



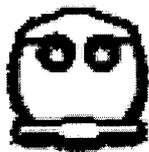
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

BEBIDA BAJA EN CALORÍAS A BASE DE
NOPAL DESHIDRATADO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE :
QUÍMICA DE ALIMENTOS
P R E S E N T A :
CERVANTES MORALES MARÍA DEL ROCIO



OCTUBRE 2006

The coat of arms of the Faculty of Chemistry, featuring a shield with a central figure and a banner below it.

EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA

MEXICO, D.F.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

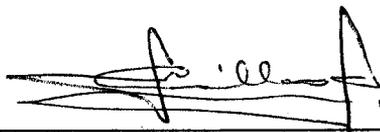
Jurado Asignado:

Presidente	Prof. Marcos Francisco Baez Fernández
Vocal	Prof. Marco Antonio León Félix
Secretario	Prof. Francisco Javier Casillas Gómez (Asesor)
1er. Suplente	Prof. Maria de Lourdes Gómez Ríos
2º. Suplente	Prof. Patricia Severiano Pérez

Sitio donde se desarrollo el tema. Facultad de Química de la UNAM. Ciudad Universitaria.



María del Rocio Cervantes Morales
Sustentante



Francisco Javier Casillas Gómez
Asesor del Tema

AGRADECIMIENTOS :

**"A Dios"
Le agradezco
por haberme dado la
fuerza necesaria para
continuar con todos
mis compromisos académicos
y familiares.**

**“A Mis papas”
Por haberme apoyado
siempre en cualquier circunstancia
con todo su amor;
y por enseñarme a ser una
mejor persona; honrada y responsable.**

“Los quiero mucho”

**“A mi esposo Antonio Assaff y Maria Fernanda mi hija”
Por darme todo su apoyo y cariño;
Y por enseñarme que todo se puede,
mientras uno se lo propone.**

“Los adoro”

“A mis hermanos:

José Luis. Por haberme dado tanto apoyo, cariño y un buen ejemplo en el ámbito del estudio; demostrando que si se puede lograr lo que uno se propone por el bien de la familia.

Sergio Alejandro. Por darme incondicionalmente todo su apoyo y cariño en los momentos más difíciles de mi vida.

Elizabeth y Ruth. Por haberme demostrado todo su apoyo y cariño en los momentos más difíciles de mi vida y comprendí que el amor de una familia es insustituible.

Ricardo. Porque sin ninguna obligación nos ayudaste a mí y a mi familia en los momentos más complicados; y por haberte acercado a mi hija como tío y amigo.

**“Gracias a todos por tanto cariño”
“Los quiero mucho”**

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN	7
2.- OBJETIVOS	8
3.- ANTECEDENTES	9
3.1.- GENERALIDADES DEL NOPAL	9
3.1.1.- CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL NOPAL	10
3.1.2.- ESPECIES DEL NOPAL	11
3.1.3.- PRODUCCIÓN DEL NOPAL	12
3.1.4.- GRAFICA DE PRODUCCIÓN DE NOPAL	13
3.1.5.- ESTADOS PRODUCTORES DE NOPAL	14
3.1.6.- COMPOSICIÓN QUÍMICA	15
3.1.7.- VALOR NUTRITIVO	18
4.- METODOLOGIA	19
4.1.- SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	20
4.1.1.- EL NOPAL	20
4.1.2.- EDULCORANTE	20
4.1.3.- GOMA DE XANTANA	21
4.1.4.- SABORIZANTE (LIMÓN)	22
4.1.5.- ÁCIDO CÍTRICO	23
4.2.- PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA BEBIDA	24
4.2.1.- LIMPIEZA Y LAVADO DEL NOPAL	24
4.2.2.- MOLIENDA	24
4.2.3.- DESHIDRATADO	25
4.2.4.- MOLIENDA	27
4.2.5.- TAMIZADO	27
4.2.6.- POLVO DE NOPAL	28

4.3.- DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL DESARROLLO DEL PRODUCTO	29
4.3.1 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ADECUADA DE NOPAL Y GOMA XANTANA	29
4.3.2 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ADECUADA DE ÁCIDO CÍTRICO Y AZÚCAR DE STEVIA	30
4.3.3 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ADECUADA DE SABOR LIMÓN	31
4.4.- OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA	32
4.4.1.- MEZCLA DE INGREDIENTES	32
4.4.2.- PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA	33
4.5.- PRUEBA DE NIVEL DE ACEPTACIÓN A LA FÓRMULA	36
5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS PROXIMAL	38
5.1 DISCUSIÓN	38
6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	39
6.1 DISCUSIÓN (cuadro 6.1)	39
6.2 DISCUSIÓN (cuadro 6.2)	40
6.3 DISCUSIÓN (cuadro 6.3)	41
7.- FORMULACIÓN	42
7.1 DISCUSIÓN	42
8.- RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ACEPTACIÓN	43
8.1 DISCUSIÓN	43
9.- CONCLUSIONES	44
ANEXOS	45
BIBLIOGRAFÍA	61

1. INTRODUCCIÓN

Dada la importancia que ha tenido el nopal verdura en nuestro país desde el punto de vista económico, religioso y cultural; en éste trabajo se propone elaborar un producto a base de nopal en polvo bajo en calorías, aprovechando su bajo costo, sus propiedades nutricionales, su composición química (9 y 10), su efecto hipoglucémico (24 a 29), el aumento en la producción constante (12) y otras virtudes en tratamientos de úlcera, control de peso e inflamación estomacal (17).

Gracias a la gran aceptación del nopal como verdura y debido a que es más el cultivo que su demanda (12); se ha llevado a cabo el desarrollo de un producto derivado del mismo con un proceso de elaboración sencilla; donde el nopal es la materia prima principal y que los demás componentes se encuentren en un rango de toxicidad permisible para el consumo humano.

Tomando en cuenta los muchos productos ya desarrollados se puede afirmar que este producto es diferente, ya que se persigue darle al consumidor una bebida instantánea endulzada sin azúcar como las que acostumbra adquirir en los centros comerciales solo que ésta ha sido desarrollada con cuatro ingredientes de origen natural.

Tal es su importancia, que el mercado internacional de los alimentos es uno de los sectores donde la dinámica de cambio se presenta con mayor intensidad, dando cabida a la explotación del mismo, es decir desde hace unos años se ha ido desarrollando una serie de productos a base de nopal como son: shampoos, cremas adelgazantes, cápsulas de nopal deshidratado, nopal en polvo envasado, productos enriquecidos con vitaminas, minerales y proteínas, etc. Incluyendo un porcentaje muy bajo de nopal y otras sustancias más. (9)

2. OBJETIVOS

- ❖ Elaborar una bebida a base de nopal en polvo con un contenido calórico de 75% menos que otras bebidas a base de nopal.

- ❖ Establecer formulación y proceso de elaboración de una bebida.

- ❖ Darle una mayor variedad a la utilización del nopal.

3. ANTECEDENTES

3.1 GENERALIDADES DEL NOPAL

A través de la historia y costumbres de nuestro país, se puede conocer la importancia que adquirieron las cactáceas entre las culturas prehispánicas, ya que formo parte de sus códices, monumentos, pinturas y cerámicas; así como la vida económica social y religiosa. Hasta la fecha es bien conocido por todos los mexicanos el lugar que ocupa el nopal tierno en la alimentación de nuestro país, y aunque tenga un bajo valor alimenticio desde el punto de vista de alimentos biogénicos, constituye un alimento tradicional. Nopal se llama a varias especies del género *Opuntia* (subgénero *plantyopuntia*) de la familia de las cactáceas. Esta familia es originaria de América y se han encontrado 258 especies de las cuales 100 se encuentran en México, mismas que pueden ser arbóreas (Tabla 2), arbustivas o rastreras, con o sin tronco bien definido. Además el nopal forrajero es destinado a la alimentación del ganado dando buenos resultados durante largos periodos de tiempo, siendo éste alimento forrajero el más importante en el país, no obstante de su gran aceptación como alimento tradicional mexicano.

3.1.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL NOPAL

Tabla 1. Clasificación taxonómica del nopal

REINO	Vegetal
SUBREINO	Fanerógamas
TIPO	Angiospermas
CLASE	Dicotiledóneas
SERIE	Dipétalas
FAMILIA	Cactáceas
GENERO	Opuntia
SUBGÉNERO	Cilindropontea Platypontea
ESPECIES	Vulgaris
ORDEN	Cactales
TRIBU	Opunteoideas

Fuente: Granados D. El nopal. Trillas; México 1991.

3.1.2 ESPECIES DE NOPAL

Tabla 2. Especies de nopal.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DISTRIBUCIÓN EN LA REPUBLICA MEXICANA	OBSERVACIONES
Cacanapo	<i>O. lindhiemeri</i> <i>O. engelmannii</i>	Planicie costera de Tamaulipas, Aguascalientes, Durango, Nuevo León, Zacatecas, norte de Sonora y Baja California.	Suelos Profundos de origen ígneos pluviales. Especie forrajera
Cuija	<i>O. catabrigiensis</i>	Planicie costera de Tamaulipas, Coahuila, Nuevo León, Durango, Aguascalientes y Zacatecas.	Especie forrajera
Cegador	<i>O. microdasys</i>	Noreste de Durango, sur y centro de Coahuila, Zacatecas e Hidalgo.	Especie forrajera
Espina amarilla	<i>O. crysacantha</i>	Nuevo León y Coahuila	Especie forrajera
Penca redonda	<i>O. Lucena</i>	Nuevo León	Especie forrajera
Coyotillo	<i>O. azurea</i>	Nuevo León	Especie forrajera
Nopal	<i>O. tenuipina</i>	Nuevo León	Especie forrajera
Nopal criado	<i>O. pilífera</i>	Puebla y Oaxaca	Especie forrajera
Nopal serrano	<i>O. atenopétala</i>	Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Zacatecas, Hidalgo, Guanajuato y Querétaro	Especie forrajera
Nopal manso blanco	<i>O. megacantha</i>	San Luis P., Guanajuato, Zacatecas y Aguascalientes.	Especie alimenticia y tunera
Nopal memela	<i>O. hyptiacantha</i>	Mesa central	Especie tunera
Nopal común	<i>O. ficus indica</i>	Hidalgo, D.F., Puebla y Estado de México.	Especie alimenticia
Cardón	<i>O. Streptacantha</i>	San Luis P., Zacatecas, Hidalgo, Guanajuato, Querétaro, Puebla, Oaxaca, Estado de México y Aguascalientes.	Especie alimenticia, forrajera y tunera.
Duraznillo	<i>O. lewcotrichia</i>	San Luis P., Zacatecas, Durango, Hidalgo, Guanajuato y Querétaro.	Principalmente suelo calcáreo Especie alimenticia y tunera.
Tapona	<i>O. robusta</i>	San Luis Potosí y Zacatecas.	Especie forrajera
Cardencha	<i>O. imbricata</i>	San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León.	Especie forrajera
Rastrero	<i>O. rastrero</i>	Noreste de los Estados de Zacatecas, San Luis P., Nuevo León y Coahuila.	Especie forrajera
Chivero	<i>O. macrocenta</i>	Durango, Chihuahua y Coahuila.	Especie forrajera

Fuente: Perez Sandi Rosa M. Alternativas para la conservación e industrialización del nopal 1990.

3.1.3 PRODUCCIÓN DEL NOPAL

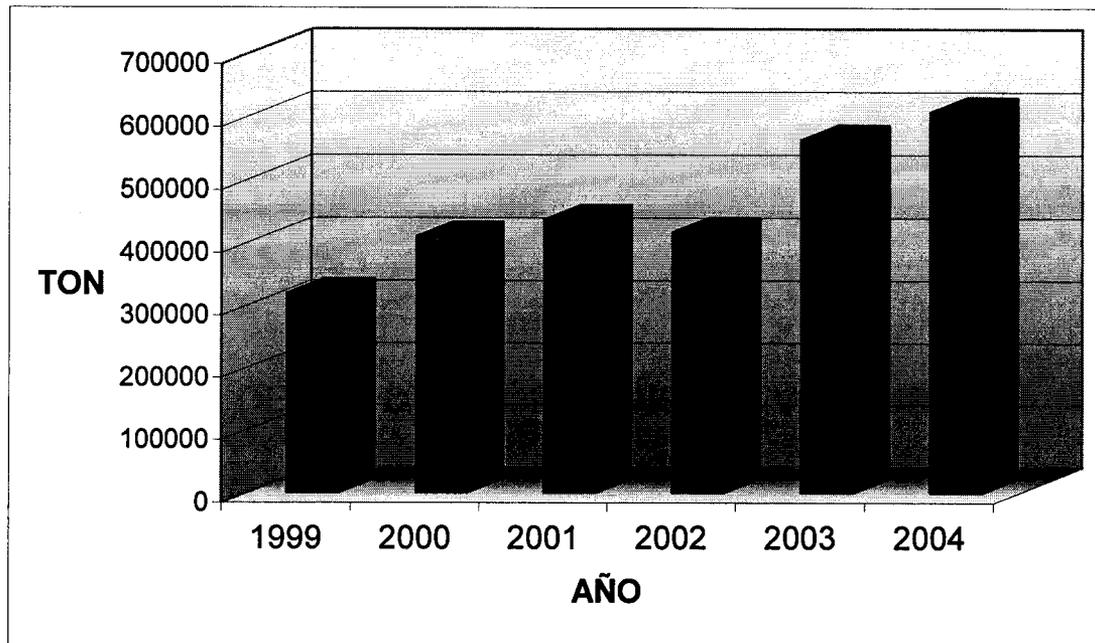
Tabla 3. Producción de nopal (Toneladas por año)

ESTADO	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Aguascalientes	4,723	8,391.5	13,178	10,783	10,571	0
Baja California	5,782.75	9,475.20	9,180.36	12,267	11,660.38	0
Baja C. Sur	148	306	306	302	19	256,620
Colima	251	537.30	270	175.50	132	281.5
Chihuahua	18	0	0	2,230	465	0
Distrito Federal	258,985	284,961.50	303,755	280,269.50	336,255.41	276,470.00
Guanajuato	2,367	4,498.24	4,477.50	5,106.50	4,117	143.24
Guerrero	0	235	125	0	127	202
Hidalgo	235	445	3,500	3,475.50	3,752.25	3,670
Jalisco	2,586	2,331	3,731	7,457.50	8,561.50	0
México	7,494.50	14,144	14,464.20	24,585	108,643.75	82,007
Michoacán	3,883	6,821	7,023	7,88.25	7,060	6,482
Morelos	21,832.50	59,510	61,110	43,625	54,350	185,650
Nayarit	30	374.25	322.75	268.50	261	557
Oaxaca	0	0	0	1,098	1,160.04	1,025
Puebla	4,325	5,928	6,28	6,423	6,524	7,051
Querétaro	0	0	0	451	403.32	79
Quintana Roo	276	266	206	156	116	94
Reg. Lagunera	0	0	52	31	222	0
San Luis P.	771.60	770.80	764	1,134	1,007.90	1,200.24
Sinaloa	0	0	142	103	180	31.4
Sonora	0	113	92	282.10	339	309
Tamaulipas	2,664	1,589	2,406.78	3,836.80	2,310.62	2,284.05
Veracruz	140	160	155	35	50	233,840
Zacatecas	1,938	3,603	4,653	4,515	5,155	0
TOTAL	318,450.35	404,459.79	436,221.59	415,957.15	563,443.17	607,674.04

Fuente: SAGARPA. ANUARIO ESTADÍSTICO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS 1999-2004.

3.1.4 GRÁFICA DE PRODUCCIÓN DE NOPAL VERDURA

Gráfica 1. Producción nacional de nopal verdura (ton/año)



Fuente: SAGARPA. ANUARIO ESTADISTICO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS 1999-2005

3.1.5 ESTADOS PRODUCTORES DE NOPAL

En el siguiente mapa se observan todos los estados productores de nopal; pero en algunos años hay estados que no reportan datos de producción.

Esquema 1. Mapa de estados productores de nopal.



Fuente: SAGARPA. ANUARIO ESTADISTICO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS 1999-2005

3.1.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL NOPAL

3.1.4.1 HUMEDAD.-El agua constituye el principal componente químico de las cactáceas. Su contenido varía mucho según su especie y en cada especie varía con relación a la humedad del suelo, En un estudio de seis especies de nopales en el valle de México se encontró que la humedad variaba de 79% a 94% en muestras frescas, según las condiciones del terreno.

3.1.4.2 SALES MINERALES.-Las sales minerales presentes en los nopales varían aún dentro de la misma especie según a composición del suelo y la disponibilidad de ellas para la planta. Desde el punto de vista nutrimental, las sales minerales forman parte de los componentes importantes para un mejor funcionamiento del organismo.

3.1.4.3 AZÚCARES.-Autores como Fernández Landero (1949), Domínguez (1969), Knigh y Petit(1969) y Tabak y Pushek (1969), Han realizado estudios para determinar que tipo de azúcares están presentes en el nopal; éstos estudios han demostrado la presencia de monosacáridos y polisacáridos, existiendo estos en diferentes proporciones según la especie y la edad de la planta. Entre los polisacáridos se encuentra el almidón el cual constituye la original reserva nutricional de las plantas superiores. También se practicaron análisis de fibra cruda en diferentes especies y se encontró una gran variación, ya que se han reportado desde 11.75% a 18.75% hasta 37.4% a 81.88% sobre peso húmedo. Estos estudios se han realizado con diferentes especies en climas variados y se han de suponer bajo condiciones de laboratorio que varían, así como diferentes años dando todo esto como resultado una gran variación en los intervalos que por lo mismo no puede ser normalizada. La goma que se conoce como "goma del nopal" puede ser observada cuando plantas o tallos sufren algún daño físico, como la perforación producida por un insecto comenzando a exudar dicha goma.

En 1969 Tabak y Puscheck determinaron que por cromatografía e hidrólisis; arabinosa, galactosa, y ácido galacturónico. Los mucílagos son polisacáridos que al tener contacto con el agua forman dispersiones viscosas y poseen una enorme facilidad para embeberlo; es decir, gracias a éste polímero las cactáceas pueden retener el agua durante largos periodos de tiempo.

Las sustancias pécticas son un grupo de polisacáridos, en los cuales el ácido D-galacturónico es el principal componente. Las pectinas son muy utilizadas en la preparación de jaleas y mermeladas y éstas son obtenidas de las frutas como la tuna y las pitayas entre otras. En el proceso metabólico de las cactáceas se forman diversos ácidos orgánicos el más abundante de las cactáceas es el ácido oxálico que se encuentra bajo la forma de su sal de calcio.

3.1.4.4 GRASAS.-Las grasas y los aceites que son representantes de los lípidos no se han encontrado en abundancia en los nopales, pero si en sus semillas, que forman un componente químico importante que puede ser aprovechado para la obtención de aceites de consumo humano. En 1914 (Smith y Menton) obtuvieron a partir de las semillas del nopal un aceite semisecante y claro constituido por glucidos de ácido oléico, linoléico y palmítico. Las ceras se encuentran en las cápsulas de secreción y forman una capa protectora en tallos y frutos teniendo un papel muy importante en la conservación de la humedad. El látex son algunos líquidos en las plantas con apariencia lechosa y es debida a la suspensión de partículas finas en un medio de dispersión líquido. Se ha experimentado con el látex de variedades del género *Opuntia* donde éste previo tratamiento y refinamiento produce un hule de muy buena calidad.

3.1.4.5 PIGMENTOS.- Los principales pigmentos conocidos en las cactáceas pertenecen a los siguientes grupos: clorofiloides, carotenoides y fenolíticos. La clorofila es el principal pigmento de las cactáceas, se encuentra concentrado en el parénquima clorofiliano debajo de la epidermis de los tallos o de las hojas cuando éstas existen. No se encuentra libremente disuelta en el jugo celular sino que se haya contenida en los cloroplastos. Como es sabido la clorofila desempeña la importantísima función de absorber la energía lumínica y transformarla en energía química necesaria para la vida de las plantas.

Los pigmentos carotenoides abarcan dos grupos: los carotenos y xantofilas. El B-caroteno es el principal constituyente de las hojas y los tallos de las cactáceas además de ser precursor de la vitamina A. Los compuestos fenólicos se encuentran en el grupo de compuestos fenólicos con dos anillos aromáticos entre otros los flavonoides isoflavonoides, benzalcumarinas y rotenoides.

3.1.4.6 COMPUESTOS NITROGENADOS.- Entre los compuestos nitrogenados se encuentran las proteínas principalmente, bases nitrogenadas ácidos nucleicos y alcaloides.

3.1.4.7 VITAMINAS.- Fernández Landero (1949) encontró las siguientes vitaminas en tallos tiernos de *Opuntia hyptiacantha*: ácido ascórbico, caroteno, tiamina, riboflavina y niacina. (9,10)

3.1.7 VALOR NUTRITIVO DEL NOPAL

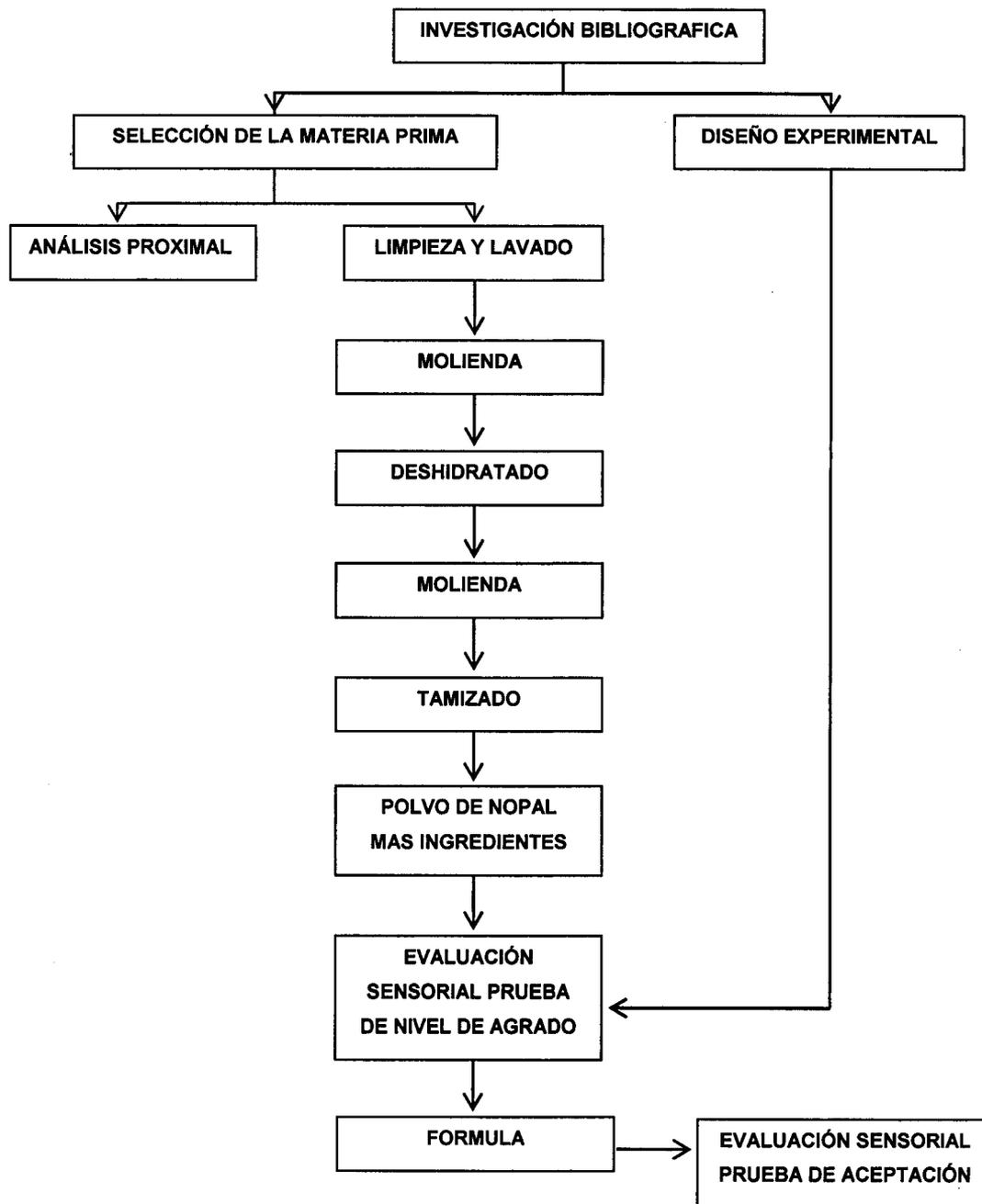
Tabla 4. Valor nutritivo del nopal

Opuntia sp.	%
Porción comestible	78
Humedad	90.01
Fibra g.	3.5
Carbohidratos g.	5.6
Proteína total g.	1.7
Grasa total g.	0.3
Energía cal.	31.9
Minerales	%
Calcio mg.	93
Hierro mg.	1.6
Sodio mg.	2
Potasio mg.	166
Vitaminas	%
Retinol mcg.	41
Ácido ascórbico mcg.	8
Tiamina mg.	0.03
Riboflavina mg.	0.06
Niacina mg.	0.3
Aminoácidos	
Lisina mg.	4
Isoleusina mg.	4
Treonina mg.	4.8
Valina mg.	3.8
Leucina mg.	5.2

Fuente: Tabla de valor nutritivo de los alimentos. Instituto Nacional de Nutrición.

4. METODOLOGIA

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA BEBIDA



4.1 SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1 NOPAL.

Se seleccionó nopal verdura (*Opuntia ficus indica*) porque es la especie que más abunda en la zona de Milpa Alta en el D.F., y es la que más se vende en éstas regiones; siendo ésta una verdura deliciosa, económica y abundante en nuestro país, además de que tiene muchas propiedades curativas (15,24 a 29). Debido a que solo se eligió ésta especie para desarrollar éste producto debo decir que hay muchas especies de nopal en México (Tabla 2), sólo que ésta es la más común en el D.F. en la región donde se realizó dicho trabajo.

También se seleccionaron los siguientes aditivos que son los que coadyuvan al nopal en polvo a tener características de bebida.

4.1.2 EDULCORANTE.

Se eligió el azúcar de un esteviosido porque es de origen natural, no es tóxica y tiene muchas aplicaciones las cuales se mencionaran a continuación: Es una extracción de la hierba dulce stevia rebaudiana originaria de las selvas de Brasil y Paraguay. En la actualidad, crece en esas regiones y en Japón, Corea, Tailandia y China. Se usa principalmente como edulcorante dietético para alimentos y bebidas, especialmente porque no parece aportar calorías ni modificar niveles de azúcar en sangre, como hacen la mayoría de los edulcorantes naturales (como el azúcar o la miel). Las hojas se usan en preparaciones medicinales ya que contiene carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales.

Varios glicósidos, en particular la steviósida, proporcionan a ésta hierba su sabor dulce. La steviósida es de 100 a 200 veces más dulce que el azúcar. Los primeros informes indicaban que podía reducir los niveles de azúcar en sangre, su uso como edulcorante podría reducir el consumo de azúcares en pacientes con niveles elevados de azúcar en sangre (como los diabéticos). Otros estudios demuestran que la hierba dulce dilata los vasos sanguíneos en los animales, lo que podría reducir la

presión arterial. Además tiene efectos benéficos en la absorción de la grasa. Las cantidades usadas en esos estudios fueron mayores que las que se usan como edulcorante y éste efecto no se ha demostrado en humanos. También funciona como antiinflamatorio, funguicida, antiviral, anticaries, ayuda a evitar la fatiga, antioxidante, reduce el hambre y otras muchas más bondades.

Se puede usar menos de 1 g. ($\frac{1}{4}$ de cucharadita) al día como edulcorante. Generalmente se añade la hierba molida directamente al té o a los alimentos. Una taza de azúcar equivale a $1\frac{1}{2}$ a 2 cucharadas de la hierba fresca o $\frac{1}{4}$ de cucharadita de polvo de extracto. Los estudios realizados en animales y en el hombre demuestran que la hierba dulce no produce efectos secundarios de ninguna clase, como efectos mutagénicos u otros efectos que dañen la salud.

Estudios determinan su actividad antibiótica, especialmente contra las bacterias *E. coli*, *Stafilococcus aureus* y *Corynebacterium diphtheriae* así como también contra el hongo *Candida albicans* productor de vaginitis en la mujer (43).

4.1.3 GOMA DE XANTANA.

En los productos donde la fibra podría llegar a ser un problema debido a su alto grado de sedimentación se emplean hidrocoloides, los cuales evitan éste tipo de problemas; además de dar cuerpo a las bebidas es por eso que en éste caso se eligió la goma xantana ya que además de ser de origen animal no es tóxico (maneándolo siempre dentro del rango permitido) y es muy utilizado en la industria alimentaria. La goma xantana es un heteropolisacárido ramificado y sintetizado por diferentes tipos de especies bacterianas como: *Xantomonas* principalmente *X. Campestre*, por unidades de D-glucosa, D-manosa y el ácido glucurónico, grupos acilo y el ácido pirúvico su peso molecular es superior al millón, es soluble en agua fría o caliente y forma soluciones viscosas muy estables al calor y con sales a un pH de 6-9, no es tóxico y es recomendado para éste tipo de bebidas (10). Algunos hidrocoloides son prácticamente indigeribles y por consiguiente se les ha considerado durante mucho tiempo como fisiológicamente inertes para el consumo humano.

Se han descubierto por ejemplo que ciertas carrageninas modificadas pueden causar graves lesiones en las paredes intestinales de los animales de experimentación. La importancia de éstos descubrimientos frecuentes al empleo práctico de los hidrocoloides como aditivos para alimentos no resulta muy claro y muchos de éstos materiales siguen siendo vistos como inocuos.(31)

4.1.4 SABORIZANTE. (LIMÓN)

El sabor y aroma de los alimentos resulta de la estimulación simultánea por un gran número de constituyentes de los alimentos, de receptores situados en la boca y en la cavidad nasal. La estructura de los constituyentes, las cantidades presentes en los alimentos, la intensidad y naturaleza de las percepciones sensoriales que provoca ya sean solos o en asociación, constituye la base de numerosas investigaciones cuyo objetivo final es la mejora del sabor de los alimentos (10). En éste caso se eligió el sabor limón 3522 marca David Michael de México; porque su sabor es agradable y es parecido a lo natural; siendo el objetivo mayoritario darle un sabor definido a la bebida. La adición a los alimentos de sustancias aromáticas naturales o sintéticas pueden ser un camino para ésta mejora. Este camino exige bien la preparación de extractos naturales más o menos concentrados o la síntesis de moléculas aromáticas parecidas o idénticas a las moléculas naturales, así como la reconstitución de mezclas complejas que emiten los aromas naturales.

4.1.5 ÁCIDO CÍTRICO.

Se eligió el ácido cítrico porque es un compuesto muy versátil; ya que además de utilizarse para la preparación de bebidas en polvo, actúa impidiendo el crecimiento bacteriano y la geminación de esporas, también refuerza determinados sabores, cubren otros indeseables, regulan determinados valores de pH y actúan sinérgicamente con algunos antioxidantes. Cambian la viscosidad y la fluidez de las pastas y la calidad de los pasteles. No es tóxico si es utilizado en dosis adecuadas, es fácilmente degradable, por eso es considerado como aditivo alimenticio inofensivo. Este ácido que es cristalino y poco hidrófilo, se emplea para la preparación de bebidas en polvo. Se encuentra en las frutas y las verduras; además es producto normal del metabolismo intermediario. Pero en grandes dosis inhibe la reabsorción del calcio en el intestino dada su gran afinidad por el calcio.(31)

4.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA BEBIDA DE NOPAL

4.2.1 LIMPIEZA Y LAVADO DEL NOPAL

La limpieza y lavado se aplican en la mayoría de las frutas y hortalizas. Son operaciones especialmente impartidas para los vegetales que tienen tierra o arena adherida junto con la elevada carga microbiana, sobre todo *Clostridium botulinum* procedente del suelo. Estas operaciones deben realizarse rápidamente y antes del proceso de elaboración para evitar averías en las instalaciones por contaminación, y para ahorrar en tiempo y dinero que consumiría el procesado de las partes indeseables. También se evitan pérdidas productivas por la proliferación de microorganismos patógenos durante el almacenamiento o espera antes de su elaboración. Por lo tanto la limpieza y el lavado además de mejorar los resultados del proceso supone una protección adicional para la salud del consumidor.(47)

Método utilizado: Se limpió el nopal; quitando las espinas con un cuchillo casero de sierra y se lavó con una brocha al chorro de agua para dejar la penca libre de tierra y espinas.

4.2.2 MOLIENDA

La molienda se llevó a cabo en una licuadora Osterizer troceando las pencas en partes más pequeñas para no dañar el equipo. Con el objetivo de tener una mezcla homogénea y facilitar así el deshidratado del nopal.

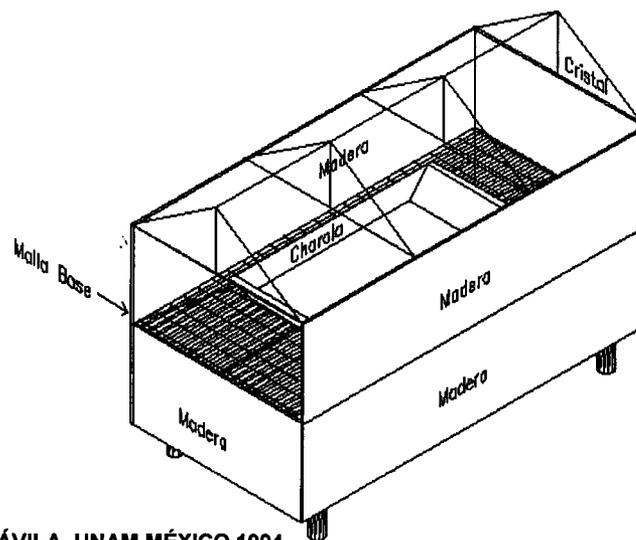
4.2.3 DESHIDRATACIÓN

La deshidratación es el proceso mediante el cual se reduce el contenido de humedad de un producto alimenticio hasta un nivel que limita el crecimiento microbiano así como las reacciones químicas; teniendo como finalidad principal alargar la vida útil del producto final. En la mayoría de las operaciones se utiliza aire caliente y los secaderos de aire se han utilizado durante años a lo largo de todo el mundo. (ANEXO III)

Pero el objetivo principal del deshidratado del nopal es precisamente para obtener el polvo que es la materia prima principal para la elaboración de la bebida.

El proceso de deshidratación que se llevó a cabo en éste trabajo es el siguiente: Primero se muele el nopal, se coloca en charolas de papel aluminio y se llevan a deshidratar a un secador solar (48) (Esquema 2), ya que es un artefacto que no requiere de combustible orgánico ni de energía eléctrica; únicamente se requiere la luz del sol para que provoque un efecto de calentamiento en el interior del secador y con la corriente de aire se lleva a cabo un intercambio de aire húmedo que sale y aire seco que entra hasta la total deshidratación del nopal. (Esquema 3)

ESQUEMA 2. SECADOR SOLAR



FUENTE: CARLOS A. TORRES ÁVILA UNAM MÉXICO 1994.

Con las condiciones siguientes:

Para que se lleve a cabo la circulación de aire se deja un espacio de 3 X 90 cm. en el bastidor inferior que fingirá como entrada de aire fresco, la salida se encuentra en la parte alta del parte aguas en el lado opuesto a la entrada. Para que de éste modo circule el aire dentro de la cámara de secado, el sistema no requiere de un extractor de aire. Solamente que se requiera de aumentar la eficiencia del mismo se instala a la salida del aire un extractor de tipo axial, poniéndolo a funcionar en cuanto las condiciones eólicas no sean las favorables para el secado.

El flujo del aire está dado por el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\text{Gasto} = \text{m}^3 / \text{s} = A \times V$$

Donde

A = Area de alimentación del aire

V = Velocidad del aire

Siendo entonces

$$A = (0.90 \text{ m.}) (0.03 \text{ m.}) = 0.027 \text{ m}^2$$

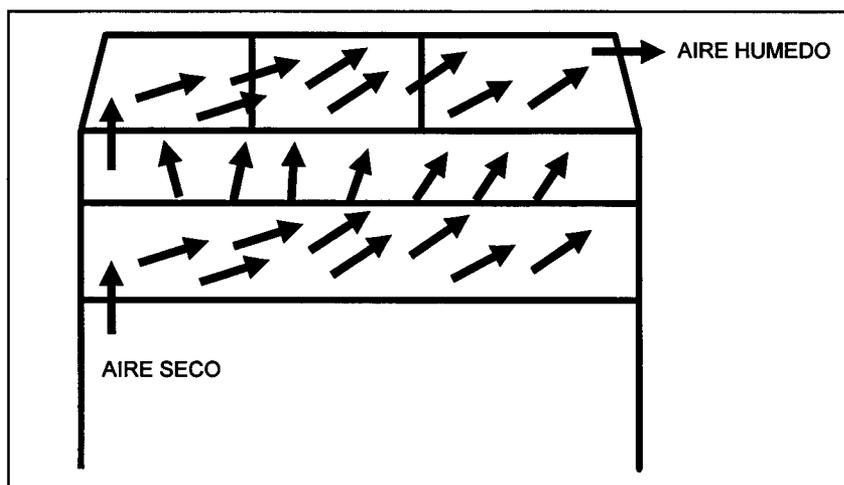
$$V = 1 \text{ m} / \text{s}$$

Quedando

$$\text{Gasto o caudal} = 0.027 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Con una temperatura máxima de 60° C Desde las 11:00 AM hasta las 18:00 PM

Se eligieron las hojas de papel aluminio en forma de charola ya que son antiadherentes (para éstos fines), permitiendo despegar las costras de nopal ya deshidratado sin mayor problema como llegó a suceder con las charolas de aluminio en las que se pegaba tanto el nopal que ni raspándolo con espátula se despegaba tan fácil.

ESQUEMA 3. SECADOR SOLAR.

FUENTE: CARLOS A. TORRES ÁVILA UNAM. México 1994.

4.2.4 MOLIENDA

La molienda de nopal deshidratado se llevó a cabo en una licuadora Osterizer con la finalidad de tener un polvo homogéneo.

4.2.5 TAMIZADO

El tamizado se llevó a cabo en un tamiz de malla No. 20 marca Fisher. Con el objetivo de tener el mismo tamaño de partícula.

4.2.6 POLVO DE NOPAL

Una vez obtenido el polvo de nopal, se realizó el análisis proximal determinando la cantidad de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína cruda, fibra cruda y azúcares; para constatar el valor nutritivo del nopal. (ANEXO 1)

4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL DESARROLLO DEL PRODUCTO

4.3.1 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ADECUADA DE NOPAL Y GOMA XANTANA.

Se diseñó un experimento para conocer la cantidad de goma xantana que se requiere para tener un buen control en la sedimentación de la fibra del nopal, debido a que ésta es muy densa y al disolverse en el agua tiende a sedimentar rápidamente dando un aspecto un tanto desagradable; y que además aporten al producto una consistencia de bebida.

En el primer cuadro se trabajó con cuatro diferentes concentraciones tanto de nopal como de goma xantana, haciendo 16 combinaciones diferentes para evaluarlas con una prueba de nivel de agrado en escala hedónica estructurada.(ANEXO II)

Cuadro 1. Determinación de la concentración de nopal y goma xantana (g./l.)

Goma xantana	A - 0.4	B - 0.56	C - 0.72	D - 0.8
Nopal				
W - 2.0	WA	WB	WC	WD
X - 2.4	XA	XB	XC	XD
Y - 2.8	YA	YB	YC	YD
Z - 3.2	ZA	ZB	ZC	ZD

En el cuadro anterior cada letra de la A a la D corresponde a una concentración diferente de goma xantana, de las cuales se va a observar su comportamiento frente a diferentes concentraciones conocidas de nopal. En el primer caso es la letra W que corresponde a una concentración de 2 g./l. de nopal y se combina con una concentración A de 0.4g./l. de goma xantana; y así con todas.

4.3.2 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ADECUADA DE ÁCIDO CÍTRICO Y AZÚCAR DE STEVIA.

Se diseñó un segundo experimento para conocer la cantidad de ácido cítrico y edulcorante (azúcar de stevia) que den la cantidad de dulzor y un toque de acidez agradables a la bebida; ya que el tipo de edulcorante que se está manejando requiere de concentraciones muy pequeñas para dar un dulzor agradable pero sin excederse, ya que puede dejar resabios amargos que son desagradables para la mayoría de los consumidores. Y el ácido cítrico es importante en las bebidas porque realza los sabores dando un sabor más agradable.

En el siguiente cuadro se trabajó con cuatro diferentes concentraciones tanto de ácido cítrico como de azúcar de stevia, haciendo 16 combinaciones diferentes para evaluarla con una prueba de nivel de agrado en escala hedónica estructurada.(ANEXO II)

Cuadro 2. Determinación de la concentración de ácido cítrico y edulcorante (g./l.)

Ácido cítrico	E - 0.32	F - 0.4	G - 0.44	H - 0.52
Stevia				
O - 0.08	OA	OB	OC	OD
P - 0.1	PA	PB	PC	PD
Q - 0.11	QA	QB	QC	QD
R - 0.12	RA	RB	RC	RD

En el cuadro anterior cada letra de la O a la R corresponde a una concentración diferente de azúcar de stevia de las cuales se va a observar su comportamiento frente a diferentes concentraciones conocidas de ácido cítrico. En el primer caso es la letra O con una concentración de 0.08 g./l. azúcar de stevia y se combina con una concentración A de 0.32 g./l. de ácido cítrico, y así con todas.

4.3.3 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ADECUADA DE SABOR LIMÓN.

Se diseñó un tercer experimento para conocer la cantidad de sabor limón que hay que agregar a la bebida para darle un sabor definido.

En el siguiente cuadro se tiene la mezcla M de nopal, ácido cítrico, goma xantana y azúcar de stevia, en la que se van a evaluar cuatro diferentes concentraciones de sabor limón con la prueba de nivel de agrado en escala hedónica estructurada.(ANEXO II)

Cuadro 3. Determinación de la concentración de sabor limón (g./l.)

Sabor limón	I - 0.2	J - 0.28	K - 0.4	L - 0.8
Bebida	M	M	M	M

En el cuadro anterior cada letra de la I a la L corresponde a una concentración de sabor limón de las cuales se va a observar su comportamiento frente a la bebida de nopal obtenida.

4.4 OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE LA BEBIDA DE NOPAL.

Una vez que el 70% de los jueces aceptaron las concentraciones de nopal, ácido cítrico, goma xantana, edulcorante y sabor limón con las respuestas "GUSTA MODERADO" o con la calificación de "7". Se obtuvo la siguiente fórmula:

Tabla 5. Fórmula obtenida para preparar la bebida de nopal.

Componente	Cantidad (g./l.)
Nopal	3.0
Goma xantana	0.7
Ácido cítrico	0.45
Saborizante	0.3
Edulcorante	0.12

Contenido calórico de la formulación: 0.8 Kcal. Equivalentes a 2.7 Kj. (anexo IV)

4.4.1 MEZCLA DE LOS INGREDIENTES

Los ingredientes de la fórmula obtenida para preparar la bebida de nopal se mezclaron en una licuadora Osterizer con el fin de homogenizar el polvo.

4.4.2 PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA

En el experimento No. 1 se realizó una prueba previa para conocer el rango de concentración de nopal que sería el más aceptado por los consumidores. Y para esto se agregó desde 1 g. de nopal en polvo en 1 litro de agua hasta 8 g. de nopal en polvo en 1 litro de agua. Y tanto 1 g. era demasiado poco como 8 g. un exceso para controlar la sedimentación y el aspecto de la bebida. De ésta manera se fueron calculando las cantidades hasta determinar el rango de concentración de nopal que va de los 2 g. por cada litro de agua hasta los 3.2 g de nopal por cada litro de agua; aumentando 0.4 g. a cada concentración.

Después se prepararon muestras de la solución de nopal con las concentraciones ya mencionadas en el cuadro 1 probando en ellas las concentraciones de goma xantana que van de 0.1 g. por litro de solución, 0.2g., 0.3., hasta 1 g. tomando en cuenta las concentraciones más pequeñas y las concentraciones más grandes, y de ahí se eligió el rango de 0.4 g. por litro de solución hasta 0.8g. por cada litro de solución.

Posteriormente se llevó a cabo el análisis sensorial con la prueba de nivel de agrado en escala hedónica estructurada para cada una de las 16 muestras, en donde cada uno de los jueces indicó su nivel de agrado en el siguiente cuestionario:

CUESTIONARIO 1. PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO EN ESCALA HEDÓNICA.

Nombre: _____ Fecha: _____ Serie: _____

Instrucciones: Pruebe la muestra e indique con una X su nivel de agrado, de acuerdo a la escala que se presenta a continuación.

Muestra

392

- 9- Gusta muchísimo
- 8- Gusta mucho
- 7- Gusta moderadamente
- 6- Gusta un poco
- 5- Me es indiferente
- 4- Disgusta un poco
- 3- Disgusta moderadamente
- 2- Disgusta mucho
- 1- Disgusta muchísimo

Fuente: Pedrero F. Evaluación Sensorial de los Alimentos Métodos Analíticos, Edit. Alhambra México 1989.

En el experimento No.2 se realizó una prueba previa para conocer el rango de concentración de ácido cítrico que se puede combinar con el edulcorante para darle un tono de dulzor más agradable; Y para esto prepararon muestras de edulcorante desde 0.01g por cada litro de agua hasta 0.2. Nuevamente tomando en cuenta las concentraciones más pequeñas y las más grandes de edulcorante para considerar el rango obtenido, que es de 0.08g por litro de solución hasta 0.12 g. por cada litro de solución.

Después se prepararon muestras de la solución de edulcorante con las concentraciones ya mencionadas en el cuadro 2; probando en ellas las concentraciones de ácido cítrico que va desde 0.2 g. por litro de solución hasta 1 g. tomando en cuenta las concentraciones más pequeñas y las concentraciones más grandes; y de ahí se eligió el rango de concentración de ácido cítrico que va de 0.32 g. hasta 0.52 g. por litro de solución de edulcorante.

Posteriormente se llevó a cabo el análisis sensorial con la prueba de nivel de agrado en escala hedónica estructurada para cada una de las 16 muestras, en donde cada uno de los jueces indicó su nivel de agrado en el cuestionario anterior.

En el experimento No. 3 se realizó una prueba previa para conocer la concentración de sabor limón que le aportara a la bebida un sabor definido; y para esto se tomaron las concentraciones más aceptadas de nopal, goma xantana, edulcorante y ácido cítrico de los experimentos anteriores, para elegir el rango de concentración del sabor limón que pudiera ser más aceptado. Y para esto se eligieron desde 0.1g. por litro de bebida hasta 1 g. de sabor limón, tomando en cuenta concentraciones desde 0.1g., 0.2g., hasta 1g. y de ahí se eligió el rango de 0.2 g por litro de bebida hasta 0.8 g. Basándonos en en rango de concentración que maneja la empresa para dichas bebidas.

4.5 PRUEBA DE NIVEL DE ACEPTACIÓN APLICADA A LA FORMULA OBTENIDA

Una vez que tenemos la fórmula de la bebida aplicamos una prueba de aceptación (20) para ver que tanto es aceptada por los jueces (futuros consumidores); ya que los jueces para dicha prueba fueron seleccionados aleatoriamente de diferente sexo y diferentes edades. Realizando 150 encuestas para poder determinar los resultados.

Este es un ejemplo del cuestionario que se utilizó para dicha prueba.

<p>Nombre: _____ Fecha: _____ Serie: _____</p> <p>Instrucciones: Indique con una X su aceptación al probar una bebida de nopal sabor limón.</p> <p>Gusta: <u>SI</u> <u>NO</u></p> <p>¿Compraría o no éste producto? _____</p> <p>¿Porqué? _____</p> <p>Observaciones _____</p>

El objetivo de ésta prueba es evaluar de acuerdo con un criterio personal-subjetivo, si la muestra presentada es aceptable o rechazable para su consumo. Éste concepto de aceptabilidad se puede utilizar de distintas maneras: ¿le gusta ésta muestra de caramelo?

¿Compraría o no éste producto? etc. La prueba de aceptación requiere de por lo menos una muestra por evaluar; en el caso de que sean varias, cada una debe considerarse por separado o independiente de la siguiente. Esta prueba no requiere de referencia o prueba para comparar, ya que el juez afectivo utiliza su propio criterio y gusto personal para juzgar a la muestra como aceptable o rechazable para el consumo humano. En pruebas afectivas se les llama jueces afectivos o simplemente consumidores. Las personas que participan en éste tipo de pruebas no requieren de entrenamiento alguno, y se aconseja que por lo menos deseen participar en dicha evaluación. La población elegida debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto en estudio. Estas personas no deben conocer la problemática del análisis, sino entender el procedimiento de la prueba y responder a ella. (20)

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis proximal que se aplicó a las pencas de nopal *Opuntia ficus-indica*.

Tabla 5.1. Análisis proximal de la penca de nopal *Opuntia ficus-indica* g./100g.

Humedad	93.3
Cenizas	0.81
Fibra cruda	0.78
Grasa	0.16
Proteína	1.068
Azúcares reductores directos	1.5
Azúcares reductores totales	2.38

5.1 DISCUSIÓN

Como se puede observar los datos obtenidos son similares a la composición teórica; y como era de esperarse, el nopal tiene una gran cantidad de agua, le siguen los hidratos de carbono y proteínas y aunque el porcentaje de fibra cruda es relativamente bajo, dentro de los sólidos tiene un papel muy importante para la digestión. En la tabla se muestran los azúcares reductores directos y totales mostrándonos que la mayoría de los hidratos de carbono asimilables son azúcares.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

En los siguientes cuadros se presentan los resultados de las pruebas de nivel de agrado en escala hedónica estructurada para cada relación.

En el cuadro 1 se muestran los resultados del nivel de agrado para cada una de las muestras con una concentración (g./l.) conocida de nopal y goma de xantana; en donde los jueces dieron a conocer su agrado de acuerdo al sabor que más les gustó.

CUADRO 6.1 Muestra los resultados de la prueba de nivel de agrado para la obtención de la concentración (g./l.) de nopal y goma xantana.

G. xantana (g./l.)	0.4	0.56	0.7	0.8
Nopal (g./l.)				
2	Indiferente	Indiferente	Gusta poco	Disgusta mucho
2.5	Indiferente	Gusta poco	Gusta poco	Disgusta moderado
3	Gusta poco	Gusta poco	Gusta poco	Disgusta moderado
4	Gusta poco	Gusta poco	Gusta poco	Disgusta moderado

6.1 DISCUSIÓN (cuadro 6.1)

En éste cuadro se observa que la relación adecuada de goma xantana es de 0.72 g./l. y de nopal es de 2.5 g./l.; debido a que su consistencia fue la más aceptada por la cantidad de nopal que proporciona un color verde natural y el cuerpo que le proporciona la goma xantana para evitar la sedimentación inmediata de la fibra.

En el segundo cuadro se muestran los resultados de la prueba de nivel de agrado en escala hedónica estructurada para cada una de las muestras con una concentración (g./l.) conocida de ácido cítrico y de edulcorante; donde los jueces dieron a conocer su agrado de acuerdo al sabor que más les gustó.

Cuadro 6.2. Muestra los resultados de la prueba de nivel de agrado para la obtención de la concentración (g./l.) de ácido cítrico y edulcorante.

Ácido cítrico (g./l.)	0.3	0.4	0.45	0.5
Edulcorante (g./l.)				
0.8	Poco indiferente	Indiferente	Gusta poco	Disgusta
0.1	Gusta poco	Gusta poco	Gusta poco	Disgusta
0.12	Gusta poco	Gusta moderado	Gusta mucho	Gusta mucho
0.13	Disgusta mucho	Disgusta mucho	Disgusta mucho	Disgusta mucho

6.2. DISCUSIÓN (cuadro 6.2)

En éste cuadro tenemos que la concentración de ácido cítrico más aceptada fue de 0.45 g./l. y la del edulcorante fue de 0.12 g./l. Debido a que las concentraciones menores a 0.12 g./l. se sienten menos dulces y arriba de ésta concentración ya notan un tono amargo; es por eso que a los jueces les disgustó la concentración de 0.13 g./l. sin embargo el gusto por ácido cítrico prevalece aun cuando se va aumentando la concentración (hasta ciertos límites); en éste caso hasta 0.5 g./l.; siempre hay que utilizar la cantidad óptima para economizar.

En el tercer cuadro se muestran los resultados de la prueba de nivel de agrado en escala hedónica estructurada para cada una de las muestras a las que se le determinó la concentración de sabor limón para el toque final de la bebida, donde los jueces dieron a conocer su gusto de acuerdo a la cantidad de sabor que más les gustó.

Cuadro 6.3. Muestra los resultados de la prueba del nivel de agrado para la obtención de la concentración (g./l.) de sabor limón

Mezcla	M	M	M	M
Sabor limón	0.2	0.3	0.4	0.8
Resultado	Gusta poco	Gusta mucho	Gusta poco	Disgusta mucho

6.3 DISCUSIÓN (cuadro 6.3)

Debido a los resultados obtenidos se observa que la concentración más aceptada de sabor limón por los jueces es de 0.3 g./l. ya que a concentraciones menores, aunque los jueces lo detectan un poco lo prefieren más definido y a una cantidad por arriba de 0.3 g./l. la mayoría de los jueces perciben un tono amargo que no es nada raro; ya que muchos de los sabores por su naturaleza al estar más concentrados provocan ese tono amargo.

8. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ACEPTACIÓN

Esta prueba se llevó a cabo con la formulación de la tabla 2; dirigida a los posibles consumidores que en éste caso fueron 120 personas de los dos sexos, jóvenes y adultos. Y para que se pudieran observar con claridad las respuestas; se obtuvieron los resultados por sexo y por edad por separado.

Tabla 8.1 Resultados de la prueba de aceptación de acuerdo al sexo.

Hombres	Mujeres
78% de Aceptación	75% de Aceptación
22% de Rechazo	25% de Rechazo

Tabla 8.2 Resultados de la prueba de aceptación de acuerdo a la edad.

Jóvenes (17 a 25 años)	Adultos (25 años en adelante)
50% de Aceptación	89% de Aceptación
50% de Rechazo	11% de Rechazo

8.1 DISCUSIÓN

Gracias a la prueba de aceptación se lograron obtener los porcentajes de aceptación del producto que proporcionaron los posibles compradores, que en éste caso eran desde jóvenes hasta adultos y de cualquier sexo. Además se puede afirmar que los resultados fueron lo más reales posibles ya que fueron elegidos de manera aleatoria.

9. CONCLUSIONES

❖ Se logró elaborar una bebida a base de nopal deshidratado con un contenido calórico de 0.8 Kcal. Y un % en calorías menor que un producto a base de nopal en polvo; y además se logró una aceptación del 76.5% entre hombres y mujeres y una aceptación del 89% en adultos y 50% en jóvenes.

❖ Se estableció una formulación así como el proceso de elaboración de una bebida.

❖ Con éste nuevo producto se puede decir que el nopal adquiere una nueva posibilidad de explotación para su mayor aprovechamiento.

ANEXOS

ANEXO I

ANÁLISIS PROXIMAL

1 DETERMINACION DE HUMEDAD

La determinación de humedad se llevó a cabo por el método por secado; ya que al someter la mezcla en la estufa, el agua se evapora al cabo de una hora y dicha mezcla pierde peso. De ésta manera se puede conocer la cantidad de humedad promedio que hay en la muestra.

El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera: Pesar 2 a 3 gramos de muestra preparada en un pesafiltro con tapa, que ha sido previamente pesado después de ponerlo a peso constante 2 hrs. aprox. a 130°C. Secar la muestra durante dos hrs. a la estufa a 100 – 110°C. Retirar de la estufa, tapar, dejar enfriar en desecador y pesar tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente. Repetir las operaciones de secado hasta peso constante.

Para calcular el porcentaje de humedad se utilizó la siguiente fórmula, y se reporta como pérdida por secado a 100 – 110°C. (19,21 y 46)

$$\% \text{ DE HUMEDAD} = \frac{(\text{Pesafiltro} + \text{muestra}) - (\text{Pesafiltro} + \text{muestra seca})}{\text{Peso de la muestra en g.}} \times 100$$

2 DETERMINACIÓN DE GRASA CRUDA O EXTRACTO ETÉREO

La determinación de grasa cruda se llevó a cabo por el método Goldfisch basándonos en la afinidad que tiene el éter etílico con los aceites para lograr su extracción.

Procedimiento: Poner un vaso para Goldfisch a la estufa a 100°C hasta peso constante aprox. 2 hrs. Pesar de 4 a 5 g. de muestra sobre un papel poroso, enrollarlo y colocarlo en un cartucho de celulosa, tapar con un algodón. Situar el cartucho en un sostén o recipiente con el fondo perforado y colocarlo en el sostenedor del equipo. Adicionar en el vaso para Goldfisch aprox. 40 ml. de éter etílico y colocarlo en el equipo mediante un anillo metálico con empaque. Calentar hasta extracción completa de la grasa. Para verificar que se ha extraído toda la grasa, dejar caer una gota de la descarga sobre un papel filtro, al evaporarse el éter no debe dejar residuo de grasa. Al finalizar, cambiar el sostenedor del cartucho por un recipiente sin perforación y calentar de nuevo para recuperar el éter del vaso. Quitar el vaso del equipo y secar el extracto a 100°C por 30 min. Enfriar y pesar. (19,44 y 46)

El porcentaje de grasa se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DE GRASA} = \frac{(\text{Peso del vaso con extracto}) - (\text{vaso vacío})}{\text{Peso de la muestra en gramos.}} \times 100$$

3. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

La determinación por cenizas se llevó a cabo por el método de cenizas totales, basándonos en la destrucción de materia orgánica por calentamientos elevados hasta no destrucción de sales.

Procedimiento: Pesar de 3 a 5 g. de muestra en un crisol (la muestra no debe sobrepasar la mitad del crisol) previamente pesado después de ponerlo a peso constante 2 hrs. aprox. en la mufla a 600 °C. Calcinar la muestra, primeramente con un mechero en la campana hasta que no se desprendan humos y posteriormente meter a la mufla 2 hrs. cuidando que la temperatura no pase de 550 ° C. Repetir la operación anterior si es necesario, hasta conseguir unas cenizas blancas o ligeramente grises y homogéneas. Sacar de la mufla, enfriar en desecador y pesar.(19,44 y 46)

Para calcular el porcentaje de cenizas se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DE CENIZAS} = \frac{(\text{Peso del crisol} + \text{Cenizas}) - (\text{Peso del crisol vacío})}{\text{Peso de la muestra en g.}} \times 100$$

4. DETERMINACION DE FIBRA CRUDA

La determinación de fibra cruda se lleva a cabo basándonos en la destrucción ácido-alcalina de la materia orgánica digerible que solo se destruye con ácido sulfúrico caliente para la obtención de la materia orgánica indigerible. Poner a peso constante un crisol Goosh con fibra de vidrio preparada, sometiendo a calentamiento a 600°C durante aprox. 30 min. Colocar 2 g de muestra (con un contenido de grasa menor a 1%) en un vaso especial de digestión de 600 ml. evitando cualquier contaminación con un papel. Adicionar 1.5 – 2 g de fibra de vidrio preparada, 200 ml. de una solución de ácido sulfúrico 1.25% caliente y una gota de antiespumante, así como piedras de ebullición. Realice el mismo procedimiento solamente con la fibra de vidrio, a manera de blanco. Coloque el vaso en el aparato de digestión con refrigerante, en el que la placa de calentamiento se encuentre preajustada (tal que 200 ml. de agua deberán pasar de 25°C a ebullición en 15 más o menos 2 min.). Deje hervir exactamente 30 min. rotando el vaso periódicamente para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes. Remover el vaso del equipo y filtrar en un embudo Buchner con vidrio poroso (porosidad grande), o en un embudo cónico sobre tela especial, enjuagando el vaso con 50 – 75 ml. de agua caliente. Lavar el material insoluble con tres porciones de 50 ml. de agua caliente, usando succión ligera. Eliminar el exceso de agua por succión. Recuperar cuantitativamente el material del embudo y colocarlo de nuevo en el vaso digestor. Adicionar 200 ml. de solución de hidróxido de sodio al 1.25% caliente y coloque en el aparato de digestión con refrigerante. Deje hervir exactamente 30 min. Remueva el vaso del digestor, filtre con succión sobre el crisol Goosh con fibra de vidrio a peso constante. Lave con 25 ml. de solución de ácido sulfúrico al 1.25% caliente y con tres porciones de 50 ml. de agua. Deshidrate parcialmente con 25 ml. de alcohol al 95%, somete a secado en la estufa a 130 °C durante 2 hrs., deje enfriar en un desecador y pesar. Colocar en la mufla a 600°C más o menos 15 durante 30 min, deje enfriar en el desecador y pese de nuevo.

Calcular el porcentaje de fibra cruda como el material orgánico que resistió los tratamientos ácidos y básicos, en las condiciones descritas, después de corregir los valores con el tratamiento blanco. (19,44)

El porcentaje de fibra cruda se determina con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DE FIBRA CRUDA} = \frac{A - B}{M} \times 100$$

A -- Peso del Goosh después de 2 hrs. a 130°C

B -- Peso del Goosh después de calcinar 30 min. a 600°C

M -- Peso de la muestra en g.

5. DETERMINACION DE PROTEÍNA CRUDA

La determinación de proteína se determinó por el método Kjeldahl método clásico para determinar la cantidad de proteína de un producto a partir de su contenido en Nitrógeno. La convención tácita sobreentendida, es que la totalidad de nitrógeno está en forma proteica, aun cuando la realidad es que según la naturaleza del producto una fracción considerable del nitrógeno procede de los compuestos nitrogenados.

Procedimiento: Se pesan de 0.5 a 1 g de muestra en un papel delgado, con todo y papel se introduce en un matraz Kjeldahl de 800 ml., se agregan 0.3 g. de sulfato de cobre penta hidratado, 5 g. de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 15 ml. de ácido sulfúrico concentrado y se añaden pedazos de plato poroso o perlas de vidrio. Se coloca el matraz en el digestor del equipo Kjeldahl y calentar hasta total destrucción de la materia orgánica, es decir, hasta que el líquido quede transparente, con una coloración azul verdosa. Dejar enfriar hasta temperatura ambiente, diluir con 350 ml. de agua destilada fría y enfriar sobre hielo. En un matraz erlenmeyer de 500 ml. adicionar 50 ml. de HCl 0.1 N y una gotas de indicador rojo de metilo o bien 50 ml. de ácido bórico al 4% (40 g. de ácido bórico, 35 ml. de fenolftaleína al 0.1 %, 10 ml. de mezcla verde de bromocresol al 0.33% y rojo de metilo al 0.66% ,aforar al 1 L.) colocar el matraz en el aparato de destilación cuidando de introducir la alargadera hasta el fondo de la solución. Añadir lentamente e ir resbalando por la pared del matraz Kjeldahl 40 ml. de una solución concentrada de hidróxido de sodio (1:1) que también ha sido enfriada sobre hielo. Adicionar polvo de zinc, conectar inmediatamente el matraz a la trampa del Kjeldahl y agitar hasta mezclar las dos capas. Destilar aprox. hasta un volumen de 150 ml. Retirar el matraz erlenmeyer, lavar la alargadera recogiendo sobre el destilado las aguas del lavado. Titular el exceso de ácido (en el caso de recibir el destilado en HCl) con una solución de NaOH 0.1 N. En el caso de recibir con ácido bórico, con una solución de HCl 0.1 N. Efectuar una prueba en blanco empleando la misma cantidad de papel.(19,44)

Calcular el porcentaje de proteína con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DE NITRÓGENO} = \frac{(\text{ml. del blanco} - \text{ml. del problema}) \times N (\text{NaOH}) \times 0.014}{\text{peso de la muestra en gramos}} \times 100$$

$$\% \text{ PROTEÍNA CRUDA} = \% \text{ de Nitrógeno por } 6.25$$

$$0.014 = \text{meq. de Nitrógeno}$$

ANEXO II

EVALUACIÓN SENSORIAL

METODOS AFECTIVOS:

1. PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO.

El objetivo de ésta prueba es localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Se utiliza una escala estructurada de 9 puntos que describen desde un extremo agrado hasta un extremo desagrado. Se presenta una o más muestras, según la naturaleza del estímulo, para que cada una se ubique por separado en la escala hedónica. Es recomendable que éstas muestras se presenten como un consumidor las confrontaría habitualmente.

La población elegida para la evaluación debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto en estudio. Éstas personas no deben conocer la problemática del estudio, solamente entender el procedimiento de la prueba y responder a ella.(20)

Para obtener la concentración de nopal, goma xantana, sabor limón, azúcar de stevia y ácido cítrico se aplicó una evaluación sensorial de nivel de agrado utilizando una escala estructurada de 9 puntos que describe desde un extremo agrado hasta un extremo desagrado; aplicando el siguiente cuestionario.

CUESTIONARIO 1. PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO EN ESCALA HEDÓNICA ESTRUCTURADA

Nombre: _____ Fecha: _____ Serie: _____

Instrucciones: Pruebe la muestra e indique con una X su nivel de agrado, de acuerdo a la escala que se presenta a continuación.

Muestra

392

- Gusta muchísimo
- Gusta mucho
- Gusta moderadamente
- Gusta un poco
- Me es indiferente
- Disgusta un poco
- Disgusta moderadamente
- Disgusta mucho
- Disgusta muchísimo

Fuente: Pedrero F. Evaluación Sensorial de los Alimentos Métodos Analíticos, Edit. Alhambra México 1989.

Análisis de datos.- Se registra el número de personas que hayan elegido el nivel de agrado en mayor proporción. Este registro se aplica por cada una de las fórmulas del diseño experimental; y se dan como respuestas a los niveles de agrado que la mayoría de la población haya elegido para cada una de las fórmulas.

EJEMPLO:**Cuestionario 2. Prueba de aceptación**

Nombre: _____ Fecha: _____ Serie: _____

Instrucciones: Indique con una X su aceptación al probar una bebida de nopal sabor limón.

Gusta: SI NO

¿Compraría o no éste producto? _____

¿Por qué? _____

Observaciones _____

Fuente: Pedrero F. Evaluación Sensorial de los alimentos - Métodos Analíticos. Edit. Alambra México 1989.

Análisis de datos.- Se registra el número de personas que aceptaron la muestra, contra el número de rechazos. Otra forma consiste en expresar éstos números en porcentajes de aceptación que tuvo el producto. Para determinar si la aceptación fue significativa, consulte la tabla estadística: Tablas de estimación de significancia, $p = \frac{1}{2}$ de dos colas, de acuerdo con el número de ensayos efectuados; si el número de la tabla es menor que el de la prueba, se deduce que la prueba se acepta de manera significativa por dicha población.

Con respecto a lo expuesto en la hoja de respuestas del cuestionario 2, como en la prueba de error promedio, es necesario analizar física u químicamente la prueba residual obtenida para determinar el número de respuesta generada (rango y frecuencia en que se demuestra una aceptación).

Ventajas.- Se trata de una prueba sencilla y rápida que proporciona una idea general de la aceptación o rechazo del producto en cuestión; por otra parte, permite conocer la variación en la concentración de un ingrediente que agrada a una población específica.

Limitaciones.- Se requiere de un gran número de evaluaciones para considerar a los resultados como representativos de las respuestas de la población.

Mediante ésta prueba sólo determinamos la aceptación o rechazo hacia el producto, más no la razón que hay tras dicha decisión.(20)

ANEXO III

DESHIDRATADO

El calor requerido para el secado puede ser suministrado por convección, convección y radiación. En el procesado de alimentos se puede utilizar tanto el secado directo como el indirecto. Los sistemas de secado indirecto son simples, no sólo en conceptos utilizados, sino también en el equipo requerido. En los secaderos indirectos el calor es transmitido hacia el alimento mediante placas metálicas calientes del recipiente y por contacto directo entre las partículas calientes y frías del alimento. Los secaderos directos utilizan gas caliente, normalmente aire, el cual pasa a través del alimento. El calentamiento en los secadores directos se ve favorecido, y además es más uniforme que en los secadores indirectos.(22)

TIPOS DE SECADORES DIRECTOS SEGÚN PORTER

SECADORES CONTINUOS:

Secadero de bandeja

Continuos de capa

Transporte neumático

Rotatorio

Atomización

Circulación a su través

Túnel

Lecho fluidizado

SECADORES DISCONTINUOS

De aire a su través

Bandeja y compartimento

Lecho fluidizado

ANEXO IV

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO CALÓRICO DEL NOPAL DESHIDRATADO Y LA BEBIDA EN POLVO

El contenido calórico se calcula tomando en cuenta los componentes del nopal que son absorbidos y metabolizados.

En éste caso los compuestos que son absorbidos son:

Las proteínas que se encuentran en una cantidad de 1.068g.

Los carbohidratos que se encuentran en un 3.88g.

Las grasas que se encuentran en un 0.16g.

Y para calcular el contenido calórico de las proteínas se realiza la siguiente operación:

Sabiendo que cada gramo de proteína contiene 4kcal = 17Kj.

$$1.068g \times 4 = 4.272Kcal \times 17 = 18.156Kj$$

Para calcular el contenido calórico de los carbohidratos se realiza la siguiente operación:

Sabiendo que cada gramo de carbohidratos contiene 4Kcl = 17Kj.

$$3.88g \times 4 = 15.54Kcal \times 17 = 65.99Kj$$

Para calcular el contenido calórico de las grasas se realiza la siguiente operación:

Sabiendo que cada gramo de grasa contiene 9Kcl = 37Kj.

$$0.16g \times 9 = 1.44Kcal \times 37 = 5.92Kj$$

Por lo tanto si sumamos las Kilocalorías que nos proporcionan éstos compuestos; nos da como resultado el contenido calórico total que contiene 100g de nopal. Que son 26.67Kcal ó 90.04Kj.

Por otro lado para saber el contenido calórico que proporciona la formula obtenida de nopal (para preparar 1 litro de bebida), es necesario tomar en cuenta los ingredientes que absorben y metabolizan en el cuerpo. En éste caso el único ingrediente que se toma en cuenta es el nopal ya que contiene sustancias que son aprovechadas por el cuerpo; y no así el saborizante, la goma Santana, el azúcar de stevia y el ácido cítrico. Por lo tanto el contenido calórico de 3g de nopal y por supuesto en la bebida es igual a 0.8Kcal equivalentes a 2.7Kj.

BIBLIOGRAFÍA

1.-Álvarez J.

Deshidratación del nopal en operación piloto

Universidad Iberoamericana.

Tesis Licenciatura. México

1964.

2.- Heiss R.

Principios de envasado de los alimentos.

Edit. Acribia España

1979. 331 pp.

3.- Harry V.

Drying and deshydratation of foods.

Edit. Chapman and Hall, LTD. Londres

1955.

4.- Braverman J. B. S.

Introducción a la Bioquímica de los Alimentos.

Nueva edición. Edit. El manual moderno México

Traducido por Fernando A. Hill

1980. pp. 358

5.- Jay M.

Microbiología de los alimentos.

2ª. Edición.- Edit. Acribia España

1978. 246-247 pp.

6.- Reyes R. J.

Exportaciones del nopal mexicano en el mercado internacional (1991-1992)

Tesis Licenciatura. UNAM

México

1994.

7.- Petrucci R.

Química general.- Universidad Iberoamericana.

Edit. Addison-Wesley

México

1977.

8.- Gutierrez R.

Estudio de condiciones óptimas de tierra para el cultivo del nopal en la república mexicana México D.F.

9.-Perez R.

Alternativas para la conservación e industrialización del nopal.

Tesis UNAM

México

1990.

10.- Badui D.

Química de los alimentos.

Edit. Alambra mexicana.- 3ª. Edición

1994. pp. 648

11.- Yabuta L.

Selección del método más viable para la conservación del nopal.

Tesis. UNAM

México

1989.

12.- SAGARPA.

Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.

Subsecretaría de planeación.

Producción anual de nopal verdura.

1999-2004.

13.- Ryding A. et. al.

Prophylactic effect of dietary fibre in duodenal ulcer disease.

The Lancet 1982 oct. 2, 736-739.

14.-Kromhout D. et. al.

Dietary fiber and years mortality from coronary heart disease, cancer, all causes.

The Lancet; sept. 4, 1982, 518-521.

15.- Frati J. H.

Efecto del nopal (*Opuntia* sp) sobre los lípidos séricos, la glucemia y el peso corporal.

Arch. De investigación médica. México

1983. 14:117.

16.-Gordillo R.R.

Efecto de dosis gigante del nopal (*Opuntia streptacantha lemaire*) sobre la glucosa e insulina séricas en pacientes con diabetes mellitus.

Medicina UNAM

México

1987.

17.- Gullias H.

El nopal como amortiguador en la acidez.

Revista de investigación clínica,41, oct.- Diciembre

1989.

18.- Hernández M.

Valor nutritivo de los alimentos mexicanos.

Tablas de uso práctico del valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en Instituto Nacional de Nutrición.

México

1992.

19.- Iturbe F. et al.

Manual de Métodos Generales

Laboratorio de Análisis de Alimentos

20.-Pedrero F.

Evaluación sensorial de los alimentos: Métodos Analíticos.-

Edit. Alambra Mexicana

1989 103-107. pp. 251

21.-Aragón M. E.

Análisis de los Alimentos

Dpto. de alimentos y biotecnología División de ingeniería

México UNAM

1993.

22.- Barbosa G.

Deshidratado de Alimentos

Edit. Acribia S.A.

Zaragoza España

2000. (pp. 2-6, 139-141)

23.-Holdsworth S.D.

Conservación de frutas y hortalizas.-

Traducción de preservation of fruit and vegetable foods products.

Edit. Acribia España

1988. pp. 186

24.-Mendoza V.

Efecto hipoglucemiante del nopal (*O. Streptacantha lemaire*) en diabéticos insulina dependientes.

Facultad de medicina UNAM México D.F.

1987.

25.-Rodríguez N.

Investigación del efecto hipoglucemiante de extractos crudos de nopal (O. Streptacantha lemaire) en pacientes con diabetes mellitus no dependientes de la insulina.

Facultad de medicina de la UNAM

Tesis. México

1988.

26.-Yever G.

Estudio sobre el mecanismo de acción hipoglucemiante del nopal (O. sp)

Facultad de Medicina de la UNAM

Tesis. México

1985.

27.-Fрати A. et. al.

Disminución de la glucosa e insulina sanguíneas por el nopal (O. sp).

Arch. De investigación Médica. México

1983; 14:264-274.

28.- Frати A. et. al.

Hipoglucemic effect of O. sreptacantha lemaire in NIDDM,Diabetes care.

1988;11 (1):63-66.

29.- Ibañez C.R. et. Al.

Efecto hipoglucemiante del nopal.- Arch. de investigación médica México

1979;10:223-230.

30.-Charley H.

Tecnología de los alimentos. Edit. Limusa, Noriega Editores.

México

1987. (29-30) pp.767

31.- Lindner E.

Toxicología de los alimentos.- Edit. Acribia. 2ª. Edición

Zaragoza España.

1995. pp.262 (187-188)

32.-Medina R.

Efecto sobre la glucosa e insulina sanguíneas de diferentes tipos de nopal

Medicina UNAM

1985.

33.-León C.

Efectos de cápsulas de nopal (*O. ficus indica*) sobre los niveles de glucemia en pacientes con diabetes tipo II y en la prueba de tolerancia a la glucosa en sujetos sanos. Medicina UNAM

1988.

34.- Barrientos P.F.

El nopal (*O. sp*) su mejoramiento y utilización en México.-colegio de Postgrado Chapingo México

1981.

35.- Barrientos P.F. y O. Braver.

Multiplicación vegetativa en el nopal a partir de fracciones mínimas de una planta.
Colegio de Postgraduados, Chapingo México
1964.

36.- Barrientos P.F.

Mejoramiento de dierentes especies del género *Opuntia*. Memorias del 1er.
Congreso de fitogenética.
Sociedad Mexicana de fitogenética. México
1965.

37.-Barrientos P.F.

Propagación del nopal (*O. sp.*)- Informe anual de actividades. Sección de fruticultura.
Colegio de postgraduados Chapingo México
1976.

38.-Pimienta B.E.

Estudio de las causas que producen ensanchamiento de cladodio en nopal (*O. sp.*)
Universidad de Chapingo.
Tesis de Maestría en Ciencias. Sección d fruticultura, Colegio de Postgraduados.
Chapingo México
1974.

39.- Dirección general de Agricultura.

Servicio de extención avícola.- Cultivo y aprovechamiento del nopal.
Chapingo México
1969 (folleto) pgs. 6-9

40.- Becerra R.S. y F. Barrientos.

Eficiencia fotosintética del nopal (*O. sp*) en relación con la orientación de sus cladodios.

Tesis de Maestra de Ciencias, Sección de fruticultura Colegio de Postgraduados Chapingo México

1975.

41.- Camarillo S.I.

Estudio químico, físico y agropecuario de 5 especies de nopal verdura (*O. sp*) en tres tamaños de cosecha.

UACH. México

1988 pgs. 15-19

42.- Nabors L. y Gerald R. Alternative sweeteners.

Marcel Dekker, Inc.

1991 pgs. 163.

43.- [http://www.stevia.com.mx/frameset natart. Htm](http://www.stevia.com.mx/frameset_natart.htm) 22/06/05 13:10

44.- Jean A.

Análisis Nutricional de los Alimentos

Edit. Acribia, Zaragoza España

2000. pgs. 41 y 69

45.- Granados D.

El nopal

Edit. Trillas México

1991.

46.- Cunniff P.

Oficial Methods of Análisis

16a Edición

AOAC International Virginia USA

Vol. 1 1995.

47.- Aleixandre J.

Procesos de Elaboración de Alimentos

Servicio de publicación 96.129

Valencia

1996.

48.- Torres A.

Diseño de un secador solar para frutas cristalizadas.

Tesis licenciatura UNAM

1994. pp. 47