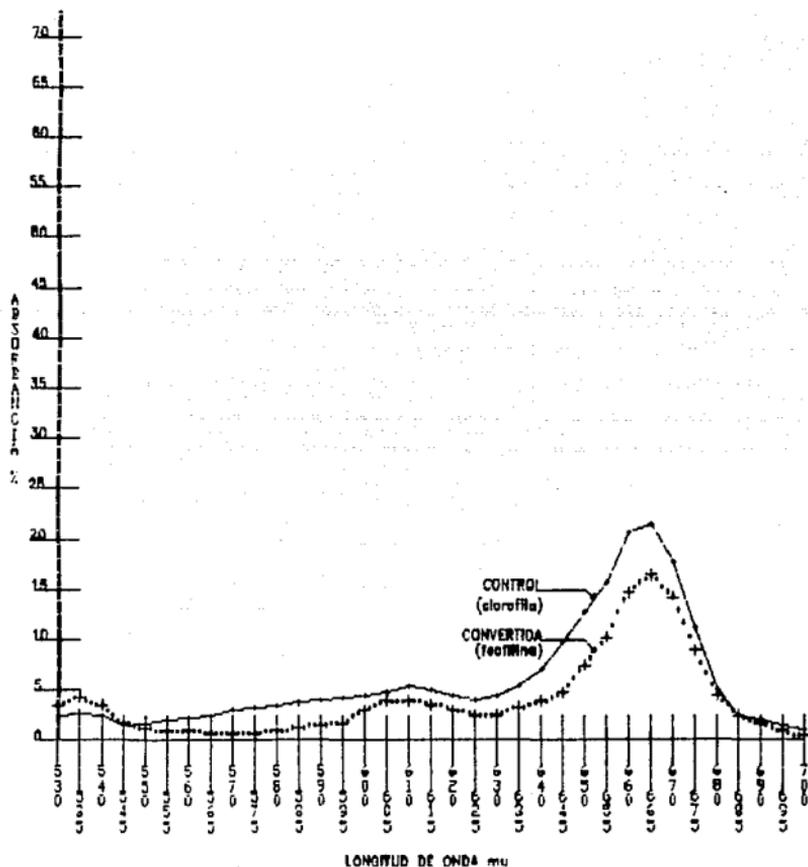


FIG. 10 CURVA DE ABSORCION DE LA CLOROFILA Y  
 FEOFITINA EN ACETONA AL 80% DE LA  
 ESPINACA DESHIDRATADA  
 Y ALMACENADA 2 MESES/ 25°c

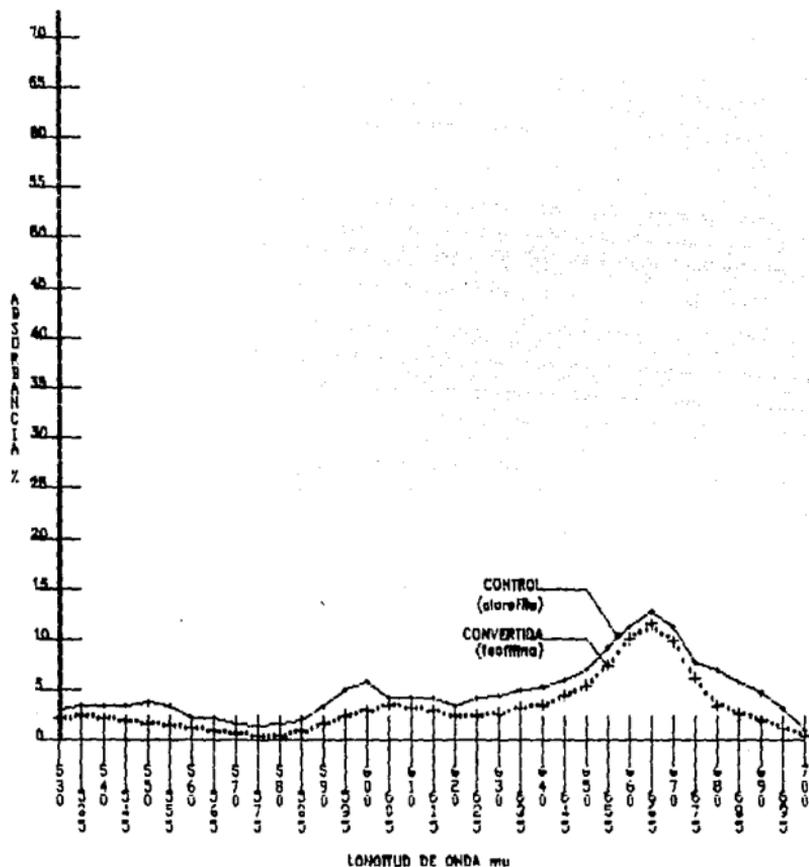


FIG. 11 CURVA DE ABSORCION DE LA CLOROFILA Y  
 FEOFITINA EN ACETONA AL 80% DE LA  
 "ESPINACA DESHIDRATADA"  
 Y ALMACENADA 1 MES/ 37°c

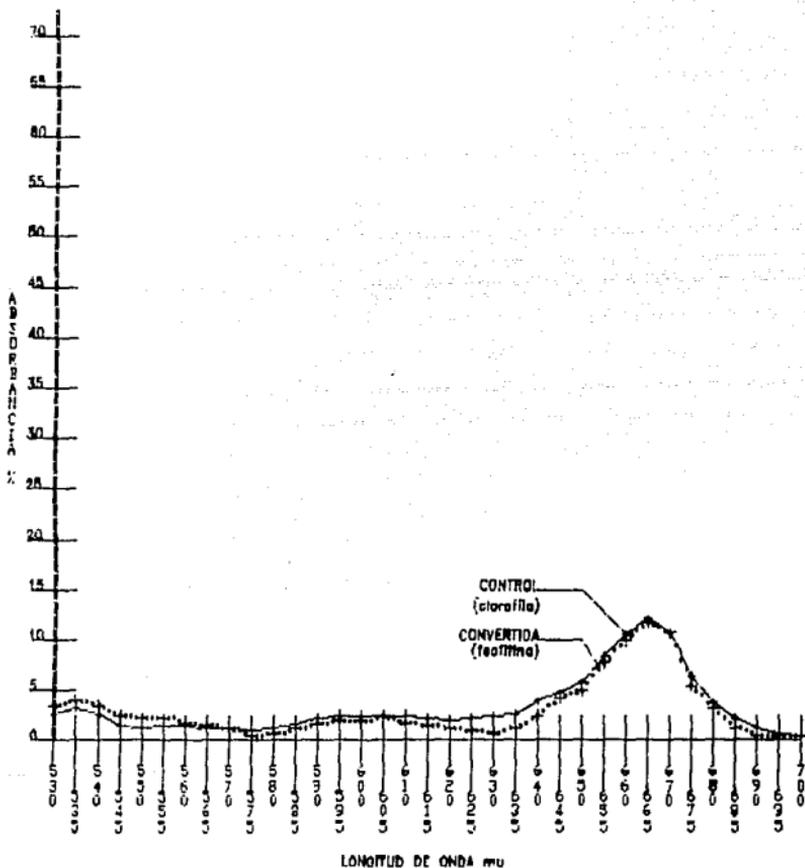
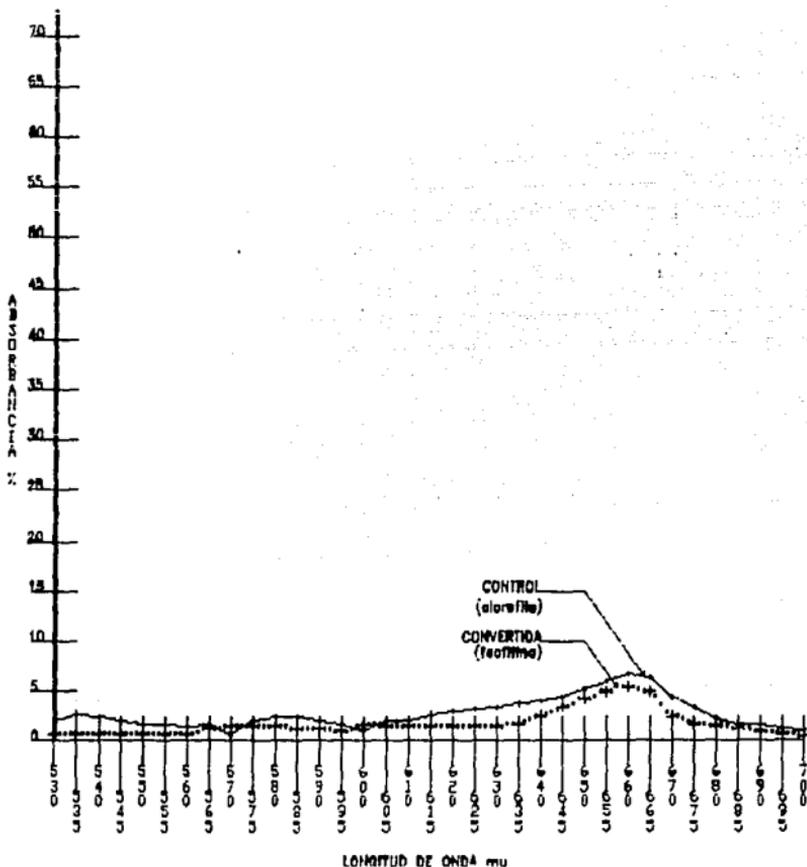


FIG. 12 CURVA DE ABSORCION DE LA CLOROFILA Y  
 FEOFITINA EN ACETONA AL 80% DE LA  
 "ESPINACA DESHIDRATADA"  
 Y ALMACENADA 2 MESES/ 37° c



Igualmente en el mismo cuadro el contenido de feofitina b en la espinaca fresca y deshidratada (1\*) y almacenada (2\* a 5\*) es mayor que el de la clorofila b y el contenido de feofitina a es menor que el contenido de feofitina b. Además, el contenido de clorofila a es mayor que la clorofila b cuando se habla de materia prima fresca. Sin embargo, cuando la espinaca es procesada y sometida a un tratamiento térmico, hay una rápida transformación de la clorofila a a feofitina a. Este rango de conversión puede ser de 4 a 7 veces mayor que el de la clorofila b a feofitina b de acuerdo a Sweeney y Martin (44).

Por lo tanto, se puede discutir que el cambio de color en la espinaca deshidratada después del almacenamiento, se puede atribuir a la temperatura de almacenamiento, a la calidad de la materia prima y al pH de la muestra ya que durante el procesamiento térmico (escaldado o deshidratación) de la espinaca, la clorofila pierde su ion magnesio por un ion hidrógeno para dar feofitina. Esta pérdida se debió al pH ácido lo que facilitó la identificación cuantitativa de la feofitina.

Otro punto que cabe mencionar, es el almacenamiento de la espinaca deshidratada en atmósfera de aire, donde se dice que hay un ligero incremento del rango de conversión del pigmento clorofílico (20).

#### DETERMINACION DE HIERRO

Este método colorimétrico con o-fenantrolina en la fig. 5 determina el hierro en la espinaca y emplea una curva estándar con una concentración de Fe conocida que se representa en el apéndice 4 de la fig.17.

En los resultados del cuadro XVI el contenido de Fe de la espinaca fresca es menor en relación con las otras muestras, debido a la pérdida de humedad. Pero su valor nutricional (tablas Incap Fe espinaca fresca= 3.2mg/100g y Fe espinaca deshidratada=29.4mg/100g) (tabla de Nutrición Fe espinaca fresca= 5.29mg/100g) no se altera aun después del escaldado y de la deshidratación, ya que se concentra el mineral. Sin embargo, la variación entre los resultados dados por la bibliografía y los obtenidos se puede atribuir a varios factores como son: tipo de semilla, variedad de espinaca, clima, suelo, aplicación de fertilizante, siembra, y época de cosecha.

También existen otros métodos con mayor sensibilidad para detectar este mineral en las hortalizas ( por Espectroscopía de Absorción Atómica (30,40) o Colorimétricamente con Tiocianato de Potasio (35)).

#### DETERMINACION DE LA PEROXIDASA

Como se observa en el FIGURA 13, la inactivación enzimática fué total, lo que indica que el tiempo de escalde fué el adecuado para esta inactivación según Bangston (7).

CUADRO XVI. determinación de hierro en la espinaca fresca y deshidratada

CONDICION	CENIZAS (%)	HIERRO (mg/100g)
FRESCA	2.50	7.39
1*	11.75	13.58
2*	10.51	14.09
3*	10.59	12.32
4*	10.17	10.35
5*	10.13	9.30

NOTA: 1\*=sin almacenamiento, 2\*= 1m/25°C, 3\*=2m/25°C, 3\*=1m/37°C, 4\*=2m/37°C, condiciones indicadas en el cuadro IX.

#### ANALISIS DE SULFITO TOTAL EN ALIMENTOS

Como lo señala los datos del figura 14 la condición que mayor contenido de  $SO_2$  presentó fué la muestra escaldada y sulfitada. A partir de esta muestra en la condición uno se registró disminución en el contenido de sulfito por el lavado que se realizó después del escalde. Este lavado fué necesario para la posterior manipulación del producto.

Por otro lado en las condiciones siguientes (2 y 4) almacenadas a temperatura de  $25^{\circ}C$  durante 30 días, la pérdida de dióxido de azufre fue menor comparándola con las condiciones (3 y 5) que a una temperatura de  $37^{\circ}C$  durante 60 días la pérdida fue mas trascendente, ya que se sabe que el sulfito desaparece rápidamente durante el almacenamiento de frutas y vegetales a temperatura arriba de los  $35^{\circ}C$  y el rango de desaparición se incrementa conforme la temperatura aumenta (26). Por lo que el sulfito se ve disminuido en forma más acentuada en la muestras almacenadas a los  $37^{\circ}C$  durante 30 y 60 días.

Sin embargo otro parámetro que influye de manera importante es la atmósfera de almacenamiento. Se ha observado que utilizando vacío ó corriente de nitrógeno, la pérdida de dióxido de azufre es menor, que cuando el aire esta presente. En este estudio la atmósfera utilizada fué de aire por lo que ayudó a que su pérdida se incrementara al paso del tiempo, lo cual concuerda con la bibliografía consultada (25).

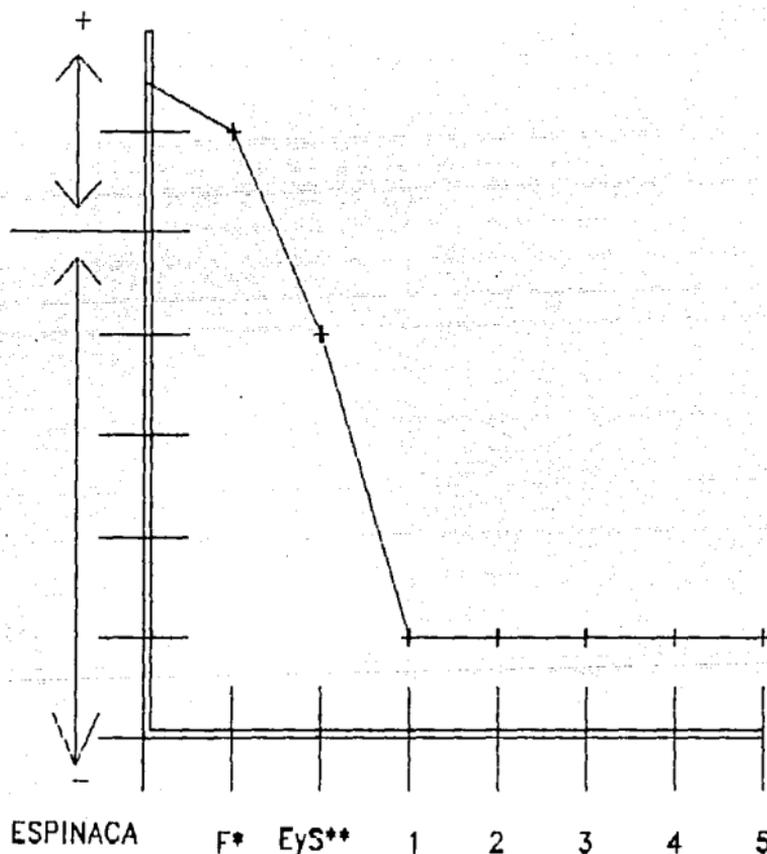
Otro factor importante fue el envasado del producto en función con la permeabilidad del material, esto quiere decir que el dióxido de azufre se pierde a través de las paredes del recipiente. Aunado a la anterior, si el envase no guarda hermeticidad la entrada de humedad es muy posible. Lo que también ocasionará entrada de oxígeno y una posible pérdida de color.

#### DETERMINACION DE PH

El pH en los resultados del cuadro XVII, se puede observar que el pH de la espinaca fresca coincide con los reportados por otros autores (23,43). Sin embargo este dato se ve alterado en el procesamiento de la materia prima, existe una tendencia hacia la disminución. Lo anterior es congruente con las 2 pruebas siguientes:

1. Se ha encontrado que el pH entre 6-7 el color de la espinaca no se modifica, mientras que a niveles de pH más bajos se produce una alteración en el color por la feofitización de la clorofila.

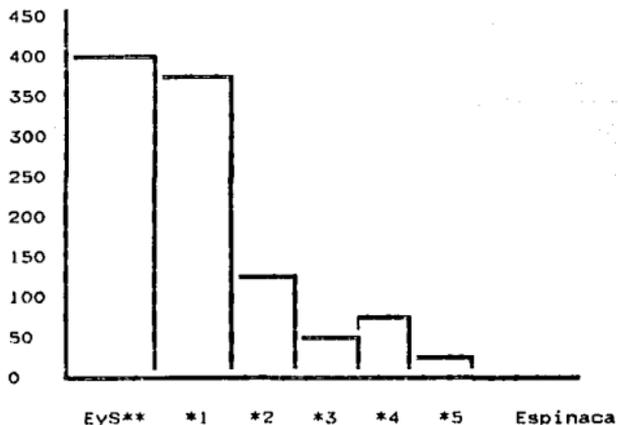
2. Cuando la espinaca se escaldó se observó un cambio de los azúcares, que se manifestó al bajar ligeramente de 6.3-5.3 eb sk pH, por este tratamiento térmico, acidificando ligeramente el medio, sin importancia alguna ya que los azúcares presentes en la espinaca permanecen sin enolizarse o formar derivado furánicos. Esto demostró que durante el segunda tratamiento térmico al que se sometió el producto

ACTIVIDAD  
DE LA  
PEROXIDASA

NOTA: \* Espinaca Fresca.  
 \*\* Espinaca Escaldada y Sulfitada.  
 Las Condiciones 1,2,3,4 y 5 se  
 se señalan en el cuadro IX.

FIG 14. SULFITO TOTAL EN ESPINACA TRATADA Y DESHIDRATADA

CONC S0 (ppm)



NOTA:

\* Las condiciones 1,2,3,4 y 5 se señalan en el cuadro IX.

\*\* Espinaca escaldada y sulfitada

**CUADRO XVII. DETERMINACION DE PH DE ESPINACA  
FRESCA Y DESHIDRATADA**

<b>CONDICION</b>	<b>PH</b>
FRESCA	6.00
ESCALDADA Y SULFITADA	6.37
* 1	5.77
* 2	5.87
* 3	5.68
* 4	5.37
* 5	5.54

\* Las condiciones 1,2,3,4 y 5 se señalan en el cuadro IX.

para secarse. fue benigno, ya que el pH varió muy poco.

#### 4.3 DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS

##### RECuento DE BACTERIAS MESOFILAS AEROBIAS

De acuerdo con el cuadro XVIII. las condiciones analizadas antes del saneamiento estaban más contaminadas que después de éste, en especial la espinaca fresca. Que tiene acidez baja, es decir un pH entre 5.1-6.8. Este pH casi neutro favorece a la proliferación de la mayoría de bacterias, y por lo tanto está sujeta a un rápido deterioro bacteriano. Mientras que en las otras condiciones tratadas y deshidratadas, el valor de este método de conservación influye en el pH disminuyéndolo, pero no al nivel que previene el crecimiento de estas bacterias.

Sin embargo la mayoría de estas bacterias precisan de la humedad a altos niveles (80-90%) para su crecimiento. Y cuando estos valores de humedad están abajo de 12% en vegetales deshidratados (espinaca), hay un retraso en la aparición de alteraciones e inclusive es improbable que tenga lugar la aparición de un deterioro, si la espinaca sigue con los requerimientos de calidad en el almacenamiento (14). De lo contrario si la muestra deshidratada es de escasa calidad, se puede encontrar muchas clases de microorganismos (15).

**CUADRO XVIII. mesófilos aerobios en la espinaca fresca y deshidratada**

CONDICION	CUENTA TOTAL DE MESOFILOS AEROBIOS	
	SIN SANEAMIENTO col/g	CON SANEAMIENTO col/g**
FRESCA	$4 \times 10^3$	-
1*	$3 \times 10^2$	-
2 y 4*	$3 \times 10^3$	-
3 y 5*	$3 \times 10^3$	-

Nota: Estos resultados son la media del análisis por triplicado.

\* Las condiciones 1, 2, 3, 4 y 5 se señalan en el cuadro IX.

\*\* Lavado en solución bactericida uso indicado.

Esta aparición de escasas de calidad se manifestó en las primeras condiciones, por este motivo se implementó el saneamiento de la espinaca durante su tratamiento. Y se hizo una desinfección del producto, y posteriormente se escaldó y al mismo tiempo se sulfitó.

Estas medidas higiénicas trajeron como consecuencia la reducción considerable de la carga bacteriana de mesófilos presentes en la espinaca.

En el cuadro XIX el recuento de hongos fue menor en la primera condición ya que las necesidades hídricas de la mayoría de estos necesitan menor humedad que la generalidad de las levaduras y bacterias. Por lo tanto, cuando la espinaca está deshidratada es más propensa al ataque de hongos. Sin embargo, la temperatura óptima de estos microorganismos es de 20°-30°C, pero algunos crecen bien a 35-37°C. El uso de una temperatura superior (60°C) disminuyó el desarrollo de los hongos mencionados y al mismo tiempo favoreció a que la espinaca deshidratada alcanzara mejor calidad.

Mientras que en el caso de las levaduras su recuento fue menor en un principio ya que la mayor parte de las levaduras crecen mejor en medios en los que disponen de gran cantidad de agua (momento en que la espinaca esta fresca). En un intervalo de temperaturas de crecimiento alrededor de 25-30°C y a un máximo de 35-47°C y a un pH ácido próximo a 4-4.5. Este último es una gran limitante ya que la espinaca tiene un pH casi neutro y es una hortaliza en la que las

levaduras no encuentran nutrimentos suficientes para permanecer ahí. Esto junto con la medidas señaladas antes evitaron el desarrollo de estos microorganismos.

Por último es importante mencionar que los resultados de la metodología microbilógica de los microorganismos mesófilos y de los hongos y levaduras son expresados como la media del análisis por triplicado.

CUADRO XIX. Recuento de hongos y levaduras en la espinaca fresca y deshidratada.

CONDICION	HONGOS SIN SANEAMIENTO col/g	Y LEVADURAS CON SANEAMIENTO** col/g
FRESCA	539	-
1*	$4 \times 10^3$	-
*2 y 4*	$4 \times 10^4$	-
*3 y 5*	$4 \times 10^4$	-

Nota: Los resultados son la media del análisis por triplicado.

\* Las condiciones 1,2,3,4 y 5 se señalan en el cuadro IX.

\*\* Lavado en solución bactericida uso indicado.

## C O N C L U S I O N E S

La selección y el lavado de la materia prima son dos aspectos importantes que se deben realizar antes del escaldado y sulfitados, ya que favorecen al disminuir la carga microbiana.

Después del lavado es necesario realizar un saneamiento con el objeto de disminuir la carga microbiana que porta la espinaca fresca.

El escalde y el sulfitado deben ser realizados al mismo tiempo durante 3 min a la temperatura de ebullición del agua, ya que su efecto disminuye la degradación del color verde debida a la transformación de clorofila a feofitina.

Para producir al mínimo las alteraciones de color aroma y sabor originados por cambios de carácter químico, es preciso secar el producto hasta un contenido de agua residual bajo, por lo general inferior al 10%.

En suma el empleo del tratamiento térmico (deshidratación) y el aditivo (metabisulfito de sodio) disminuyeron la degradación del color verde por la transformación de clorofila en feofitina.

El secador recomendado por la bibliografía para deshidratar vegetales de hoja es el Secador de Túnel, sin embargo debido a falta de capacidad en este, se deshidrato la espinaca en el secador de tolva el cual redujo el contenido de humedad alrededor de un 10 al 5 % aproximadamente.

La molienda de producto una vez deshidratado facilita enormemente la manipulación posterior para las determinaciones físicas, químicas y microbiológicas.

El envasado juega un papel importante en la desaparición del sulfito, pues durante el almacenamiento el sulfito desaparece a temperaturas arriba de los 35°C y este se incrementa al elevarse esta.

El rendimiento de la espinaca deshidratada es pequeño en las primeras muestras en relación con las últimas muestras y esto se atribuyó directamente a la calidad de la materia prima. Por otra parte el porcentaje de humedad alcanzado en el producto deshidratado es alrededor de 4.5-9.5%, lo que señala indica una pérdida de un 89% de humedad.

Es importante señalar, que la espinaca tiene un elevado contenido de hierro. Este mineral observó una concentración en relación al contenido inicial de la espinaca fresca, debido a la pérdida de humedad, al ser deshidratada esta hortaliza. Esto significó que no hubo pérdida de este mineral.

Al deshidratar la espinaca se debe producir una degradación térmica de los azúcares reductores. Pero esto no ocurrió al deshidratar la espinaca, ya que el contenido de glucosa siempre fue mayor al contenido de fructosa. Lo que confirmaría que el tratamiento térmico fue benigno.

El pH jugó un papel importante para el control microbiológico, ya que la espinaca tiene un pH ligeramente ácido, casi neutro, el cual favorece al deterioro

bacteriano. Por ello, la necesidad de realizar pretratamientos (escaldado-sulfitado) y la deshidratación de la hortaliza, con el objeto de disminuir el contenido de humedad presente al nivel en que se prevenga el crecimiento bacteriano.

La ausencia de mesofílicos aerobios y de hongos y levaduras se puede atribuir al saneamiento, escaldado y sulfitado así como, a la temperatura de deshidratación y al pH de la espinaca.

Además de este punto el almacenamiento a temperaturas elevadas acelera la alteración de los pigmentos clorofílicos disminuyendo su contenido.

Finalmente, se concluye que este método de conservación es muy propicio para este tipo de hortalizas que por su elevado contenido de humedad tiene una vida de anaquel corta. También se recomienda este, porque puede reducir al mínimo el desarrollo bacteriano alargando su vida de anaquel así como, la disminución de su peso. Factores que favorecen enormemente para su transporte y manipulación posterior en zonas de gran producción y poco consumo.

#### RECOMENDACIONES

Seleccionar y eliminar material en estado de putrefacción.

El tratamiento del escaldado es aconsejable ya que contribuye mucho al mejoramiento del vegetal.

Se recomienda el corte de la espinaca antes del secado ya que favorece al escalde más rapido de los hojas de espinaca y al mismo tiempo aumenta la superficie de contacto con el secador.

Emplear el aditivo en la concentración de 2500ppm de metabisulfito de sodio para la espinaca.

Se recomienda en el caso de la espinaca el escaldado ya que reduce un 80% el contenido de oxalato en el producto fresco, ya que la espinaca es rica en contenido de oxalato de 5-10% de su peso seco.

Se recomienda deshidratar la espinaca a las temperatura inicial de 40°C y terminar a la temperatura de 74°C.

El secado terminará cuando las hojas estén secas, pero no se rompan.

Se recomienda envasar al vacío en empaques adecuados donde no exista penetración de humedad y así alargar la vida de anaquel del producto.

Por último, la temperatura de almacenamiento no debe ser mayor de 37°C para evitar alteraciones (pardeamiento no-enzimático), que se aceleran al incrementarse ésta.

## BIBLIOGRAFIA

1. Agricultural /W.P.I/EUROPEAN STANDARD 13 UN/ECE STANDARD FFV-34. Relation to the Standarization Marketing and Commercial Quality Control of Spinach.

2. Anuario Estadístico de Producción Agrícola 1980-1986. SARH

3. Aparicio Jiménez Ruberto Antonio ING. "Estudio para el Secado y Almacenamiento del Sorgo (*Sorghum Bicolor* L. Roench). Tesis. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. I.P.N. 1985.

4. Aragón Leiva Pablo. "La Huerta y el Jardín". Biblioteca del Maestro, La Prensa División Comercial, 1960

5. Aviles Ruiz David, Q.B.P. Et al. "Manual de Laboratorio de Microbiología Sanitaria." I.P.N. primera edición, 1983.

6. Bergeret Gualberto, "Conservas Vegetales. Frutas y Hortalizas". Salvat Editores, S.A., México 1953.

7. Bengston L. Bengt. "Effect of Blanching on Mineral and Oxalate Content of Spinach". J. Fd. Technol., 4, 141-145, 1969.

8. Benson W. Sidney, "Cálculos Químicos. una Introducción al Uso de las Matemáticas en la Química". Editorial Limusa, novena edición, 1982.

9. Brennan J.G., "Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos". Editorial Acirbia Zaragoza (España). 1980.

10. Brothwell D., and Brothwell Patricia. "Food Antiquity " Peager Publishers, New York, Washington 1960.

11. Cameron J. E., Assoc. Offic. Arq. Chemist , 1975.

12. Dantas Cabral Carlos Antonio, "Aspectos Gerais Sobre a Vida de Prateleira de Productos Alimenticios", Segundo Congreso Brasileño de Embalaje Sao Paolo, Marzo 1980.

13. Devries W. Jonathan, Hoon Ge, Ebert J. Frank, Magnusson M. Joel, "Analysis for Total Sulfite By Using Rapid Distillation Followed by Redox Titration", J. Assoc. Off Anal. Chem. 69, (5), 827-830, 1986.
14. DGN-F - 435-1982, NORMA OFICIAL MEXICANA, "Alimentos Espinaca Envasadas", Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
15. Escartín Fernández Eduardo, "Microbiología Sanitaria Agua y Alimentos". Vol 1. Universidad de Guadalajara 1981.
16. Fennema R. Owen, "Food Chemistry", second edition revised and expanded, edited by Owen R. Fennema, 1985.
17. Frazier N. C., "Microbiología de los Alimentos", Editorial Acribia Zaragoza España.
18. Harris Moran Seed, "Vegetable Grower". Semillas y Productos Agrícolas y Hortícolas 1970.
19. Hearne, J.F., "Long Term-Storage Foods", Food Tech. (18), 60 -65, 1964.
20. Herbert J. Dutton, Glen F. Bailey, "Dehydrated Spinach Changes in Color Pigments during Storage", Industrial and Engineering Chemistry (35), 11, 1942.
21. Hernández Mercedes, Chávez Adolfo, Bourges Héctor, "Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos". Tablas de uso Práctico. Publicaciones de la División de Nutrición 1-12. 10a Edición. I.N.N. Mexico 1987.
22. INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGIST, "Shelf Life of Food Technology", (28), 8 44-47, 1974.
23. Jav M. James, "Microbiología Alimentaria e Industrial". Editorial Acribia Zaragoza (España).
24. Khachik Frederick, Et al., "Separation Identification and Cuantification of the Major Carotenoid and Chlorophyll Constituents in Extract of Several Green Vegetables by

- Liquid Chromatography*, J. Agric. Food Chem. (34), 603-616, 1986.
25. Labuza P. Theodore Ph.D., "*Shelf- Life Dating of Foods*" Food Nutrition Press Inc. West Port, Connecticut, 1982.
26. Leqault R.R., "*Sulfite Disappearance in Dehydrated Vegetables During Storage*", Industrial Engineering Chemistry (41), 7, 1949.
27. Manual de Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. Producto de Ciencia y Tecnología de Alimentos I.N.N.S.Z. México, 1984. Publicación 2-62.
28. Mallette F.M., "*Commercially Dehydrated Vegetables, Further Observations and Oxidative Enzymes and other Factor*", Industrial and Engineering Chemistry, 39, 10, 1947.
29. Smith Green Maurice, "*Practical Dehydration*", Second Edition Volume I, the AVI Publishing Company INC, Westport Connecticut, 1973.
30. Mc Gay E.D., Young B.E., "*Quantitative of Zinc, Iron, Calcium and Phosphorus in the Total Diet Market Basket by Atomic Absorption and Colorimetric Spectrophotometry*", J. Ag. Food Chemistry 24 (3) 539-542, 1976.
31. Martinez Fuentes Patricia de la luz. Q.F.B., "*Revision de los Métodos para la determinación Cuantitativa de Hierro en Alimentos y Bebidas*", Tesis, U.N.A.M., 1986.
32. Mier R. W., "*Vegetables Dehydration, Fruit & Vegetables Processing*", Food Processing, 112-126, 1985.
33. Nath P., "*Vegetables For Tropical Regions*", Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, India Series, No. 2, 1976
34. Pistoño Raschieri J., "*Desecación de los Productos Vegetales*", Editorial Reverté, MCMLV.
35. Preer J.R., Collins M. S., and Gitahi G. "*Mineral Analysis of Edible Wild Plants and Market Vegetables*", J. of Chem. Education (1974).

36. Prescott S.C., and Proctor D.E., "Food Technology", Mc Graw Hill Book. New York. 1937.
37. Programa Conjunto FAO/OMS Sobre Normas Alimentarias Comisión del Codex Alimentarius "Codigo Internacional Recomendado para las Frutas y Hortalizas Deshidratadas Incluidos los Hongos".
38. Ranganna Ph. D. S., "Manual of Fruits and Vegetable Product", Mc Graw Hill Publishing Company Limited New Delhi, 1977.
39. Ranganath D.R. and P.J. Dubash, "Loss of Colour and Vitamins on Dehydration of Vegetables", Indian Food Packer 7-8, 1981.
40. Salunkhe K.D. Ph. D., B.B. Ph. D., " Postharvest Biotechnology of Vegetables", CRC Press, INC, Vol I. 1984.
41. Sanchez Sanchez Oscar. " La Flora del Valle de México", Editorial Herreo. Sexta Edición. 1980.
42. Saura Calixto F., Bauza M., Et al., "Aminoacids Sugars and Inorganic Elements in the Sweet Almond (*Prunus Amygdalus*)". J. Agric. Food Chem. 29. 509-511, 1981.
43. Ian T.C. and Francis J.F., "Effect of Processing Temperature on Pigments and Color of Spinach", (Food Technology) 1961. Research Reported From Ph. D. Thesis University of Massachusetts Agricultural Experiments Station, 1962.
44. Sweeny J.P., and Martin "Determination of Chlorophyll and Pheophytin in Broccoli Heated by Various Procedures", Food Research (23) 635, 1958.
45. The Food and Drugs Act and Regulations Office of the Food and DRUG ACT AND THE FOOD AND DRUG REGULATIONS WITH AMENDMENTS To March, 1974. Issued by Departments of National Health and Welfare.

46. Ting V.S., " *Rapid Colorimetric Method For Simultaneous Determination of Total Reducing Sugars and Fructose in Citrus Juice*", Agricultural and Food Chemistry, 4.3, 1956.

47. Tiscornio Julio R., "*Hortalizas de Hoja*", Editorial Albastro, Buenos Aires, 1977.

48. Van Haeff M.N. Inq., "*Horticultura*", Editorial Trillas, quinta edición, Mex., 1985.

49. Van Arsdell Wallace B.S., "*Food Dehydration*", second edition Volume I, AVI Publishing Company INC, Westport Connecticut, 1973.

50. Vernon P. Leo., "*Spectrophotometric of Chlorophylls and Pheophytins in Plants Extracts*", Analytical Chemistry, 32,9, 1960.

51. Yawakjr K.S., "*Vegetables Crops of India*", 2nd Edition, Agri-Horticultural Publishing House, Nagpur India 1980.

## A P E N D I C E

## A P E N D I C E I

UN/ECE STANDARD FFV-34 (1.35).

Este estandar se aplica a las variedades de espinaca (Spinacia oleracea) las cuales abastecen frescas al consumidor.

El propósito de estandarizarla es definir los requerimientos de calidad para la espinaca fresca antes de deshidratarse.

A) Mínimos Requerimientos:

- Sano; no debe estar deteriorado, podrida o impropia para el consumo.
- Apariencia fresca.
- Limpia, prácticamente libre de tierra, parásitos y cualquier otra materia extraña.
- Libre de tallos florales.
- Libre de cualquier olor y/o sabor.
- La espinaca lavada debe ser adecuadamente drenada. En caso de referirse a la cabeza de espinacas, la porción comprende de la parte del tallo.

B) Clasificación

La espinaca se clasifica en 2 clases:

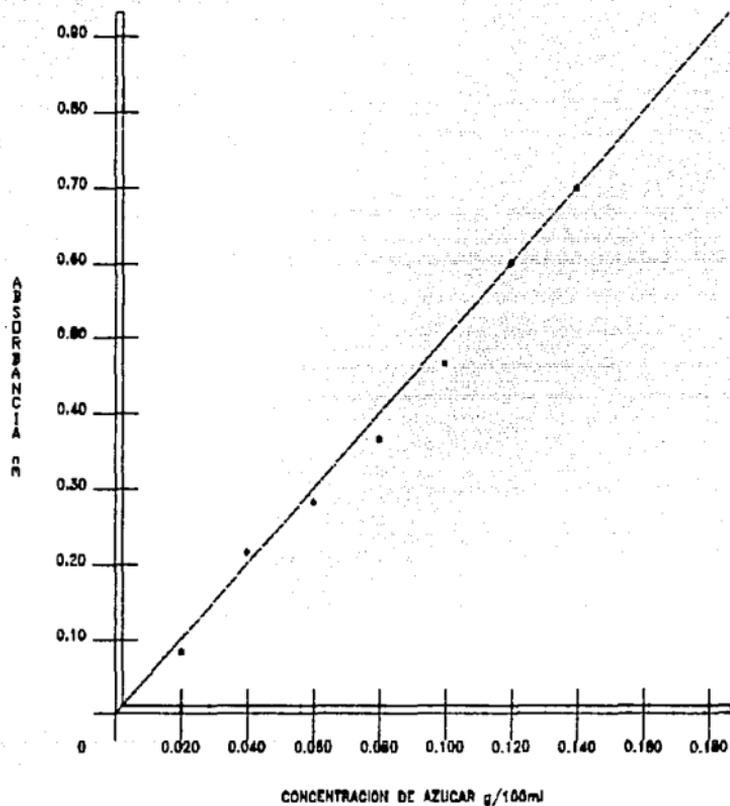
- i) Clase 1. La espinaca de esta clase va en forma de hoja o en pieza, deberá ser de buena calidad (es decir de apariencia fresca, limpia practicamente libre de tierra, parásitos y otras sustancias extrañas visibles, libres de tallos florales, y libre de olores extraños y/o sabor), las

hojas deberán ser: intactas, normal en color y apariencia de acuerdo con su variedad y tiempo de elección, libre de daños causados por heladas, parásitos animales o enfermedades que afectan la apariencia o ingestión.

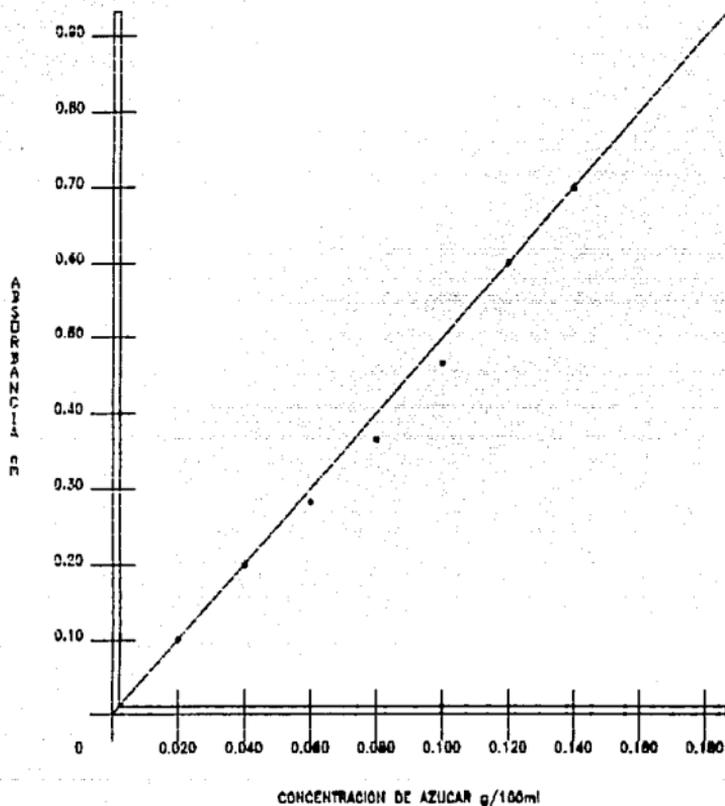
En el caso de hojas espinaca, el tallo de la hoja no deberá exceder de 10 cm de largo.

ii) Clase 2. Esta clase incluye piezas hojas de espinacas, las cuales no califican en la clase 1, pero satisfacen el mínimo de requerimientos definidos arriba.

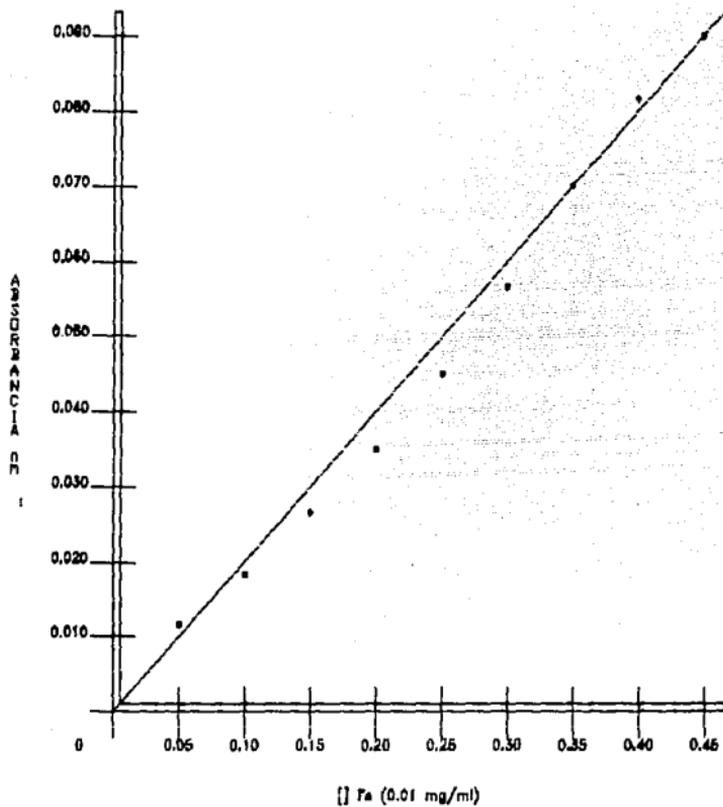
## APENDICE 2



## APENDICE 3



## APENDICE 4



## A P E N D I C E 5

NORMA OFICIAL MEXICANA  
NOM-F-435-1982

## "ALIMENTOS- ESPINACAS ENVASADAS"

## Microbiológicas

El producto objeto de esta norma (espinaca) no debe contener microorganismos patógenos, toxinas microbianas e inhibidores microbianos ni otras sustancias tóxicas que puedan afectar la salud del consumidor o provocar deterioro del producto.