



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

**“EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE SECADO PARA LA EXTRACCIÓN Y
RECUPERACIÓN DEL GEL DE TUNA (*Opuntia subulata*)”**

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTOR

PAULINA MARIBEL ABRAJÁN VELASCO

RIOBAMBA - ECUADOR

2007

Esta tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

Ing. M.Cs. Manuel Enrique Almeida G.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.Sc. Jesús López S.
DIRECTOR

Ing. M.C. José M. Pazmiño G.
BIOMETRISTA

Ing. Hannibal Brito M.
ASESOR

Riobamba, Noviembre 2007

AGRADECIMIENTO

*A Dios, por derramar bendiciones en mi ser,
por darme acierto para empezar mi camino,
dirección para progresar y
perfección para alcanzar mis ideales.*

*A mis padres, Carlota y Gonzalo, porque gracias a su cariño,
guía y apoyo he llegado a realizar uno de los anhelos de la vida,
fruto del inmenso apoyo, amor y confianza que en mí se deposito
y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales
que constituyen el legado mas grande que pudiera recibir
y por lo cual les viviré eternamente agradecida.*

*A mis amigos y compañeros por compartir tiempo,
Experiencia, detalles, penas y alegrías
de nuestras vidas y en particular
por brindarme su amistad franca.*

DEDICATORIA

A Dios

*A eso de sentir la mano de Dios y sentirte impotente,
De fijarte una meta y tener que seguir otra,
De huir de una prueba y tener que encararla,
De planear un vuelo y tener que recortarlo,
De aspirar y no poder,
De querer y no saber, de avanzar y no llegar.
A eso ..., no le llames castigo, llámale, Enseñanza*

A mi papá y mamá

*Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer
en esta vida de lucha y superación constante,
deseo expresarles que mis ideales,
esfuerzos y logros han sido también suyos
y constituye el herencia más grande
que pudiera recibir.*

CONTENIDO

	Páginas
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de cuadros	vii
Lista de gráficos	viii
Lista de anexos	ix
I. <u>INTRODUCCIÓN.</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA.</u>	3
A. CACTÁCEAS	3
1. <u>Generalidades</u>	3
2. <u>Clasificación botánica</u>	4
B GENERO OPUNTIA	4
1. <u>Metabolismo</u>	5
2. <u>Características morfológicas</u>	6
3. <u>Componentes químicos del nopal</u>	7
a. Agua	7
b. Contenido mineral	7
c. Glúcidos (CARBOHIDRATOS)	7
d. Componentes nitrogenados	8
e. Vitaminas.	8
4. <u>Cultivo</u>	9
a. Reproducción	9
b. Sustrato	9
c. Riego	9
5. <u>Condiciones ambientales</u>	10
6. <u>Plagas y enfermedades</u>	10
a. Insectos	10
b. Hongos	11
c. Bacterias y virus	11
C. OPUNTIA SUBULATA	11
1. <u>Nombre científico o latino</u>	11
2. <u>Características morfológicas</u>	11
3. <u>Condiciones ambientales.</u>	12

4.	<u>Utilidades</u>	12
5.	<u>Propiedades medicinales.</u>	13
a.	Obesidad	13
b.	Hiperglicemia (alto nivel de azúcar en la sangre)	13
c.	Colesterol	14
d.	Arteriosclerosis	14
e.	Úlceras gástricas	14
f.	Digestión	14
g.	Limpieza del colon	14
D	SECADO	15
1.	<u>Finalidades del secado</u>	15
2.	<u>Fundamentos del secado</u>	15
3.	<u>Tipos de secadores</u>	16
4.	<u>Equipos de secado</u>	17
5.	<u>Estática del secado</u>	20
6.	<u>Mecanismos del secado</u>	20
a.	Periodo inicial	21
b.	Periodo de velocidad constante	21
c.	Primer periodo de velocidad descendiente	22
d.	Segundo periodo de velocidad descendiente	23
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	24
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	24
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	24
C.	MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES	25
1.	<u>Instalaciones</u>	25
2.	<u>Para la extracción del polvo de opuntia subulata</u>	25
3.	<u>Para los análisis en el laboratorio de nutrición animal y bromatología.</u>	26
4.	<u>Para los análisis en el laboratorio de microbiología.</u>	27
5.	<u>Para la recuperación del gel de tuna (Opuntia Subulata).</u>	28
6.	<u>Equipos y materiales de oficina.</u>	28
D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	29
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	30

F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	31
1.	<u>Para la extracción del polvo de opuntia subulata</u>	31
2.	<u>Para la recuperación y dosificación del gel de tuna Opuntia Subulata.</u>	32
3.	<u>Para el análisis bromatológico del polvo de tuna Opuntia Subulata.</u>	32
4.	<u>Para el análisis organoléptico del polvo de tuna.</u>	32
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	33
1.	<u>Actividades para la extracción del polvo de tuna Opuntia Subulata.</u>	33
a.	Recolección, selección y lavado de cladodios.	33
b.	Descortezado de cladodios.	33
c.	Pesaje de la pulpa	35
d.	Deshidratado de la pulpa.	35
e.	Molido de hojuelas deshidratadas	35
f.	Almacenamiento de polvo.	35
g.	Técnicas de secado	35
1.	<u>Método de secado en la Estufa a 65 °C.</u>	36
a.	Principio.	36
b.	Materiales y equipos.	36
c.	Procedimiento.	37
2.	<u>Método de secado en el Secador de Bandejas a 66 °C.</u>	37
a.	Principio	37
b.	Materiales y equipos.	38
c.	Procedimiento	38
3.	<u>Método de secado al Ambiente.</u>	39
a.	Principio	39
b.	Materiales y equipos.	39
c.	Procedimiento	40
2.	<u>Para la recuperación y dosificación del gel de tuna Opuntia Subulata.</u>	40
a.	Dosificación en agua y leche.	40

b.	Determinación de viscosidad.	40
c.	Determinación de pH.	41
d.	Determinación de color	43
3.	<u>Para el análisis bromatológico del deshidratado de tuna</u>	44
	<u>OPUNTIA SUBULATA.</u>	45
a.	Determinación de humedad.	46
b.	Determinación de cenizas.	48
c.	Determinación de proteína.	49
d.	Extracción de fibra.	49
e.	Determinación de extracto etéreo.	
f.	Determinación de minerales P, Ca.	
g.	Extracción de pectina.	
4.	<u>Para el análisis organoléptico del polvo de tuna Opuntia</u>	
	<u>Subulata.</u>	
a.	Panel de catación.	
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	51
A.	ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE SECADO.	51
1.	<u>Tiempo.</u>	51
a.	Estufa 65 ° C.	51
b.	Secador de bandeja 66 ° C	52
c.	Ambiente.	53
2.	<u>Temperatura.</u>	54
a.	Estufa 65 ° C.	54
b.	Secador de bandeja 66 ° C	54
c.	Ambiente.	55
3.	<u>Rendimiento en peso.</u>	56
a.	Estufa 65 ° C.	56
b.	Secador de bandeja 66 ° C	56
c.	Ambiente.	56
4.	<u>Perdidas por molienda.</u>	57
a.	Estufa 65 ° C.	57
b.	Secador de bandeja 66 ° C	57
c.	Ambiente.	57

5.	<u>Rendimiento final.</u>	58
a.	Estufa 65 ° C.	58
b.	Secador de bandeja 66 ° C	58
c.	Ambiente.	59
B.	VALORACIÓN BROMATOLÓGICA DEL DESHIDRATADO DE TUNA (<i>Opuntia Subulata</i>).	59
1.	<u>Porcentaje de humedad.</u>	59
2.	<u>Porcentaje de materia seca.</u>	60
3.	<u>Porcentaje de cenizas.</u>	60
4.	<u>Porcentaje de materia orgánica.</u>	64
5.	<u>Porcentaje de fibra.</u>	65
6.	<u>Porcentaje de proteína.</u>	69
7.	<u>Porcentaje de extracto etéreo.</u>	69
8.	<u>Contenido de minerales (Ca y P).</u>	71
9.	<u>Porcentaje de pectina.</u>	73
C.	ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN Y DEPENDENCIA DE LA PECTINA EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD, MATERIA SECA, CENIZAS, MATERIA ORGÁNICA, FIBRA, PROTEÍNA, EXTRACTO ETÉREO, Ca Y P.	77
D.	ANÁLISIS DE LA RECUPERACIÓN DEL GEL DE TUNA (<i>Opuntia subulata</i>)	80
E.	VALORACIÓN ORGANOLÉPTICA DEL POLVO DESHIDRATADO DE TUNA (<i>Opuntia subulata</i>).	81
1.	<u>Apariencia.</u>	84
2.	<u>Color.</u>	84
3.	<u>Sabor.</u>	86
4.	<u>Aroma.</u>	86
5.	<u>Textura.</u>	86
a.	Valoración total.	
F.	ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN Y DEPENDENCIA DE CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS TOTALES EN FUNCIÓN DE LA APARIENCIA, COLOR, SABOR, AROMA Y TEXTURA.	88
		92

G. VALORACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL DESHIDRATADO DE TUNA (<i>Opuntia subulata</i>).	94
H. ANÁLISIS ECONÓMICO	97
1. <u>Análisis Beneficio / costo del deshidratado de Tuna (<i>Opuntia subulata</i>)</u>	
V. <u>CONCLUSIONES</u>	100
VI. <u>RECOMENDACIONES</u>	101
VII. <u>LITERATURA CITADA</u>	102
ANEXOS	106

LISTA DE CUADROS

Nº	Páginas
1. CARACTERISTICAS MORFOLÓGICAS DEL NOPAL	6
2. CONTENIDO DE SALES MINERALES EN ALGUNAS ESPECIES DE NOPAL	8
3. CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS CACTUS	10
4. UBICACIÓN Y CONDICIONES METEREOLÓGICAS DE LA ESPOCH	24
5. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO	29
6. ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA	31
7. COMPOSICIÓN NUTRITIVA DEL GEL DESHIDRATADO DE TUNA (<i>Opuntia subulata</i>).	49
8. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS SOBRE LA CALIDAD DEL POLVO DE TUNA (<i>Opuntia subulata</i>)	50
9. INFORMACIÓN BROMATOLÓGICA DEL DESHIDRATADO DE TUNA (<i>Opuntia subulata</i>)	61
10. ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN Y DEPENDENCIA DE LA PECTINA EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD, MATERIA SECA, CENIZAS, MATERIA ORGÁNICA, FIBRA, PROTEÍNA, EXTRACTO ETereo, CALCIO Y FÓSFORO.	79
11. DOSIFICACION DEL POLVO DE TUNA EN AGUA	82
12. DOSIFICACIÓN DEL POLVO DE TUNA EN LECHE	83
13. PARAMETROS COMPARATIVOS	83
14. ANALISIS SENSORIAL DE LA TUNA <i>Opuntia subulata</i>	85
15. ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN Y DEPENDENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS TOTALES EN FUNCIÓN DE LA APARIENCIA, COLOR, SABOR, AROMA Y TEXTURA	91
16. COMPOSICIÓN MICROBIOLÓGICA DEL DESHIDRATADO DE TUNA	93
17. CRITERIO MICROBIOLÓGICO	93
18. ANALISIS DE BENEFICIO COSTO EN 100 g DE TUNA	98
19. COMPARACION DEL DEHIDRATADO DE TUNA CON ESTABILIZANTES COMERCIALES (100 g)	99

LISTA DE GRÁFICOS

Nº	Página
1. Familia Cactácea	4
2. Subfamilia opuntioideae	5
3. Tipos de secaderos	16
4. Períodos de velocidad de secado	22
5. Diagrama de flujo del proceso de extracción del polvo de tuna <i>Opuntia subulata</i>	34
6. Curva de secado aplicando el secado mediante Estufa a 65 °C	51
7. Curva de secado aplicando el Secador de bandejas a 66 °C	52
8. Curva de secado utilizando temperatura ambiente.	53
9. Evaluación de temperaturas vs humedad.	55
10. Evaluación de temperaturas vs rendimiento en peso.	57
11. Evaluación de temperaturas vs molienda.	58
12. Evaluación de temperaturas vs rendimiento proceso.	59
13. Contenido de humedad (%) del tratamiento control vs los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente).	62
14. Contenido de materia seca (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente).	63
15. Contenido de cenizas (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente).	66
16. Contenido de materia orgánica (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente)	67
17. Contenido de fibra (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente)	68
18. Contenido de proteína (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente).	70
19. Contenido de Extracto etéreo (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente)	72
20. Contenido de calcio (mg) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente)	74
21. Contenido de fósforo (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas ambiente).	75

22. Contenido de pectina (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente)	76
23. Comportamiento de la pectina en función del contenido de fibra de la tuna (<i>Opuntia subulata</i>).	78
24. Comportamiento de las características organolépticas totales en función del sabor.	89
25. Valoración organoléptica total (sobre 20 puntos) del deshidratado de tuna mediante tres métodos de secado (ambiente, secador de bandejas y ambiente).	90
26. Conocimiento del producto	95
27. Aporte Nutricional	95
28. Costo del producto	95
29. Rendimiento de la pulpa	96
30. Pérdidas por molienda	96
31. Rendimiento final.	97

LISTA DE ANEXOS

Nº

1. Test de valoración sensorial (Rating Test).
2. Encuesta Económica.
3. Tiempo experimental del método secado por Estufa 65 °C
4. Tiempo experimental del método secado en el Secador de Bandejas 66 °C
5. Tiempo experimental del método secado al Ambiente
6. Reporte de resultados del análisis proximal de la tuna fresca (*Opuntia subulata*).
7. Reporte de resultados del análisis proximal de la tuna deshidratada mediante la estufa a 65 °C (*Opuntia subulata*).
8. Reporte de resultados del análisis proximal de la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada mediante el secador al ambiente a 66 °C.
9. Reporte de resultados del análisis proximal de la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada al ambiente.
10. Reporte de resultados del análisis microbiológico de la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada mediante la estufa a 65 °C.
11. Reporte de resultados del análisis microbiológico de la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada mediante el secador de bandejas a 66 °C.
12. Reporte de resultados del análisis microbiológico de la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada al ambiente.
13. Análisis estadístico del contenido de Humedad (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.
14. Análisis estadístico del contenido de Materia seca (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.
15. Análisis estadístico del contenido de Cenizas (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.
16. Análisis estadístico del contenido de Materia Orgánica (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.
17. Análisis estadístico del contenido de Fibra (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.
18. Análisis estadístico del contenido de Proteína (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.

19. Análisis estadístico del contenido de Extracto etéreo (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.
20. Análisis estadístico del contenido de Calcio (mg) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.
21. Análisis estadístico del contenido de Fósforo (mg) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.
22. Análisis estadístico del contenido de pectina (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.
23. Análisis estadístico de la apariencia del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*).
24. Análisis estadístico del color del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*).
25. Análisis estadístico del sabor del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*).
26. Análisis estadístico del aroma del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*).
27. Análisis estadístico de la textura del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*).

RESUMEN

En los Laboratorios de Química Industrial y Nutrición Animal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se evaluó tres métodos de secado (Estufa 65 °C, Secador de bandejas 66 °C y Ambiente 19.66 °C), para la obtención del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*) con la finalidad de utilizarse como aditivo en bebidas por sus propiedades curativas. Se aplicó un diseño completamente al azar, con seis repeticiones por tratamiento, el tamaño de la unidad experimental fue de 100 g de polvo de tuna. El tiempo de secado de cada método estuvo en función de la humedad. El secado mediante Estufa a 65 °C, eliminó el mayor porcentaje de humedad (96.59%) en 250 minutos, conservó mejor las propiedades físico-químicas (Proteína 3.27 %, Fibra 7.57 %, extracto etéreo 1.99 %, Calcio 114.5 mg, Fósforo 116.34 mg) y organolépticas de *Opuntia subulata*, concentrando la cantidad de pectina (2.74 %), que fue el principal indicador en esta investigación. Para la recuperación del gel, este método, determinó la viscosidad de 4.457 Cp a una concentración de 0.25 %. La calidad del polvo de tuna obtenido por estufa fue buena, con una calificación de 14.77/20 puntos. El Secador de bandejas presentó un mayor rendimiento pero no mantuvo las características bromatológicas y organolépticas deseadas. En cuanto a la rentabilidad los tres métodos de secado, registraron un Beneficio/Costo de 1.20 USD. Por lo indicado anteriormente se recomienda realizar un proceso de deshidratación mediante estufa, además la incorporación del polvo de tuna en la dieta por sus propiedades nutritivas y terapéuticas.

SUMMARY

In the Industrial Chemistry and Animal Nutrition Laboratories of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, three drying methods were evaluated (65 °C stove, 66 °C tray dryer and 19.66 °C environment), to obtain dehydrated tuna (*Opuntia subulata*) to be used as an additive in drinks for its curing properties. A completely at random design with six replications per treatment was applied. The experimental unit size was 100 g tuna powder. The drying time of each method was related to humidity. The stove drying at 65 °C, eliminated the highest humidity percentage (96.59%) in 250 minutes, kept better physical and chemical properties (3.27 % protein, 7.57 % fiber, 1.99 % etheral extract, 114.5 mg calcium, 116.34 mg phosphorous) and organoleptic ones of *Opuntia subulata*, concentrating the pectin amount (2.74 %), which was the best indicator in this investigation. For the gel retrieval, this method determined 4.457 Cp viscosity at 0.25 % concentration. The tuna powder quality obtained with the stove was good with a mark of 14.77/20 points. The tray dryer showed a higher yield but did not maintain the expected bromatological and organoleptic features. As to profitability, the three methods recorded 1.20 USD benefit - cost. It is therefore recommended to carry out a dehydration process through stove and the incorporation of tuna powder in the diet for its nutritive and therapeutical properties.

I. INTRODUCCIÓN

Hablar de la tuna *Opuntia subulata*, es tocar un aspecto de nuestra identidad, pues según estudios realizados se conoce que el 70% del territorio de la provincia de Chimborazo posee características áridas con vocación forestal o de otras especies como es el caso de las cactáceas.

Actualmente es muy popular el consumo de nopales licuados con alguna fruta como medida para bajar de peso o para personas que padecen ciertas enfermedades. Sus pencas son utilizados como diuréticos, antiinflamatoria y como hidratante; el jarabe del fruto tiene propiedades antitusivas, el único problema de esto es que a muchas personas le es un poco desagradable el mucílago o baba. El polvo de nopal o nopal deshidratado, ofrece una solución para este inconveniente.

En lo que respecta al valor nutricional del género *Opuntia*, se puede decir que posee aproximadamente 2.9 g de hidratos de carbono, 1.1 g de proteína y solamente 14 kcal. Pero su principal atractivo es que contiene una gran cantidad de fibra dietética (soluble e insoluble). La fibra insoluble puede prevenir y aliviar el estreñimiento y las hemorroides al mismo tiempo que previene la aparición de cáncer de colon. La fibra soluble, se ha usado en muchos padecimientos porque su presencia en el tubo digestivo retarda la absorción de nutrimentos y hace que estos no pasen a la sangre rápidamente. También son una buena fuente de calcio, ya que en 100 g hay aproximadamente 80 mg de calcio.

Para obtener el polvo de *Opuntia subulata*, fue necesario buscar un método de secado óptimo mediante la evaluación de tres métodos de secado, tomando en consideración el tiempo, temperatura y la eficiencia del equipo con la mayor eliminación de agua.

La técnica del secado, nos permitirá preservar el polvo de *Opuntia subulata* en sus fases de extracción y recuperación, pues en este medio los microorganismos no podrán crecer y multiplicarse, y el gel obtenido será garantizado.

El deshidratado de tuna *Opuntia subulata*, se destinará al consumo humano como aditivo alimentario en el yogur o bebidas, dotándole de una consistencia estable y contribuyendo a la prevención y curación de enfermedades citadas anteriormente.

Por lo anotado, en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar tres métodos de secado para la extracción y recuperación del gel de tuna (*Opuntia subulata*).
- Determinar el método de secado óptimo para la extracción del polvo de *Opuntia subulata* (Estufa, Secador de bandejas y al Ambiente).
- Evaluar la calidad bromatológica y organoléptica del polvo de tuna.
- Determinar la rentabilidad a través del indicador beneficio/costo.
- Identificar los beneficios que tiene el polvo para incluir en alimentos humanos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. CACTACEAS

1. Generalidades

Según <http://www.redescolar.ilce.edu.mx>. (2005) manifiesta que son plantas perennes, suculentas, generalmente espinosa, las espinas son variables en tamaño, forma consistencia, color y disposición; presentan un fruto seco o jugoso con numerosas semillas. Sorprenden por las formas extraordinarias de sus tallos y hermosura de sus flores, interesan también por la anatomía de sus estructuras, las modalidades de su fisiología, indicadoras ambas de su admirable adaptación a la sequía y en los últimos años son de gran interés científico debido a la variedad de sustancias que se pueden extraer de ellas y que tienen un amplio uso en las industrias alimentaria, farmacéutica y química.

Entre las adaptaciones más notables que el tallo adquiere en relación con la aridez, hay que mencionar aquellas que le permiten almacenar y conservar el agua en sus tejidos, reducción de la superficie transpiratoria al adquirir formas globosas, atrofia de las hojas o su transformación en escamas y espinas, el engrosamiento de la cutícula y de las membranas celulósicas, la excrescencia de sustancias cerosas y la gran longitud que adquieren sus raíces; por la singular capacidad que el tallo tiene de distenderse al acumular agua.

Las cactáceas frecuentemente exudan gomas y sustancias análogas como los mucílagos, los cuales tienen diversos usos caseros y son aprovechados industrialmente. Algunas cactáceas producen un grupo de sustancias químicas de especial interés por sus propiedades farmacológicas, los alcaloides.

De acuerdo con <http://www.espanol.geocities.com> (2004), señala que estas crecen a lo largo de todo el continente americano a excepción de aquellas regiones donde hay hielo todo el año. Estas plantas contrario a lo que mucha gente piensa, no son plantas exclusivas de los desiertos, aunque se calcula que alrededor del 70 % de ellas crece en zonas áridas y semiáridas. Se presentan

también en las regiones frías, templadas y cálido-húmedas, como bosques y selvas.

2. Clasificación Botánica

Heywood, H. (1985) expone que existen tres subfamilias:

- Pereskioideas: con hojas sin gloquidios, semillas negras sin arilo. Géneros maihuenia y pereskia.
- Opuntioideas: con hojas y gloquidios, semillas aladas o cubiertas de un arilo pálido; 5 géneros, opuntia, pereskioopsis, pterocactus, quiaventia y tasinga.
- Cactoideas: hojas muy pequeñas o ausentes, sin gloquidios, semillas negras o pardas sin arilo: 80 géneros en dos tribus: cereas y cacteas.

Ballester, J. (1978), manifiesta que todas las plantas están clasificadas en clase, órdenes, familias, géneros, especies y variedades. De las dos palabras que forman el nombre botánico de una planta, la primera corresponde al género y la segunda a la especie a la cual pertenece.

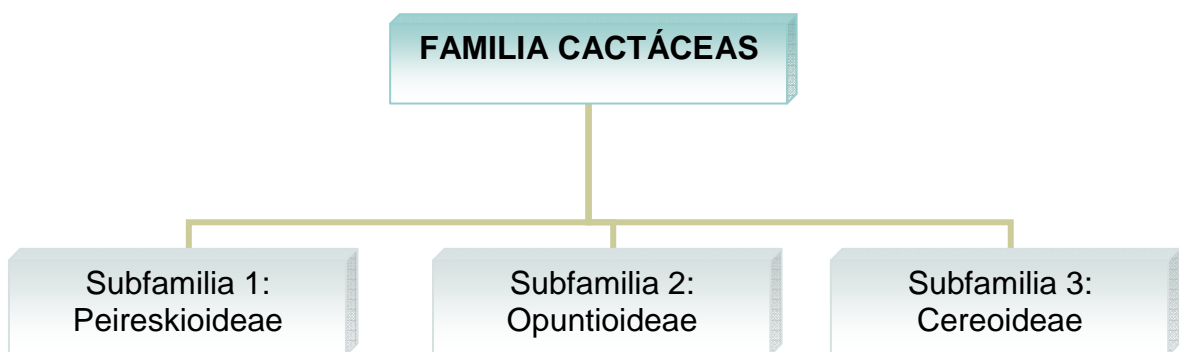


Gráfico 1. Familia Cactácea

B. GÉNERO OPUNTIA

Según <http://www.es.wikipedia.org> (2006), indica que este género, de la familia de las cactáceas, consta de más de 300 especies todas oriundas del continente americano desde el norte de Estados Unidos hasta la Patagonia, donde viven silvestres.

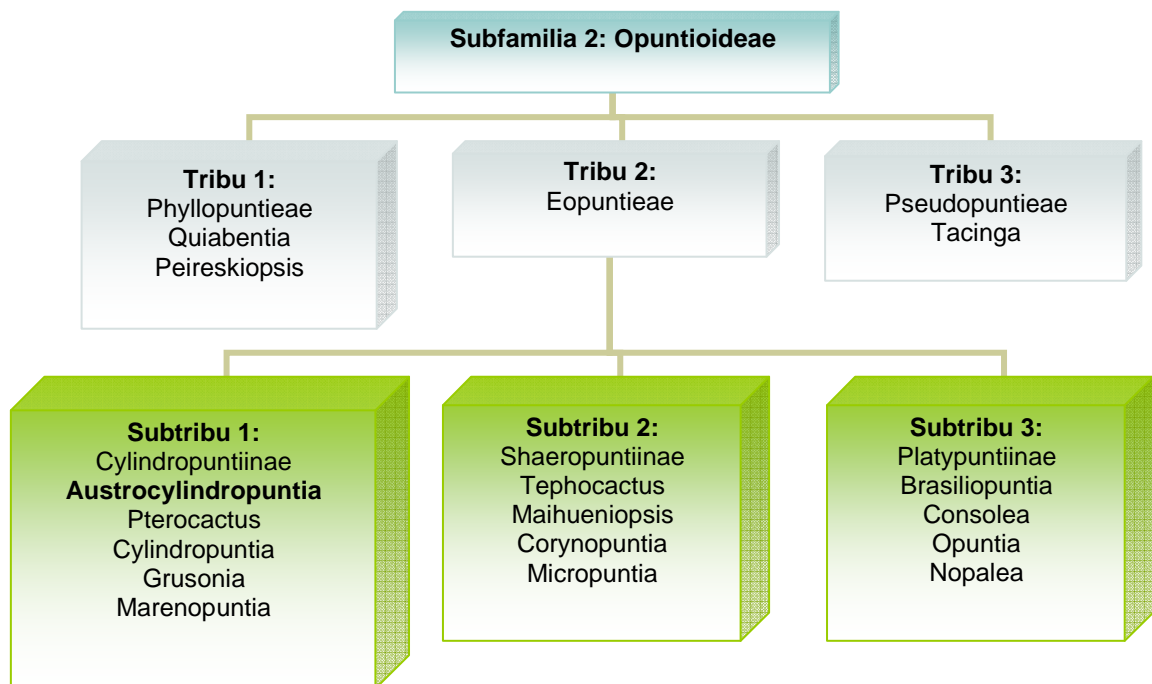


Gráfico 2. Subfamilia Opuntioideae

1. Metabolismo

Según <http://www.geocities.com/cactusgratis/cactus.html> (1995), son plantas con metabolismo ácido crasuláceo (CAM). La fotosíntesis es el principal proceso en que el CO₂ es fijado por las plantas verdes, sin embargo hay ciertas plantas suculentas y semisuculentas, que fijan el CO₂ de noche o en la oscuridad, con un incremento de la acidez vacuolar, como resultado de la acumulación de ácido málico.

Estas plantas pueden fijar el CO₂ en la oscuridad, a velocidades superiores de la que lo expulsan mediante la respiración, resultando en una acumulación neta de CO₂. Si estas plantas se someten a la luz la acidez disminuye.

Muchas cactáceas entran anualmente en un periodo de reposo en el que no crecen y su metabolismo se reduce al mínimo. Por lo general, este periodo coincide con la temporada invernal, aunque algunas especies lo presentan en verano.

2. Características morfológicas

Cuadro 1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL NOPAL

PARTES	CARACTERÍSTICAS
RAIZ	Por su forma, son raíces típicas o pivotantes con ejes primarios que sirven para fijar la planta. Son gruesas y no suculentas. De tamaño proporcional al tamaño del tallo.
TALLO	Craso, erecto, ramificado y multiarticulado. Tronco cilíndrico y cladodios o pencas. Posee cutícula gruesa y adaptado para almacenar agua en sus tejidos. De color verde y función fotosintética.
HOJA	Son hojitas cilíndricas y caducas, en forma de cuernitos. Poseen areolas en las cuales brotan las espinas. De color amarillo pálido, erectas, de hasta 8 cm de largo.
FLOR	Localizada en la parte superior de las pencas. Tamaño grande. Sus pétalos poseen colores vivos: amarillo, anaranjado, rojo, rosa, salmón. Son hermafroditas anatómicas, algunas son unisexuales. Permanecen adheridas al fruto por algún tiempo.
FRUTO	Es una baya unilocular polisperma. De forma ovoide a esférica. Sus dimensiones y coloraciones pueden variar según las especies: amarillo canario, amarillo limón, anaranjado, rojo, guinda, rojo morado, verde tierno, blanco verdoso, etc.

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 1987.

3. Componentes químicos del nopal

a. Agua

El agua en la composición química de los organismos vivos es evidente e importante, pues forma parte de una gran cantidad de compuestos y participa en muchas de las reacciones bioquímicas del metabolismo orgánico. En cactáceas tales como; el nopal, alcanza valores mayores al 90% en tallos, pencas y frutos, y como ya se mencionó, es el componente que da a los nopales y a otras plantas el aspecto de succulencia. El contenido de las células vegetales es un medio siempre rico en agua; el porcentaje de ésta, por otra parte, es diferente según las funciones fisiológicas y edad de los tejidos, máximo durante el periodo del crecimiento, pudiendo alcanzar, por lo tanto, en los órganos jóvenes, del 90 al 95%. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1987)

b. Contenido mineral

La cantidad y calidad de minerales que se localizan formando parte de los órganos y tejidos del nopal son muy variables, no solo en diferentes especies, sino también dentro de la misma; dicha heterogeneidad se basa en las diferencias determinadas genéticamente por sus necesidades, variación climática y composición química del suelo. Los principales componentes minerales del nopal son el calcio y el potasio, presentándose también magnesio, sílice, sodio y pequeñas cantidades de hierro, aluminio y manganeso, predominando en forma de carbonatos y en ocasiones como cloruros, sulfatos y en pequeñas cantidades de fosfatos. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1987).

c. Glúcidos (CARBOHIDRATOS)

Su importancia reside en ser los constituyentes más abundantes de las sustancias orgánicas, representantes de una forma de almacenaje de energía capturada a partir de la luz por el proceso de la fotosíntesis y base fundamental en el suministro de la mayor parte de esqueletos carbonados y de la mayoría de los

componentes orgánicos que constituyen la planta. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1987)

Cuadro 2. CONTENIDO DE SALES MINERALES EN ALGUNAS ESPECIES DE NOPAL

MUESTRA	SiO ₂	CaO	K ₂ O	MnO	MgO	CO ₂	SO ₄	Cl	P ₂ O ₅
Opuntia	116.02	42.55	11.06	0.12	6.05	39.08	2.95	2.84	1.25
Ficus-indica									
Opuntia	1.82	42.65	11.01	0.28	7.89	34.23	1.54	2.15	1.50
hyptiacantha									
Opuntia	3.79	45.65	10.12	0.26	6.73	34.50	1.29	0.95	1.05
tormentosa									
Opuntia	1.18	46.35	9.63	0.25	6.15	33.60	1.27	2.02	1.38
robusta									

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 1987

d. Componentes nitrogenados

La importancia de los compuestos del nitrógeno se debe a su intervención en muchas, si no en todas, de las reacciones bioquímicas que integran la vida; este efecto se encuentra en componentes tan esenciales como son las proteínas, los ácidos nucleicos, algunos reguladores del crecimiento de las plantas y en muchas de las vitaminas. En el género *Opuntia* se han hecho de estudios específico de estos compuestos, a fin de aquilatar el valor nutritivo de los diferentes órganos que forman parte de la dieta alimenticia del hombre y los animales. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1987).

e. Vitaminas

Por la necesidad que observan los organismos de vitaminas para su adecuado funcionamiento y crecimiento, y considerando que el recurso de interés forma parte de la dieta alimenticia de nuestro pueblo, es importante, desde el punto de

vista de la nutrición, el conocimiento sobre la concentración vitamínica del mismo. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1987).

4. Cultivo

a. Reproducción

Kiesling, R. y Ferrari, O. (2005), manifiestan que la forma más fácil de reproducción en los cactus, es por gajos o esquejes, en especial los que se ramifican; estos gajos emiten raíces fácilmente. Teóricamente, una sola aureola podría cortarse y en condiciones apropiadas arraigaría. Las ramificaciones muchas veces tienen una parte más estrecha; una estrangulación; es allí donde conviene cortar para hacer gajos. La propagación también puede hacerse con el extremo de una rama o con la parte superior de un cactus globoso.

b. Sustrato

Kiesling, R. y Ferrari, O. (2005), declaran que debe ser poroso, permeable, el agua de riego debe desaparecer rápidamente para evitar el encharcamiento y permitir que el aire tenga fácil acceso a las raíces. Es importante que no tenga estiércol fresco ni otras sustancias orgánicas en descomposición. Los nutrientes principales son nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); también necesita muchos otros elementos en menor cantidad, siempre en forma de sales solubles en agua. Un aspecto importantísimo del suelo es su grado de acidez. En general debe ser neutro o levemente ácido (pH 6 a 7). Son pocas las especies que prefieren suelos alcalinos.

c. Riego

Kiesling, R. y Ferrari, O. (2005), expresan que para mantener el grado correcto de acidez de la tierra, es importante que el agua de riego no contenga sarro (carbonato de calcio); el agua de lluvia es la mejor. La frecuencia de riego en un invernáculo depende de la capacidad de retención del agua del sustrato, de la temperatura, aireación, exposición al sol, y de la humedad ambiente.

5. Condiciones ambientales

Cuadro 3. CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS CACTUS

CONDICIONES	CARACTERISTICAS
LUZ	Necesitan gran intensidad de luz, de lo contrario la epidermis presenta un color más claro, los tallos tienden a hacerse más delgados y las espinas mas débiles.
TEMPERATURA	Son tolerantes a diferentes rangos de temperatura. Soportan temperaturas relativamente elevadas, sin verse afectadas superiores a los 40 °C. Lo ideal es mantener la temperatura entre 25 y 35 °C.
VENTILACION	Ventilado, con circulación de aire

Fuente: Kiesling, R. y Ferrari, O. 2005.

6. Plagas y Enfermedades

Kiesling, R. y Ferrari, O. (2005), señalan que los cactus en general son fáciles de cultivar y relativamente poco atacados por plagas. Sin embargo, la concentración de plantas similares que significa un cultivo especializado da lugar a que estas se proliferen.

a. Insectos

Frecuentemente en el ambiente seco del invernáculo se instalan cochinillas- de los tallos o de la raíz- y también arañuelas, larvas de moscas u otros insectos. También se presentan plantas comidas por caracoles y hormigas.

Las plagas de las raíces son difíciles de detectar; entre ellas encontramos los nematodos (larvas en formas de gusanos muy pequeños, encapsuladas en engrosamientos de las raíces) y la cochinilla algodonosa de raíz.

b. Hongos

Estos pueden proliferar si el ambiente es excesivamente húmedo o si el sustrato se encharca o retiene excesiva humedad. Las plantas de campo por general tienen hongos que en su medio desarrollan lentamente, no así en cultivo.

c. Bacterias y virus

Se presentan raramente, pero son muy difíciles de controlar; se observan como manchas amarillentas (ya que dificultan la formación de clorofila). Aunque este síntoma también puede corresponder a la falta de nutrientes. Las enfermedades bacterianas se controlan muy difícilmente con antibióticos, mientras que los virus no son controlables.

C. OPUNTIA SUBULATA

De acuerdo con <http://www.fichas.infojardin.com> (2007), las principales características de la especie *Opuntia subulata* son:

1. Nombre científico o latino

- *Opuntia subulata* = *Austrocylindropuntia subulata*.
- Nombre común o vulgar: Alfileres de Eva.

2. Características morfológicas

- Cactus de crecimiento columnar, con tallos ramificados y cilíndricos de 2 a 4 m de alto, con diámetro de hasta 8 cm.
- La superficie del tallo está cubierta de tubérculos aplanados con 1 ó 2 espinas amarillas de 6-8 cm.
- Hojas cilíndricas que aparecen en los extremos de los tallos, que se forman en primavera y se caen al comienzo del invierno.

- Espinas reunidas en areolas, con gloquidios cortos. Generalmente no más de 1 o 2 espinas, robustas, amarillo pálido, erectas, de hasta 8 cm de largo.
- Posee tubérculos redondeados y aplanados en los cuáles, cuando son jóvenes, se hallan unos residuos de hojas en forma de cuerpos alargados semicilíndricos y carnosos de hasta 12 cm de largo bastante persistentes.
- Flor rojiza, con la parte interior anaranjada. Mide 7 cm de longitud. Aparecen en los ejemplares de mayor tamaño.
- Floración en la segunda mitad de primavera y verano.
- Fruto en bayas piriformes de color verdoso, con espinas cortas.

3. Condiciones ambientales

- Luz: sol. La variedad 'minor' necesita algo de sombra.
- Temperaturas: resiste algo de frío en ausencia de riego. Con temperaturas inferiores a 0 °C las hojas enrojecen y las pierde tempranamente.
- Riego: normal, como para el término medio de los cactus.
- Más vale quedarse corto con el riego que pasarse; si le falta avisa enseguida, ya que sus tallos caen lánguidamente, se recupera enseguida.
- Multiplicación: esquejes de tallo y semilla.
- Ecología: Habita en laderas de cerros con mucha pendiente, forma grupos bastantes densos, que semejan a la forma arbórea.

4. Utilidades

Kiesling, R. y Ferrari, O. (2005), reportan que tanto la tuna como muchos otros cactus tienen varias aplicaciones medicinales tradicionales, algunas de ellas bajo estudio científico en este momento, como por ejemplo estabilizar el nivel de glucosa en personas que no regulan bien su nivel de insulina (diabéticos). Los frutos de cactus en general, a diferencia de otras frutas, tienen alto nivel de calcio. El uso de tallos tiernos de esta y otras especies como verduras mayormente cocidas. Los mucílagos de cactus se utilizan por centurias para fijar la pintura de cal en todo en continente americano, como también su propiedad de absorber

coloides, propiedades usadas para aclarar el agua turbia de los ríos en épocas de lluvia.

Según <http://www.giga.com> (2007), el mucílago es utilizado como un suplemento dietético para incrementar la ingesta de fibra soluble la cuál aporta varios beneficios a la salud. Sin embargo resulta un poco molesta la sensación que causa el mucílago (Baba) que desprende el Nopal. El Polvo de Nopal que no es otra cosa mas que Nopal Deshidratado y Molido, ha venido a ofrecer una solución tanto para este inconveniente, como también para la elaboración de una gama más amplia de productos tales como Dulces, Panes, Galletas, Tostadas, Tortillas, etc.

5. Propiedades Medicinales

De acuerdo con <http://www.giga.com> (2007), se ha demostrado que aparte de sus cualidades nutricionales, posee propiedades medicinales que ayudan a controlar diferentes desordenes del cuerpo tales como:

a. Obesidad

Según <http://www.giga.com> (2007) expresa que contiene 17 aminoácidos de los cuáles 8 son esenciales que deberían ser ingeridos en los alimentos, estos proveen de mayor energía y ayudan al cuerpo a bajar el nivel de azúcar en la sangre, disminuyéndose la fatiga y el apetito, a la vez que provee de nutrientes.

Las fibras insolubles que contiene, crean una sensación de saciedad y ayudan a una buena digestión. Así mismo, las proteínas vegetales promueven la movilización de líquidos en el torrente sanguíneo disminuyéndose la celulitis y la retención de fluidos.

b. Hiperglicemia (Alto nivel de Azúcar en la Sangre)

<http://www.giga.com> (2007) informa que el Nopal incrementa los niveles y la sensibilidad a la insulina logrando con esto estabilizar y regular el nivel de azúcar en la sangre.

c. Colesterol

<http://www.giga.com> (2007) manifiesta que los aminoácidos, la fibra y la niacina contenida en el nopal previenen que el exceso de azúcar en la sangre se convierta en grasa, mientras que por otro lado, actúa metabolizando la grasa y los ácidos grasos reduciendo así el colesterol.

d. Arteriosclerosis

El efecto de los aminoácidos y la fibra, incluyendo los anti oxidantes vitamina C y A (Beta Caroteno) previene la posibilidad de daños en las paredes de los vasos sanguíneos, así como también la formación de plaquetas de grasa. (<http://www.giga.com> 2007).

e. Ulceras Gástricas (Desordenes Gastro Intestinales)

Las fibras vegetales y los mucílagos controlan la producción en exceso de ácidos gástricos y protege la mucosa gastrointestinal. (<http://www.giga.com> 2007).

f. Digestión

El Nopal contiene vitaminas A, Complejo B, C, minerales: Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Hierro y fibras en lignina, celulosa, hemicelulosa, pectina, y mucílagos que en conjunto con los 17 aminoácidos ayudan a eliminar toxinas, amonio y radicales libres. Las toxinas ambientales provocadas por el alcohol y el humo del cigarro que inhiben el sistema inmunológico del cuerpo, son removidas por el Nopal, mismo que incluso ayuda en el balance y calma del sistema nervioso. (<http://www.giga.com> 2007).

g. Limpieza del Colon

El Nopal contiene fibras dietéticas solubles e insolubles. Las fibras dietéticas insolubles, conocidas como pajas, forraje etc., absorben agua y aceleran el paso de los alimentos por el tracto digestivo y contribuye a regular el movimiento intestinal, además, la presencia de las fibras insolubles en el colon ayuda a diluir la concentración de cancerígenos que pudieran estar presentes. (<http://www.giga.com> 2007).

D. SECADO

Brito, H. (2001), menciona que el secado es una operación unitaria física de separación propia de los sólidos húmedos, mediante el cual se puede separar total o parcialmente el líquido que contiene un sólido húmedo por vaporización del líquido desde el sólido hasta el aire mediante la transferencia de masa y energía simultánea.

1. Finalidades del secado

Brito, H. (2001), alega que el secado es una operación importante en muchas industrias químicas y de transformación, la razón por la que se aplica puede ser:

- Facilitar el manejo posterior del producto
- Permitir el empleo satisfactorio del mismo
- Reducir el costo del embarque
- Aumentar la capacidad de los aparatos de secado
- Conservación del producto en función del tiempo
- Permite que el producto tenga una mayor estabilidad
- Permite que las materias primas, tengan las características deseadas, para la elaboración de un producto.

La teoría de secado comprende dos aspectos esenciales: las relaciones estáticas y las cinéticas o de velocidad de operación física.

2. Fundamentos del secado

Warren, L. et al. (2003), señalan que debido a la gran variedad de material que se secan en equipos comerciales y a los muchos tipos de equipos que se utilizan, no existe una sola teoría de secado que comprenda todos los materiales y tipos de secadores. Las variaciones posibles en forma y tamaño de los materiales, de los equilibrios de humedad, de los mecanismos del flujo de humedad a través del sólido, así como el método de transferencia de calor que se requiere para la vaporización, impiden que exista un tratamiento unificado.

3. Tipos de secadores

De acuerdo a la clasificación de la operación de secado encontramos los siguientes tipos de equipos (<http://www.monografías.com> 2005):

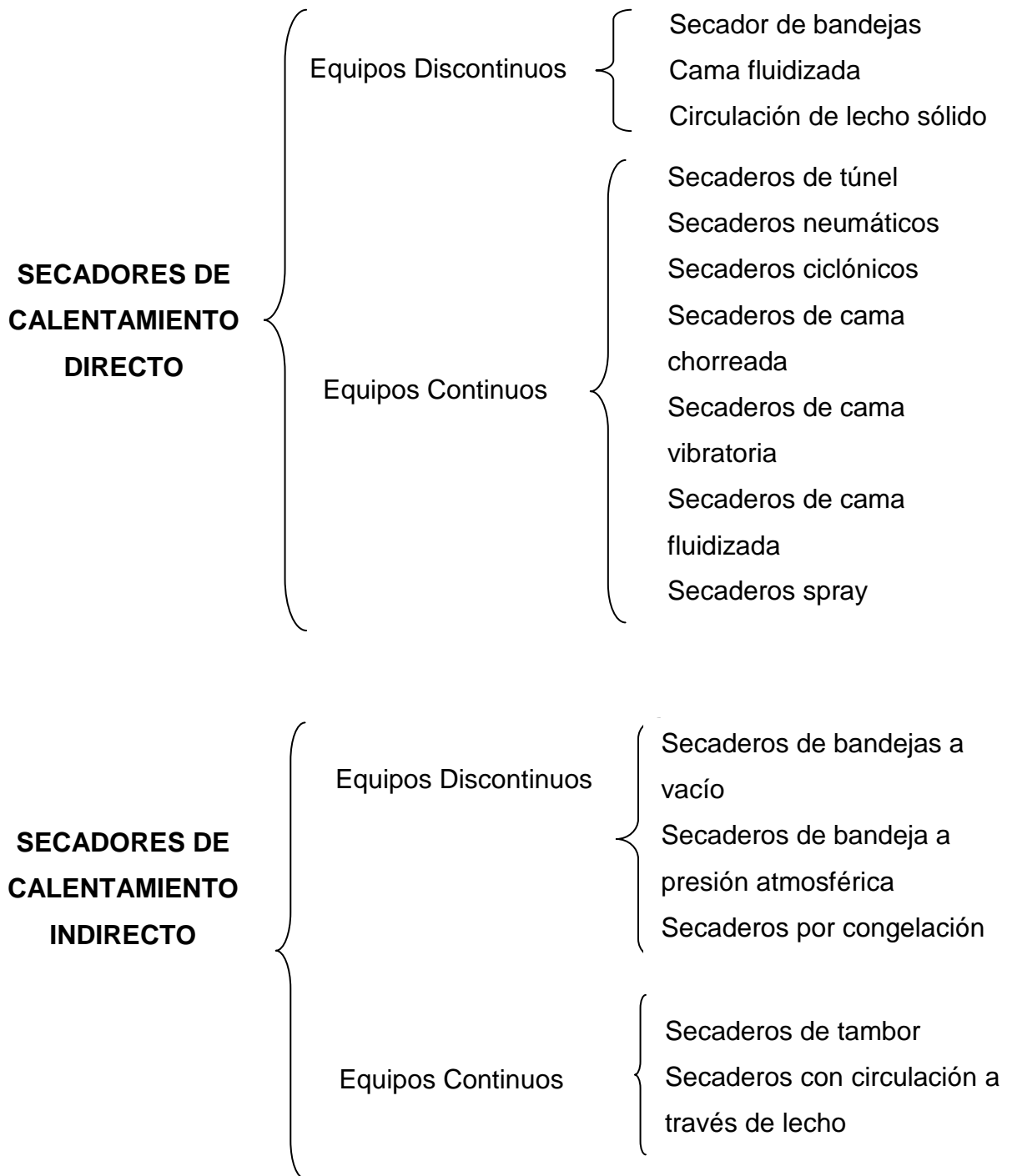


Gráfico 3. Tipos de secaderos

4. Equipos de secado

Warren, L. et al (2003), manifiestan que se consideraran un reducido número de secadores de los muchos tipos comerciales existentes. El primer y gran grupo comprende secadores para sólidos granulares o rígidos y pastas semisólidas; el segundo se refiere a secadores que aceptan alimentaciones líquidas o suspensiones.

a. Secadores para sólidos y pastas

Los secadores típicos de sólidos y pastas comprenden secadores de platos perforados y de tamices transportadores, para materiales que no se pueden agitar, así como torres de secado, rotatorias, transportadoras de tornillo sin fin, de lecho fluidizado y flash para materiales que se pueden agitar. Estos tipos de secadores se han ordenado, hasta donde es posible, atendiendo el grado de agitación y el método de exposición del sólido al gas o del contacto con una superficie caliente. (Warren, L. et al 2003).

- **Estufa de secado**

La estufa de secado es un equipo que se utiliza para secar sólidos. Se identifica también con el nombre *Horno de secado*. Los fabricantes han desarrollado básicamente dos tipos de estufa: las que operan mediante convección natural y las que operan mediante convección forzada. Las estufas operan, por lo general, entre la temperatura ambiente y los 350 °C. Se conocen también con el nombre de *Poupinel* o *pupinel*. La deshidratación que se efectúa en la estufa se denomina de calor seco; la muestra al ser calentada, absorbe la humedad y elimina la posibilidad de que se mantenga cualquier actividad biológica debido a las elevadas temperaturas y a los tiempos utilizados. (<http://www.paho.org>. 2005).

- **Secador de bandeja**

León, D. y Gómez, J. (2005), anuncian que es un equipo totalmente cerrado y aislado, en los cuales los sólidos se colocan en grupos de bandejas, en el caso de

sólidos particulados, o amontonados en pilas o en repisas, en el caso de objetos grandes. La transmisión de calor puede ser directa del gas a los sólidos, utilizando la circulación de grandes volúmenes de gas de gas caliente, o indirecta, utilizando repisas o bases calentadas serpentines de calefacción o paredes en el interior de la cubierta. Casi siempre se necesita la circulación de una pequeña cantidad de gas para eliminar el vapor húmedo del compartimento y evitar la saturación y condensación del gas.

- **Secadores de platos perforados**

Consiste en una cámara rectangular de chapa metálica que contiene dos carretones para soportar los bastidores. Cada bastidor lleva numerosos platos perforados poco profundos, que se cargan con el material a secar. Entre los platos se hace circular aire caliente con una velocidad de 2 a 5 m/s, por medio del ventilador y el motor, pasando sobre los calentadores. Los secadores de platos resultan convenientes cuando la velocidad de producción es pequeña. Con frecuencia, se utiliza en el secado de materiales valiosos tales como colorantes y productos farmacéuticos. (Warren, L. et al 2003).

- **Secadores de tamices transportadores**

La cámara consiste de una serie de secciones separadas, cada una con su propio ventilador y calentador de aire. En el extremo de entrada del secado, el aire por lo general pasa hacia arriba a través del tamiz y de los sólidos, mientras que cerca del extremo de descarga, donde el material está seco y puede desprender polvo, el aire circula hacia abajo a través del tamiz. La temperatura y la humedad del aire son diferentes en distintas secciones con el fin de alcanzar las condiciones óptimas de secado en cada punto. (Warren, L. et al 2003).

- **Torres de secado**

Contiene una serie de bandejas circulares dispuestas unas sobre otras sobre un eje central rotatorio. La alimentación de sólidos se introduce sobre la bandeja

superior y está expuesta a corriente de aire o gas caliente que pasa sobre la bandeja. Después, el sólido se descarga por medio de una rasqueta y pasa a la bandeja inferior. De esta forma va circulando a través del secador, descargando el producto seco por el fondo de la torre. Los fluidos de gas y del sólido pueden ser en corrientes paralelas o en contracorriente. (Warren, L. et al 2003).

- **Secadores rotatorios**

Consiste en una carcasa cilíndrica giratoria, dispuesta en forma horizontal o ligeramente inclinada hacia la salida. La alimentación húmeda entra por un extremo del cilindro; el producto seco descarga por el otro, se calientan por un contacto directo del gas con los sólidos, por gas caliente que pasa a través de un encamisado externo, o por medio de vapor de agua que condensa en un conjunto de tubos instalados sobre la superficie interior de la carcasa. El aire circula a través del secador mediante un ventilador que, si se desea, descarga en el calentador de aire. De forma que todo el sistema se encuentra a sobre presión. (Warren, L. et al 2003).

- **Secadores de lecho fluidizado**

Los secadores en los que los sólidos están fluidizados por el gas de secado se utilizan en diversos problemas de secado. Las partículas se fluidizan con aire o gas en una unidad de lecho hirviente. La alimentación húmeda se introduce por la parte superior del lecho; el producto seco se retira lateralmente cerca del fondo. Las partículas pequeñas se calientan hasta la temperatura de bulbo seco del gas fluidizante a la salida; por consiguiente, los materiales sensibles a calor han de secarse en un medio suspendido relativamente frío. (Warren, L. et al 2003).

- **Secadores flash**

En un secador flash se transporta un sólido húmedo pulverizado durante pocos segundos en una corriente de gas caliente. El secado tiene lugar durante la transportación. La velocidad de transferencia de calor desde el gas hacia las

partículas de sólido suspendido es elevada y el secado es rápido, de forma que no se requiere más de 3 o 4 segundos para evaporar toda la humedad del sólido. La temperatura del gas es elevada- con frecuencia del orden de 650 ° C, a la entrada, pero el tiempo de contacto es tan corto que la temperatura del sólido rara vez supera 50 ° C durante el secado. Por tanto, el secador flash se puede aplicar a materiales sensibles que en otro tipo de secadores tendrían que secarse indirectamente con un medio de calefacción mucho mas frío. (Warren, L. et al 2003).

5. Estática del secado

Brito, H. (2001), indica: En presencia de un líquido volátil, los sólidos insolubles pueden comportarse como húmedos, o bien como higroscópicos. Llamamos cuerpo húmedo a aquél cuya tensión de vapor de agua (líquido volátil) es igual a la del agua (líquido volátil) a la misma temperatura, el cuerpo húmedo es totalmente inerte para el agua que le acompaña. Por el contrario, el cuerpo higroscópico tiene una tensión de vapor menor que la del agua a la misma temperatura; el cuerpo higroscópico modifica la tensión del vapor del agua que está ocluida en sus poros o entre las partículas del mismo.

6. Mecanismo del secado

Brito, H. (2001), manifiesta que durante el secado es necesario separar tanto la humedad que existe sobre la superficie como la del interior del sólido. Cuando la humedad es suficientemente grande, el secado transcurre sobre la superficie totalmente mojada, y el líquido se renueva continuamente por difusión rápida desde el interior así tenemos un periodo en que la velocidad del secado es constante. Si el sólido no recibe calor por otros medios, la temperatura de la superficie permanecerá constante en un valor sensiblemente igual al de la temperatura húmeda del aire.

Cuando la humedad media del sólido es inferior a la humedad crítica la difusión desde el interior no puede suministrar todo el líquido que se evaporaría en la

superficie; en consecuencia la velocidad del secado disminuye, y aparecen sobre la superficie zonas secas, cada vez de mayor proporción. Transcurre entonces el primer periodo de velocidad decreciente: al no estar saturada la superficie de la temperatura asciende, tiende a aproximarse a la temperatura seca del aire. El primer periodo decreciente, que no existe según las condiciones de secado, concluye cuando la superficie del sólido queda libre de líquido; a pesar de ello. La humedad media puede tener todavía un valor apreciable.

Durante el segundo periodo post crítico la velocidad de secado sigue descendiendo en muchos casos la evaporización se efectúa en un plano interior que ya va alejándose de la superficie del sólido a medida que progresa el secado. Al transporte del líquido desde el interior hasta el plano de evaporización seguirá entonces la difusión del vapor desde este plano hasta la superficie del material, y por último la difusión desde la superficie hasta el seno de aire. En otros casos el secado sigue efectuándose en la superficie, y el líquido llega hasta ella por los mecanismos de difusión normal, difusión capilar u otros complejos.

En el gráfico 4, se observan los periodos de velocidad de secado:

a. Período Inicial

La evaporación ocurre como desde una superficie libre y, usualmente, la temperatura incrementa desde su valor inicial (T_0) hasta la temperatura de bulbo húmedo del aire (T_{wb}). En algunos casos, cuando la temperatura del producto es mayor que la correspondiente temperatura de bulbo húmedo del aire, el producto disminuye su temperatura. Este período inicial dura pocos minutos, X_0 es contenido de humedad inicial. (<http://www.Secadero.htm>. 2006).

b. Período de velocidad constante (Nwc)

Durante este período el secado aún se lleva a cabo por evaporación de la humedad desde una superficie saturada (evaporación desde una superficie libre) y el material permanece a T_{wb} . La mayoría de los productos alimenticios no exhiben un período de velocidad de secado constante. (<http://www.Secadero.htm>. 2006).

c. Primer período de velocidad descendiente

El contenido de humedad al final del período de velocidad constante es el contenido de humedad crítico (X_{cr}). En este punto la superficie del sólido ya no se encuentra saturada de agua, y la velocidad de secado disminuye con el decrecimiento en el contenido de humedad y el incremento en la temperatura. En el punto final de este período, el film de humedad superficial se ha evaporado completamente y, con el posterior decrecimiento en el contenido de humedad, la velocidad de secado es controlada por la velocidad de movimiento de la humedad dentro del sólido.

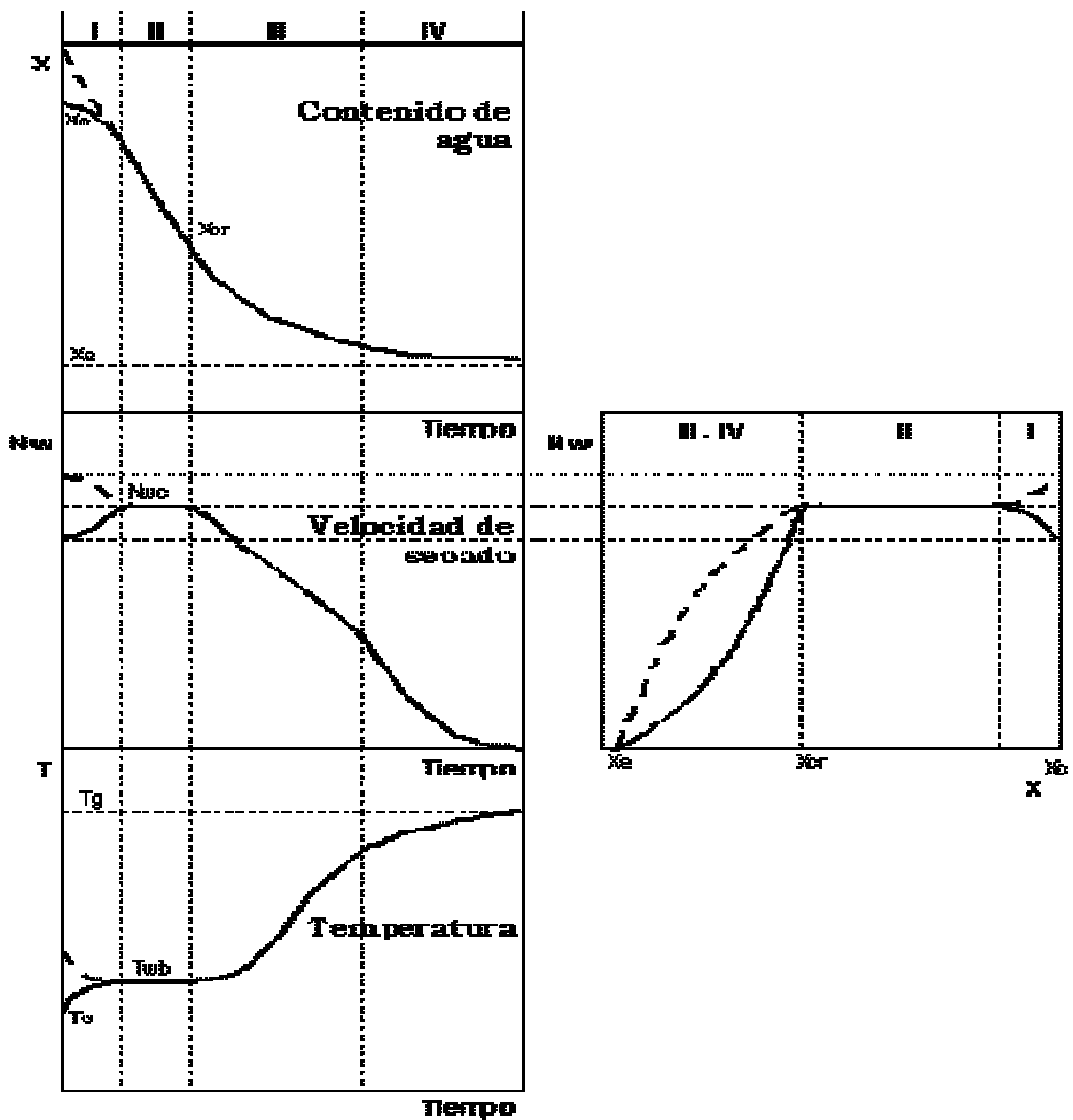


Gráfico 4. Períodos de velocidad de secado

d. Segundo período de velocidad descendente

Este período representa las condiciones correspondientes a una velocidad de secado totalmente independiente de las condiciones externas. La transferencia de humedad puede ocurrir por una combinación de difusión de líquido, movimiento capilar, y difusión de vapor. La temperatura del producto se acerca a la temperatura de bulbo seco (T_g) y el contenido de humedad se aproxima asintóticamente al valor de equilibrio (X_e).

Los mecanismos I y II siguen la ley de transferencia de calor y masa para un objeto totalmente húmedo. Los mecanismos III y IV siguen la segunda ley de difusión de Fick, pero usando diferentes condiciones de borde: para el mecanismo III es la igualdad de flujos de transferencia de masa en la superficie, y para el mecanismo IV, la igualdad del contenido de agua al valor de equilibrio X_e .

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Química Industrial, de la Facultad de Ciencias y en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, Panamericana Sur Km. 1 ½, Riobamba – Ecuador.

El trabajo experimental tuvo una duración de 180 días, durante los cuales se estudiaron tres métodos de secado para la extracción del polvo de *Opuntia subulata*, además se analizó la tuna en fresco. Bajo condiciones meteorológicas y ubicación geográfica como se presenta a continuación:

Cuadro 4. UBICACIÓN Y CONDICIONES METEREOLÓGICAS DE LA ESPOCH

PARAMETRO	MEDIDA	VALOR PROMEDIO
Altitud	msnm	2754.06
Latitud Sur		0°39'
Longitud Oeste		78°36'
Temperatura	°C	12.8
Precipitación anual	mm/año	469
Humedad relativa	%	66.30

FUENTE: Departamento Agro meteorológico de la FRN, ESPOCH (2007).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Para la presente investigación se utilizaron 6 unidades experimentales por cada método de secado (estufa, secador de bandejas y ambiente) además del tratamiento control. Se emplearon 2400 gramos de gel de tuna *Opuntia subulata*, distribuidos en los 3 tratamiento y 6 repeticiones.

C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

Para el desarrollo de la investigación se utilizarán los siguientes equipos y materiales:

1. Instalaciones

- Laboratorio de Química Industrial de la Facultad de Ciencias.
- Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

2. Para la extracción del polvo de *Opuntia subulata*

a. Equipos

- Estufa 65 °C
- Secador de bandeja
- Termómetro
- Balanzas
- Cronómetro
- Anemómetro
- Molino

b. Materiales

- Bandejas plásticas
- Bandejas desechables
- Pinza
- Cuchillo
- Guantes
- Fundas Ziploc
- Tijeras
- Limpión

3. Para los análisis en el laboratorio de nutrición animal y bromatología

a. Equipos

- Aparato de digestión y destilación Macrokjendahl
- Aparato para extracción de fibra.
- Aparato para extracción de grasa.
- Estufa con circulación de aire.
- Mufla.
- Espectrofotómetro.
- Balanza analítica.

b. Materiales

- Cápsulas de aluminio.
- Cápsulas de porcelana.
- Pinza
- Desecador
- Balón Kjeldahl de 500ml.
- Matraces erlenmeyer de 250 ml.
- Beakers para la extracción.
- Beakers para fibra
- Dedales
- Portadedales.
- Vasos de precipitación de 250 y 500ml.
- Pipetas (distintas capacidades y aforadas)
- Probeta de 200 ml.
- Gotero
- Bureta de 50 ml.
- Cepillos para lavar recipientes.
- Detergentes
- Mascarilla

c. Reactivos

- Acido sulfúrico concentrado.
- Sulfato de sodio
- Oxido de selenio al 2%
- Hidróxido de sodio al 50%
- Ácido bórico al 2.5%.
- Indicador mixto.
- Éter dietílico
- Acido sulfúrico al 7‰
- Alcohol amílico.
- Acetona.

4. Para los análisis en el laboratorio de microbiología

a. Equipos

- Baño María.
- Refrigeradora.
- Autoclave.
- Incubadora.

b. Materiales

- Balanza eléctrica.
- Mechero.
- Tubos de ensayo.
- Asa de siembra.
- Cajas petri.
- Micropipetas.

c. Reactivos

- Agares
- Agua destilada
- Colorantes.

5. Para la recuperación del gel de tuna (*Opuntia subulata*)

a. Materiales

- Vasos de precipitación
- Varilla de agitación
- Termómetro
- Viscosímetro
- Phmetro
- Reverbero

b. Reactivos

- Polvo de tuna
- Leche
- Agua destilada

6. Equipos y materiales de oficina

- Computador
- Cámara digital.
- Material de oficina
- Material bibliográfico

D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se evaluó tres métodos de secado de la *Opuntia subulata* frente a un tratamiento control con seis repeticiones cada uno y el tamaño de la unidad experimental fue de 100 gramos de polvo; los tratamientos fueron conformados de la siguiente manera:

T0: Tratamiento control (tuna fresca)

T1: Estufa (600 gramos de polvo de *Opuntia subulata*)

T2: Secador de bandejas (600 gramos de polvo de *Opuntia subulata*)

T3: Al ambiente (600 gramos de polvo de *Opuntia subulata*)

Los tratamientos experimentales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar que se ajusta al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde:

U = Media General

T_i = Efecto de los tratamientos

E_{ij} = Efectos del error

El esquema del experimento empleado fue el siguiente:

Cuadro 5. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO

METODO DE SECADO	COD.	Nº REPET.	T.U.E.* gr	Nº REP/TRAT
Testigo	T0	6	100	6
Estufa	S _E	6	100	6
Secador de bandejas	S _{SB}	6	100	6
Al ambiente	S _A	6	100	6
TOTAL				24

*TUE: Tamaño de la unidad experimental

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Las variables a estudiarse en la presente investigación serán las siguientes:

1. Análisis Bromatológico

- Humedad, %
- Materia Seca, %
- Ceniza, %
- Materia orgánica, %
- Fibra, %
- Proteína, %
- Extracto etéreo, %
- Calcio, mg

- Fósforo, mg
- Pectina, %

2. Análisis Físico del gel

- Viscosidad
- Claridad
- pH
- Color

3. Análisis Organoléptico

- Apariencia, 2 puntos
- Color, 3 puntos
- Sabor, 7 puntos
- Aroma, 3 puntos
- Textura, 5 puntos
- Total, 20 puntos

4. Análisis Microbiológico

- Microorganismos contaminantes presentes: identificación y recuento.
- Aerobios mesófilos, UFC/g
- Coliformes totales, UFC/g
- Coliformes fecales, UFC/g
- Hongos, UFC/g

5. Rentabilidad

- Beneficio/costo

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los resultados que se obtuvieron en la investigación fueron sometidos a los siguientes análisis:

- ✓ Análisis de Varianza (ADEVA) para las diferencias.
- ✓ Separación de medias según Duncan.
- ✓ Prueba de Rating Test.
- ✓ Análisis de Correlación y Regresión.

Cuadro 6. ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL	23
TRAT. ALTERNATIVOS	2
T0 vs TRAT. ALT.	1
ERROR	20

(Ver anexo 13)

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Para la extracción del polvo de *Opuntia subulata*:

- a. Recolección, Selección y Lavado de cladodios.
- b. Descortezado de los cladodios.
- c. Pesaje de la pulpa.
- d. Deshidratado de la pulpa.
- e. Molido de hojuelas deshidratadas.
- f. Almacenamiento del polvo.

2. Para la recuperación y dosificación del gel de *Opuntia subulata*:

- a. Determinación de Viscosidad
- b. Determinación de Claridad
- c. Determinación de pH
- d. Determinación de Color
- e. Dosificación

3. Para el análisis bromatológico del polvo de tuna *Opuntia subulata*

- a. Determinación de humedad.
- b. Determinación de materia seca.
- c. Extracción de fibra.
- d. Determinación de proteína.
- e. Determinación de grasa.
- f. Determinación de calcio.
- g. Determinación de fósforo.
- h. Extracción de pectina

4. Para el análisis organoléptico del polvo de tuna *Opuntia subulata*

- a. Evaluación sensorial.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. Para la extracción del polvo de *Opuntia subulata*, se dispondrá de las siguientes actividades

a. Recolección, Selección y Lavado de cladodios

Se procedió a la recolección de cladodios, en lugares precisos, y habituales como: Politécnica de Chimborazo, Tunshi y Guano. Mediante un muestreo se seleccionó los mejores ejemplares para ser procesados, siendo su principal característica el grado de madurez ideal, exento de manchas, de preferencia gruesos.

La manipulación se realizó con ayuda de pinzas y guantes para evitar la penetración de espinas, el lavado se realizará con abundante agua para eliminar materias extrañas. Ver gráfico 5.

b. Descortezado de los cladodios

Con la ayuda de una pinza y un cuchillo de doble filo se procedió a quitar la membrana protectora fibrosa de la *O. subulata*, se realizó cortes circulares de aproximadamente 3 mm de espesor, para llevar a los diferentes métodos de secado (estufa, secador de bandejas y ambiente).

c. Pesaje de la pulpa.

Un kilogramo de pulpa laminada se distribuyó en bandejas desechables y una vez pesadas, fueron sometidas a cada tratamiento.

d. Deshidratado de la pulpa.

Los cladodios laminados se trasladaron al Laboratorio de Química Industrial de la Facultad de Ciencias, específicamente a los equipos de secado (Estufa y Secador de bandejas), se controló tiempos, temperaturas y velocidad del aire respectivamente, finalmente se determinó el peso en cada proceso de secado.

El secado al ambiente se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología, considerando la corriente de aire y el contacto con polvo.

e. Molido de hojuelas deshidratadas.

Las hojuelas deshidratadas fueron pulverizadas en un molino eléctrico de ¼ HP.

f. Almacenamiento del polvo.

El polvo de tuna de los diferentes tratamientos se almacenaron en fundas ziploc, para evitar la contaminación y captación de humedad.

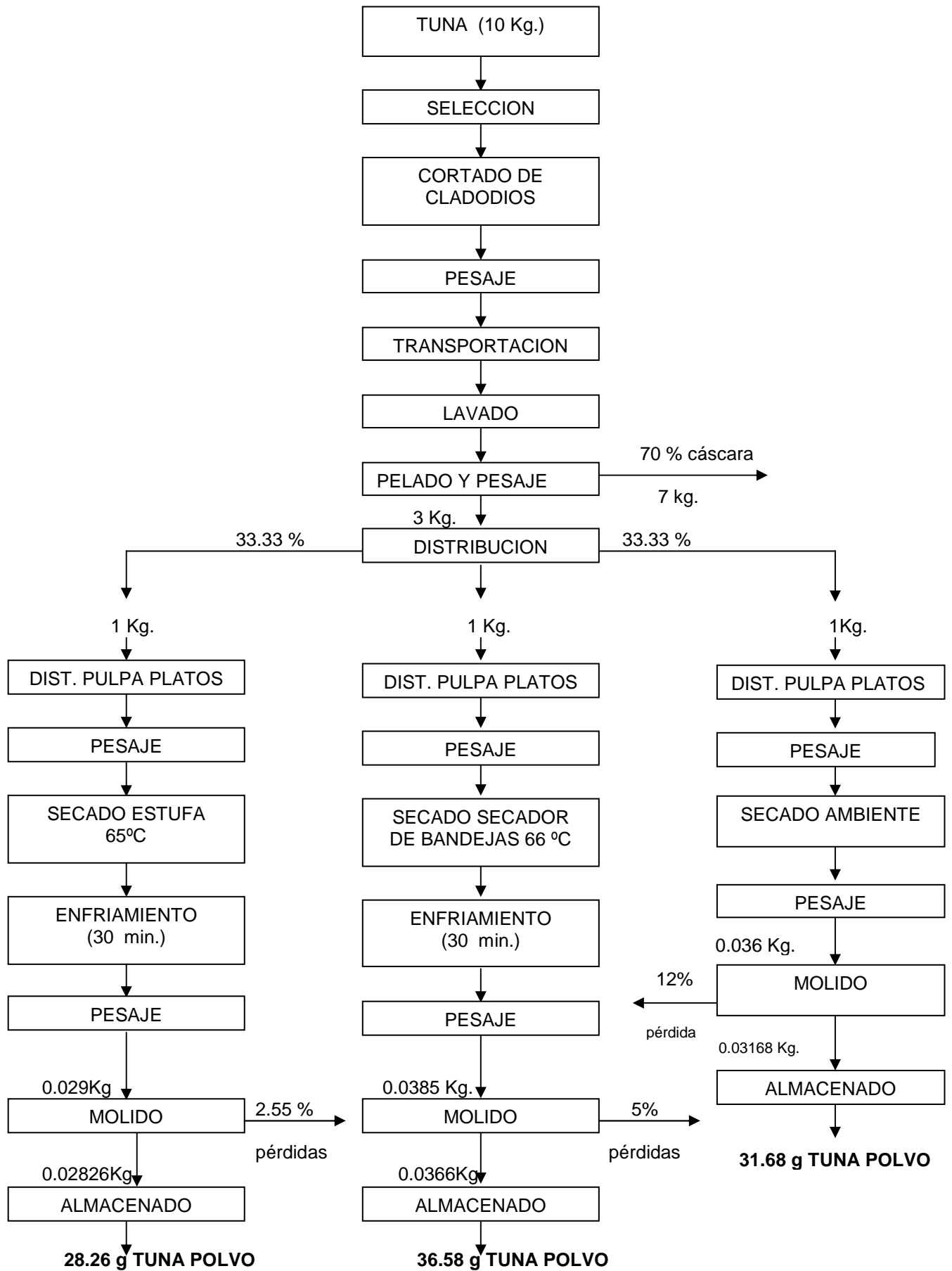


Gráfico 5. Diagrama de flujo del proceso de extracción del polvo de tuna *Opuntia subulata*

g. Técnicas de secado

1. Método de Secado en la Estufa a 65 °C

a. Principio

La muestra de tuna (*O. subulata*), es secada a 65 °C en la estufa, para eliminar la humedad presente en la misma, hasta la obtención de peso constante.

b. Materiales y equipos

- Estufa (65 °C)
- Balanza técnica.
- Bandeja plástica.
- Bandejas desechables.
- Molino.
- Fundas Ziploc.
- Cuchillo.
- Cepillo.
- Guantes.
- Libreta de apuntes.
- Esfero.

c. Procedimiento

- Desinfectar la estufa con solución de yodo, para evitar contaminación.
- Picar la tuna en laminas circulares de aproximadamente 3 mm de grosor.
- Registrar los códigos de las bandejas destinadas al secado y pesarlas.
- Colocar 150 g de tuna en cada bandeja y volver a pesar.
- Verificar que la estufa tenga una temperatura de 65 °C.
- Llevar las bandejas a la estufa y dejarlas hasta conseguir peso constante.
- Sacar de la estufa la muestra y dejar reposar en el desecador por 30 minutos.
- Tomar y registrar los nuevos pesos de las bandejas con la tuna seca.

- Recolectar la tuna seca y pulverizarla con ayuda del molino.
- La muestra seca guardar herméticamente para que no absorba humedad.
- Realizar los cálculos de humedad inicial.

$$\% HI = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} * 100$$

Donde:

HI: Humedad inicial

W₁: Peso de la bandeja sola

W₂: Peso de la bandeja más muestra húmeda

W₃: Peso de la bandeja más muestra seca

2. Método de Secado en el Secador de bandejas a 66 °C

a. Principio

La muestra de tuna (*O. subulata*), es desecada a 66 °C en el secador de bandejas con circulación de aire, con la finalidad de eliminar la humedad presente hasta la obtención de peso constante.

b. Materiales y equipos

- Secador de bandeja con circulación de aire (66 °C)
- Balanza técnica.
- Molino.
- Bandejas plásticas.
- Bandejas desechables.
- Fundas Ziploc.
- Cuchillo.
- Cepillo.
- Guantes.
- Libreta de apuntes.

- Esfero.

c. Procedimiento

- Desinfectar el secador de bandejas con solución de yodo, para su posterior utilización.
- Picar la tuna en laminas circulares de aproximadamente 3 mm de grosor.
- Registrar los códigos de las bandejas destinadas al secado y pesarlas.
- Colocar 150 g en cada bandeja y volver a pesar.
- Verificar la temperatura interna del secador (66 ° C) y la temperatura interna.
- Llevar las bandejas al secador y dejarlas hasta obtener peso constante.
- Sacar de la estufa la muestra y dejar reposar en el desecador por 30 minutos.
- Tomar y registrar los nuevos pesos de las bandejas con la tuna seca.
- Recolectar la tuna seca y pulverizarla con ayuda del molino.
- La muestra seca guardar herméticamente para que no absorba humedad.
- Realizar los cálculos de humedad inicial.

$$\% HI = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} * 100$$

Donde:

HI: Humedad inicial

W_1 : Peso de la bandeja sola

W_2 : Peso de la bandeja más muestra húmeda

W_3 : Peso de la bandeja más muestra seca

3. Método de Secado al Ambiente

a. Principio

La muestra de tuna (*O. subulata*), es secada bajo condiciones atmosféricas normales, con la finalidad de eliminar la humedad presente.

b. Materiales y equipos

- Balanza técnica.
- Termómetro
- Molino.
- Bandejas plásticas.
- Bandejas desechables.
- Perchas.
- Fundas Ziploc.
- Cuchillo.
- Cepillo.
- Guantes.
- Libreta de apuntes.
- Esfero.

c. Procedimiento

- Picar la tuna en laminas circulares de aproximadamente 3 mm de grosor.
- Pesar las bandejas de secado y registrar los pesos.
- Llenar uniformemente las bandejas con la tuna y volver a pesar.
- Colocar en las perchas para secado al ambiente.
- Tomar la temperatura y la humedad del lugar.
- Secar hasta su máxima deshidratación, pesar las bandejas, calcular la humedad perdida.
- Moler la muestra seca y guardar herméticamente.
- Realizar los cálculos de humedad inicial.

$$\% HI = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} * 100$$

Donde:

HI: Humedad inicial

W₁: Peso de la bandeja sola

W₂: Peso de la bandeja más muestra húmeda

W₃: Peso de la bandeja más muestra seca

2. Para la recuperación y dosificación del gel de *Opuntia subulata*

a. Dosificación en agua y leche

(1) Procedimiento

- Pesar el polvo de tuna (0.25, 0.50, 0.75 y 1.00 g).
- Medir en 8 vasos de precipitación 200 ml de agua destilada y de igual manera 200 ml de leche.
- Disolver el polvo de tuna en las concentraciones indicadas en cada vaso.
- Llevar al fuego y agitar constantemente con la varilla de vidrio.
- Determinar el tiempo y la temperatura de gelificación de la solución.
- Establecer las características físicas del gel.

b. Determinación de Viscosidad

(1) Procedimiento

- Colocar 100 ml de agua destilada en la copa ford.
- Cronometrar el vaciado de la copa, anotar el tiempo.
- Calcular la viscosidad aplicando la fórmula.
- Repetir el procedimiento con la solución de tuna (agua y leche).

$$\frac{T1}{V1} = \frac{T2}{V2}$$

T1: Tiempo que tarda el agua en vaciarse de la copa ford.

V1: Viscosidad del agua (1 Cp).

T2: Tiempo que tarda la solución de tuna en vaciarse de la copa ford.

V2: Viscosidad de la solución de tuna.

$$V2 = \frac{T2 * V1}{T1}$$

c. Determinación de pH

(1) Procedimiento

- Preparar el phmetro de acuerdo con las instrucciones del aparato y haciendo la calibración con la solución buffer de pH conocido (4 y 7).
- Ajustar el control de temperatura del aparato a la temperatura de la muestra.
- Medir el pH y anotar los resultados.

d. Determinación de Color

- Observar la intensidad de color en cada vaso.

3. Para el análisis bromatológico del deshidratado de tuna *Opuntia subulata*

El análisis bromatológico determina la calidad de los alimentos por los componentes nutricionales que forman parte de la dieta alimenticia.

a. Determinación de humedad

(1) Principio

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor, hasta que se haya eliminado el 100% de agua. Esta humedad se elimina a una temperatura de 105 °C.

(2) Procedimiento

- Colocar las cápsulas de aluminio previamente lavadas en una estufa a 105 °C por cuatro horas como mínimo.

- Enfriar los recipientes de aluminio en un desecador por media hora mínimo, al cabo de lo cual proceda a pesar los recipientes en la balanza analítica cuidando de manipular las cápsulas con la pinza universal. Registrar el peso.
- Pesarse por adición 1 g. de la muestra problema, con aproximación de 0.1 mg en la cápsula que se encuentra en la balanza analítica. Registre el peso.
- Colocar las cápsulas con la muestra húmeda en la estufa a 105 °C por 12 horas.
- Sacar los recipientes con la muestra seca de la estufa y colóquelos en un desecador por media hora como mínimo para su enfriamiento.
- Proceder a pesar las cápsulas con la muestra seca. Registre el peso.
- Lavar los materiales utilizados.
- Realizamos los cálculos respectivos.

$$\%H = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} * 100$$

Donde:

H: Humedad higroscópica

W₁: Peso de la cápsula sola

W₂: Peso de la cápsula más muestra húmeda

W₃: Peso de la cápsula más muestra seca

Fórmula para Materia Seca

$$\%MS = 100 - H$$

b. Determinación de cenizas

(1) Principio

Se lleva a cabo por medio de incineración seca y consiste en quemar la sustancia orgánica de la muestra problema en la mufla a una temperatura de 600 ° C, con esto la sustancia orgánica de la muestra problema en la mufla a una temperatura

de 600 °C, se combustiona y se forma el CO₂, agua, amoníaco y la sustancia inorgánica (sales minerales) se queda en forma de residuos, la incineración se lleva a cabo hasta obtener una ceniza de color gris o gris claro.

(2) Procedimiento

- Los crisoles lavados se les lleva para el tarado respectivo en la estufa durante dos horas, se los enfría en el desecador durante 30 minutos y luego se pesa el crisol solo.
- Verificar que el crisol tenga un peso constante.
- En los crisoles pesados se toma 1 gramo de muestra de la muestra problema y se anota este peso.
- Cada crisol es llevado y colocado en la plancha precalcinadora, regulando la temperatura del mismo; cuando la muestra ha dejado de desprender vapores, están listas para ser llevadas a la mufla.
- Luego se los coloca en la mufla con sus respectivas tapas a una temperatura de 600 °C para realizar la incineración por un tiempo de 4 horas como mínimo desde que la mufla ha alcanzado esta temperatura.
- Después de este tiempo se saca al desecador por 30 minutos.
- Finalmente pesamos cada uno de los crisoles y registramos
- Aplicamos la siguiente fórmula.

$$\%C = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} * 100$$

Donde:

C = ceniza

W₁ = peso del crisol solo

W₂ = peso del crisol más muestra húmeda

W₃ = peso del crisol más cenizas.

c. Determinación de proteína

(1) Principio

La muestra es tacada con ácido sulfúrico hasta descomponer las proteínas en forma de amoníaco y formar sulfato de amonio, por acción de hidróxido de sodio el nitrógeno total es desprendido en forma de amoníaco, el cual es capturado en presencia de ácido bórico formando el borato de amonio para ser valorado con ácido clorhídrico 0.1 N.

(2) Procedimiento

○ DIGESTION

Colocar en un balón 1 gr de muestra, se añade 8 gr de Na_2SO_4 y 25 ml de H_2SO_4 + 2 ml de SeO_2 al 2%, instalar el balón con el contenido en el aparato de digestión con una graduación de 6.9 por 45 minutos.

○ DESTILACIÓN

Colocar en el matraz 100 ml de ácido bórico.

En el balón añadir 200 ml de agua destilada más 100 ml de NaOH al 50% y 3 lentejas de zinc.

Colocar los balones en el equipo de destilación, este proceso concluye al recolectar 200 ml de destilado.

○ TITULACIÓN

En el matraz añadimos 3 gotas de indicador mixto, este toma una coloración verde, valoramos esta solución con HCl 0.1 N hasta el cambio de color rosa pálido. Finalmente la cantidad de HCl gastado en la titulación se registra para el cálculo correspondiente mediante la expresión:

$$\% PB = \frac{0.014 * N(HCl) * V(HCl) * 6.25}{W_{muestra}} \times 100$$

d. Extracción de Fibra

(1) Principio

Se basa en la sucesiva separación de la ceniza, proteína, grasa y sustancia extraída libre de nitrógeno; la separación de estas sustancias se logra mediante el tratamiento con una solución débil de ácido sulfúrico y álcalis, agua caliente y cetona. El ácido sulfúrico hidroliza a los carbohidratos insolubles (almidón y parte de hemicelulosa), los álcalis transforman en estado soluble a las sustancias albuminosas, separan la grasa, disuelven parte de hemicelulosa y lignina, la cetona extrae las resinas, colorantes, residuos de grasa y eliminan el agua. Después de todo este tratamiento el residuo que queda es la fibra bruta.

(2) Procedimiento

- Se pesa 1 g de la muestra problema, se coloca la muestra en el beaker y se pesa el papel con el sobrante y se anota este peso.
- A cada beaker con la muestra se coloca 200 ml. de H_2SO_4 al 7 % mas 2 ml. de alcohol n-amílico; estos vasos colocamos en las hornillas del digestor levantando lentamente haciendo coincidir los vasos con los bulbos refrigerantes durante 30 minutos (etapa de digestión ácida).
- Transcurrido los 30 minutos se añade 20 ml de NaOH al 22 % manejando los vasos con sumo cuidado y se deja por unos 30 minutos (etapa de digestión básica).
- Se arma el equipo de bomba de vacío, preparando además los crisoles de gooch con su respectiva lana de vidrio para proceder a la filtración. Se coloca los crisoles en la bomba, filtrando de esta manera el contenido de los vasos realizando su lavado con agua destilada caliente.
- Luego se coloca los crisoles en una caja petri y sobre la sustancia retenida en la lana de vidrio se añade acetona hasta cubrir el contenido en el crisol para eliminar agua, pigmentos y materia orgánica, se lava los crisoles hasta la eliminación de la cetona.
- Colocamos en la estufa de 105 °C por el lapso de 12 horas, se saca al

deseCADador y se registra el primer peso.

- Una vez pesados son llevados hasta la mufla a una temperatura de 600 °C por un tiempo de 4 horas como mínimo una vez que la mufla ha alcanzado la temperatura indicada.
- Terminado este tiempo los crisoles son sacados de la mufla al deseCADador por un tiempo de 30 minutos para finalmente realizar el segundo peso del crisol más las cenizas.
- Posteriormente por diferencia de pesos se realiza el c culo de la fibra bruta.
- Realizamos los c culos correspondientes.

$$\% FB = \frac{W_3 - W_4}{W_2 - W_1} * 100$$

Donde:

FB = Fibra Bruta

W₁ = peso del papel solo

W₂ = peso del papel más muestra húmeda

W₃ = peso del crisol más muestra seca

W₄ = peso del crisol más cenizas

e. Determinación de Extracto Etéreo

(1) Principio

El éter se evapora y se condensa continuamente y al pasar a través de la muestra, extrae materiales solubles en el solvente orgánico. El extracto se recoge en un beaker y cuando el proceso se completa se destila y se recolecta en otro recipiente y la grasa que queda en el beaker se seca y se pesa.

(2) Procedimiento

- Una vez lavados los beakers son colocados en la estufa a 105 °C por el tiempo de 2 horas.
- Se saca los vasos beaker de la estufa y se los coloca en el deseCADador durante 30 minutos para realizar su pesaje y registrar el primer peso que corresponde

al beaker solo.

- Pesamos 1 g de muestra en papel, mezclamos con una pequeña cantidad de NaSO_4 y colocamos en el dedal y a su vez este es colocado en el porta dedal.
- Los porta dedales son llevados para ser colocados en los ganchos metálicos que están ubicados en el aparato de Goldfish.
- Se abre el reflujo al mismo tiempo que se procede a colocar en cada vaso unos 30 ml. de dietileter aproximadamente.
- Se coloca los vasos en el extractor durante 4 horas, una vez realizado este proceso los vasos con grasa son llevados a la estufa de $105\text{ }^\circ\text{C}$ por 12 horas, posteriormente son llevados al desecador por 30 minutos y se registra el peso.
- Finalmente por diferencia de pesos se calcula el EE.
- Realizamos los cálculos.

$$\% EE = \frac{W_4 - W_3}{W_2 - W_1} * 100$$

Donde:

EE= extracto etéreo

W_1 = peso del papel solo

W_2 = peso del papel más muestra

W_3 = peso del beaker solo

W_4 = peso del beaker más el extracto etéreo

f. Determinación de Minerales: P y Ca

(1) Fósforo

(a) Procedimiento

- Esta determinación se debe realizar por duplicado sobre la misma muestra.
- Tomar 2 ml de la solución de cenizas con una pipeta graduada y colocar en un balón aforado de 100 ml.
- Adicionar 25 ml de la solución de metavanadato – Molibdato de amonio.
- Llevar a un volumen final de 100 ml con agua destilada.

- Agitar el balón y dejar reposar por 10 minutos.
- Realizar la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 466 nm.
- Con la curva de calibración calcular la concentración de las muestras.
- Agitar los balones y dejar reposar por 10 minutos para el desarrollo del color.
- Realizar las lecturas a una longitud de onda de 466 nm.
- El porcentaje de fósforo en los alimentos para animales se determina aplicando la siguiente ecuación:

$$\% P = \frac{(A * 10)}{(W * V)}$$

Donde:

A= Concentración de la muestra problema obtenida de la curva de calibración (mgP/100 ml).

W= Peso de la muestra en gramos.

V= Volumen final de la solución (100 ml).

(2) Calcio

(a) Procedimiento

- Tomar 10 ml de la solución patrón de CaCO₃ en un erlenmeyer de 100 ml.
- Añadir 25 ml de agua destilada y 8 ml de solución de KOH 20 %. Esta debe añadirse antes de la valoración.
- Adicionar el indicador calceína - KCl en cantidad equivalente a una punta de espátula pequeña.
- Valorar la solución de sal disódica del EDTA hasta que cambie de tornasol amarillo verdoso a cebolla colorada.
- Repetir la valoración 3 veces. La diferencia entre los volúmenes consumidos no debe ser superior a 0.1 ml. Promediar los volúmenes (V).
- Tomar 10 ml de la disolución ácida de ceniza y llevar a un erlenmeyer de 100 ml.

- Repetir los pasos del 2 al 4 y anotar el volumen de solución de EDTA gastado en la titulación (V_{Ca}).
- Realizamos los cálculos respectivos.

$$\%Ca = V_{Ca} * F_{Ca}$$

$$F_{Ca} = \frac{2.5}{V}$$

Donde:

V_{Ca} = Volumen de sol. de EDTA gastados en la titulación de la muestra.

F_{Ca} = Factor de calcio.

V = volumen de sol. de EDTA gastados en la titulación de la sol. patrón de calcio.

g. Extracción de pectina

(1) Procedimiento

- Se pesa 5 g de muestra en un vaso de precipitación de 600 ml. y añadir 40 ml de agua acidulada. Tomar el pH (debe estar entre 3.2-3.5).
- Hervir por una hora manteniendo el volumen inicial
- Transferir el contenido a un balón de 500 ml y enrasar.
- Filtrar y tomar una porción de 100 ml de esta solución
- Hervir esta solución hasta concentración (25 ml)
- Añadir etanol al 95 % hasta precipitar la pectina, filtrar y calcular el % de pectina, mediante la siguiente ecuación:

$$\% PECTINA = \frac{WPECTINA}{WMUESTRA} * 100$$

Cuadro 7. COMPOSICIÓN NUTRITIVA DEL GEL DESHIDRATADO DE TUNA (*Opuntia subulata*).

COMPONENTES	FRESCO	ESTUFA 65 °C	S. BANDEJA 66 °C	AMBIENTE
H. TOTAL, %	95.88	7.81	10.99	12.08
M.SECA, %	4.12	92.19	89.01	87.92
CENIZAS, %	2.35	15.79	15.69	18.36
M. ORGANICA, %	97.65	84.21	84.31	81.64
FIBRA, %	2.31	7.57	5.42	5.32
PROTEÍNA, %	3.79	3.27	3.55	3.65
E. ETÉREO, %	1.69	1.99	2.06	2.19
Ca (mg)	106.92	114.50	96.14	74.56
P(mg)	97.99	116.34	106.63	106.73
PECTINA, %	1.37	2.74	1.69	1.71

FUENTE: Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología FCP-ESPOCH

4. Para el análisis organoléptico del polvo de tuna *Opuntia subulata*

El análisis organoléptico es la valoración cualitativa que se realiza a una muestra, basada en la percepción de los sentidos.

a. Panel de catación.

Se realizó una evaluación sensorial, para determinar la aceptabilidad y las características organolépticas (Apariencia, Sabor, Color, Aroma, Textura) de polvo deshidratado de tuna *Opuntia subulata*. Para el test se utilizó el Rating Test de respuesta objetiva.

El panel estuvo conformado por 10 personas, todas dispuestas a proporcionar la información necesaria e interesadas en los beneficios de esta cactácea, ellos juzgaron el polvo durante 2 sesiones, comprendidas en 2 días, en los cuales se degustó 3 tratamientos diferentes por sesión.

Las muestras se separaron en recipientes de vidrio (copas pequeñas), todas del mismo tamaño identificadas por colores y codificadas, con esta modalidad se evitó confusiones al juez, se adjuntó la ficha correspondiente, en la cual el juez valoró cada tratamiento.

A cada juez se proporcionó 3 muestras en horas de mayor frescura mental (10H00 a 11H00), es decir cuando ya ha pasado la influencia del desayuno.

El test ayudó a establecer la posible reacción del consumidor, frente a un nuevo subproducto, que se podrá aplicar a alimentos humanos y aprovechar sus beneficios.

Cuadro 8. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS SOBRE LA CALIDAD DEL POLVO DE TUNA (*Opuntia subulata*)

CALIDAD DEL POLVO	PUNTOS
Deficiente	0
Mala	5
Buena	10
Muy Buena	15
Excelente	20

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. ANÁLISIS DE LOS METODOS DE SECADO

1. Tiempo

a. Estufa 65 °C

Para obtener el tiempo experimental de secado se tomó en intervalos de 10 minutos. En el gráfico 6, se presenta la curva de secado, como podemos observar el tiempo de secado fue de 250 minutos, a una temperatura de 65 °C, espesor de rodajas de 3 mm y el área de la bandeja de 0.45 m². Al término de este tiempo, la humedad se mantuvo constante proporcionando una mejor textura por la considerable eliminación de agua. Alvarado, J. (1996) manifiesta que de pruebas con rodajas de diferente espesor colocados en una sola capa, se estableció que si se trabaja con espesores menores y menor carga total por unidad de área, el tiempo de secado es menor, espesores mayores prolongan excesivamente el tiempo de secado sin un correspondiente incremento en la carga total.

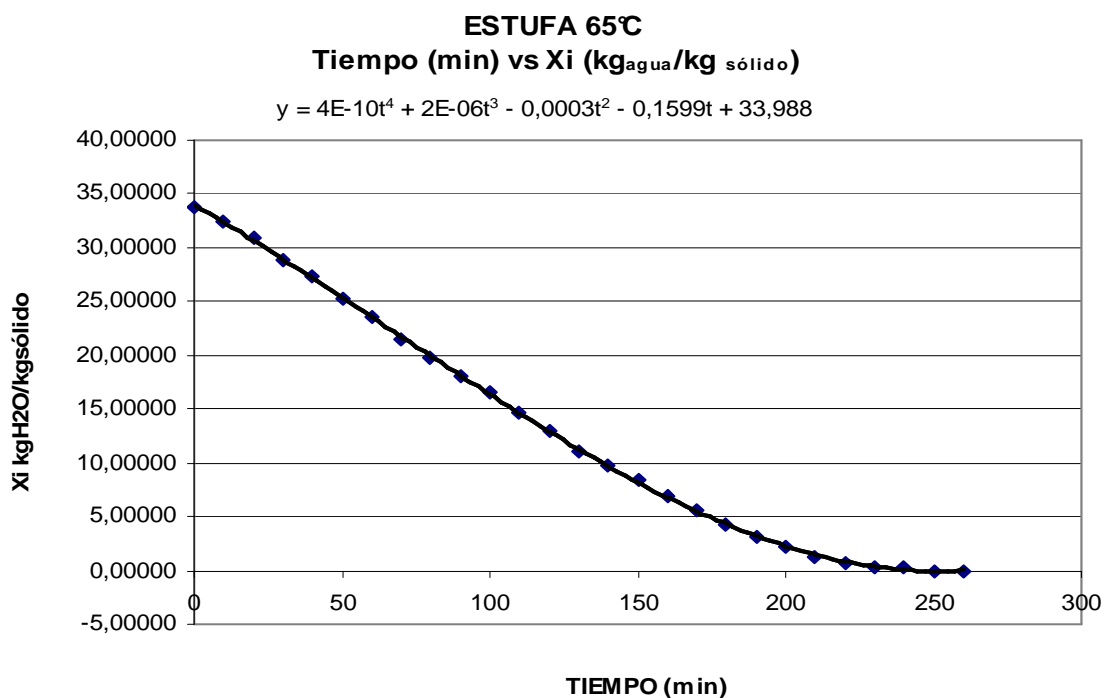


Gráfico 6. Curva de secado aplicando el secado mediante Estufa a 65 °C

b. Secador de bandeja 66 ° C

Cada 10 minutos se registró el peso de la bandeja más la muestra, por lo que el secador de bandejas empleó un tiempo experimental de 410 minutos (Gráfico 7), la temperatura interna del equipo fue de 66 °C, espesor de rodajas de 3 mm y el área de la bandeja de 0.45 m². Según León, D. y Gómez, J. (2005), manifiestan que el funcionamiento satisfactorio del secador de bandejas depende de un mantenimiento, temperatura constante, velocidad de aire uniforme sobre todo el material que se esté secando y el óptimo desempeño del rompellamas, cuya función es distribuir el calor de manera uniforme en todo el secador de bandejas y evitar la incineración del producto por altas temperaturas.

Según lo indicado el secador de bandejas carecía de mantenimiento, evidenciándose en el daño físico que presentó el deshidratado de tuna, pues a mayor tiempo se corre el riesgo de apareamiento del chamuscado. Las rodajas deshidratadas presentaron textura flexible. Alvarado, J. (1996) indica que a menos que existan daños físicos o cambios en las propiedades químicas, con el propósito de disminuir el tiempo de secado debe trabajarse directamente a temperaturas internas del orden de 75 °C.

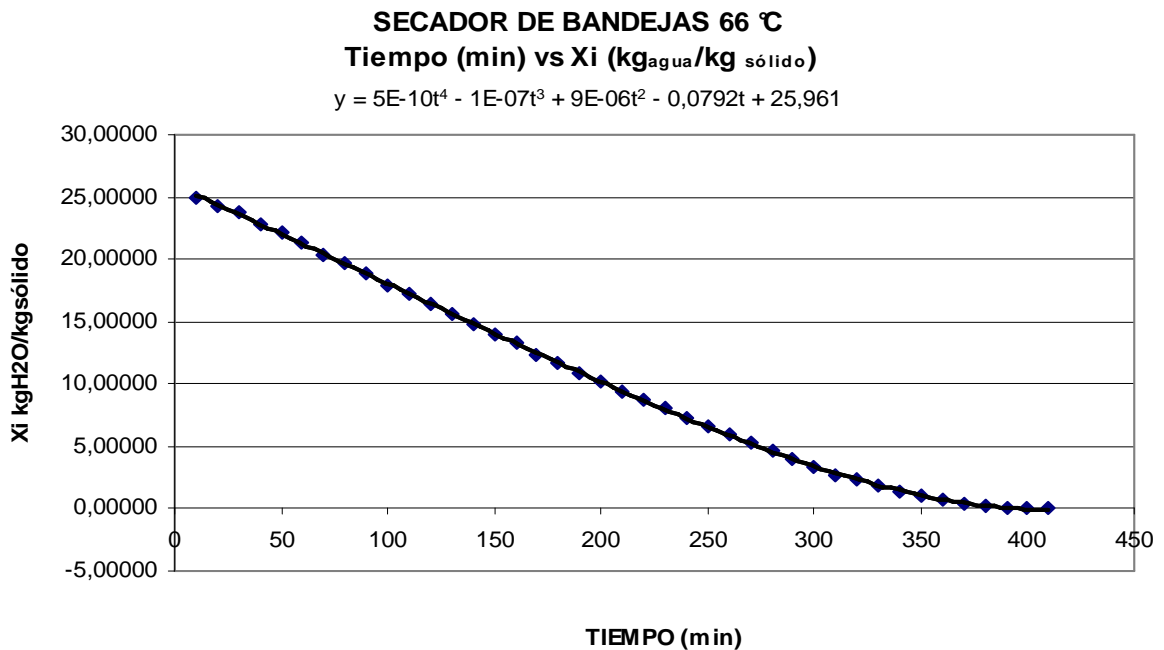


Gráfico 7. Curva de secado aplicando el Secador de bandejas a 66 °C

c. Ambiente

A una temperatura ambiente promedio de 19.66 °C, el tiempo experimental en intervalos de 3 horas fue de 132 horas bajo las mismas condiciones que las anteriores (gráfico 8). A este tiempo las propiedades físicas cambiaron notablemente, la coloración se tornó café oscura, de textura flexible tanto que influyó en el proceso de molienda, no se alcanzó peso constante, existió una variación que estuvo directamente relacionada con el ambiente.

En los gráficos anteriores (6, 7, 8), se observa una marcada diferencia entre periodos de secado, en el caso de la estufa a 65 °C, la humedad disminuye considerablemente, lo que justifica un tiempo de secado de 250 minutos. La discrepancia en tiempos entre el secado mediante estufa (250 min) y secador de bandejas (410 min) considerando que utilizaron temperaturas cercanas 65 °C y 66 °C respectivamente, se debe a la falta de mantenimiento del equipo de secado.

Alvarado, J. (1996) comenta que a una mayor temperatura se requiere un tiempo menor para alcanzar determinada humedad. La inestabilidad climática establece que el tiempo de secado al ambiente incremente y supere los demás tratamientos.

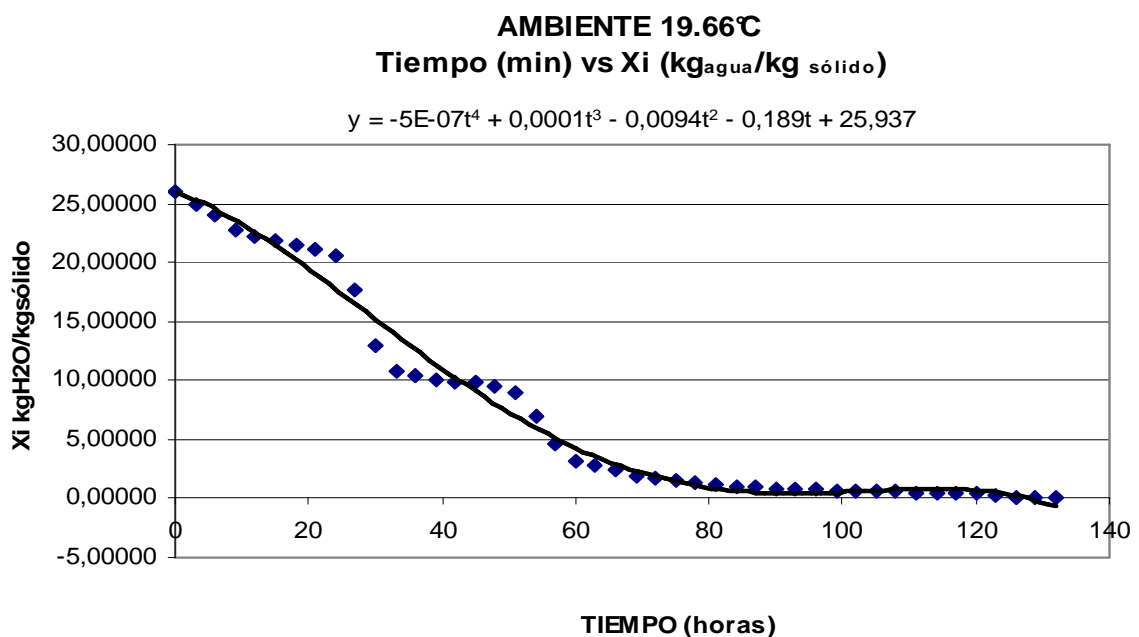


Gráfico 8. Curva de secado utilizando temperatura ambiente.

2. Temperatura

a. Estufa 65 °C

A 65 °C la composición nutricional de los alimentos se mantiene inalterable, con esta referencia la muestra de tuna *Opuntia subulata* fue deshidratada a la temperatura indicada, obteniéndose un porcentaje promedio de humedad total de 96.59 %.

Los sólidos que se secan pueden tener formas diferentes: escamas, gránulos, cristales, polvo, tablas o láminas continuas y poseer propiedades muy diferentes. El producto que se seca puede soportar temperaturas elevadas o bien requiere un tratamiento suave a temperaturas bajas o moderadas. Esto da lugar a que en el mercado exista un gran número de tipos de secadores comerciales. Las diferencias residen fundamentalmente en la forma en que se mueven los sólidos a través de la zona de secado y en la forma en la que se transmite calor. (<http://www.wikipedia.org> 2007).

b. Secador de bandeja 66 °C

En este tratamiento la temperatura aplicada fue de 66 °C, sin embargo el controlador de temperatura marcó 80 °C, determinándose un porcentaje promedio de humedad total de 96.17 %.

Según <http://www.fao.org/> (2007), dice que básicamente, el secado consiste en retirar por evaporación el agua de la superficie del producto y traspasarla al aire circundante. La rapidez de este proceso depende del aire (la velocidad con la que éste circule alrededor del producto, su grado de sequedad, etcétera), y de las características del producto (su composición, su contenido de humedad, el tamaño de las partículas, etcétera). El aire contiene y puede absorber vapor de agua. La cantidad de vapor de agua presente en el aire se llama humedad.

Un aire absolutamente seco, sin vapor de agua en su interior, contiene una humedad relativa de 0 %, mientras que uno saturado de agua tiene una humedad relativa de 100 %. La cantidad de vapor de agua que el aire puede absorber depende, en gran medida, de su temperatura. A medida que el aire se calienta, su humedad relativa decae y, por tanto, puede absorber más humedad. Al calentarse el aire alrededor del producto, éste se deshidrata más rápidamente.

c. Ambiente

Durante los días de tratamiento se controló temperatura y humedad del ambiente con los siguientes valores promedios: 19.66 °C y 65.75 % de humedad relativa, a estas condiciones se alcanzó un porcentaje promedio de humedad de 96.14%.

Según <http://www.fao.org/> (2007), manifiesta que cada producto, así como la técnica utilizada para secarlo, está muy relacionado con su medio ambiente. Las técnicas tradicionales de secado de alimentos suelen ser muy dependientes del clima: el sol, la sombra, los niveles de humedad, las heladas, las corrientes de aire y, algunas veces, el calor del fuego.

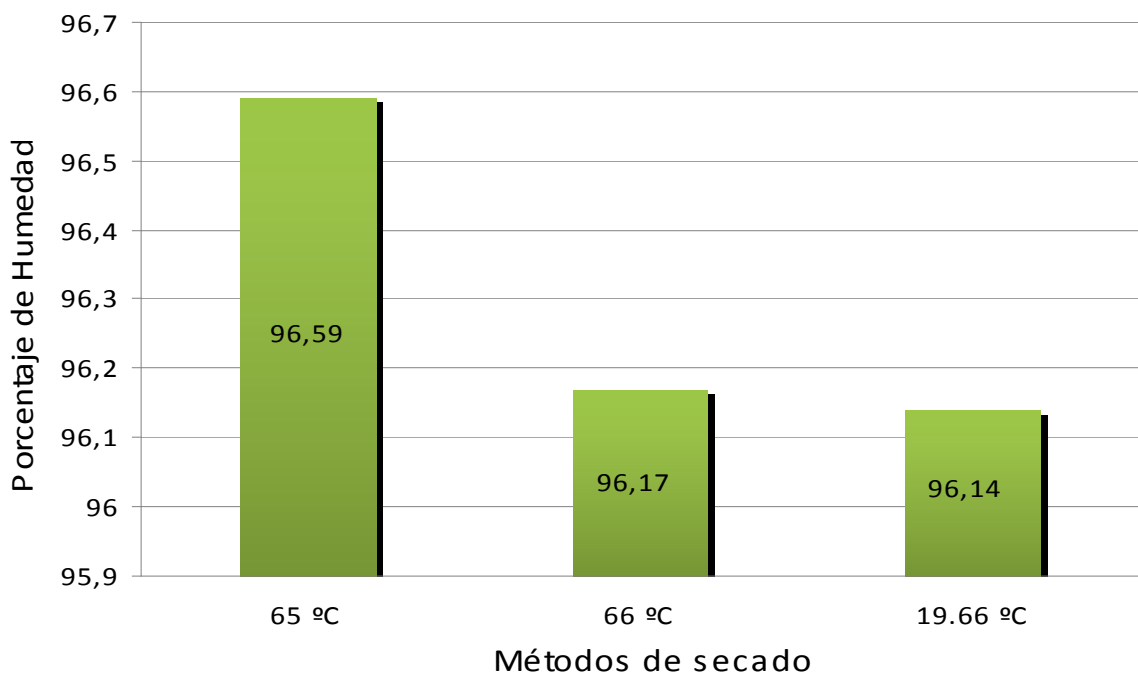


Gráfico 9. Evaluación de temperaturas vs humedad.

Como se evidencia en el gráfico 9, a las tres temperaturas que fue sometida la tuna *Opuntia subulata*, existe una marcada diferencia en lo que corresponde al porcentaje de humedad, determinándose experimentalmente que la temperatura óptima de secado a la cual se elimina el mayor porcentaje de humedad (96.59 %) es el método de secado en la estufa a 65 °C.

3. Rendimiento en peso

a. Estufa 65 °C

Al deshidratar 3.45 Kg de pulpa fresca *Opuntia subulata* mediante este proceso de secado se obtuvo aproximadamente 100.05 g de tuna deshidratada. El rendimiento en peso fue de 2.9%.

b. Secador de bandeja 66 °C

A partir de 2.60 Kg de pulpa de *Opuntia subulata* con este tratamiento se obtuvo 100.10 g aproximadamente de tuna deshidratada. El rendimiento en peso fue de 3.85%.

c. Ambiente

El rendimiento obtenido mediante este método de secado de 2.78 Kg de pulpa fresca fue de 100.08 g de tuna deshidratada. El rendimiento en peso fue de 3.6 %.

Para este fin se comparó el rendimiento en peso que proporciona cada tratamiento, determinándose que para la obtención de 100 g de polvo, el secador de bandejas es el que utiliza menor cantidad de pulpa como se observa en el gráfico 10.

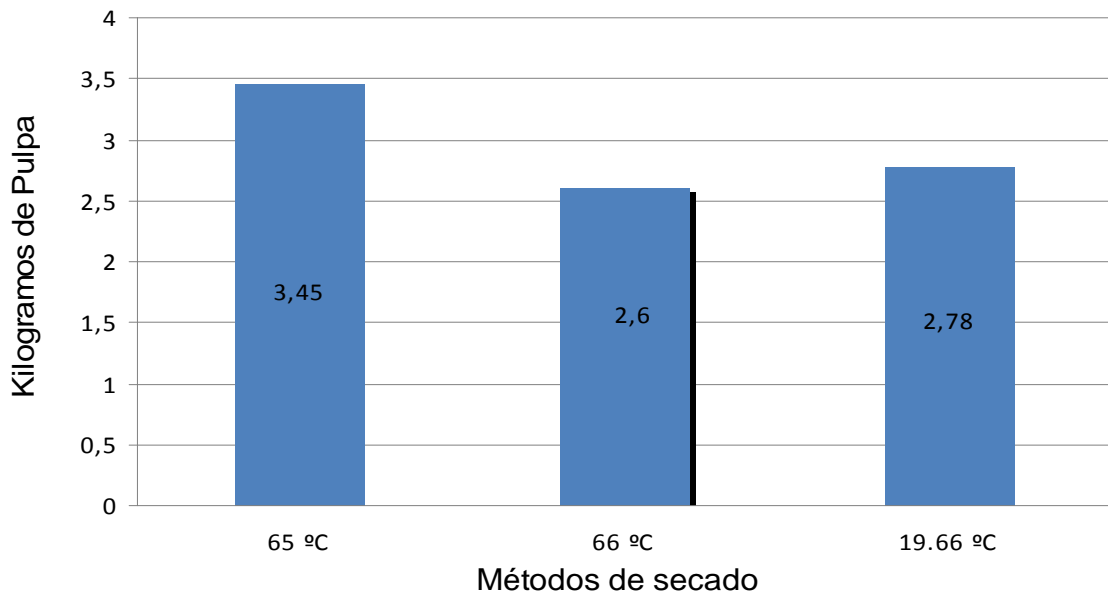


Gráfico 10. Evaluación de temperaturas vs rendimiento en peso.

4. Pérdidas por Molienda

a. Estufa 65 °C

El porcentaje por pérdida en la molienda mediante este método de secado fue del 2.55 % (97.5 g), debido a la consistencia crujiente que presenta el deshidratado.

b. Secador de bandejas 66 °C

El deshidratado obtenido en el proceso de secado en bandejas reporto una perdida por molienda del 5 % (95 g), en este caso el deshidratado tuvo una consistencia moldeable.

c. Ambiente

En este ensayo se obtuvo un porcentaje por pérdida en molienda de 12 % (88 g), debido a que no alcanzó una buena consistencia.

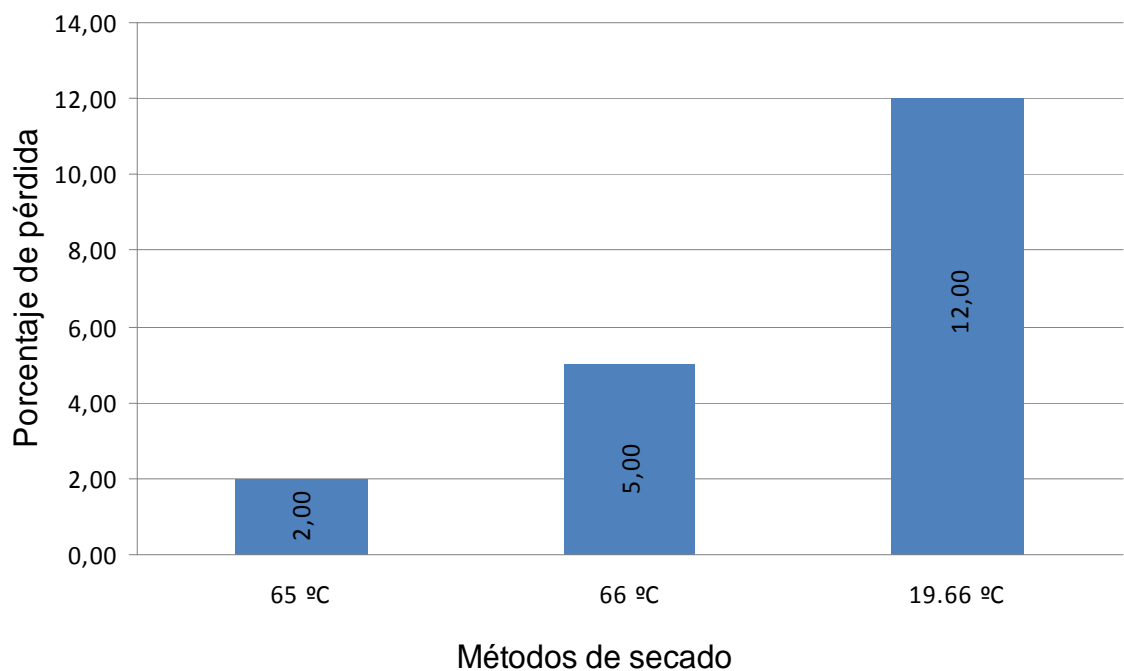


Gráfico 11. Evaluación de temperaturas vs molienda.

En el gráfico 11, se puede apreciar las diferencias en cuanto al porcentaje por pérdida en la molienda, estimándose una mayor pérdida en el proceso de secado al ambiente, por adherencia en el molino.

5. Rendimiento Final

a. Estufa 65 °C

El rendimiento del proceso está dado en base a la humedad, el porcentaje de humedad de la tuna (*Opuntia subulata*) fue de 96.59 %, es decir por cada 100 g de tuna se consigue 3.41 g de polvo. A partir de un kilogramo de tuna fresca se alcanza 28.26 g de polvo dando como resultado un porcentaje de rendimiento del proceso de 82.87 %.

b. Secador de bandejas 66 °C

El rendimiento alcanzado por este método de secado fue de 95.50 %, con un porcentaje de humedad de 96.17 %. El polvo obtenido de un kilogramo de tuna fresca fue de 36.58 g.

c. Ambiente

El 82.07 % fue el rendimiento encontrado al aplicar el secado al ambiente. La humedad fue de 96.14 %. De un kilogramo se obtuvo 3.86 g de polvo de tuna.

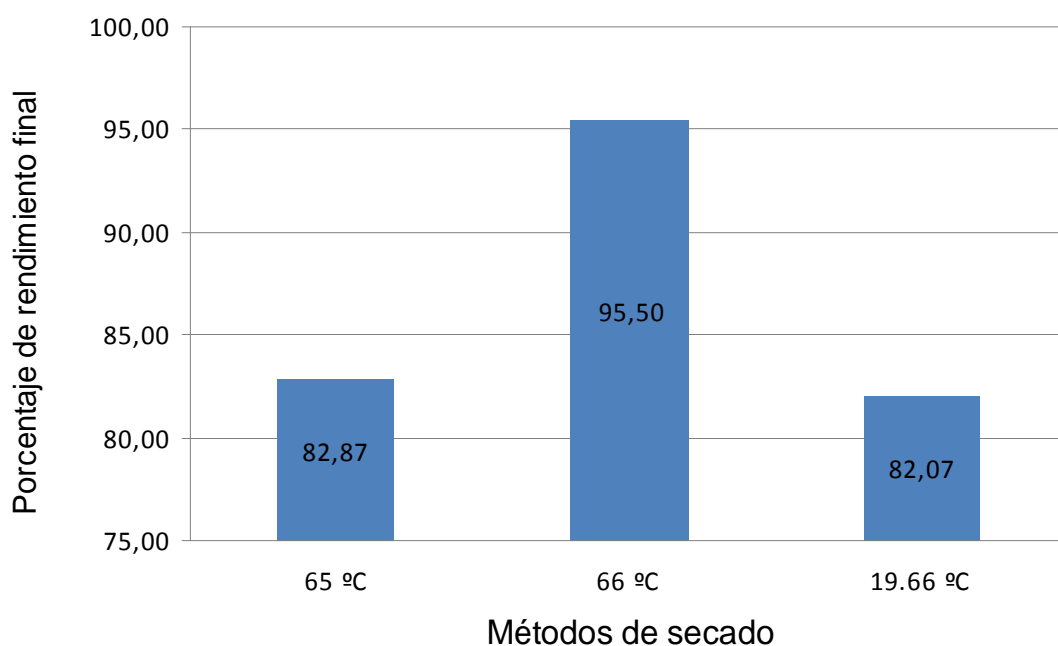


Gráfico 12. Evaluación de temperaturas vs rendimiento proceso.

Durante el proceso de obtención del polvo de tuna, como podemos ver en el gráfico 12 el mejor rendimiento de proceso mostró el secador de bandejas a 66 °C, con un valor de 95.50 %.

B. VALORACIÓN BROMATOLÓGICA DEL DESHIDRATADO DE TUNA (*Opuntia subulata*)

Los resultados de la valoración bromatológica de la *Opuntia subulata* se reporta en el cuadro 9.

1. Porcentaje de humedad

Al deshidratar la *Opuntia subulata* en la estufa, secador de bandejas y al ambiente se dispone de una humedad entre 7,81, 10,99 y 12,08 % que difieren

estadísticamente dentro de los tratamientos en mención, y más aún del control ($P < 0,01$), el cual posee una humedad del 95,88 % (gráfico 13), se puede manifestar que la mayor eliminación de agua lo reporta el método de secado en la estufa a 65 °C.

Al comparar los resultados de humedad de polvo de nopal que reporta http://www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm. (2002), utilizando el método de la estufa a 65 °C, es de 5.63 %, porcentaje similar al resultado obtenido con el primer tratamiento de la presente investigación que fue de 7.81 %. El parámetro de humedad es importante en lo que respecta a la conservación de los alimentos y específicamente se conoce que en harinas y polvos, la humedad máxima es de 15 % para su almacenamiento según <http://www.alimentacion-sana.com.ar> (2007), se discurre que los valores de humedad obtenidos mediante los tres tratamientos se encuentran dentro de los límites permitidos.

2. Porcentaje de materia seca

La materia seca se encuentra íntimamente relacionada con la humedad, se encontró diferencias significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos incluyendo el testigo, registrándose valores de 4.12, 92,19, 89.01 y 87.92 %, respectivamente. El testigo fue analizado en tal como ofrecido existiendo una diferencia abismal entre los métodos de secado, como se observa en el gráfico 14.

http://www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm. (2002), expresa que la materia seca del polvo de nopal es de 94.37 %, dato similar al obtenido con el método de secado en la estufa.

3. Porcentaje de cenizas

Al comparar los métodos de secado se encontró diferencias significativas ($P < 0,01$), el valor más alto alcanzó el secado al ambiente 18.36 %, el secador de bandejas y la estufa no difieren significativamente, proporcionando valores cercanos de 15.79 y 15.69 % respectivamente, a pesar de que el tratamiento testigo fue llevado a base seca se obtuvo un valor de 2.35 % (gráfico 15).

Cuadro 9. INFORMACIÓN BROMATOLÓGICA DEL DESHIDRATADO DE TUNA (*Opuntia subulata*)

Parámetros	Tratamientos				Media	E.E.	Prob.
	T0	T1	T2	T3			
H. TOTAL, %	95.88 a	7.81 d	10.99 c	12.08 b	31.69	0.126	< 0,0001
M.SECA, %	4.12 d	92.19 a	89.01 b	87.92 c	68.31	0.126	< 0,0001
CENIZAS, %	2.35 c	15.79 b	15.69 b	18.36 a	13.05	0.121	< 0,0001
M. ORGANICA, %	97.65 a	84.21 b	84.31 b	81.50 c	86.95	0.121	< 0,0001
FIBRA, %	2.31 c	7.57 a	5.42 b	5.32 b	5.16	0.046	< 0,0001
PROTEÍNA, %	3.79 a	3.27 b	3.55 ab	3.65 a	3.56	0.019	0.0273
E. ETÉREO, %	1.69 c	1.99 b	2.06 ab	2.19 a	1.98	0.040	0.0001
Ca (mg)	106.92 a	114.50 a	96.14 b	74.56 c	98.03	1.538	< 0,0001
P(mg)	97.99 b	116.34 a	106.63 ab	106.73 ab	106.92	0.211	0.0056
PECTINA, %	1.37 c	2.74 a	1.69 b	1.71 b	2.05	0.072	< 0,0001

Promedios con letras iguales no difieren significativamente, según Waller Duncan

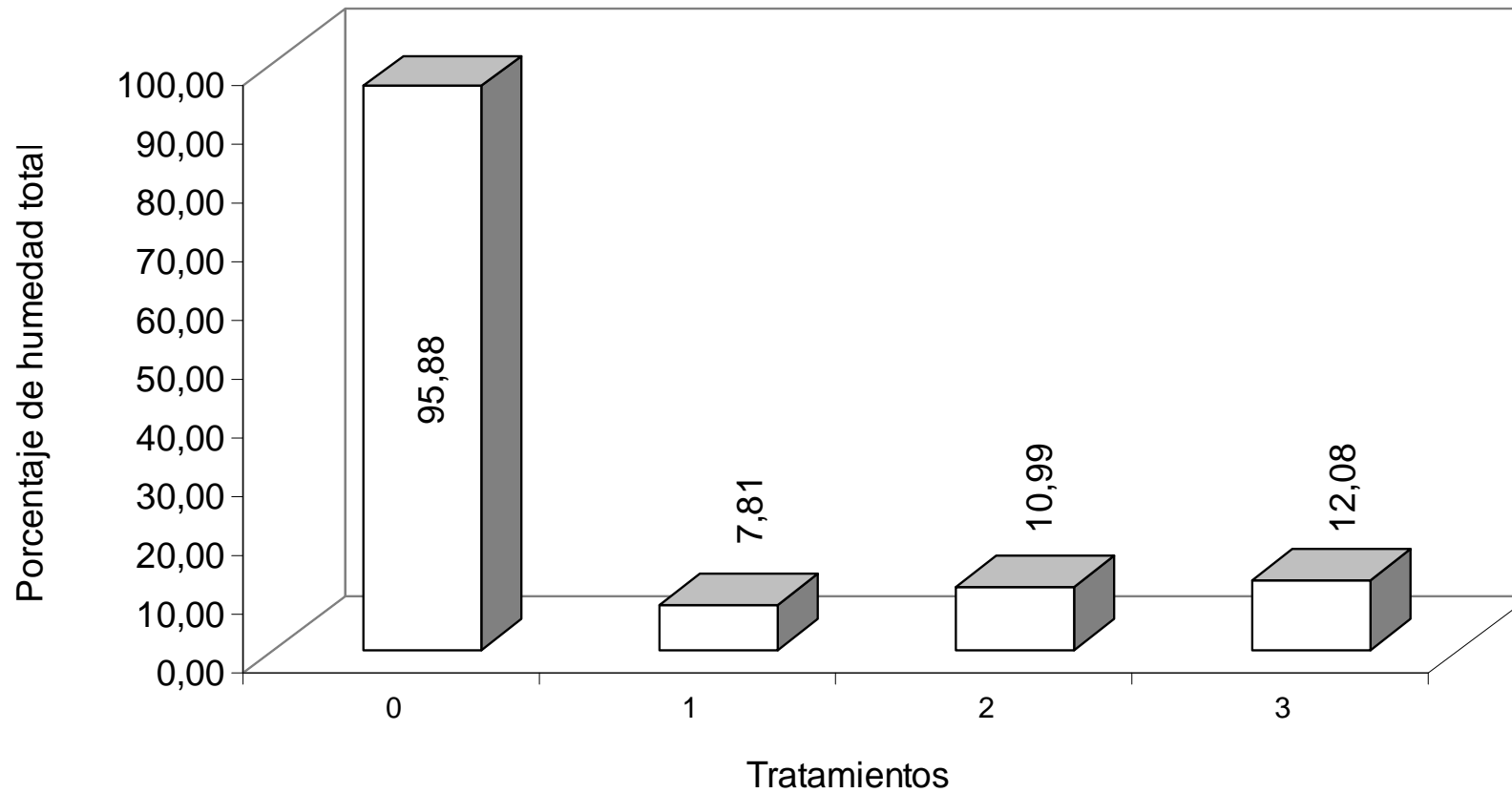


Gráfico 13. Contenido de humedad (%) del tratamiento control vs los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente).

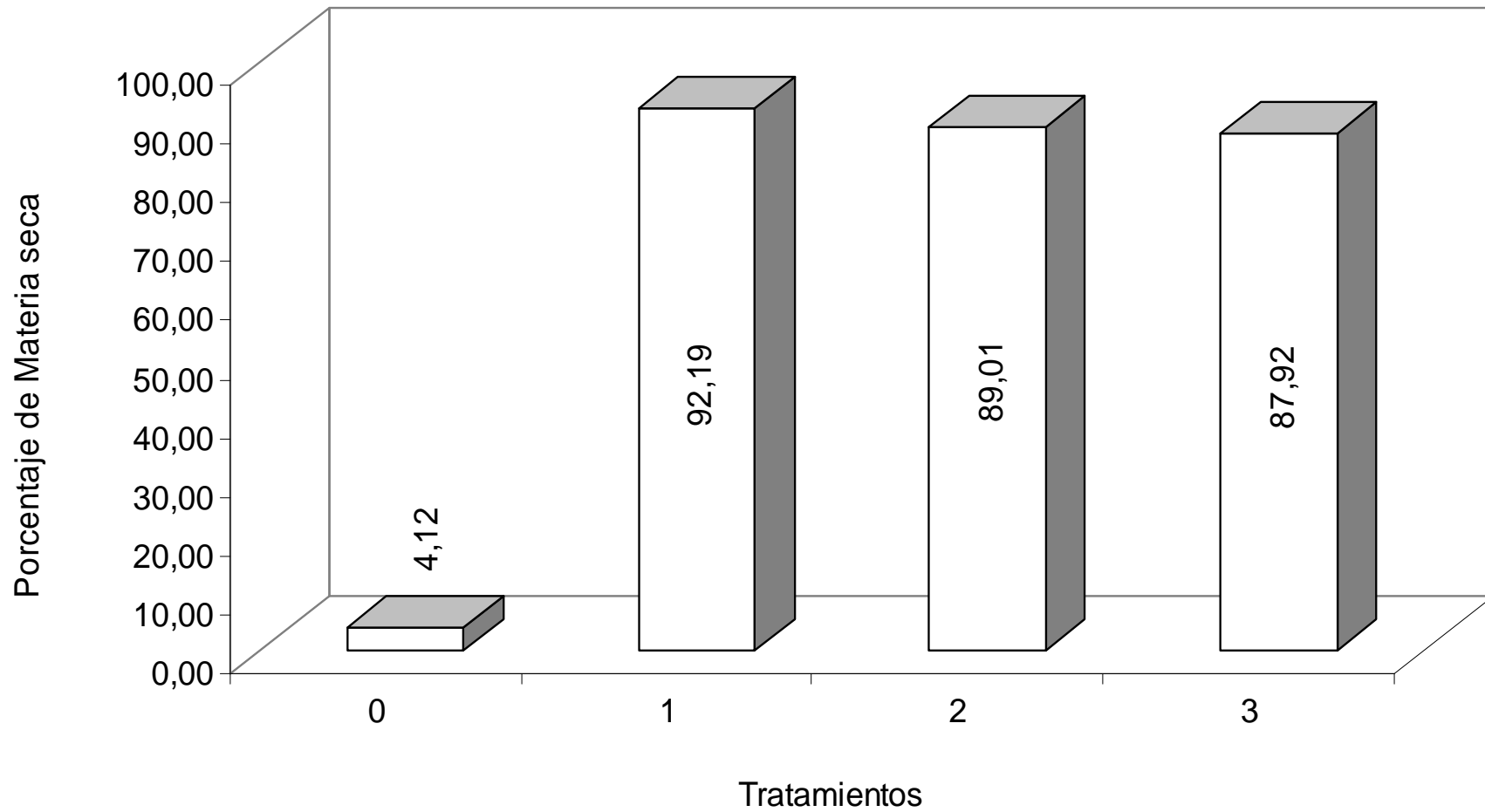


Gráfico 14. Contenido de materia seca (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente).

Se asume que los valores del secador de bandejas y estufa son inferiores al registrado en el ambiente, debido a que hubo pérdidas de materia orgánica por efecto de los tratamientos.

Según http://www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm. (2002), el polvo de nopal contiene 24.07 % de cenizas; si contrastamos con los valores de investigación podemos apreciar que dichos porcentajes se encuentran por debajo del dato referencial.

Las sales minerales contenidas en las cenizas son sustancias homogéneas inorgánicas, muchas de las cuales se requieren en cantidades de vestigios para el cuerpo. Los elementos electropositivos significativos, o cationes, son calcio, magnesio, sodio y potasio. Los elementos electronegativos importantes, o aniones, son cloro, fósforo y azufre. El hierro, cobalto y yodo son complejos orgánicos importantes (<http://www.arrakis.es>. 2007).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (1987), indica que de acuerdo a la literatura consultada, los principales componentes minerales del nopal son el calcio y el potasio, presentándose también magnesio, sílice, sodio y pequeñas cantidades de hierro, aluminio y manganeso, predominando en forma de carbonatos y en ocasiones como cloruros, sulfatos y en pequeñas cantidades de fosfatos.

4. Porcentaje de materia orgánica

El contenido de cenizas es inversamente proporcional al contenido de materia orgánica. Las diferencias son estadísticamente significativas ($P < 0,01$) incluyendo el tratamiento control, el mismo que posee el mayor porcentaje de materia orgánica en base seca de 97,65 %, tanto el secador de bandejas como la estufa conservan valores próximos que no difieren significativamente, 84.21 y 84.31 %. Con respecto al porcentaje de materia orgánica obtenida en el proceso de secado al ambiente se halló un valor de 81.50 % (gráfico 16).

El aumento de materia orgánica en el tratamiento control se adjudica al contenido de elementos inestables a las temperaturas de secado, como el hierro, selenio, plomo y mercurio, que no se volatilizaron, pues en este caso no existió tratamiento alguno. (Determinación del contenido de cenizas en los alimentos 2007).

5. Porcentaje de fibra

De los resultados obtenidos en cada tratamiento para la determinación de fibra los datos difieren estadísticamente ($P < 0,01$), como se observa en el gráfico 17, el porcentaje mínimo fue 2.31 % en el tratamiento control, en el secador de bandejas y el ambiente los valores fueron 5.42 y 5.32 %, 7.57 % corresponde al mecanismo de secado en la estufa.

<http://www.fao.org>. (1978), manifiesta que el porcentaje de fibra de cladodios de opuntia ficus se encuentra en un rango de 7.39 y 10.60 %, si confrontamos este parámetro referencial con los datos experimentales establecemos que el método de estufa 65 °C presenta un valor similar, no así los demás métodos de secado que se encuentran fuera de los límites reportados por el autor.

El incremento en el porcentaje de fibra depende de la eliminación gradual de agua lo que provoca la concentración de solutos, desplazándose hasta la superficie del alimento.

Según <http://www.giga.com> (2002) expresa que a pesar de que el Nopal es un alimento con un alto grado de humedad, su contenido de fibra en base seca es muy importante guardando una relación 30:70 de fibra soluble a insoluble.

De acuerdo a <http://www.scielo.isciii.es> (2007), enuncia que el consumo regular de fibra total 20-30 g/d en la ingesta diaria, reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular entre un 12 y un 20%, cáncer de colon, arterosclerosis, diabetes entre otros.

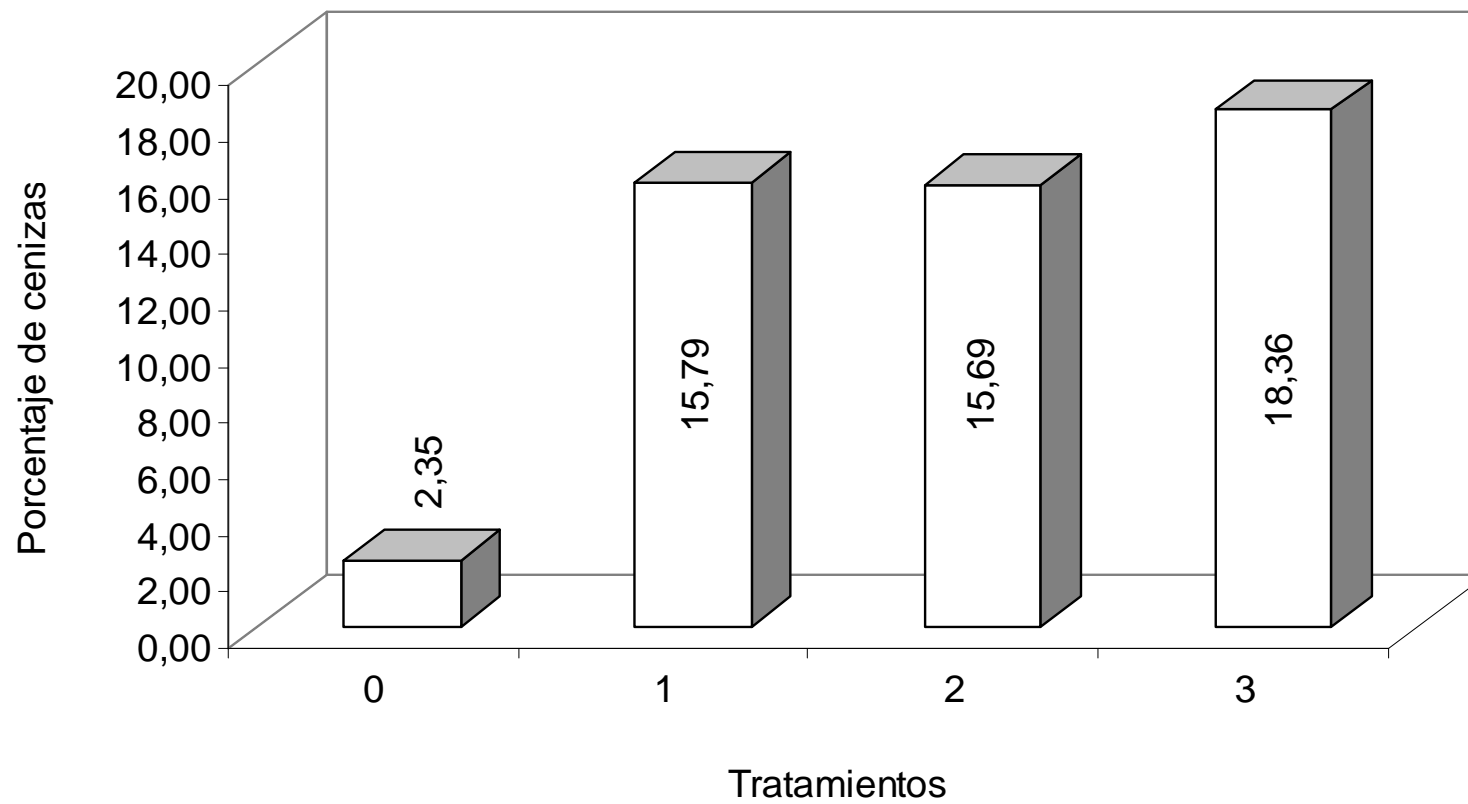


Gráfico 15. Contenido de cenizas (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente).

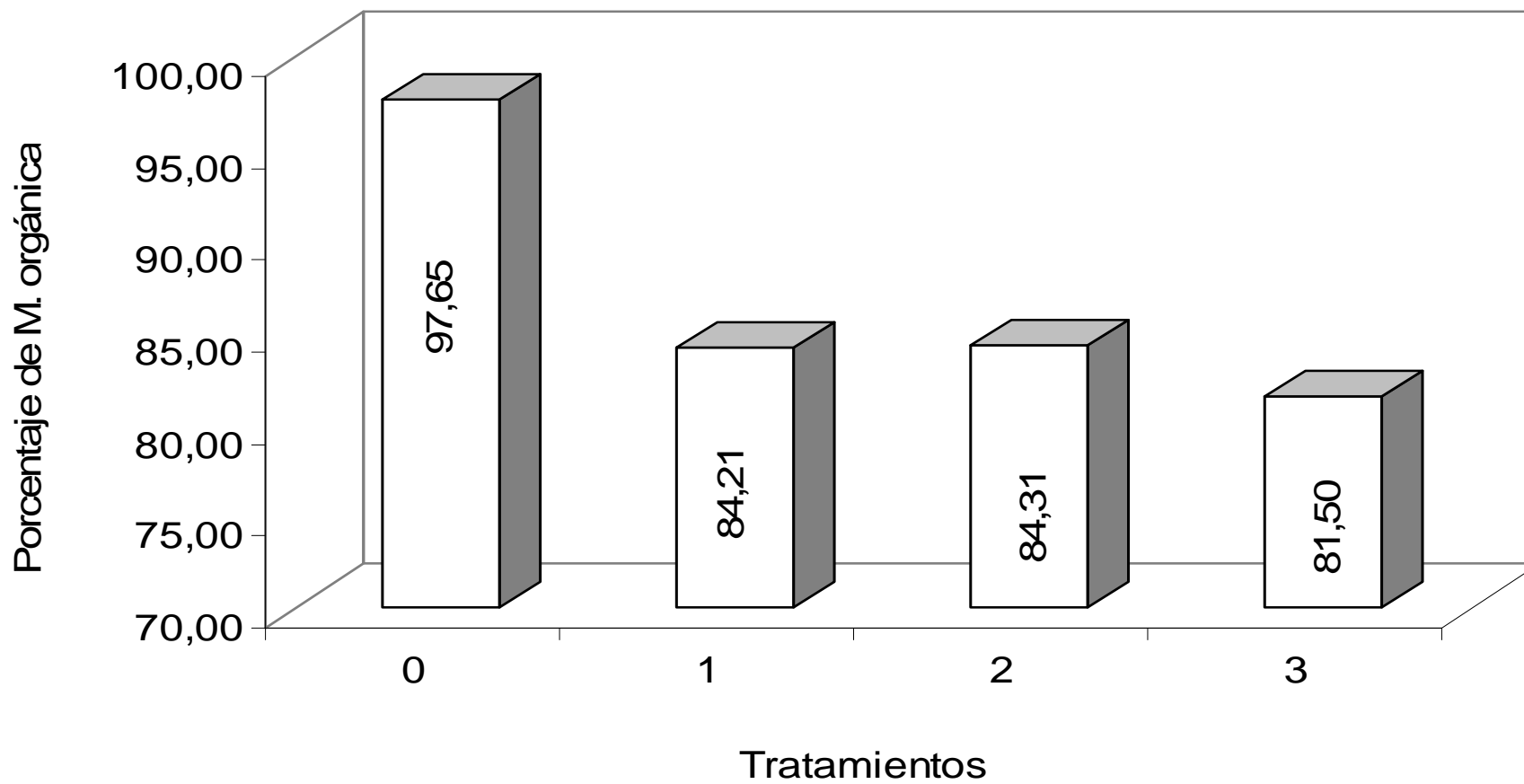


Gráfico 16. Contenido de materia orgánica (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente)

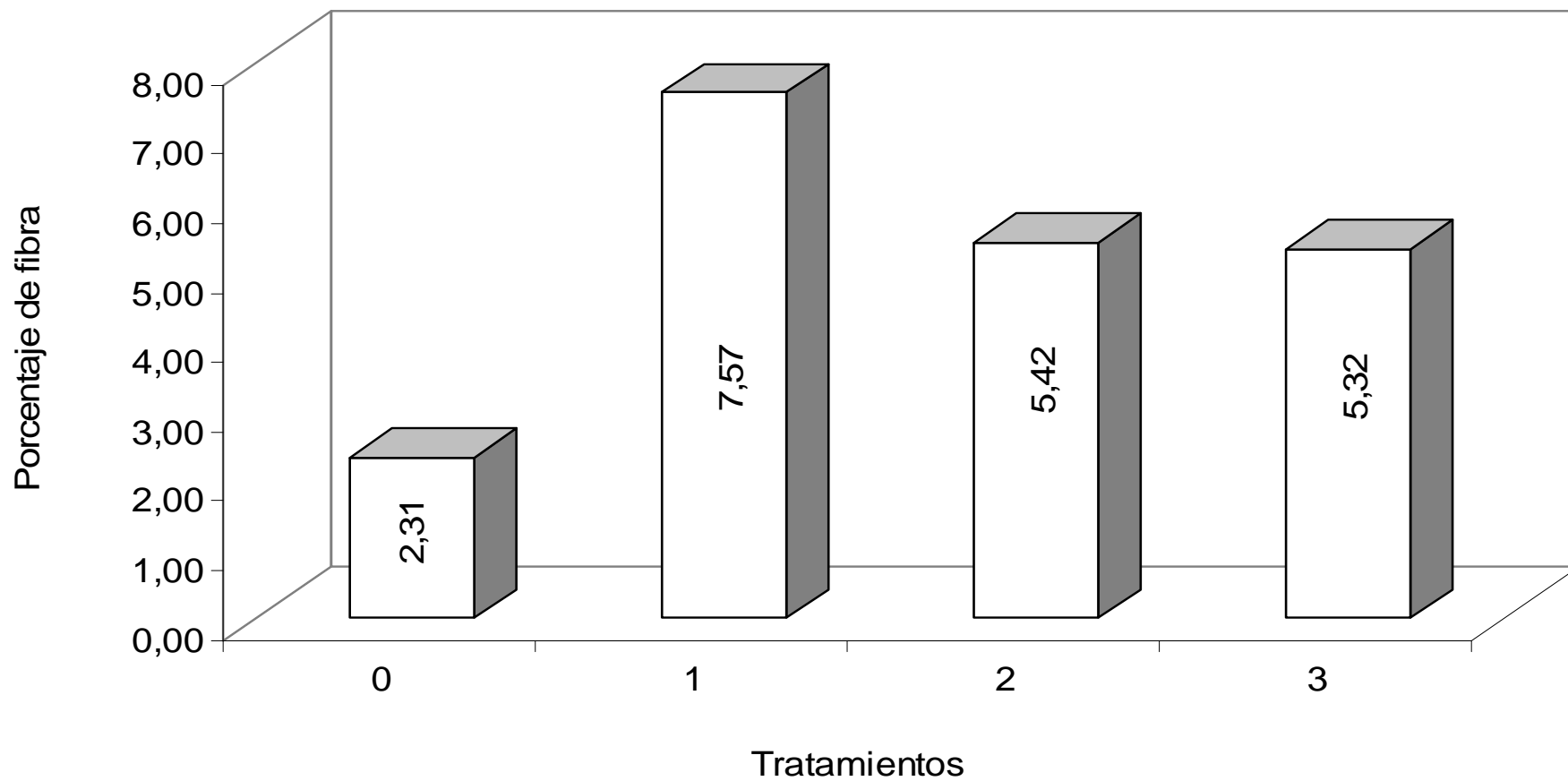


Gráfico 17. Contenido de fibra (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente)

6. Porcentaje de proteína

Como se observa en el gráfico 18, el contenido de proteína entre los tratamientos difieren significativamente ($P < 0.05$), el control en base seca posee 3.79 %, para el secado al ambiente 3.65 %, el secador bandejas 3.55 % y la estufa 3.27 %. Los valores descritos presentan pequeñas diferencias numéricas.

Un rango de 1.90 a 7.51 % de proteína cruda en cladodios de *Opuntia ficus* reporta <http://www.fao.org>. (1978), esto demuestra que los valores de proteína obtenidos mediante los métodos de secado se encuentran dentro del intervalo.

El calor excesivo desnaturaliza la proteína y reseca los alimentos al eliminar la humedad, los datos investigados muestran que existió un proceso controlado durante la deshidratación.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (1987), señala que en el género *Opuntia* se han hecho de estudios específico de estos compuestos, a fin de aquilatar el valor nutritivo de los diferentes órganos que forman parte de la dieta alimenticia del hombre y los animales, así como la importancia que presentan los compuestos nitrogenados dentro de las reacciones bioquímicas.

El mínimo proteico, o sea la cantidad mínima necesaria, se calcula en unos 0,40 g/Kg. de peso corporal y por día aportando el 50% las proteínas de origen animal y el 50% las de origen vegetal. (<http://www.sudarlacamiseta.com> 2003).

7. Porcentaje de extracto etéreo

El extracto etéreo o grasa difiere significativamente ($P < 0,01$) entre los métodos de secado, en el gráfico 19 se observa, que el tratamiento control en base seca alcanza un valor de 1.69 %, menor a los valores que registran los demás tratamientos 1.99, 2.06 y 2.19 %, dichos porcentajes no presenta gran diferencia numérica.

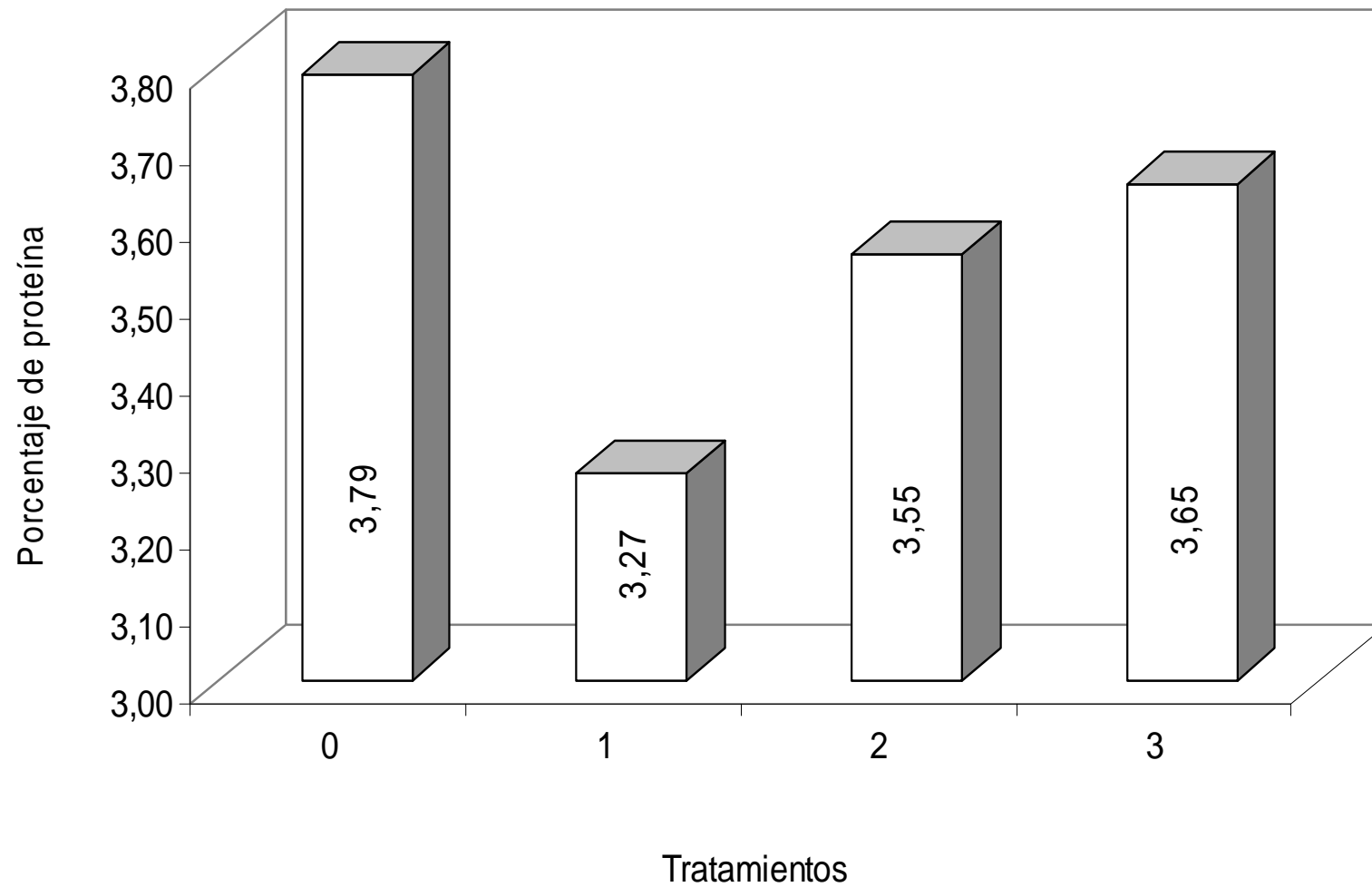


Gráfico 18. Contenido de proteína (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente).

De acuerdo con <http://www.giga.com> (2002), el polvo de nopal proporciona 2.04 % de grasa, <http://www.fao.org>. (1978), reportó un valor de 1.55 % de grasa en cladodios de *Opuntia ficus*, los datos referenciales coinciden con los experimentales de la presente investigación.

Macas, E. (2007), cita que la grasa neutra de un alimento y componentes liposolubles como los pigmentos conforman el extracto etéreo, sabiendo que los pigmentos son susceptibles a cambios químicos y físicos el efecto por calor y picado altera el contenido de la grasa.

8. Contenido de minerales (Ca y P)

Las sales minerales son el residuo que queda después de quemar los hidratos, grasa y proteínas de un producto. Al analizar los datos obtenidos en el Laboratorio para la determinación de Calcio, presentan diferencias significativas ($P < 0,01$) en cada tratamiento, lográndose el porcentaje más alto en la estufa 114.50 mg, seguido del testigo en base seca con 106.92 mg, 96.14 mg para el secador de bandejas y 74.56 mg para el secado al ambiente (gráfico 20).

<http://www.giga.com> (2002), indica un valor de 93 mg de calcio en polvo de nopal, la información obtenida de los ensayos realizados se encuentra sobre el valor referencial a excepción del secado al ambiente.

A medida que progresa la deshidratación existe una mayor concentración de solutos, en su totalidad las sales minerales son estables a 600 °C.

El contenido de fósforo está en función de la cantidad de calcio de un alimento, a mayor concentración de fósforo existe menor aporte de calcio y viceversa. El tratamiento control en base seca permitió obtener el mínimo valor de fósforo 97.99 mg, que difiere estadísticamente ($P < 0.01$) del resto de tratamientos principalmente del secado mediante estufa 116.34 mg, el secador de bandejas y el secado al ambiente muestran valores similares 106.63 y 16.73 mg (gráfico 21).

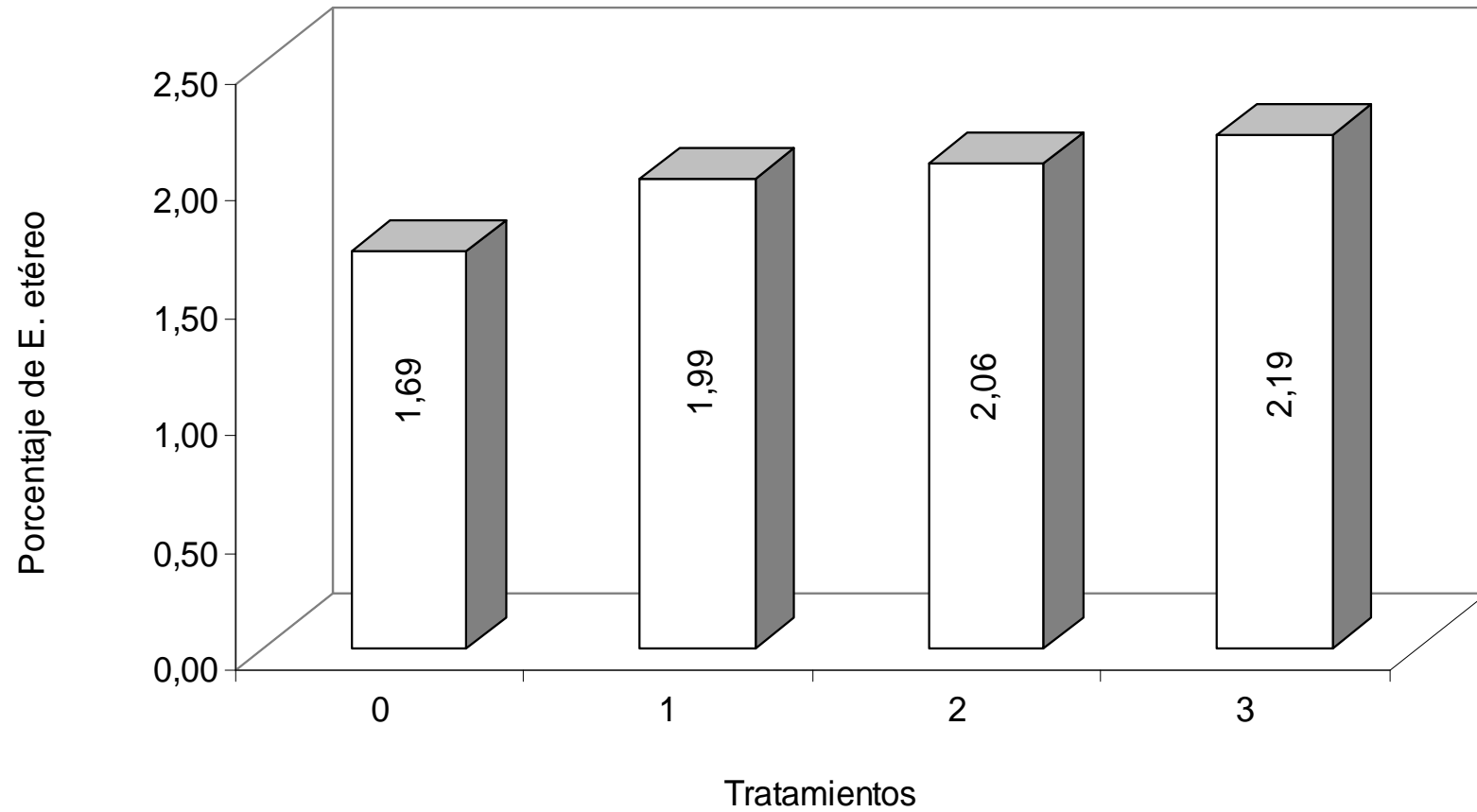


Gráfico 19. Contenido de Extracto etéreo (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente)

La cantidad de fósforo en el polvo de nopal según <http://www.giga.com> (2002), fue de 102 mg, valor intermedio si confrontamos con los datos ensayados en la investigación.

Según <http://www.multinacionalchina.com> (2006), indica como todos sabemos la nutrición equilibrada es de vital importancia para mantener la salud. Entre los nutrientes que no pueden faltar está el calcio y fósforo que constituye 1.5 a 2% del peso corporal, si falta este elemento pueden generarse hasta 150 enfermedades.

Rodríguez, M. (2007) expresa que para prevenir la osteoporosis se requiere el consumo de calcio y fósforo, y una manera de hacerlo es mediante el consumo de Opuntia maduro, deshidratado y micropulverizadas, la cual se puede incluir en la dieta de las mujeres.

9. Porcentaje de pectina

Todos los valores de pectina están reportados en base seca incluyendo el tratamiento control, se encontraron diferencias significativas ($P < 0,01$), por efecto de los métodos de secado empleados, como podemos notar en el gráfico 22, el menor contenido de pectina señala el tratamiento control 1.37 %, no así la estufa con el valor mayor 2.74 %, finalmente el secador de bandejas y al ambiente con valores cercanos 1.69 y 1.71 %. El incremento de pectina se debe a la eliminación de agua en el proceso de secado.

Según <http://www.fao.org> (2007), el porcentaje de pectina presente en la pulpa de tuna encuentra en un rango de 0.85 a 1.05 %. La presencia de pectina es un factor muy importante porque depende de ella el grado de gelificación, en este poder gelificante intervienen además la goma xantan, las carrageninas, los derivados de la celulosa y las galactomananos, pero está más limitado para las pectinas, la goma arábica y los almidones. Los resultados proyectados en la presente investigación muestran límites superiores a los consultados.

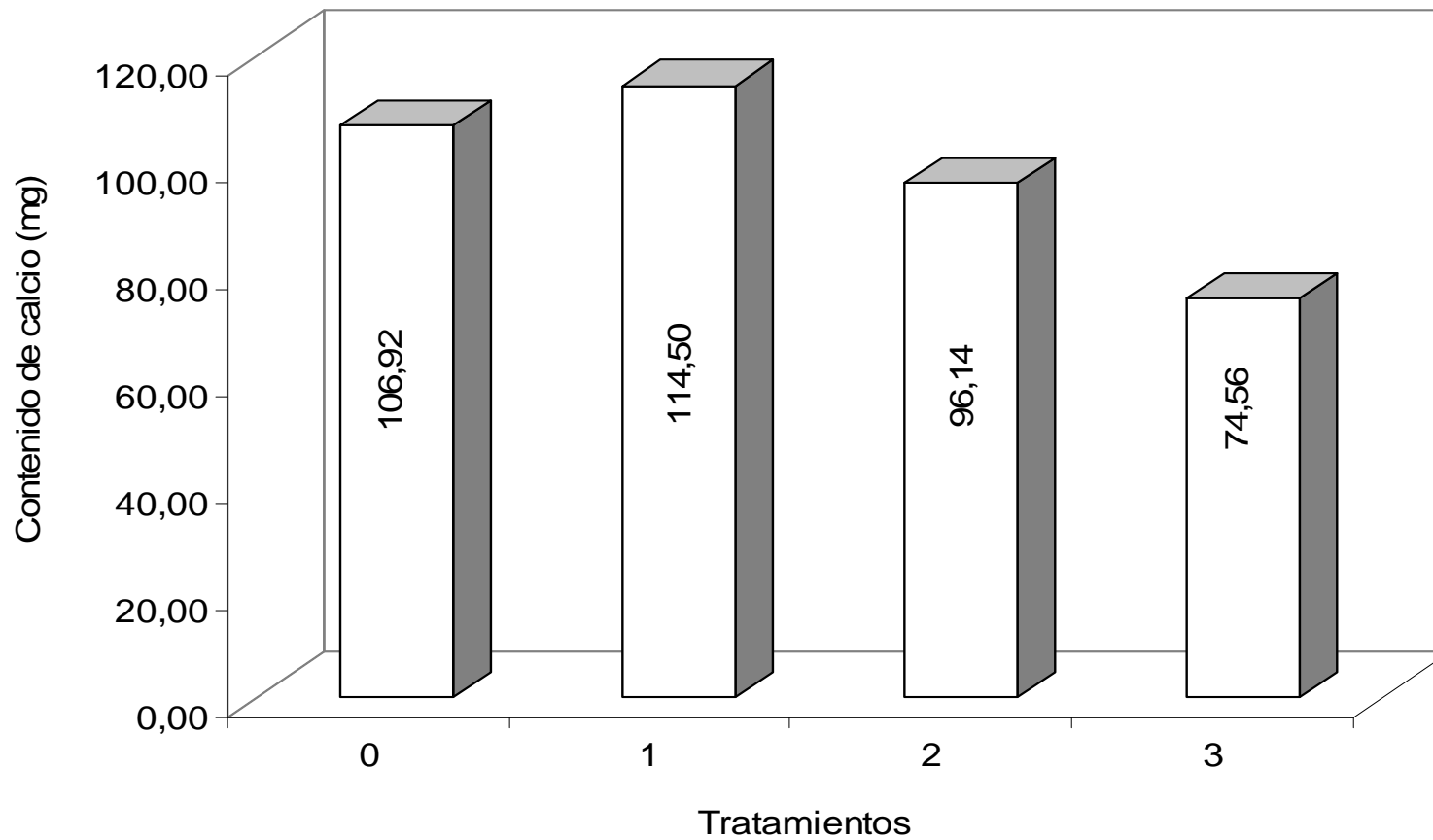


Gráfico 20. Contenido de calcio (mg) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente)

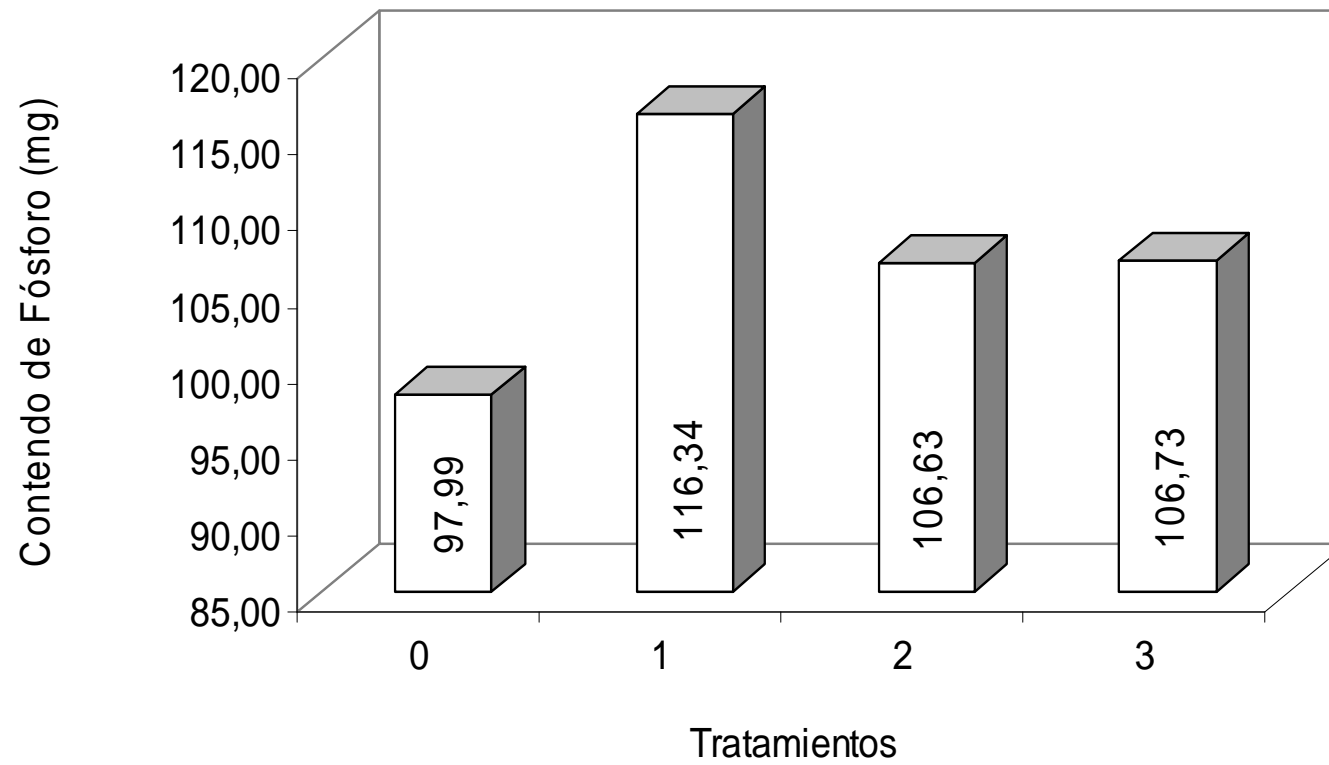


Gráfico 21. Contenido de fósforo (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente).

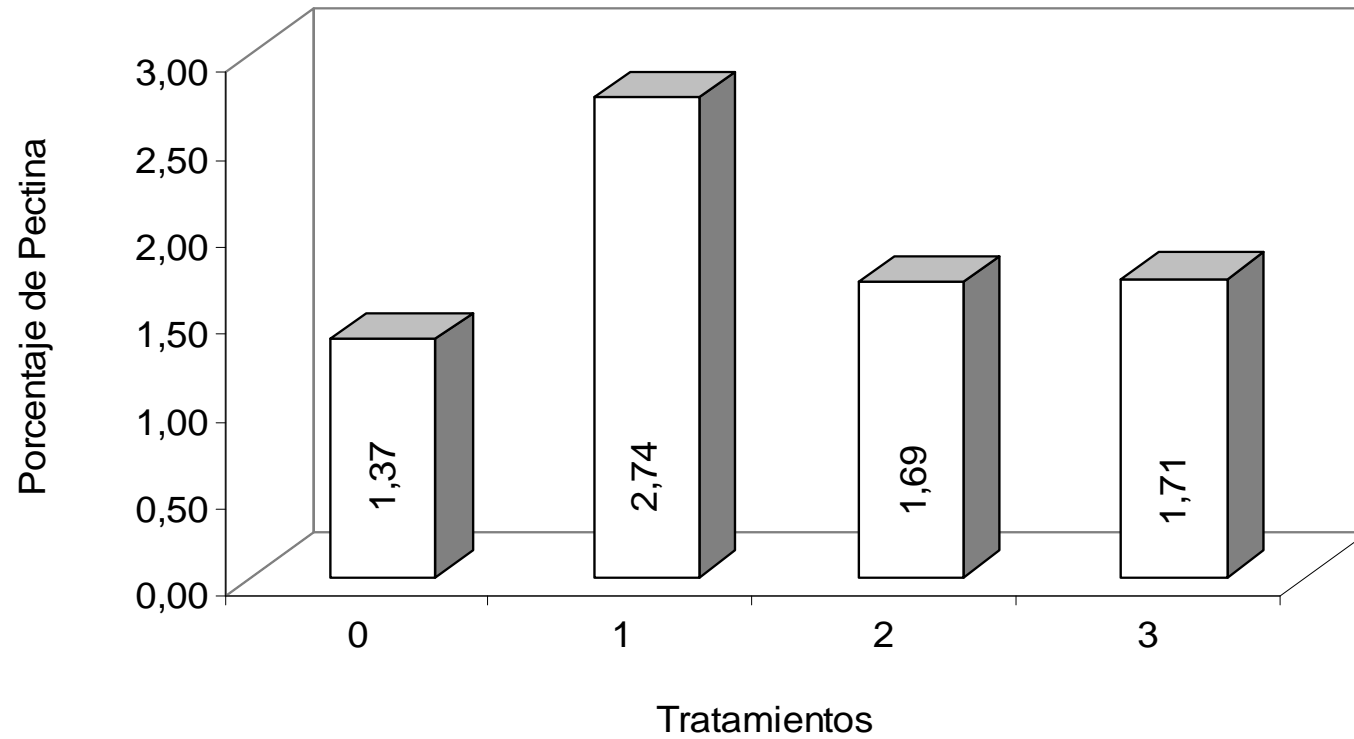


Gráfico 22. Contenido de pectina (%) del tratamiento control vs. los tratamientos de secado (estufa, secador de bandejas, ambiente)

Según <http://www.ediho.es> (2006) expone que el consumo de opuntia ficus fresco o deshidratado es utilizado sobre todo para combatir la diabetes al reducir en promedio: Colesterol 31.0 mg/dl, Triglicéridos 93.5 mg/dl, Glicemia 4.0 mg/dl, si se consumen 1,500 grs. en 10 días. Parte de esas propiedades medicinales se deben al mucílago, pectina o "baba", que es un polisacárido complejo compuesto por arabinosa y xilosa.

C. ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN Y DEPENDENCIA DE LA PECTINA EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD, MATERIA SECA, CENIZAS, MATERIA ORGÁNICA, FIBRA, PROTEÍNA, EXTRACTO ETÉREO, CALCIO Y FÓSFORO.

Los resultados de la asociación y dependencia de la pectina extraída de la *Opuntia subulata* con los componentes bromatológicos se reporta en el cuadro 10.

La humedad total y materia seca se encuentran relacionados significativamente a una probabilidad de $P < 0.01$, la interrelación existente se atribuye a que conforme progresa la deshidratación el agua disminuye y los sólidos se concentran.

La relación de fibra (gráfico 23) y fósforo con la pectina es significativa ($P < 0.01$), de acuerdo con <http://es.wikipedia.org> (2007), los componentes de la fibra vegetal que podemos encontrar en las frutas son principalmente pectinas y hemicelulosa. El fósforo cumple un rol muy importante porque actúa directamente sobre la concentración de calcio y este a su vez interacciona con la pectina para formar pectato de calcio.

El contenido de cenizas y materia orgánica se hallan relacionados significativamente a una probabilidad de $P < 0.05$, la pectina es un polisacárido constituido principalmente por ácido galacturónico, que al ser sometidos a temperaturas de 550 °C, son eliminados por volatilización, elevándose el porcentaje de materia orgánica y existiendo una mínima cantidad de cenizas.

Calvo, M. (2002) indica que las pectinas amidadas se obtienen mediante procesos químicos, formando amidas con amoníaco en algunos de los grupos carboxilo de pectinas de bajo metoxilo, por lo tanto las pectinas por poseer grupos nitrogenados en su estructura se encuentran ligados significativamente ($P < 0.05$) con la proteína.

La concentración de calcio es importante a una cierta cantidad (500 ppm), dependiendo del tipo de pectina, y se conoce como "saturación de calcio". Por encima de esta concentración, una mayor cantidad de calcio no tiene efecto en la unión entre cadenas llegando a debilitar el gel. Calvo, M. (2002). Razón por la cual no está relacionado estadísticamente.

Por adición de alcohol en el proceso de extracción de pectina (compuestos hidrosolubles), los compuestos grasos (pigmentos) son eliminados. Los lípidos poseen una característica notable: no se disuelven en agua; en virtud de ello el extracto etéreo no guarda relación estadística con la pectina.

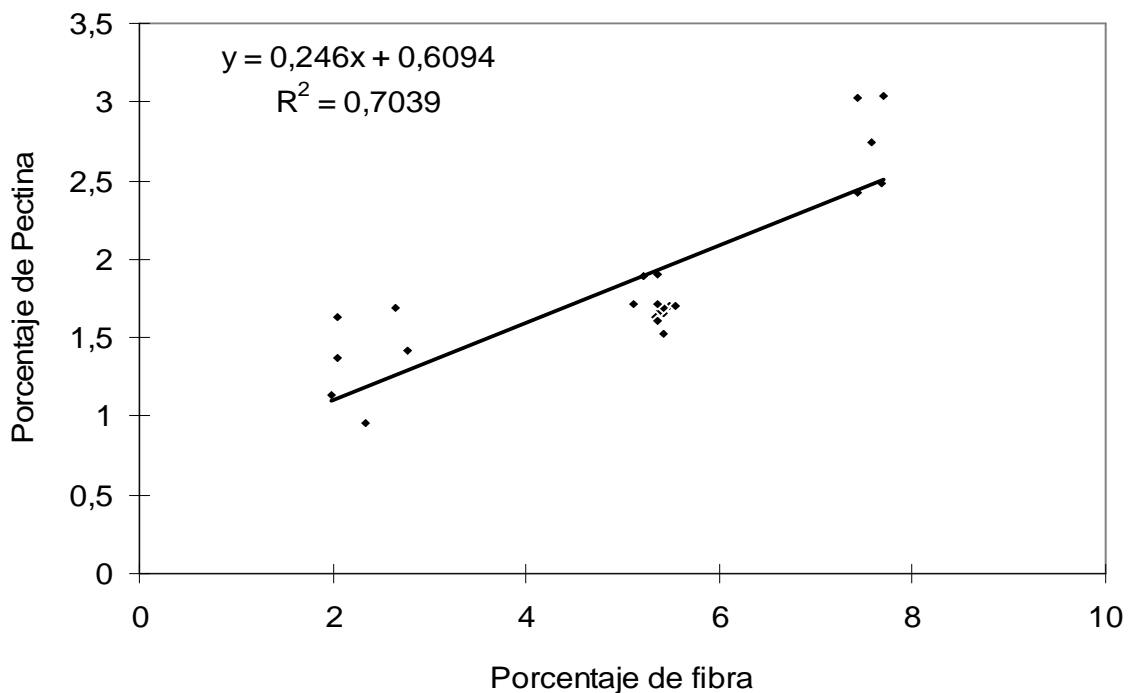


Gráfico 23. Comportamiento de la pectina en función del contenido de fibra de la tuna (*Opuntia subulata*).

Cuadro 10. ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN Y DEPENDENCIA DE LA PECTINA EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD, MATERIA SECA, CENIZAS, MATERIA ORGÁNICA, FIBRA, PROTEÍNA, EXTRACTO ETereo, CALCIO Y FÓSFORO.

Estadísticas	hi	ms	c	mo	f	pr	ee	ca	p
Correlación	0,57	0,57	0,47	0,47	0,84	0,49	0,26	0,39	0,64
Determinación	0,32	0,32	0,22	0,22	0,70	0,24	0,07	0,15	0,41
Intercepto	2,14	1,30	1,34	5,47	0,61	4,93	0,63	0,64	-2,09
Regresión	-0,01	0,01	0,04	-0,04	0,25	-0,86	0,63	0,01	0,04
Probabilidad	0,004	0,004	0,021	0,021	0,000	0,015	0,218	0,060	0,001

D. ANALISIS DE LA RECUPERACIÓN DEL GEL DE TUNA (*Opuntia subulata*)

Para la evaluación del gel de tuna se probó diferentes cantidades de polvo (0.25, 0.50, 0.75, 1.00 g.) en cada método de secado. La valoración del polvo de tuna se realizó bajo ciertos parámetros físicos que determinaron la concentración ideal del polvo para ser utilizado como espesante (aditivo).

Para encontrar la dosificación óptima, el parámetro físico sobresaliente fue la viscosidad influenciada por la temperatura inicial de gelificación y el pH de la solución, encontrándose en el método de secado por estufa un valor de 4.457 centipoise (unidad de la viscosidad) a una concentración de 0.50 g en 200 ml de agua (0.25 %), con una temperatura inicial de gelificación 62 ° C y un pH de 5.70, si realizamos la comparación con un espesante comercial como la lecitina, que es un estabilizante natural contenida en la yema del huevo, posee una viscosidad de 4.1 a 4.5 centipoise con una dosis que no debe exceder el 0,5%, a una temperatura de gelificación de 65 °C y un pH de 4.5 - 6, como lo indica Di Bartolo, E. (2005).

El secador de bandejas consiguió una viscosidad de 2.084 centipoise a una concentración de 1 g en 200 ml de agua destilada (0.5 %), a una temperatura de gelificación de 64 °C y un pH de 5.50, el método de secado al ambiente proporciona 1.510 centipoise con una dosificación de 1.5 g en 200 ml de agua destilada (0.75 %), su pH fue de 5.20 y nunca gelificó. Con los resultados obtenidos se establece que existe un mejor grado de gelificación en la estufa a 65 °C, como se observa en el cuadro 11.

Como se nota en el cuadro 12, en la dosificación en leche, únicamente en el método de secado en la estufa se encontró parámetros ideales: viscosidad 4.503 centipoise, temperatura de gelificación de 65 °C y pH de 6.9.

Según <http://www.alimentosargentinos.gov> (2005) manifiesta que, los aditivos son sustancias que se añaden a los alimentos con el propósito de modificar algunas de sus características, métodos de elaboración, apariencia, conservación, etc., sin cambiar sus propiedades nutritivas. Si bien su uso está hoy generalizado,

debemos considerar que en muchos casos existen aditivos “peligrosos”, que son tóxicos para el consumidor. Cabe destacar que también dentro de una familia de aditivos autorizados existen las dosis máximas a utilizar ya que al exceder estos límites muchos de estos aditivos se transforman en tóxicos.

Es importante resaltar que la dosificación ideal encontrada no altera las características sensoriales como el sabor y el color.

E. VALORACIÓN ORGANOLÉPTICA DEL POLVO DESHIDRATADO DE TUNA (*Opuntia subulata*)

En el cuadro 14, podemos observar los resultados del análisis organoléptico de la tuna.

1. Apariencia

La apariencia comprende la primera imagen que el deshidratado o polvo de tuna refleja. Los métodos de secado utilizados presentan una apariencia que difieren significativamente ($P < 0.01$). El aspecto más sobresaliente obtiene la estufa a 65 °C, con una puntuación de 1.73 sobre 2. La apariencia del polvo obtenido del secador de bandejas, por la presencia de pequeñas aglutinaciones ganó una calificación de 1.59 sobre 2 puntos. El último ensayo por estar en su totalidad en contacto con el ambiente (partículas extrañas) presentó un aspecto poco agradable, su calificación fue de 1.47 sobre 2 puntos.

La apariencia de un producto es un factor influyente en la calidad, la misma que tiene trascendencia a la hora de determinar su aceptación por el consumidor, pues la primera impresión es la que cuenta y un deshidratado se caracteriza por mantener una coloración y textura uniforme.

Cuadro 11. DOSIFICACION DEL POLVO DE TUNA EN AGUA

TRAT.	POLVO, g	T° INIC. H2O	pH INICIAL	T° INIC. GEL	T° INIC. EBULL.	t GEL (min)	VISCOSIDAD	pH FINAL	COLOR
ESTUFA 65 ° C	0,25	19,00	5,60	62,00	88,00	11,30	2,648	5,70	CAMBIA DE ACUERDO
	0,50	19,00	5,60	62,00	90,00	12,00	4,457	5,70	A LA CONCENTRACION
	0,75	19,00	5,60	52,00	90,00	12,00	5,139	5,70	DE POLVO (VERDE AGUA
	1,00	19,00	5,50	52,00	90,00	12,00	5,562	5,60	A VERDE CLARO)
SECADOR BANDEJAS 66 ° C	0,25	19,00	5,60	88,00	90,00	14,21	1,390	5,80	CAMBIA DE ACUERDO
	0,50	19,00	5,50	88,00	90,00	14,21	1,750	5,60	A LA CONCENTRACION
	0,75	19,00	5,50	88,00	90,00	14,21	1,737	5,50	DE POLVO (VERDE CLARO
	1,00	19,00	5,50	64,00	90,00	14,21	2,084	5,50	A VERDE OSCURO)
AMBIENTE	0,25	19,00	5,20	N T	92,00	15,42	1,229	5,30	CAFÉ
	0,50	19,00	5,30	N T	92,00	15,42	1,298	5,40	VARIANDO SU
	0,75	19,00	5,30	N T	92,00	15,42	1,340	5,40	INTENSIDAD DE
	1,00	19,00	5,30	N T	93,00	15,42	1,312	5,40	ACUERDO
	1,50	19,00	5,30	N T	92,00	15,00	1,510	5,20	A LA
	2,00	19,00	5,20	N T	92,00	15,00	1,460	5,20	CONCENTRACION
	3,00	19,00	5,20	N T	88,00	10,22	1,414	5,20	CAFÉ OSCURO

* NT: no tiene.

Cuadro 12. DOSIFICACIÓN DEL POLVO DE TUNA EN LECHE

TRAT.	POLVO, g	T° INIC. H2O	pH INICIAL	T° INIC. GEL	VISCOSIDAD	pH FINAL	COLOR
ESTUFA 65 °C	0,5	20	6,9	65	4,503	6,9	NO CAMBIA
	0,75	20	6,9	60	5,985	6,9	NO CAMBIA
SECADOR	0,5	20	6,9	80	2,201	6,9	CAMBIA LIGERAMENTE
BANDEJAS 66 °C	0,75	20	6,9	80	2,328	6,9	SU COLOR
AMBIENTE	0,5	20	6,9	NT	1,720	6,9	CAMBIA SU COLOR
	0,75	20	6,9	NT	1,184	6,9	CAMBIA SU COLOR

Cuadro 13. PARAMETROS COMPARATIVOS

TRAT.	pH	T°	VISCOSIDAD, cp
AGUA	5,5	19	9,99
LECHE	7	19	1,034
YOGUR	4.3-4.5	19	4,098

2. Color

La pulpa extraída de la especie *Opuntia subulata* presentó un color verde claro. Los procesos de secado empleados en esta investigación muestran diferencias significativas al $P < 0.01$. El tratamiento de secado en estufa a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, en la deshidratación mantiene la coloración original de la tuna fresca, otorgándose una calificación de 2.57 sobre 3 puntos. En el secador de bandejas por acción del aire circulante parte del producto sufre pardeamiento, obteniéndose un polvo de coloración café verdoso, la puntuación que este método alcanzó es de 2.35 sobre 3 puntos. Los alimentos, en contacto con el oxígeno, sufren pardeamientos perdiendo sus valores nutritivos, el sabor, color y toda la calidad en general, de manera que el secado al ambiente logró una calificación de 2.16 sobre 3 puntos al presentar una coloración café oscura.

3. Sabor

Según con <http://www.scielo.isciii.es> (2006), participa que la evaluación del sabor en un alimento deshidratado dependerá de un mercado específico. Al analizar el deshidratado obtenido en cada método de secado se comprobó que existe diferencias significativas ($P < 0.01$), el secado en estufa arrojó una calificación de 4.55 sobre 7 puntos, debido al sabor ligeramente ácido. La puntuación que el secador alcanzó fue de 4.48 sobre 7 puntos, atribuyéndose al sabor ligeramente ácido y ligeramente amargo. El secado al ambiente reportó una calificación de 4.02 sobre 7 puntos, su sabor resultó un tanto amargo con mínimo de ácido.

La valoración del sabor esta en base a cuatro gustos elementales: dulce, amargo, salado y ácido.

Los cladodios de género *Opuntia* se usa como forraje, pero igualmente se comercializan las pencas tiernas como verdura. Recientemente ha sido muy popular el consumo de nopales licuados con alguna fruta como medida para bajar de peso o para personas que padecen ciertas enfermedades.

Cuadro 14. ANALISIS SENSORIAL DE LA TUNA *Opuntia subulata*

Variables	Métodos de secado de la tuna						Media	E.E.	Prob.
	Estufa	S. de bandejas		Ambiente					
APARIENCIA	1,73	a	1,59	b	1,47	b	1,59	0,186	0,0009
COLOR	2,57	a	2,35	b	2,16	c	2,36	0,219	< 0,0001
SABOR	4,55	a	4,48	a	4,02	a	4,35	0,636	0.0550
AROMA	1,97	a	1,97	a	1,97	a	1,97	0,268	0,9948
TEXTURA	3,97	a	3,88	a	3,89	a	3,91	0,384	0,5962
TOTAL	14,77	a	14,26	ab	13,52	b	14,18	1,248	< 0,0001

* Parámetros: apariencia 2 puntos, color 3 puntos, sabor 7 puntos, aroma 3 puntos textura 5 puntos.

* Calidad: Mala 0, Deficiente 5, Buena 10, Muy buena 15 y Excelente 20 puntos.

El único inconveniente en el consumo es que a muchas personas les es desagradable el mucílago o baba, ya que al hacer el licuado no se elimina totalmente. El deshidratado de *Opuntia*, ofrece una solución a este problema. (<http://www.esquinamagica.com>. 2005)

4. Aroma

Según <http://www.industriabebible.com> (2007) para obtener el perfil aromático de un producto, hay que seleccionar en primer lugar aquellos componentes que contribuyen de forma neta al aroma del mismo. Su identificación y cuantificación en ocasiones permite corregir procesos y obtener el máximo potencial aromático a fin de elevar la calidad.

El análisis del aroma del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*) permitió demostrar que no existe diferencia significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos, recayendo sobre los tres métodos de secado el valor de 1.97 sobre 3 puntos, puntuación que se otorga al aroma ligeramente dulce, según clasificación de olores y aromas (AIR 2039) torrefacto acaramelado.

Según Fernández, M. (2007), dentro del olor existen miles de compuestos volátiles odoríferos; alrededor de 50000, pudiendo el hombre detectar aproximadamente 3000.

Según <http://www.inta.gov.ar> (2006), el aroma es uno de los atributos más importantes de los alimentos y es uno de los factores considerados en el momento de decidir la compra de ciertos productos. Cuando una persona percibe un aroma u olor, los compuestos químicos que forman ese aroma estimulan distintos receptores olfativos que se encuentran en la nariz.

5. Textura

Al efectuar el análisis de textura del deshidratado (*Opuntia subulata*) se determinó que no existe diferencias significativas ($P > 0,05$), obteniéndose valores cercanos

de 3.97 sobre 5 puntos para el secado en estufa, 3.88 sobre 5 puntos para el secador de bandejas y 3.89 para el secado al ambiente.

La determinación de Textura en los tres métodos de secado de tuna *Opuntia subulata*, se realizó a través del uso de dedos, labios, lengua, paladar y dientes, con lo que se comprobó que el polvo posee textura firme con poca adhesividad al paladar, presencia mínima de gránulos y carencia de masticabilidad.

La Textura es un atributo importante que afecta al proceso y manejo, además determina la vida útil y la aceptación de un producto por parte de los consumidores. (<http://www.aname.es>. 2007)

a. Valoración total

Según Fernández, M. (2007), el análisis sensorial es la ciencia relacionada con la evaluación de los atributos organolépticos de un producto mediante los sentidos. Esto comprende la medición y la cuantificación de las características de un producto, las cuales son percibidas por los sentidos humanos.

La valoración sensorial del polvo (*Opuntia subulata*), estuvo establecida por los siguientes niveles de calidad: 0 – Mala; 5 – Deficiente; 10 – Buena; 15 – Muy buena y 20 – Excelente. La calificación (gráfico 24) que alcanzó el polvo de tuna en cada tratamiento fue de: 14.77, 14.26 y 13.52, presentando diferencia significativa ($P < 0.01$). En los tres métodos de secado la calidad del polvo de tuna fue Buena.

Considerando que el deshidratado será utilizado como un aditivo en la incorporación de alimentos humanos, obtuvo cualidades organolépticas que hacen aceptable al subproducto.

F. ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN Y DEPENDENCIA DE CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS TOTALES EN FUNCIÓN DE LA APARIENCIA, COLOR, SABOR, AROMA Y TEXTURA

La evaluación de los alimentos desde el punto de vista sensorial, es una disciplina integrada que permite establecer la calidad desde el punto de vista de los atributos del producto. Igualmente el análisis sensorial se refiere a la medición y cuantificación de las características de los productos o ingredientes evaluables por los sentidos humanos. (<http://www.beekeeping.com/>. 2000).

En la presente investigación, al analizar la interacción de: apariencia, color, aroma, sabor y textura existió una relación significativa ($P < 0.01$), con las características organolépticas totales, cualidades que participan en la calificación y aceptación del deshidratado de tuna (Cuadro 15).

Una característica del tipo organoléptica asociada a la calidad del polvo, tiene que ver con su aspecto y la presencia de algunos componentes específicos, por esto, el color es uno de las apariencias que permite juzgarla creando condiciones para la aceptación o rechazo. El método de secado en la estufa gozó de una buena aceptación por conservar la coloración original de la pulpa de tuna. El aroma es la cualidad de una sustancia que afecta al olfato y pertenece a los sentidos químicos, puesto que reacciona solamente por estímulos. En los tres métodos de secado el aroma se mantuvo estable. (<http://www.beekeeping.com/>. 2000).

La textura de un producto es un atributo complejo percibido como sensaciones por los labios, la lengua, los dientes, el paladar y los oídos. El deshidratado obtenido en los tres métodos de secado presentó una textura firme, calificándolo como aceptable. La interacción del sabor con las características organolépticas totales podemos apreciar en el gráfico 25.

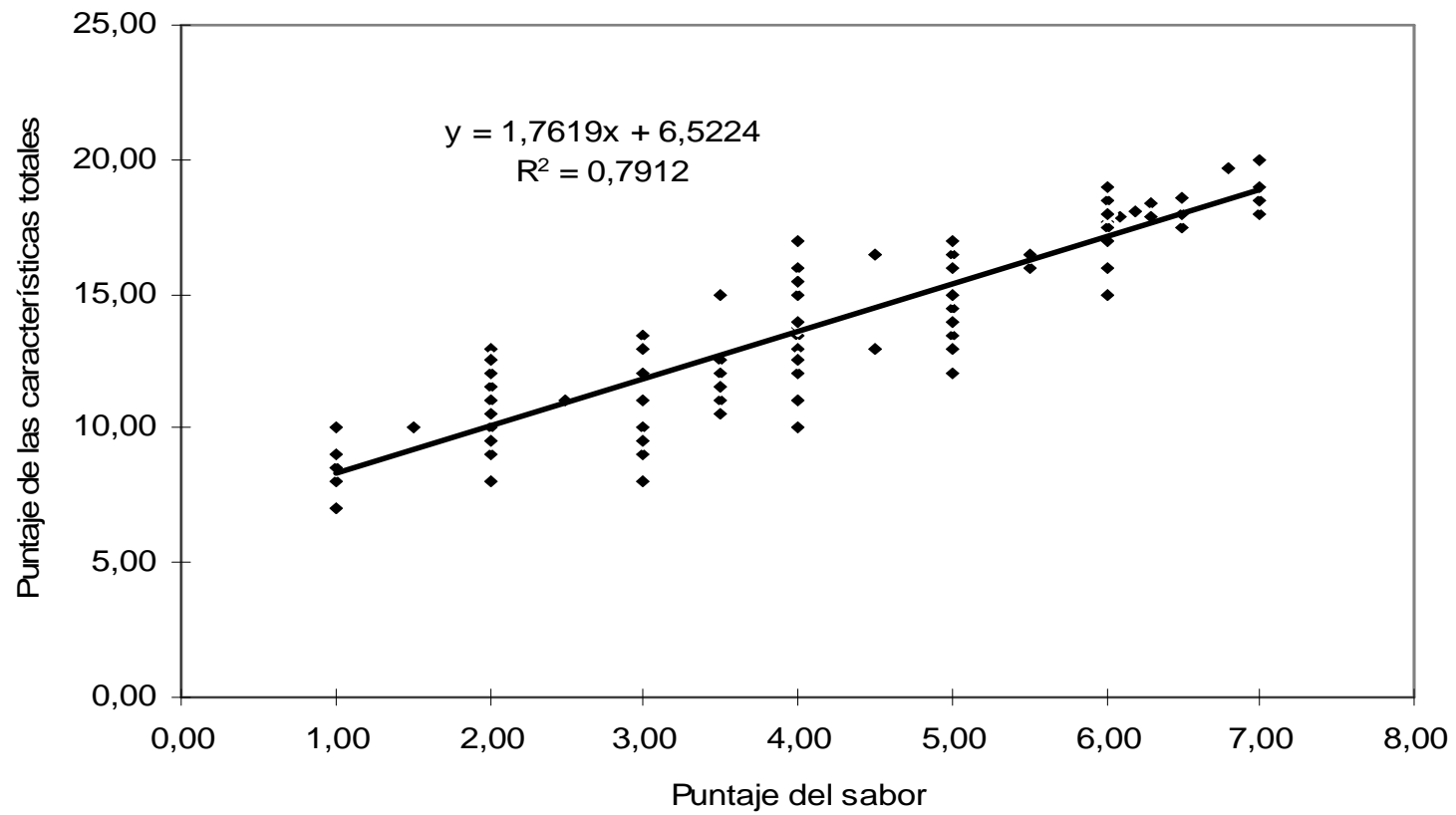


Gráfico 24. Comportamiento de las características organolépticas totales en función del sabor.

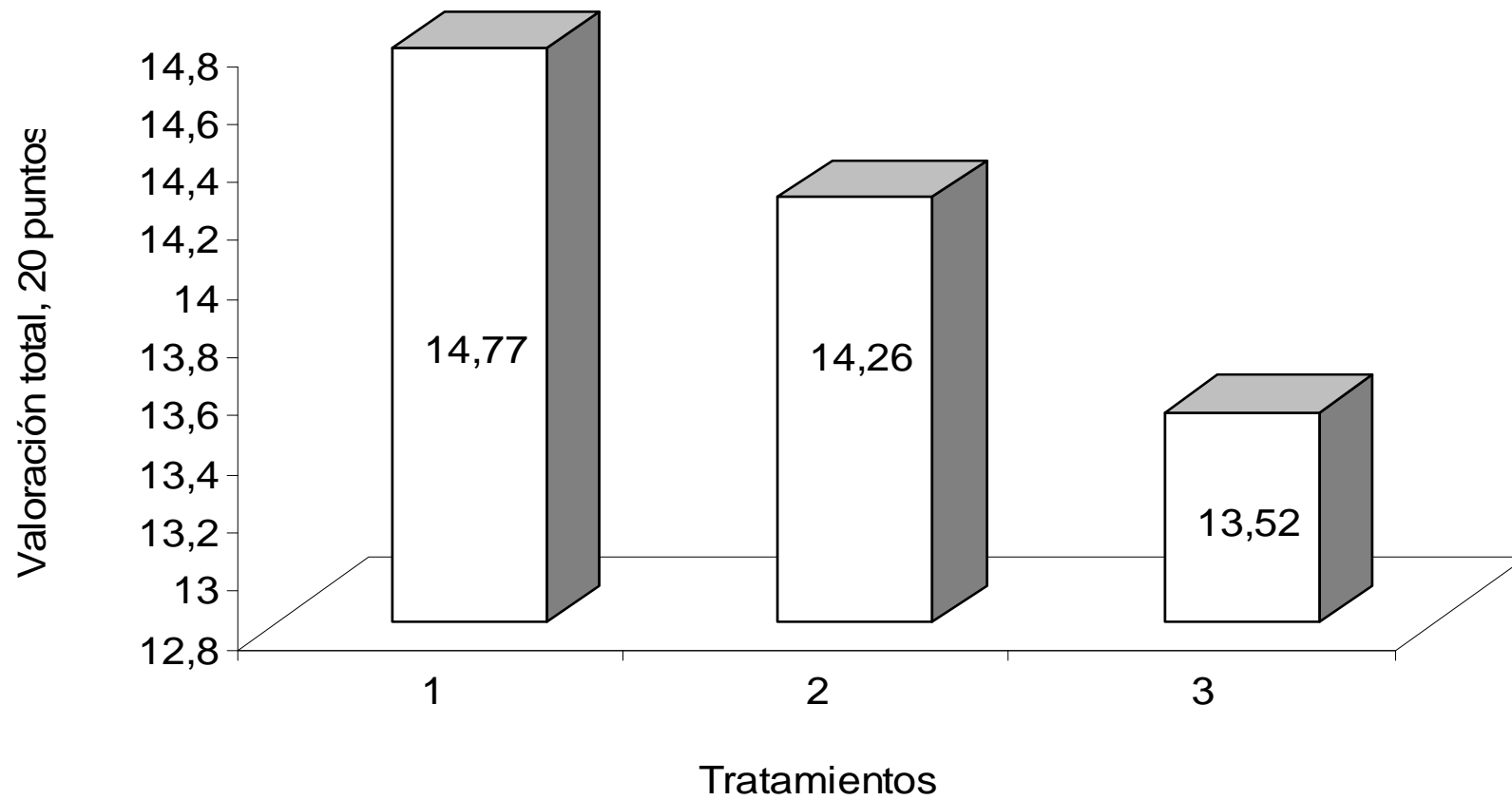


Gráfico 25. Valoración organoléptica total (sobre 20 puntos) del deshidratado de tuna mediante tres métodos de secado ambiente, secador de bandejas y ambiente).

Cuadro 15. ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN Y DEPENDENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS TOTALES EN FUNCIÓN DE LA APARIENCIA, COLOR, SABOR, AROMA Y TEXTURA

Estadísticas	ap	co	sa	ar	tx
Correlación	0.5190	0.5276	0.8895	0.7449	0.7085
Determinación	0.2694	0.2784	0.7912	0.5548	0.5020
Intercepto	8.6759	7.2357	6.5224	7.3229	5.2238
Regresión	3.4557	2.9434	1.7619	3.4827	2.2909
Probabilidad	8.36E-14	2.74E-14	1.94E-62	4.18E-33	9.49E-29

G. VALORACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL DESHIDRATADO DE TUNA (*Opuntia subulata*).

El análisis microbiológico es un parámetro muy importante sobre la calidad de los alimentos porque de ellos depende la identificación y cuantificación de microorganismos que alteran el producto.

Para el análisis microbiológico del deshidratado de tuna, se hallaron los siguientes resultados: el secado mediante estufa presentó una contaminación por aerobios mesófilos de 118 UFC/g, para la secador de bandejas 113 UFC/g y finalmente el secado al ambiente 150 UFC/g.

Con respecto a la presencia de coliformes se encontraron valores similares en los tres métodos de secado (1400 UFC/g) y ausencia de coliformes fecales.

La contaminación por mohos y levaduras en la estufa reporta valores de 540 UFC/g, el secador de bandejas 570 UFC/g y el ambiente 1750 UFC/g.

En el cuadro 16, se observa una mayor contaminación en el deshidratado obtenido por secado al ambiente. De acuerdo con http://www.ucv.ve/Farmacia/Micro_web/Catedras02/tema13.pdf (2003), el aire sin tratamiento contiene una gran cantidad de bacterias formadoras de esporas como los *Bacillus* spp, *Clostridium* spp, bacterias no esporuladas como *Staphylococcus*, *Streptococcus* y mohos como el *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, etc. Estos microorganismos generalmente se encuentran suspendidos en las partículas de polvo, en las gotas de humedad o en las gotas de saliva expelidas por el personal al hablar, toser o estornudar, por lo que el número de microorganismos en el ambiente depende de la limpieza del área.

De conformidad con <http://www.industrialimentaria.com> (2005) indica que una vez que se tiene el producto deshidratado, los microorganismos no atacan ni se reproducen porque para que éstos se reproduzcan necesitan un mínimo de

Cuadro 16. COMPOSICIÓN MICROBIOLÓGICA DEL DESHIDRATADO DE TUNA

METODO SECADO	M/O ae. mesófilos UFC/g	Coli. totales UFC/g	Coli. fecales UFC/g	Hongos y Mohos UFC/g
ESTUFA 65°C	118	1400	Ausencia	540
SECADOR B. 66°C	113	1400	Ausencia	570
AMBIENTE	150	1400	Ausencia	1750

Cuadro 17. CRITERIO MICROBIOLÓGICO

PRODUCTO	PARAMETRO	METODO DE ENSAYO
	A. Mesófilos. < 10 UFC/g	AOAC 966,23 Ed 18, 2005
	Coliformes totales < 10 UFC/g	INEN 1529-6:90
HARINA	Coliformes Fecales < 3 NMP/g	INEN 1529-8:90
	Mohos y Levaduras < 10 UFC/g	INEN 1529-10:94

actividad de agua. El deshidratado no se estropea, en general envejece por oxidación por la luz, pero no por microorganismos.

Si comparamos límites microbiológicos referenciales de un alimento INEN (cuadro 17), con los datos alcanzados en los tratamientos, observamos que se encuentran fuera de los parámetros que indica la norma.

Los microorganismos que contaminan los alimentos pueden llegar al producto durante el proceso de producción a través de la materia prima, el ambiente de producción, equipos, material de empaque y envase, almacenamiento, personal que trabaja directamente en el proceso, etc., permitiendo su multiplicación y crecimiento causando el deterioro del producto, sin embargo, se pueden encontrar productos contaminados que no muestran ninguna evidencia de deterioro. (<http://www.ucv.ve/Farmacia/Microweb/Catedras/tema13.pdf> 2003).

H. ANÁLISIS ECONÓMICO

Mediante un sencillo análisis económico se demostró lo importante que sería la inversión en el procesamiento del deshidratado de tuna *Opuntia subulata*, para darle un valor agregado y poder comercializarlo en la actualidad, entre los fabricantes de bebidas que utilizaran este aditivo, tomando como punto de referencia para el presente estudio un tipo de espesante de marca MERK, utilizado como estabilizante láctico, pectina y carboximetilcelulosa.

Lo primero que se realizó fue un estudio de mercado para conocer si el mismo tendría aceptación, así se consiguió los siguientes resultados:

1. ¿CONOCE ACERCA DEL DESHIDRATADO DE TUNA?

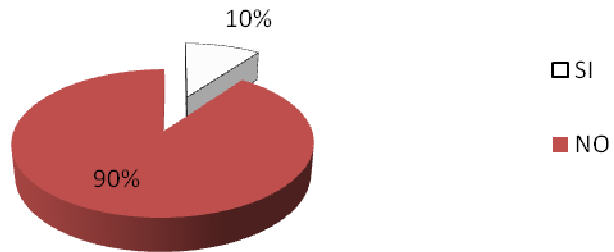


Gráfico 26. Conocimiento del producto

2. ¿CONSUMIRIA EL PRODUCTO SABIENDO QUE ES UN GRAN APORTE NITRICIAL?

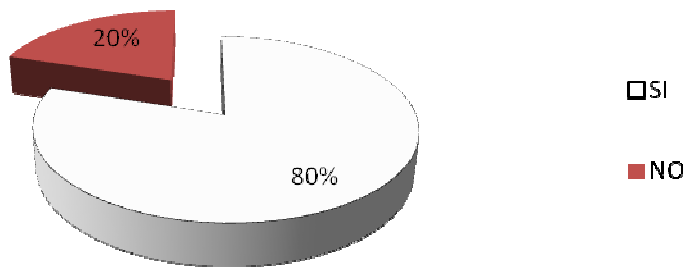


Gráfico 27. Aporte Nutricional

3. ¿ESTARIA DISPUESTO A PAGAR \$14 POR 100 g?

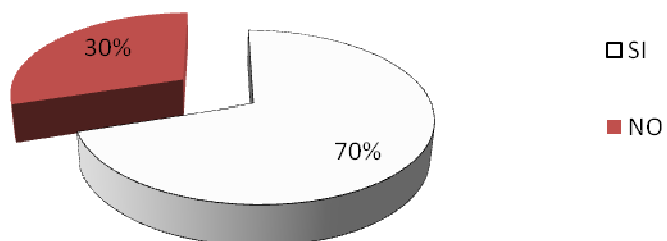


Gráfico 28. Costo del producto

Una vez realizado el estudio de mercado se efectuó el estudio económico partiendo del porcentaje de rendimiento:

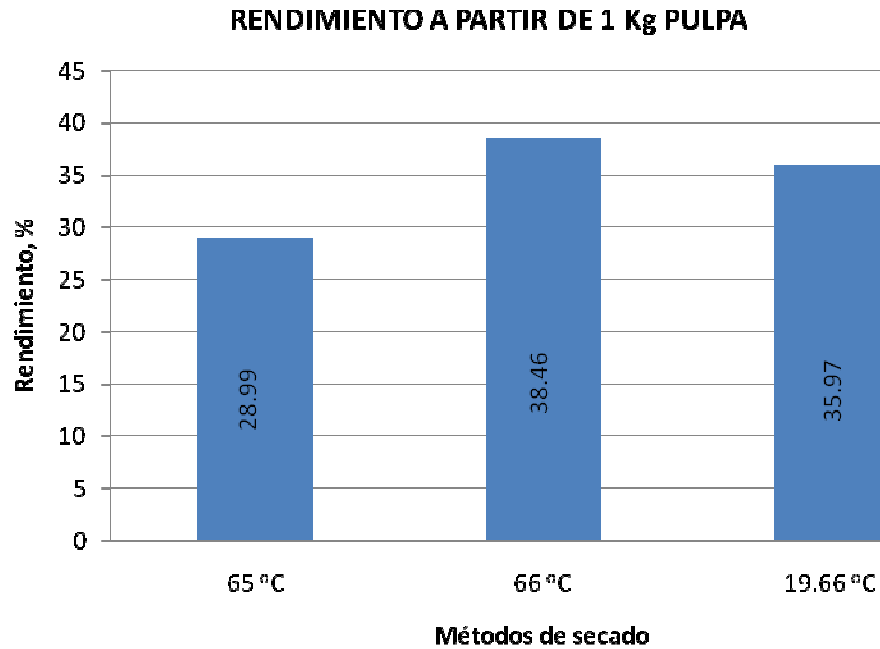


Gráfico 29. Rendimiento de la pulpa

Una vez conocido el porcentaje de rendimiento de polvo, se procede a ver las pérdidas que se dan en el proceso de molienda. En la gráfica se detalla, la cantidad de pérdida que se registra:

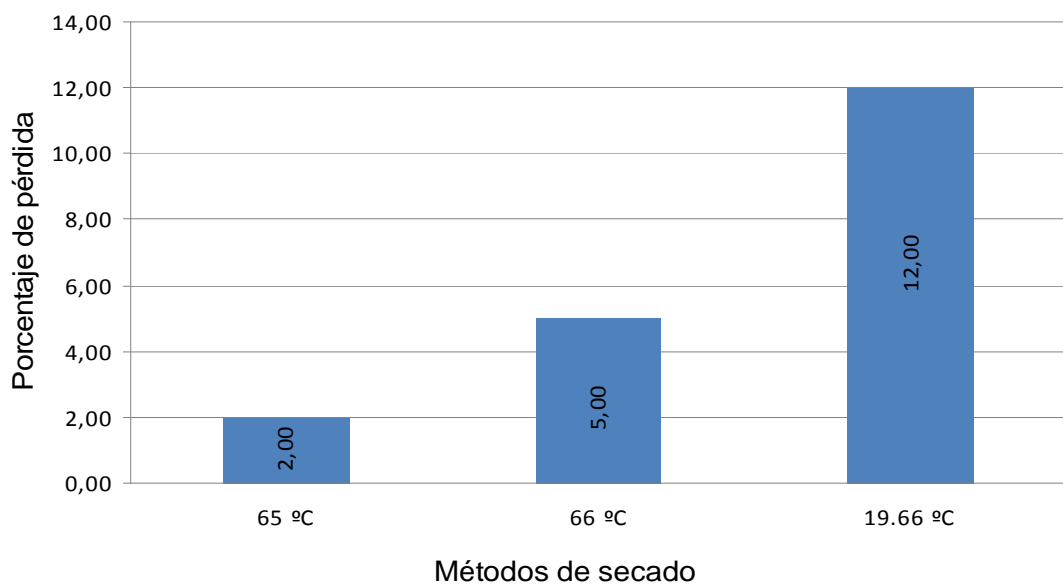


Gráfico 30. Pérdidas por molienda

Con los datos obtenidos se procedió a cuantificar la cantidad real en el proceso y tazar su precio de venta.

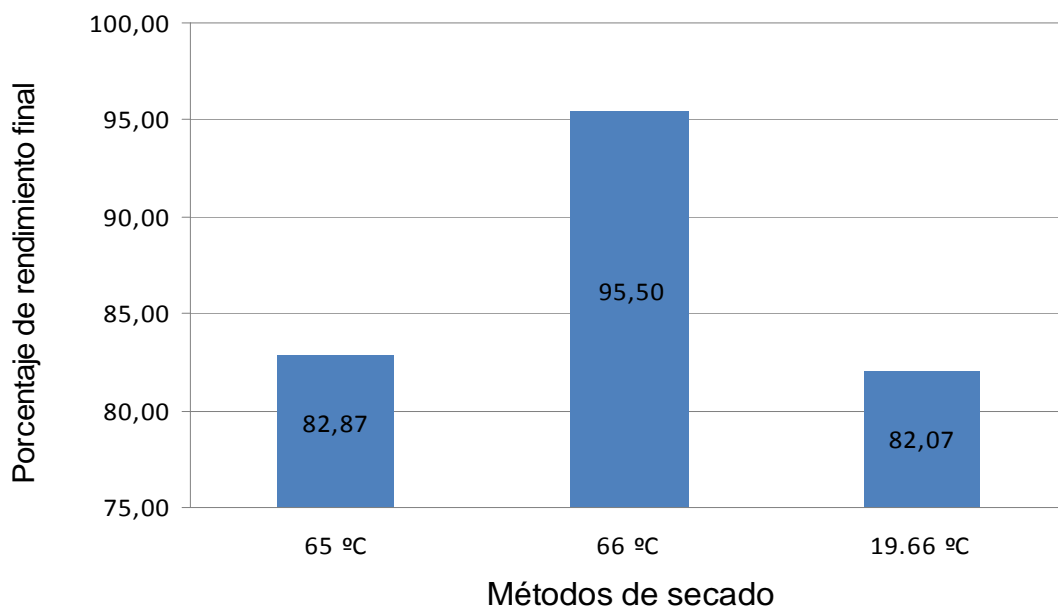


Gráfico 31. Rendimiento final.

1. Análisis Beneficio/Costo del deshidratado de tuna

De los resultados del análisis económico que se reporta en el cuadro 18, se observa que el menor costo de producción por gramo de deshidratado de tuna alcanzó el método de secado al ambiente de 0.09 ctvs. de dólar, seguido del secado en estufa 0.11 ctvs. de dólar y finalmente la secador de bandejas 0.12 ctvs. de dólar. Al considerar un margen de utilidad del 20 %, el precio de venta al público fue de 0.13, 0.14, 0.11 ctvs. de dólar; por lo se determinó que el beneficio/costo es igual en los tres métodos de secado (1.20 USD). Es decir que por cada dólar invertido se obtuvo una ganancia de 0.20 ctvs de dólar.

Al analizar el cuadro 19, notamos que el costo del deshidratado de tuna fue de \$ 14.00 los 100 g, al compararlo con las cotizaciones actuales de estabilizantes comerciales, supera el precio de venta al público. Es evidente que el precio del deshidratado de tuna se justifica por su reducida cantidad utilizada como gelificante, aporte nutricional, beneficios nutraceuticos y por no presentar contraindicaciones. No así los estabilizantes comparados.

Cuadro 18. ANALISIS DE BENEFICIO COSTO EN 100 g DE TUNA

Rubros	Tratamientos		
	1	2	3
EGRESOS			
Pulpa, Kg	0,35	0,26	0,28
Mano de obra, \$	2,50	2,05	2,10
Bandejas antiadherentes, \$	1,50	1,50	1,50
Materiales, \$	4,33	4,33	4,33
Utilización de balanza, \$	0,57	0,48	0,48
Utilización de equipos, \$	0,59	0,78	0,00
Utilización de molino, \$	0,01	0,02	0,02
Agua, \$	0,01	0,01	0,01
Luz, \$	0,52	1,53	0,00
Transporte, \$	0,70	0,70	0,70
Total egresos, \$	11,08	11,66	9,42
Ingresos estimados			
Cantidad Polvo tuna, g	100,00	100,00	100,00
Costo de producción, g	0,11	0,12	0,09
Precio venta, \$/g	0,13	0,14	0,11
INGRESOS TOTALES, \$	13,30	13,99	11,30
BENEFICIO/COSTO	1,20	1,20	1,20

Cuadro 19. COMPARACIÓN DEL DESHIDRATADO DE TUNA CON ESTABILIZANTES COMERCIALES (100 g)

PRODUCTO	DESHIDRATADO DE TUNA	PECTINA	ESTABILIZANTE LACTICO	CARBOXIMETILCELULOSA
COSTO, \$	14,00	2,40	2,80	1,50
CARACTERÍSTICA	Espesante	Espesante	Emulsionante	Espesante
CONCENTRACIÓN (g/l)	2,5	5,0	5,0	10,0
APORTE NUTRICIONAL	Fibra, Ca, P, PB	Fibra	No aportan nutrientes	No aportan nutrientes
BENEFICIO	Reduce colesterol, triglicéridos y glicemia, evita cáncer de colon	Reduce la concentración de colesterol en la sangre	En el intestino facilita la absorción de las otras grasas	Se utilizan como componente de dietas bajas en calorías
EFFECTOS NOCIVOS	Ninguno	Inhiben la captación de Ca, Zn y Fe.	Ninguno	Disminuyen la asimilación de ciertos componentes de la dieta

V. CONCLUSIONES

En la presente investigación para la extracción y recuperación del gel de tuna *Opuntia subulata*, utilizando tres métodos de secado: estufa 65 °C, secador de bandejas 66 °C y ambiente 19.66 °C (temperatura promedio), se pudo concluir lo siguiente:

1. Para obtener una deshidratación óptima se tomó como parámetro principal la humedad, encontrándose una mayor eliminación de agua (96.59 %) en menor tiempo para el secado mediante estufa a 65 °C, este método de secado no altera sus propiedades bromatológicas y organolépticas. A pesar de obtener un mayor porcentaje de rendimiento el secador de bandejas no eliminó el agua en su totalidad, lo que se evidenció en las características organolépticas del producto final.
2. El método de secado en estufa proporciona la mayor concentración de solutos gelificantes, con respecto a los demás métodos, lo que se demuestra mediante el análisis proximal de producto fresco: fibra 2.31 %, pectina 1.37 % características principales del polvo de tuna, y del deshidratado: fibra 7.57%, pectina 2.74 %, conservando su aporte gelificante. El resto de nutrientes como proteína, grasa y minerales se concentran manteniendo valores cercanos entre los tres métodos de secado.
3. El análisis sensorial del deshidratado de tuna en estufa posee una aceptación superior a los otros tratamientos de 14.77/20 puntos, siendo el color su principal parámetro de aprobación con un puntaje de 2.57/3 puntos, seguido de la textura 3.97/5 puntos y finalmente el sabor 4.55/7 puntos. La calidad organoléptica del gel deshidratado, de acuerdo a la calificación establecida fue aceptable.
4. El deshidratado de tuna obtenido por el método de secado en la estufa 65 °C, a pesar de no proporcionar el menor costo de producción, por sus propiedades organolépticas y nutritivas, es el método más aceptable, cuya rentabilidad económica fue de 1.20 USD.

VI. RECOMENDACIONES

1. Utilizar el método de secado en la estufa a 65 °C, porque existe una mayor eliminación de agua que influye directamente en las propiedades organolépticas importantes para la aceptación del producto.
2. Realizar un correcto empacado con películas impermeables, para evitar la absorción de humedad y la proliferación de microorganismos.
3. Replicar el presente trabajo utilizando un secador a base de combustible, que permita abaratar costos en cuanto a electricidad.
4. Investigar parámetros físico-químicos y microbiológicos del deshidratado de tuna utilizado como espesante para ser incluidos dentro de las normas INEN.
5. Efectuar una labor constante de información a la comunidad sobre los beneficios que presenta el deshidratado de tuna.
6. Aplicar en cada punto crítico buenas prácticas de manufactura para evitar la contaminación del producto, si se proyecta la industrialización de esta especie.

VII. LITERATURA CITADA

1. ALVARADO, J. 1996. Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. 1a ed. st. Ambato, Ecuador. Edit. Artes Gráficas. pp. 483-512.
2. BALLESTER, J. 1978. Los cactus y otras plantas. 1a ed. st. Valencia, España. Edit. Floraprint. pp. 9-10.
3. BRITO, H. 2001. Texto básico de operaciones unitarias III. 1a ed. Riobamba, Ecuador. Edit. CRD-XEROX. pp. 16 – 52.
4. CALVO, M. (2002). Bioquímica de los Alimentos. Pectinas (documento).
5. Determinación del contenido de cenizas en los alimentos. 2007. (documento).
6. FERNÁNDEZ, M. 2007. Calidad sensorial de los alimentos. (documento).
7. HEYWOOD, H. 1985. Las plantas con flores. 1a ed. st. México, México. Edit. Reverte. Pp. 59-61.
8. <http://es.wikipedia.org>. 2007. Wikimedia Foundation. Fibra dietética.
9. <http://es.wikipedia.org>. 2007. Wikimedia Foundation. Secado de sólidos.
10. <http://es.wikipedia.org/wiki/Opuntia>. 2006. Wikimedia Foundation. Género Opuntia.
11. <http://espanol.geocities.com>. 2004. Mayen, P. Cactáceas.
12. <http://fichas.infojardin.com>. 2007. Alfileres de Eva.

13. <http://scielo.isciii.es>. 2007. Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología. Alimentos deshidratados.
14. http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/GUIA_HELADOS.pdf. 2005. Di Bartolo, E. Guía de helados.
15. <http://www.aname.es>. 2007. Textura de los alimentos.
16. <http://www.arrakis.es>. 2007. Requerimientos nutricionales.
17. <http://www.beekeeping.com/>. 2000. Salamanca, G. Criterios relativos al análisis sensorial.
18. <http://www.ediho.es>. 2006. Opuntia ficus.
19. <http://www.esquinamagica.com>. 2005. El Nopal
20. <http://www.fao.org>. 1978. Teles, A. Composición Opuntia ficus.
21. <http://www.fao.org>. 2007. Deposito de documentos de la FAO, Departamento de agricultura. Utilización Agroindustrial del Nopal.
22. <http://www.fao.org>. 2007. Secado de sólidos.
23. <http://www.geocities.com/cactusgratis/cactus.html>. 1995. Las Cactáceas.
24. <http://www.giga.com>. 2007. El Nopal.
25. http://www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm. 2002. Laboratorio Nacional de Salud Pública de la Secretaría de Salud – UANL - Facultad de Ciencias Biológicas, México. Análisis proximal del deshidratado de nopal.

26. <http://www.industriabebible.com>. 2007. Calidad Sensorial de un Alimento.
27. <http://www.industrialimentaria.com>. 2005. Deshidratación.
28. <http://www.monografías.com>. 2005. Secado de alimentos.
29. <http://www.multinacionalchina.com>. 2006. Organización Internacional Itiel. Nutrición – Importancia del calcio.
30. <http://www.paho.org>. 2005. Manual de mantenimiento de equipos.
31. <http://www.redescolar.ilce.edu.mx>. 2005. Cactáceas.
32. <http://www.Secadero.htm>. 2006. Escuela Universitaria Politécnica de Donosita, San Sebastián, Dpto. Máquinas y Motores Térmicos. El secado.
33. <http://www.sudarlacamiseta.com>. 2003. Proteínas.
34. http://www.ucv.ve/Farmacia/Micro_web/Catedras02/tema13.pdf. 2003. Deterioro microbiano
35. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES. 1987. EL NOPAL. sn. Publicación especial. México, México. pp. 19-20.
36. KIESLING, R y FERRARI O. 2005. 100 Cactus Argentinos. 1a ed. st. Buenos Aires , Argentina. Edit. Albatros Saci. pp. 7-15, 118-124.
37. LEÓN, D y GÓMEZ, J. 2005. Diseño y construcción de un secador de bandejas para germen de trigo. sn. Riobamba, Ecuador. p. 81.
38. MACAS, E. 2007. Evaluación nutricional del tomate (*Lycopersicum esculentum*) deshidratado. sn. Riobamba, Ecuador. p. 82.

39. RODRÍGUEZ, M. 2007. Boletín UNAM-DGCS-115. Harina de nopal para la osteoporosis (documento).

40. WARREN, L. et al, Operaciones Unitarias ingeniería Química. 2003. 6a ed. Trad. María Aurora Lanto Arriola. México, México. Edit. Mc Graw-Hill/Interamericana Editores S.A. pp. 835- 875.

Anexo 1. Test de valoración sensorial (Rating Test)

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CINCIAS PECUARIAS
INGENIERIA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

TESIS DE GRADO

Evaluación de tres métodos de secado para la extracción y recuperación del gel de tuna (*Opuntia Subulata*)

**EVALUAR LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA DE LA TUNA (*Opuntia subulata*)
DESHIDRATADO POR TRES MÉTODOS**

Tipo: Valoración

Fecha: _____

Método: Numérico

Hora: _____

Producto: Deshidratado de tuna

Deguste las muestras que se presentan según el tratamiento establecido, califíquelas de acuerdo a la hoja adjunta.

FACTOR DE CALIDAD	PUNTAJE	T1 (Estufa)	T2 (Secador de bandejas)	T3 (Ambiente)
APARIENCIA	2			
COLOR	3			
SABOR	7			
AROMA	3			
TEXTURA	5			
TOTAL	20			

CARACTERISTICAS A EVALUAR EN LA CATACIÓN DEL DESHIDRATADO DE
TUNA (*Opuntia subulata*)

APARIENCIA

0 – 0.5	Buena
1 - 1.5	Muy buena
2	Excelente

COLOR

1	Café oscuro
2	Café verdoso
3	Verde claro

SABOR

1 – 3	Amargo
4 – 6	Ligeramente ácido
7	Ácido

AROMA

1	Extraño
2	Ligeramente acaramelado
3	Acaramelado y ácido

TEXTURA

1 – 2	Carencia de masticabilidad
3 – 4	Granulosa
5	Uniforme

Anexo 2. Encuesta Económica

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
INGENIERIA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

TESIS DE GRADO

Evaluación de tres métodos de secado para la extracción y recuperación del gel de tuna (*Opuntia Subulata*)

ENCUESTA ECONÓMICA DEL DESHIDRATADO DE TUNA "*Opuntia Subulata*"

Responda las siguientes preguntas:

1. ¿CONOCE ACERCA DEL DESHIDRATADO DE TUNA?

SI _____

NO _____

2. ¿CONSUMIRIA EL PRODUCTO SABIENDO QUE ES UN GRAN APORTE NITRACIONAL?

SI _____

NO _____

3. ¿ESTARIA DISPUESTO A PAGAR \$14 POR 100 g?

SI _____

NO _____

Anexo 3. Tiempo experimental del método de secado por Estufa 65 °C

ESTUFA 65 °C						
Tiempo (min)	TUNA (g)	$x_b = \frac{K_s \text{ SÓLIDO}}{K_s}$	$\frac{dx}{dt}$	S (kg)	$W = \frac{S}{A} \left[\frac{dx}{dt} \right]$	l
0	97,3	33,75000	0,4590	0,0973	0,0344	29,0872
10	93,66	32,45000	0,1584	0,0937	0,0330	30,3325
20	89,5	30,96429	0,1566	0,0895	0,0311	32,1095
30	83,66	28,87857	0,1536	0,0837	0,0285	35,0288
40	79,5	27,39286	0,1493	0,0795	0,0264	37,9134
50	73,65	25,30357	0,1438	0,0737	0,0235	42,4894
60	68,7	23,53571	0,1371	0,0687	0,0209	47,7928
70	62,9	21,46429	0,1291	0,0629	0,0180	55,4370
80	58,3	19,82143	0,1198	0,0583	0,0155	64,4402
90	53,6	18,14286	0,1092	0,0536	0,0130	76,8584
100	49	16,50000	0,0974	0,0490	0,0106	94,2882
110	43,65	14,58929	0,0843	0,0437	0,0082	122,3357
120	39	12,92857	0,0698	0,0390	0,0061	165,2241
130	33,69	11,03214	0,0541	0,0337	0,0040	246,9655
140	30,3	9,82143	0,0370	0,0303	0,0025	401,2874
150	26,2	8,35714	0,0186	0,0262	0,0011	923,4179
160	22,3	6,96429	-0,0012	0,0223	-0,0001	-17492,5210
170	18,6	5,64286	-0,0223	0,0186	-0,0009	-1086,8230
180	14,9	4,32143	-0,0447	0,0149	-0,0015	-675,1740
190	11,8	3,21429	-0,0686	0,0118	-0,0018	-556,1200
200	8,8	2,14286	-0,0938	0,0088	-0,0018	-545,1638
210	6,5	1,32143	-0,1204	0,0065	-0,0017	-574,9223
220	4,9	0,75000	-0,1484	0,0049	-0,0016	-618,6925
230	3,64	0,30000	-0,1779	0,0036	-0,0014	-695,0487
240	3,4	0,21429	-0,2087	0,0034	-0,0016	-634,1221
250	2,8	0,00000	-0,2410	0,0028	-0,0015	-666,8643
260	2,8	0,00000	-0,2747	0,0028	-0,0017	-585,0078

Anexo 4. Tiempo experimental del método de secado en el Secador de Bandejas
66 °C

SECADOR DE BANDEJAS 66 °C						
Tiempo (min)	TUNA (g)	$X_i = \frac{KgSÓLIDO}{KgAGUA}$	$\frac{dx}{dt}$	S (kg)	$W = \frac{S}{A} * \left[-\frac{dx}{dt} \right]$	$\frac{1}{W}$
10	96	24,94595	0,0788	0,0960	0,0168	59,450
20	93,74	24,33514	0,0787	0,0937	0,0164	60,964
30	91,8	23,81081	0,0787	0,0918	0,0160	62,306
40	88,3	22,86486	0,0786	0,0883	0,0154	64,812
50	85,4	22,08108	0,0786	0,0854	0,0149	67,040
60	82,6	21,32432	0,0786	0,0826	0,0144	69,340
70	79	20,35135	0,0785	0,0790	0,0138	72,541
80	76,6	19,70270	0,0785	0,0766	0,0134	74,879
90	73,6	18,89189	0,0784	0,0736	0,0128	78,034
100	70,2	17,97297	0,0782	0,0702	0,0122	81,973
110	67,3	17,18919	0,0780	0,0673	0,0117	85,737
120	64,4	16,40541	0,0777	0,0644	0,0111	89,926
130	61,5	15,62162	0,0773	0,0615	0,0106	94,614
140	58,4	14,78378	0,0769	0,0584	0,0100	100,238
150	55,3	13,94595	0,0763	0,0553	0,0094	106,650
160	52,9	13,29730	0,0756	0,0529	0,0089	112,509
170	49,6	12,40541	0,0748	0,0496	0,0082	121,317
180	46,7	11,62162	0,0738	0,0467	0,0077	130,540
190	43,7	10,81081	0,0727	0,0437	0,0071	141,659
200	41,7	10,27027	0,0714	0,0417	0,0066	151,140
210	38,7	9,45946	0,0699	0,0387	0,0060	166,284
220	36	8,72973	0,0683	0,0360	0,0055	183,113
230	33,6	8,08108	0,0664	0,0336	0,0050	201,712
240	30,6	7,27027	0,0643	0,0306	0,0044	228,665
250	28,4	6,67568	0,0620	0,0284	0,0039	255,566
260	25,5	5,89189	0,0594	0,0255	0,0034	296,849
270	23,4	5,32432	0,0566	0,0234	0,0029	339,502
280	20,7	4,59459	0,0536	0,0207	0,0025	405,762
290	18,5	4,00000	0,0502	0,0185	0,0021	484,240
300	16	3,32432	0,0466	0,0160	0,0017	603,541
310	13,77	2,72162	0,0427	0,0138	0,0013	765,907
320	12,5	2,37838	0,0384	0,0125	0,0011	936,914
330	10,5	1,83784	0,0339	0,0105	0,0008	1265,866
340	8,8	1,37838	0,0290	0,0088	0,0006	1766,246
350	7,5	1,02703	0,0237	0,0075	0,0004	2531,646
360	6,6	0,78378	0,0181	0,0066	0,0003	3769,450
370	5,4	0,45946	0,0121	0,0054	0,0001	6884,776
380	4,7	0,27027	0,0057	0,0047	0,0001	16691,890
390	3,72	0,00541	-0,0010	0,0037	0,0000	-117672,901
400	3,71	0,00270	-0,0082	0,0037	-0,0001	-14791,927
410	3,7	0,00000	-0,0158	0,0037	-0,0001	-7701,470

Anexo 5. Tiempo experimental del método de secado al Ambiente.

AMBIENTE 19.66 °c							
Tiempo (h)	TUNA (g)	$X_i = \frac{KgSÓLIDO}{KgAGUA}$	$\frac{dx}{dt}$	S (kg)	$W = \frac{S}{A} \left[-\frac{dx}{dt} \right]$	$\frac{1}{W}$	
0	100	26,02703	0,1890	0,1000	0,0420	23,8095	
3	96,1	24,97297	0,2429	0,0961	0,0519	19,2743	
6	92,5	24,00000	0,2966	0,0925	0,0610	16,4039	
9	87,7	22,70270	0,3495	0,0877	0,0681	14,6796	
12	86	22,24324	0,4015	0,0860	0,0767	13,0311	
15	84,8	21,91892	0,4523	0,0848	0,0852	11,7338	
18	82,9	21,40541	0,5013	0,0829	0,0924	10,8275	
21	81,5	21,02703	0,5485	0,0815	0,0993	10,0669	
24	79,5	20,48649	0,5934	0,0795	0,1048	9,5397	
27	69,3	17,72973	0,6356	0,0693	0,0979	10,2158	
30	51,5	12,91892	0,6750	0,0515	0,0773	12,9450	
33	43,9	10,86486	0,7111	0,0439	0,0694	14,4146	
36	42,4	10,45946	0,7437	0,0424	0,0701	14,2710	
39	41,2	10,13514	0,7724	0,0412	0,0707	14,1415	
42	40,2	9,86486	0,7968	0,0402	0,0712	14,0483	
45	40,1	9,83784	0,8168	0,0401	0,0728	13,7398	
48	39,1	9,56757	0,8318	0,0391	0,0723	13,8359	
51	37	9,00000	0,8417	0,0370	0,0692	14,4496	
54	29,7	7,02703	0,8461	0,0297	0,0558	17,9081	
57	20,9	4,64865	0,8446	0,0209	0,0392	25,4922	
60	15,1	3,08108	0,8370	0,0151	0,0281	35,6049	
63	13,8	2,72973	0,8229	0,0138	0,0252	39,6263	
66	12,4	2,35135	0,8020	0,0124	0,0221	45,2493	
69	10,6	1,86486	0,7740	0,0106	0,0182	54,8499	
72	10,1	1,72973	0,7385	0,0101	0,0166	60,3307	
75	9,6	1,59459	0,6953	0,0096	0,0148	67,4218	
78	8,4	1,27027	0,6439	0,0084	0,0120	83,1989	
81	8	1,16216	0,5841	0,0080	0,0104	96,2990	
84	7,5	1,02703	0,5156	0,0075	0,0086	116,3711	
87	7,1	0,91892	0,4380	0,0071	0,0069	144,7058	
90	6,8	0,83784	0,3510	0,0068	0,0053	188,5370	
93	6,5	0,75676	0,2543	0,0065	0,0037	272,2555	
96	6,4	0,72973	0,1475	0,0064	0,0021	476,6044	
99	6,3	0,70270	0,0304	0,0063	0,0004	2349,4695	
102	6,1	0,64865	-0,0974	0,0061	-0,0013	-757,2728	
105	5,9	0,59459	-0,2363	0,0059	-0,0031	-322,8410	
108	5,8	0,56757	-0,3864	0,0058	-0,0050	-200,7800	
111	5,5	0,48649	-0,5483	0,0055	-0,0067	-149,2319	
114	5,3	0,43243	-0,7221	0,0053	-0,0085	-117,5835	
117	5,2	0,40541	-0,9082	0,0052	-0,0105	-95,2830	
120	5	0,35135	-1,1070	0,0050	-0,0123	-81,3008	
123	4,9	0,32432	-1,3187	0,0049	-0,0144	-69,6401	
126	3,72	0,00541	-1,5438	0,0037	-0,0128	-78,3596	
129	3,7	0,00000	-1,7824	0,0037	-0,0147	-68,2356	
132	3,7	0,00000	-2,0349	0,0037	-0,0167	-59,7668	

Anexo 13. Análisis estadístico del contenido de Humedad (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	Repeticiones						Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI		
0	96,46	96,33	95,83	95,28	95,06	96,34	575,30	95,88
1	7,87	7,72	7,80	7,87	7,80	7,81	46,87	7,81
2	11,38	10,41	10,89	11,38	10,89	10,99	65,94	10,99
3	12,50	11,46	11,98	12,50	12,08	11,98	72,50	12,08

ADEVA

F. Variación	G. L	S. Cuad.	C. medio	Fisher		
				Cal	0,05	0,01
Gran Total	23	33026,44				
Total Trat Alt	17	60,52				
Trat Tot	3	33023,22	11007,74	68401,86	3,10	4,94
Trat Parc	2	59,09	29,54	309,21	3,68	6,36
T0 vs Trat Alt	1	32964,13	32964,13	204838,41	4,35	8,10
Error Tot	20	3,22	0,16			
Error Parc	15	1,43	0,10			
C. Var			1,27			
Media General			31,69			
Media de Trat						
Alt.			10,30			
Sx			0,13			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
0	a	95,84
1	d	7,81
2	c	10,99
3	b	12,08

Anexo 14. Análisis estadístico del contenido de Materia seca (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	Repeticiones						Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI		
0	3,54	3,67	4,17	4,72	4,94	3,66	24,70	4,12
1	92,13	92,28	92,20	92,13	92,20	92,19	553,13	92,19
2	88,62	89,59	89,11	88,62	89,11	89,01	534,06	89,01
3	87,50	88,54	88,02	87,50	87,92	88,02	527,50	87,92

ADEVA

F. Variación	G. L	S. Cuad.	C. medio	Fisher		
				Cal	0,05	0,01
Gran Total	23	33026,44				
Total Trat						
Alt	17	60,52				
Trat Tot	3	33023,22	11007,74	68401,86	3,10	4,94
Trat Parc	2	59,09	29,54	309,21	3,68	6,36
T0 vs Trat						
Alt	1	32964,13	32964,13	204838,41	4,35	8,10
Error Tot	20	3,22	0,16			
Error Parc	15	1,43	0,10			
C. Var			0,59			
Media General			68,31			
Media de Trat Alt.			89,71			
Sx			0,13			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
0	d	4,11
1	a	92,19
2	b	89,01
3	c	87,92

Anexo 15. Análisis estadístico del contenido de Cenizas (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	Repeticiones						Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI		
0	2,02	2,09	2,38	2,69	2,82	2,09	14,09	2,35
1	16,05	15,55	15,79	16,05	15,53	15,79	94,76	15,79
2	15,84	16,11	15,53	15,70	15,27	15,69	94,14	15,69
3	18,66	18,39	18,53	18,42	18,51	17,64	110,15	18,36

ADEVA

F. Variación	G. L	S. Cuad.	C. medio	Fisher		
				Cal	0,05	0,01
Gran Total	23	945,10				
Total Trat Alt	17	28,75				
Trat Tot	3	943,20	314,40	3297,14	3,10	4,94
Trat Parc	2	27,42	13,71	155,13	3,68	6,36
T0 vs Trat Alt	1	915,78	915,78	9603,87	4,35	8,10
Error Tot	20	1,91	0,10			
Error Parc	15	1,33	0,09			
C. Var			2,37			
Media General			13,05			
Media de Trat						
Alt.			16,61			
Sx			0,12			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
0	c	2,35
1	b	15,79
2	b	15,69
3	a	18,36

Anexo 16. Análisis estadístico del contenido de Materia Orgánica (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	Repeticiones						Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI		
0	97,98	97,91	97,62	97,31	97,18	97,91	585,91	97,65
1	83,95	84,45	84,21	83,95	84,47	84,21	505,24	84,21
2	84,16	83,89	84,47	84,30	84,73	84,31	505,86	84,31
3	81,35	81,61	81,47	81,58	81,49	82,36	489,86	81,50

ADEVA

F. Variación	G. L	S. Cuad.	C. medio	Fisher		
				Cal	0,05	0,01
Gran Total	23	944,99				
Total Trat						
Alt	17	28,70				
Trat Tot	3	943,09	314,36	3307,09	3,10	4,94
Trat Parc	2	27,38	13,69	155,64	3,68	6,36
T0 vs Trat						
Alt	1	915,71	915,71	9633,18	4,35	8,10
Error Tot	20	1,90	0,10			
Error Parc	15	1,32	0,09			
C. Var			0,35			
Media General			86,95			
Media de Trat Alt.			83,39			
Sx			0,12			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
0	a	97,65
1	b	84,21
2	b	84,31
3	c	81,64

Anexo 17. Análisis estadístico del contenido de Fibra (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	Repeticiones						Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI		
0	1,98	2,06	2,34	2,64	2,77	2,05	13,84	2,31
1	7,44	7,71	7,57	7,69	7,44	7,57	45,42	7,57
2	5,36	5,49	5,43	5,43	5,39	5,42	32,52	5,42
3	5,21	5,54	5,37	5,35	5,36	5,11	31,94	5,32

ADEVA

F. Variación	G. L	S. Cuad.	C. medio	Fisher		
				Cal	0,05	0,01
Gran Total	23	85,01				
Total Trat Alt	17	19,55				
Trat Tot	3	84,26	28,09	751,74	3,10	4,94
Trat Parc	2	19,36	9,68	776,70	3,68	6,36
T0 vs Trat Alt	1	64,90	64,90	1737,10	4,35	8,10
Error Tot	20	0,75	0,04			
Error Parc	15	0,19	0,01			
C. Var			3,75			
Media General			5,16			
Media de Trat						
Alt.			6,10			
Sx			0,05			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
0	c	2,31
1	a	7,57
2	b	5,42
3	b	5,32

Anexo 18. Análisis estadístico del contenido de Proteína (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	Repeticiones						Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI		
0	3,26	3,38	3,84	4,34	4,54	3,37	22,73	3,79
1	3,22	3,31	3,27	3,32	3,23	3,27	19,62	3,27
2	3,58	3,54	3,56	3,58	3,51	3,55	21,32	3,55
3	3,77	3,58	3,63	3,61	3,63	3,65	21,87	3,65

ADEVA

F. Variación	G. L	S. Cuad.	C. medio	Fisher		
				Cal	0,05	0,01
Gran Total	23	2,39				
Total Trat						
Alt	17	0,49				
Trat Tot	3	0,86	0,29	3,76	3,10	4,94
Trat Parc	2	0,46	0,23	103,34	3,68	6,36
T0 vs Trat						
Alt	1	0,40	0,40	5,27	4,35	8,10
Error Tot	20	1,53	0,08			
Error Parc	15	0,03	0,00			
C. Var			7,75			
Media General			3,56			
Media de Trat						
Alt.			3,49			
Sx			0,02			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
0	a	3,79
1	b	3,27
2	ab	3,53
3	a	4,365

Anexo 19. Análisis estadístico del contenido de Extracto etéreo (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	Repeticiones						Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI		
0	1,45	1,50	1,71	1,94	2,03	1,50	10,13	1,69
1	1,95	2,04	1,99	2,04	1,95	1,99	11,96	1,99
2	1,98	2,15	2,06	2,13	1,98	2,06	12,36	2,06
3	2,41	1,95	2,18	2,18	2,21	2,19	13,12	2,19

ADEVA

F. Variación	G. L	S. Cuad.	C. medio	Fisher		
				Cal	0,05	0,01
Gran Total	23	1,25				
Total Trat Alt	17	0,26				
Trat Tot	3	0,81	0,27	11,97	3,10	4,94
Trat Parc	2	0,12	0,06	6,18	3,68	6,36
T0 vs Trat Alt	1	0,69	0,69	30,77	4,35	8,10
Error Tot	20	0,45	0,02			
Error Parc	15	0,14	0,01			
C. Var			7,56			
Media General			1,98			
Media de Trat						
Alt.			2,08			
Sx			0,04			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
0	c	1,69
1	b	1,99
2	ab	2,06
3	a	2,19

Anexo 20. Análisis estadístico del contenido de Calcio (mg) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	Repeticiones						Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI		
0	99,12	88,08	108,42	132,16	118,56	95,16	641,50	106,92
1	109,63	119,96	114,33	119,32	109,25	114,50	686,99	114,50
2	91,28	101,24	96,24	100,14	91,78	96,13	576,81	96,14
3	70,88	77,03	73,94	74,38	76,49	74,64	447,36	74,56

ADEVA

F. Variación	G. L	S. Cuad.	C. medio	Fisher		
				Cal	0,05	0,01
Gran Total	23	6969,34				
Total Trat						
Alt	17	5008,32				
Trat Tot	3	5427,66	1809,22	23,47	3,10	4,94
Trat Parc	2	4795,53	2397,76	169,02	3,68	6,36
T0 vs Trat						
Alt	1	632,14	632,14	8,20	4,35	8,10
Error Tot	20	1541,67	77,08			
Error Parc	15	212,79	14,19			
C. Var			8,96			
Media General			98,03			
Media de Trat Alt.			95,06			
Sx			1,54			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
0	a	106,92
1	a	114,50
2	b	96,14
3	c	74,56

Anexo 21. Análisis estadístico del contenido de Fósforo (mg) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	Repeticiones						Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI		
0	88,50	80,74	100,08	120,50	111,00	87,11	587,93	97,99
1	116,08	117,20	116,17	116,62	115,64	116,34	698,05	116,34
2	106,34	106,61	106,93	106,86	106,42	106,63	639,79	106,63
3	105,88	107,13	107,38	105,88	107,26	106,86	640,39	106,73

ADEVA

F. Variación	G. L	S. Cuad.	C. medio	Fisher		
				Cal	0.05	0.01
Gran Total	23	2202.29				
Total Trat						
Alt	17	377.29				
Trat Tot	3	1011.97	337.32	5.67	3.10	4.94
Trat Parc	2	373.29	186.65	699.70	3.68	6.36
T0 vs Trat						
Alt	1	638.67	638.67	10.73	4.35	8.10
Error Tot	20	1190.33	59.52			
Error Parc	15	4.00	0.27			
C. Var			7.22			
Media General			106.92			
Media de Trat Alt.			109.90			
Sx			0.21			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
0	b	97,99
1	a	116,34
2	ab	106,63
3	ab	106,73

Anexo 22. Análisis estadístico del contenido de pectina (%) en la tuna (*Opuntia subulata*) deshidratada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	Repeticiones						Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI		
0	1,13	1,63	0,96	1,69	1,42	1,37	8,20	1,37
1	3,03	3,04	2,75	2,48	2,42	2,74	16,46	2,74
2	1,90	1,70	1,52	1,66	1,67	1,69	10,14	1,69
3	1,89	1,70	1,72	1,63	1,61	1,71	10,26	1,71

ADEVA

F. Variación	G. L	S. Cuad.	C. medio	Fisher		
				Cal	0,05	0,01
Gran Total	23	7,31				
Total Trat						
Alt	17	4,82				
Trat Tot	3	6,44	2,15	49,62	3,10	4,94
Trat Parc	2	4,36	2,18	69,87	3,68	6,36
T0 vs Trat						
Alt	1	2,09	2,09	48,23	4,35	8,10
Error Tot	20	0,87	0,04			
Error Parc	15	0,47	0,03			
C. Var			11,08			
Media General			1,88			
Media de Trat Alt.			2,05			
Sx			0,07			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
0	c	1,36
1	a	2,74
2	b	1,69
3	b	1,71

Anexo 23. Análisis estadístico de la apariencia del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Trata	Jueces	Repeticiones						Suma
		I	II	III	IV	V	VI	
1	1	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	12.00
	2	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	11.00
	3	2.00	2.00	2.00	1.50	2.00	2.00	11.50
	4	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	11.00
	5	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	11.00
	6	1.50	2.00	1.50	1.00	2.00	2.00	10.00
	7	1.50	1.50	2.00	2.00	1.00	2.00	10.00
	8	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	9.00
	9	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	9.00
	10	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	9.00
2	1	2.00	1.60	1.70	2.00	2.00	1.00	10.30
	2	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00	10.00
	3	1.80	1.50	2.00	2.00	2.00	2.00	11.30
	4	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7.00
	5	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	9.00
	6	1.50	1.50	1.50	2.00	1.00	1.00	8.50
	7	1.50	1.50	2.00	1.00	1.00	2.00	9.00
	8	2.00	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	9.00
	9	2.00	2.00	1.00	1.50	1.50	2.00	10.00
	10	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	11.00
3	1	1.70	1.70	1.90	2.00	2.00	1.00	10.30
	2	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.50	10.50
	3	1.50	1.00	1.50	2.00	2.00	1.00	9.00
	4	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	8.00
	5	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	9.00
	6	1.50	1.50	1.50	2.00	1.00	2.00	9.50
	7	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	7.50
	8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00
	9	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.50	8.50
	10	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	10.00
		52.00	49.30	49.10	45.00	44.50	47.00	47.98

ADEVA

F. Var	G. L.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher		
				cal	0.05	0.01
Total	179	36.54				
Repeticiones	5	1.37	0.27	1.33	2.27	3.13
Efecto de Trat	2	1.93	0.97	4.68	3.05	4.74
Trat.						
Ajustados	2	0.18	0.09	0.43	3.05	4.74
Jueces	9	3.92	0.44	2.11	1.94	2.52
Error	161	33.24	0.21			
C. Var %			0.29			
Media			1.59			
Sx			0.19			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
1	a	1.725
2	b	1.585
3	b	1.472

Anexo 24. Análisis estadístico del color del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Trata	Jueces	Repeticiones						Suma
		I	II	III	IV	V	VI	
1	1	3.00	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00	15.00
	2	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	18.00
	3	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	18.00
	4	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	15.00
	5	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	14.00
	6	2.00	2.50	2.50	3.00	2.00	2.00	14.00
	7	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	3.00	14.00
	8	3.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	15.00
	9	3.00	3.00	3.00	2.50	2.00	2.50	16.00
	10	2.00	3.00	1.00	3.00	3.00	3.00	15.00
2	1	2.50	2.70	2.40	3.00	3.00	2.00	15.60
	2	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	3.00	16.00
	3	3.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.00	15.00
	4	2.00	2.00	2.00	1.50	1.50	1.50	10.50
	5	3.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00	14.00
	6	2.00	2.00	2.50	2.00	2.00	2.00	12.50
	7	2.00	2.00	2.50	2.00	2.00	3.00	13.50
	8	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	13.00
	9	3.00	2.00	3.00	2.00	2.50	2.50	15.00
	10	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	16.00
3	1	2.00	2.10	2.20	2.00	3.00	2.00	13.30
	2	2.00	3.00	3.00	1.00	2.00	2.00	13.00
	3	2.50	2.00	2.50	3.00	3.00	2.00	15.00
	4	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.50	9.50
	5	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	14.00
	6	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	12.00
	7	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	13.00
	8	2.00	1.00	2.00	3.00	2.00	2.00	12.00
	9	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	14.00
	10	2.00	2.00	1.00	3.00	3.00	3.00	14.00
		74.00	72.80	70.10	68.50	70.50	69.00	71.18

ADEVA

F. Var	G. L.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher		
				cal	0.05	0.01
Total	179	52.05				
Repeticiones	5	0.80	0.16	0.56	2.27	3.13
Efecto de						
Trat.	2	4.89	2.44	8.49	3.05	4.74
Ajustados	2	0.26	0.13	0.46	3.05	4.74
Jueces	9	8.21	0.91	3.17	1.94	2.52
Error	161	46.36	0.29			
C. Var %			0.23			
Media			2.36			
Sx			0.22			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
1	a	2.567
2	b	2.352
3	c	2.163

Anexo 25. Análisis estadístico del sabor del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Trata	Jueces	Repeticiones						Suma
		I	II	III	IV	V	VI	
1	1	7	6.8	6.5	2	5	4	31.3
	2	1	3	3	5	2	6	20
	3	4	5	4	5	6	7	31
	4	6	5	5	4	2	2	24
	5	6	7	6	3	3	3	28
	6	1.5	5.5	5	4	7	6	29
	7	2	3	4	5	5	4	23
	8	5	4	4	2	4	6	25
	9	4	5	6	5	3	5	28
	10	5	6	4	5	7	6.5	33.5
2	1	6.1	6.2	6.3	5	5	4	32.6
	2	1	2	3	3	2	7	18
	3	4	3.5	3.5	6	6.5	6	29.5
	4	4	4	4	2	1	2	17
	5	6	6	6	3	3	3	27
	6	3.5	4.5	5	4	4	5	26
	7	3	3	3.5	3	5	5	22.5
	8	5	4	4	6	5	7	31
	9	5	5	6	4	5	5	30
	10	6	5	5	6	6.5	6.5	35
3	1	6	6.3	6.5	4	5	4	31.8
	2	1	1	4	2	3	5	16
	3	3.5	3.5	3.5	6	6	5.5	28
	4	4	3	3	2	1	2	15
	5	6	6	6	3	3	3	27
	6	1.5	2.5	4	5	3	4	20
	7	2	3	2	5	5	5	22
	8	5	4	3	5	6	6	29
	9	4	4	4	5	4	5	26
	10	5	5	3	4	4.5	5	26.5
		123.1	131.8	132.8	123	127.5	144.5	127.64

ADEVA

F. Var	G. L.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher		
				cal	0.05	0.01
Total	179	412.83				
Repeticiones	5	12.35	2.47	1.02	2.27	3.13
Efecto de Trat.	2	9.75	4.88	2.01	3.05	4.74
Ajustados	2	0.48	0.24	0.10	3.05	4.74
Jueces	9	110.67	12.30	5.07	1.94	2.52
Error	161	390.73	2.43			
C. Var %			0.36			
Media			4.35			
Sx			0.64			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
1	a	4.547
2	a	4.478
3	b	4.021

Anexo 26. Análisis estadístico del aroma del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Trata	Jueces	Repeticiones						Suma
		I	II	III	IV	V	VI	
1	1	3	3	3	2	2	2	15
	2	0	1	0	1	2	2	6
	3	1.5	2	1.5	3	2	3	13
	4	2	2	2	2	2	2	12
	5	2	3	2	1	2	2	12
	6	1	2	1.5	1	3	2	10.5
	7	1.5	2	2	2	2	2	11.5
	8	2	2	2	1	2	3	12
	9	3	2	2	2	2	2	13
	10	3	2	1	2	2.5	2.5	13
2	1	2.8	2.9	3	2	2	2	14.7
	2	1	1	1	1	1	3	8
	3	1.5	1.5	1.5	3	2.5	3	13
	4	2	2	2	2	2	2	12
	5	2	2	3	1	1	2	11
	6	1	1	1.5	1	1	2	7.5
	7	2	2	2	2	2	2	12
	8	2	2	2	2	2	3	13
	9	2	3	2	2.5	2.5	2.5	14.5
	10	2	2	1	2.5	2.5	2.5	12.5
3	1	3	2.9	3	2	2	2	14.9
	2	0	1	1	2	2	2	8
	3	1.5	2	1	2.5	2.5	3	12.5
	4	2	2	2	2	2	2	12
	5	3	2	2	1	1	2	11
	6	1	1	1.5	2	0.5	2	8
	7	1.5	2	2	2	2	2	11.5
	8	2	2	3	2	2	3	14
	9	3	2	2	1.5	2	1.5	12
	10	2	3	2	2.5	2.5	2.5	14.5
		56.3	60.3	55.5	55.5	58.5	68.5	57.22

ADEVA

F. Var	G. L.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher		
				cal	0.05	0.01
Total	179	74.10				
Repeticiones	5	4.84	0.97	2.25	2.27	3.13
Efecto de Trat.	2	0.00	0.00	0.00	3.05	4.74
Ajustados	2	0.22	0.11	0.25	3.05	4.74
Jueces	9	23.09	2.57	5.96	1.94	2.52
Error	161	69.26	0.43			
C. Var %			0.33			
Media			1.97			
Sx			0.27			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
1	a	1.966
2	a	1.970
3	a	1.973

Anexo 27. Análisis estadístico de la textura del deshidratado de tuna (*Opuntia subulata*).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Trata	Jueces	Repeticiones						Suma
		I	II	III	IV	V	VI	
1	1	5.00	4.90	5.00	4.00	4.00	4.00	26.90
	2	2.00	3.00	3.00	5.00	4.00	5.00	22.00
	3	3.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	22.00
	4	5.00	3.00	3.00	3.50	3.50	3.50	21.50
	5	5.00	5.00	5.00	1.00	3.00	3.00	22.00
	6	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	24.00
	7	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	30.00
	8	5.00	4.00	4.00	2.00	4.00	5.00	24.00
	9	5.00	4.00	4.00	3.00	3.00	4.00	23.00
	10	4.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.50	22.50
2	1	4.50	4.70	5.00	4.00	4.00	3.00	25.20
	2	3.00	3.00	3.00	1.00	3.00	5.00	18.00
	3	3.50	2.00	3.00	4.50	4.00	4.50	21.50
	4	5.00	4.00	3.00	3.50	3.00	3.50	22.00
	5	5.00	5.00	5.00	2.00	3.00	3.00	23.00
	6	4.00	4.00	4.00	2.00	3.00	4.00	21.00
	7	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	30.00
	8	5.00	4.00	4.00	4.00	3.00	5.00	25.00
	9	4.00	4.00	4.00	3.00	3.50	4.00	22.50
	10	4.00	5.00	3.00	4.00	4.00	4.50	24.50
3	1	5.00	4.90	5.00	4.00	4.00	3.00	25.90
	2	2.00	3.00	2.00	4.00	3.00	3.00	17.00
	3	3.00	3.00	2.00	4.00	5.00	5.00	22.00
	4	5.00	4.00	4.00	3.50	4.00	4.00	24.50
	5	5.00	5.00	5.00	1.00	3.00	3.00	22.00
	6	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00	4.00	22.00
	7	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	30.00
	8	5.00	5.00	4.00	3.00	4.00	4.00	25.00
	9	4.00	4.00	5.00	2.50	3.50	3.00	22.00
	10	3.00	3.00	4.00	4.00	4.50	4.50	23.00
		127.00	121.50	118.00	102.50	113.00	122.00	116.40

ADEVA

F. Var	G. L.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher		
				cal	0.05	0.01
Total	179	154.94				
Repeticiones	5	12.57	2.51	2.85	2.27	3.13
Efecto de Trat	2	0.27	0.13	0.15	3.05	4.74
Trat. Ajustados	2	0.43	0.22	0.25	3.05	4.74
Jueces	9	38.66	4.30	4.87	1.94	2.52
Error	161	142.10	0.88			
C. Var %			0.24			
Media			3.91			
Sx			0.38			

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN WALLER – DUNCAN al 5%

Tratamientos	Grupo	Promedio
1	a	3.965
2	a	3.878
3	a	1.973