

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



“DETERMINACIÓN DE INULINA EN ONCE ESPECIES VEGETALES”

Por:

WENDY MONROY RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2010



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



“DETERMINACIÓN DE INULINA EN ONCE ESPECIES VEGETALES”

Por:

WENDY MONROY RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial Para

Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

“Determinación de inulina en once especies vegetales”

TESIS:

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Presentada por:

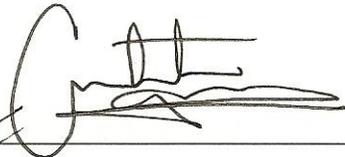
WENDY MONROY RODRÍGUEZ

APROBADA:



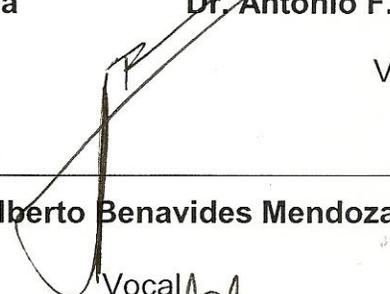
Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Asesor principal



Dr. Antonio F. Aguilera Carbó

Vocal



Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Vocal



Ing. José Rodolfo Peña Oranday

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

COORDINACION DE
CIENCIA ANIMAL

Marzo de 2010

Universidad Autónoma Agraria
“ANTONIO NARRO”



AGRADECIMIENTOS

Con infinito amor a **DIOS** por haberme dado el maravilloso don de la vida, por permitirme ver el comienzo de un nuevo día y respirar el aire fresco de la mañana, por darme tu amor, consuelo, sabiduría, entendimiento y esperanza, las cuales hicieron de mi una persona firme llena de sueños, por tu inmensa paciencia hacia a mí, porque siempre caminaste conmigo y no me abandonaste en los momentos de soledad, tristeza y alegría. Gracias Padre mío por darme un hogar en la que he vivido los mejores momentos de mi vida.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** mi ALMA TERRA MATER por abrirme sus puertas y haberme dado valores éticos, morales y conocimientos académicos, que hicieron de mi una persona profesional.

Con gran respeto y amor a **mi familia** por la confianza, apoyo moral y económico, que siempre me brindaron, porque en el transcurso de mi formación profesional nunca me abandonaron, gracias cada uno de ustedes; Fernando, Abraham, Álvaro, Esteban, Juan, María del Carmen, Martín, mi madre Juana y mi padre Esteban, por sus consejos y valores que hasta hoy me han inculcado.

Con mucho cariño, admiración y respeto a la **Lic. Laura Olivia Fuentes Lara** por su excelente disposición y apoyo que me brindó para la realización del presente trabajo, por ser tan paciente, generosa y amable conmigo en todo momento, porque para mí es una excelente maestra y gran persona con un corazón lleno de vida.

Al admirable y respetable **Dr. Antonio Aguilera Carbó** por sus valiosas aportaciones, sugerencias y revisión los resultados en el presente trabajo.

A **Dr. Adalberto Benavides Mendoza** por su apoyo y colaboración para la realización del presente trabajo.

A la **Ing. María de Jesús Sánchez Velázquez** por su cooperación, ayuda y conocimientos brindados.

De igual forma agradezco a **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel** por la colaboración durante la realización del trabajo de laboratorio, por tenerme paciencia y compartirme sus conocimientos.

A **Q.F.B. Carlos Alberto García Agustince** por la disposición, apoyo y conocimientos brindados para la realización del presente trabajo.

A cada uno de mis maestros del **Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos** que siempre contribuyeron en mi educación y fueron el pilar más importante para mi formación profesional.

A **mis amigos y compañeros de la Universidad**; Rocío, María de los Ángeles, Daicy, Maribel, Irene, Marisela, Mayra Isabel, Yessenia, Angélica, Olivia, Karina, Iris Atenea, Antonieta, Isabel, Mercedes, Maritza, Hermelinda, Leticia, María del Pilar, Rebeca, Efraín, Rodrigo, Juan Antonio, Pascual, Jorge Abel, Ruy, Luis Fernando, Dante Oziel, Juan, Sergio, José Luis, Marco Antonio, Hugo, Alejandro, por compartir momentos de tristeza, de felicidad, los cuales quedaron marcados en mi vida, por abrirme su corazón y brindarme su valiosa amistad.

A la secretaria Yadira, Concepción y Araceli por brindarme su amistad, por ser tan generosas y amable conmigo, por ser tan alegres y compartir su felicidad brindándome una sonrisa.

A cada uno de mis compañeros de la **Generación CVIII de I.C.T.A.**, por los buenos y malos momentos que pasamos juntos, por ser de aquellos momentos inolvidables y por ser parte de mis logros y fracasos.

A todas y cada una de las personas que en algún momento me brindaron su ayuda incondicional y participaron de algún modo en mi formación profesional.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Esteban Monroy Arriaga

Juana Rodríguez García

Por darme la vida y especialmente a tí madre que eres mi mejor amiga, por escucharme, por llorar conmigo, por consolarme en momentos de tristeza y darme palabras de aliento, por caminar conmigo en cada paso de mi vida, porque tu siempre confiaste en mí, dándome tu apoyo ético y moral, los cuales fueron incondicionales, por tu gran amor y ser una excelente madre. Te amo.

A mis hermanos; Fernando, Abraham, Álvaro, Esteban, Juan, María del Carmen y Martín, gracias su cariño incondicional, apoyo moral y ético que me han brindado, por confiar en mí, en especial a tí Álvaro que nunca me has dejado sola, por tus grandes consejos por ser tan buena persona y tener un gran corazón. Te quiero.

A mi abuelita Marisela García Posada, porque a pesar de tu avanzada edad nunca nos has dejado de apoyar, por convivir y estar en los momentos de tristeza y felicidad. Por tus consejos y regaños que siempre han sido un motivo para seguir luchando en esta vida. Te amo.

A mis tíos (as) y primos (as), porque en algún momento intervinieron en mi educación, dándome palabras de aliento, por regalarme una sonrisa en momentos de tristeza y nostalgia.

A mis sobrinos; Rosario, Abraham, Noé Sebastián y Abel que los amo por ser unos angelitos, por formar parte de mí y ser la razón de mi alegría y felicidad. Los quiero.

A mis cuñadas y cuñado; Elvira, Jovita, María y Crescencio que son parte de mi familia, por su apoyo y amistad, porque de alguna u otra manera han compartido su felicidad y logros conmigo.

Y muy especialmente a mi gran amor **Ing. Efraín Arteaga Remigio** por darme su amor, cariño y confianza, pero sobre todo por su apoyo incondicional que hasta hoy me ha dado. Por los bellos momentos que hemos vivido y compartido, por tus grandes consejos que han sido parte de mi superación personal, por ser mi mejor amigo, por estar en los momentos tristes de mi vida, porque en tí siempre encontré un hombro en donde desahogue mis tristezas, preocupaciones y problemas, por tus palabras de aliento que fueron consuelo para mí.

ÍNDICE GENERAL

	PÁG
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivo específico.....	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1 Inulina.....	6
2.1.1 Características físicas y químicas de la inulina.....	7
2.2 Fuentes de obtención.....	9
2.3 Producción industrial.....	14
2.4 Beneficios a la salud.....	16
2.5 Prebiótico.....	16
2.5.1 Alimentos prebióticos.....	17
2.6 Aporte de fibra dietética.....	18
2.6.1 Fibra soluble.....	18
2.7 Usos de la inulina.....	19
2.7.1 Usos médicos y terapéuticos.....	20

2.8 Aplicación en la industria alimentaria.....	20
2.8.1 Efectos sobre el organismo humano.....	21
2.8.2 Beneficios de la inulina en la ingesta diaria.....	22
2.9 Fenoles totales.....	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1 Elaboración de la curva estándar de inulina.....	31
3.2.1 Preparación de la muestra.....	31
3.2.2 Proceso de cocción.....	32
3.2.3 Cuantificación de inulina.....	33
3.2.4 Metodología para la determinación.....	34
3.2.4.1 Elaboración de la curva patrón para fenoles totales.....	34
3.2.4.2 Preparación de la muestra para determinar fenoles totales.....	35
3.2.4.3 Determinación de fenoles totales por el método de Folin- Ciocalteu.....	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1 Resultados de la cuantificación de inulina en las once especies vegetales.....	37
5. CONCLUSIONES.....	41
6. LITERATURA CITADA.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características fisicoquímicas de la inulina.....	7
Cuadro 2. Características físicas de la inulina.....	8
Cuadro 3. Propiedades químicas de la inulina.....	8
Cuadro 4. Contenido promedio de inulina en diferentes especies vegetales.....	9
Cuadro 5. Elaboración de la curva estándar.....	31
Cuadro 6. Procedimiento para la cuantificación de inulina.....	33
Cuadro 7. Procedimiento para la cuantificación de inulina del extracto hidrolizado.....	33
Cuadro 8. Elaboración de curva patrón para fenoles totales (Makkar 1993).....	35
Cuadro 9. Comparación de medias del contenido de inulina de las once especies vegetales.....	37
Cuadro 10. Comparación de medias de Tukey de fenoles totales.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura química de la inulina.....	6
Figura 2. Estructura química del fenol.....	23
Figura 3. Lavado, pelado y corte.....	32
Figura 4. Proceso de cocción.....	32
Figura 5. Lectura en el espectrofotómetro.....	34
Figura 6. Contenido de inulina en vegetales en fresco.....	38
Figura 7. Contenido de fenoles totales en base a su peso en seco.....	40

RESUMEN

En la actualidad la inulina juega un papel importante en la industria alimentaria por los diversos beneficios que tiene y brinda al organismo humano al consumirla, ya que esta se considera como un carbohidrato no digerible, el cual se encuentra presente como energía de reserva en plantas, vegetales, frutas y cereales. Es utilizada en varios sectores de la industria; en productos lácteos, postres, cereales, productos cárnicos, aderezos y ensaladas, por sus propiedades y características favorables.

El objetivo de este trabajo fue la extracción de inulina en once especies vegetales y la determinación de fenoles totales, para lo cual se analizaron vegetales, frutas y cereales, en las cuales se analizaron dos extractos, el hidrolizado y no hidrolizado, siendo en el extracto no hidrolizado donde se obtuvo mayor porcentaje de inulina, por la solubilidad de la inulina.

Las muestras no hidrolizadas registraron el mayor porcentaje de inulina, siendo la jícama con un porcentaje de 31.312 %, seguido de la alcachofa con 28.582 %, siendo en el tallo donde se presenta mayor contenido, que en hoja.

En la determinación de fenoles totales en cada una de las once muestras, se obtuvieron valores diferentes, siendo los vegetales que obtuvieron un porcentaje mayor es cual fue de 0.370 % en la raíz de avena, el diente de león con 0.295 %, así como la raíz de dalia, alcachofa tallo, espárrago y trigo con arriba del 0.220 %, obteniéndose un menor porcentaje en el ajo con 0.033 %, ya que en gran parte el color verde de las plantas y vegetales muestra la presencia de fenoles, estos no representan un riesgo en los procesos de obtención de inulina.

Palabras clave: Inulina, especies vegetales, extracto no hidrolizado e hidrolizado, fenoles totales.

1. INTRODUCCIÓN

La inulina es un carbohidrato que se almacena en muchas plantas, vegetales, frutas y cereales, por consecuente forman parte de nuestra dieta diaria. Por la presencia de ciertas cantidades de inulina en la formulación de un producto alimenticio se considera como “alimento funcional” (Fahn, 1978).

Un alimento funcional es aquel que contiene un componente o nutriente con actividad selectiva beneficiosa o con un efecto fisiológico adicional a su valor nutricional. Este efecto positivo a la salud debe de dar una mejoría de las funciones del organismo o a la disminución del riesgo de contraer una enfermedad. Para ello se les agrega componentes biológicamente activos como: minerales, vitaminas, ácidos grasos, fibra alimenticia o antioxidantes, aquellos productos alimenticios que tengan esta característica mejoran las funciones gastrointestinales (Matissek y Col., 2001).

La principal tarea de los alimentos funcionales es proporcionar a nuestro organismo nutrientes que cumplan con los requerimientos metabólicos al mismo tiempo brinde salud, bienestar y satisfacción al consumidor.

Las estadísticas de los países desarrollados registran un creciente y acelerado consumo de productos alimenticios que ofrezcan beneficios para la salud. En el año de 2004 en Estados Unidos 158 millones de personas consumieron alimentos funcionales, este es un índice del interés que existe para mejorar la nutrición y salud en el ámbito popular y comercial (Madrugal y Sangronis, 2007).

Por otro lado se observa un creciente número de estudios científicos con el fin de validar los beneficios de los alimentos funcionales en la prevención de enfermedades cardiovasculares y de cáncer; entre las diversas propiedades que brinda la inulina es la del efecto prebiótico y esta es la mas estudiada, por su selectiva estimulación de crecimiento del grupo de bacterias en el colon como son: bifidobacterias y lacto bacilos.

La inulina se encuentra ampliamente presente en la dieta de la mayoría de la población mundial con una ingesta diaria. El valor calórico de la inulina se ubica en un promedio de 1.6 a 2.71 Kcal/g (Rodríguez, 2000).

La inulina fue aislada por primera vez en 1804 por el científico alemán de apellido Rose, a partir de la especie *inula helenium*. En 1818 el científico británico Thomson le dio el nombre actual de inulina.

La gente ha utilizado las plantas que contienen inulina para ayudar a relevar *mellitus* de la diabetes, la cual es una condición de los niveles desequilibrados de la insulina, dando como resultado niveles de azúcar de sangre elevados (Madrigal y Sangronis, 2007).

Estudios realizados experimentalmente han demostrado que la asociación de la inulina puede prevenir la colitis al modificar la flora intestinal, actuando como un prebiótico y así ser consumida con seguridad y calidad. La proliferación de bacterias intestinales es conocida como efecto prebiótico.

Se ha demostrado que la inulina tiene propiedades beneficiosas a la salud como refuerzo de las funciones inmunológicas (ante cáncer o tumores), el aumento de la disponibilidad de minerales, la mejora del metabolismo de las grasas y de la respuesta glicémica (Gómez y Col., 2004).

La mayor parte de la piña del agave está compuesta por inulina, la cual es considerada como una fibra soluble; un polisacárido ramificado el cual actúa como fuente de energía de reserva de dicha planta. En la producción de mezcal la inulina se hidroliza parcialmente para producir fructosa.

El Yacón es una planta con raíces tuberculosas de sabor dulce principalmente por el contenido de inulina, tales raíces son empleadas tradicionalmente por la población como alimento y supuestas propiedades medicinales. La aceptación de consumo de estas raíces es porque no son

digeribles por nuestro organismo ya que nuestro cuerpo no tiene enzimas propias para degradarla, pero benefician al consumidor porque promueve la estimulación selectiva del crecimiento y actividad de bacterias presentes en el colon, como son los géneros *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*. La inulina se ha adicionado en productos como: leche, yogurt, pan, galletas y helados, creando así alimentos funcionales teniendo un mejor el estado de salud de los consumidores. Además se puede utilizar como aditivo alimentario por su función como fibra dietética. La inulina es considerada como un polisacárido compuesto por cadenas moleculares de fructosa, es producida por muchos tipos de plantas y se almacena generalmente en raíces y rizoma de las plantas como sustancia de reserva.

1.1 Justificación

En la actualidad existen vegetales, frutas y cereales que entre sus componentes principales esta la inulina, que al ser consumidas benefician nuestro cuerpo llamándose en si alimentos funcionales, estos reducen el riesgo de contraer enfermedades mortales tales como es la diabetes, ya que la inulina es de bajo contenido calórico, por consiguiente los niveles de azúcar son equilibrados.

La mayor parte de la población mexicana, en especial niños y jóvenes son atacados por la diabetes y esta es originada entre otras causas, por el consumo excesivo de azúcar (glucosa), obesidad y la inactividad física. Esta enfermedad ataca principalmente los órganos y tejidos y dura toda la vida. La inulina hace que se equilibren los niveles de azúcar de nuestro organismo, por su aporte calórico (Muedra, 2006).

El presente trabajo tiene como finalidad difundir la información de que algunos alimentos son ricos en este carbohidrato (inulina) y así recomendar el consumo de estos vegetales, por ser parte de los polisacáridos y junto con los demás nutrientes la dieta, favorece grandemente a un sujeto diabético, porque resiste a la hidrólisis de las enzimas digestivas, por consiguiente esta no produce glucosa o fructosa, por lo tanto no requiere de insulina para metabolizarse y es óptima para el consumo para personas diabéticas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Determinar la cantidad de inulina en once especies vegetales

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diferenciar los alimentos que contienen mayor porcentaje de inulina.
- Verificar la factibilidad de obtención de inulina con dos métodos de extracción
- Determinar la cantidad de fenoles totales de cada una de las once especies vegetales.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Inulina

La inulina es un carbohidrato de almacenamiento de muchas plantas, vegetales, frutas y cereales, por consecuente forman parte de nuestra dieta diaria. La inulina pertenece a la clase de los carbohidratos, es producida por muchos tipos de plantas, las cuales la utilizan como energía.

Se encuentra de manera natural en las plantas está formada usualmente entre 60 y 100 unidades de fructosa con moléculas de glucosa en los extremos. Las cadenas más cortas se denominan fructoligosacaridos (FOS). La hidrolización parcial de la inulina produce con frecuencia los FOS.

La inulina es un polímero lineal compuesto de cadenas de 25 a 35 residuos de fructosa unidas por enlaces glucosídicos β (2 1) y termina con una molécula de sacarosa.

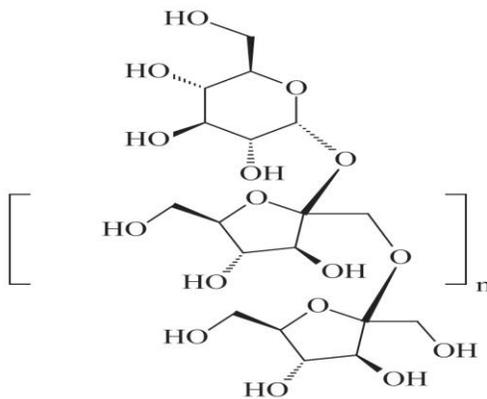


Figura1. Estructura química de inulina

2. 1. 1 Características físicas y químicas de la inulina

Es comercializada como un polvo blanco, sin olor, con sabor neutral y sin efecto residual. Tiene 10% de dulzor de la sacarosa. Su viscosidad es alrededor de los 10°C en una solución acuosa al 5% es la menor y es una característica para la formación de geles, además de su uso como sustituto de grasas.

Cuadro1. Características fisicoquímicas de la inulina

CARACTERÍSTICAS	INULINA
Estructura química(*)	*GF _n (10 = n = 60)
Materia seca	95
Pureza (g/100g)	92
Azúcares (g/100g)	8
Ph	5-7
Cenizas (g/100g)	<0.2
Metales pesados (g/100g secos)	<0.2
Apariencia	Polvo blanco
Sabor	Neutral
Dulzor %	10
Solubilidad en agua a 25°C (g/L)	120
Viscosidad en agua (5% p/p sol acuosa) a 10 °C (mPa.s)	1.6
Funcionalidad en alimentos	Sustituto de grasas
Sinergismo	Con agente gelificantes

(*) G: unidades de glucosa, F: unidades de fructosa. Fuente: Madrigal y Sangronis, 2007.

Cuadro 2. Propiedades físicas de inulina

Propiedades físicas	
Estado de agregación	Sólido
Apariencia	Similar al almidón
Densidad	n/d
Masa molar	n/d
Punto de fusión	453 K (179,85 °C)
Punto de ebullición	K (-273,15 °C)

Fuente: Gómez y col, 2004

Cuadro 3. Propiedades químicas de la inulina

Propiedades químicas	
Solubilidad en agua	Forma geles
Valores en el SI y en condiciones normales (0 °C y 1 atm), salvo que se indique lo contrario. Exenciones y referencias	

Fuente: Gómez y Col, 2004

2. 2 Fuentes de obtención

Se obtiene de verduras, frutas y cereales como el ajo, el poro, la cebolla, raíz de achicoria, plátano, alcachofa, trigo, avena, raíz de dalia y en diente de león.

Cuadro 4. Contenido promedio de inulina en diferentes especies vegetales

Especie vegetal	% de su peso fresco
Alcachofa	2-6
Diente de León	12-15
Raíz de Dalia	59
Cebolla	1-8
Poro	3-10
Ajo	9-16
Plátano	0.3-0.7
Espárrago	2-3
Trigo	1-4
Avena	0.5-1.5
Jícama	20- 67%

Fuente: Madrigal y Sangronis, 2007

i. Especies vegetales con las que se trabajó en la Investigación

ii. Ajo (*Allium sativum*)

Es una hortaliza que se emplea comúnmente en la cocina. Es de sabor fuerte especialmente en crudo y ligeramente picante. Una característica particular del bulbo es el fuerte olor que emana al ser

cortado. Esto se debe a dos sustancias altamente volátiles denominadas aliina y disulfuro de alilo. La cabeza esta formada por varios bulbillos (dientes) cubiertos por una capa delgada; se compone aproximadamente en un 60 % de agua, 35 % de carbohidratos, principalmente fructano (inulina) (Villagómez y Mercado, 2004).

iii. Alcachofa (*Cynara scolymus*, L.)

Es una de las hortalizas más apreciadas por los gastrónomos, además una de las más saludables. Rica en vitaminas y minerales, apenas contiene grasa y goza de una reputada fama por sus propiedades depurativas. La alcachofa es la parte floral no madura de la alcachofera (*Cynara scolymus*), una planta propia de climas templados. Las partes comestibles son, en realidad, el receptáculo floral (corazón de la alcachofa) y las hojas carnosas y protectoras.

Componentes:

Ácidos, vitaminas, pigmentos, mucilago, inulina y minerales. Rebaja el nivel de azúcar en la sangre y previene o ayuda combatir la diabetes. Destaca la presencia de inulina (hidrato de carbono) que se metaboliza lentamente en el organismo manteniendo niveles normales de glucosa en sangre. La alcachofa es rica en fibra, necesaria para la regulación del tránsito intestinal entre otras muchas funciones, y aporta minerales como el fósforo, hierro, magnesio, calcio y potasio (Rodríguez, 2000).

iv. Avena (*Avena sativa*)

La avena es uno de los cereales más completos. Por sus cualidades energéticas y nutritivas ha sido la base de la alimentación de pueblos y civilizaciones como la escocesa, irlandesa y algunos

pueblos de las montañas Asiáticas. La avena es rica en proteínas de alto valor biológico, hidratos de carbono, grasas y un gran número de vitaminas, minerales y oligoelementos.

La avena es un cereal y es considerado como un alimento altamente energético. Posee un 58% de sustancias minerales ácidas y un 41.2 % de sustancias alcalígenas, por ello es considerada como un alimento acidificante. Entre sus componentes se encuentra la inulina con un porcentaje de 2 a 3 % (Vilcahuaman, 2003.)

v. Cebolla (*Allium cepa*, L.)

Es una planta herbácea bienal de la familia de las amarilidáceas. En el primer año de cultivo tiene lugar la "bulbificación" o formación del bulbo, mientras que el segundo año se produce la emisión del "escapo floral" o fase reproductiva.

Componentes principales:

Aminoácidos, minerales, vitaminas, aceites esenciales con muchos componentes sulfurosos, ácido tiopropionico, quercetina y aliina. La inulina está presente del 2-6% (Salazar, 2005).

Es considerado como un antibiótico natural, por su rico contenido de azufre es usado como remedio natural en procesos infecciosos del aparato respiratorio.

vi. Diente de León (*Taraxacum officinalis*)

Es una planta conocida y se encuentra muy fácilmente en varios lugares como praderas y bordes de caminos. Es una planta que se puede consumir de forma fresca y en ensaladas, también se puede incorporar en zumos al exprimir sus hojas.

Es rico en vitaminas A, C, K, B2 (Riboflavina), en calcio, hierro y potasio, además esta la presencia de inulina con un 12 a 15 % (Díaz, 2006).

Entre sus propiedades están: estimulación de las contracciones de la vesícula biliar, es considerado como un diurético efectivo.

vii. Espárrago (*Asparagus officinalis*)

El espárrago es una planta de jardín perenne que pertenece de los lirios (*Liliáceae*). Aunque se conocen 300 variedades de espárragos, solo 20 son comestibles. Tienen un sabor agradable y textura succulenta. El consumo de espárragos trae beneficios diuréticos y gastrointestinales.

Contienen un tipo de carbohidratos llamado inulina que nuestro organismo no puede digerir, pero este carbohidrato mejora la salud, las bacterias beneficiosas en nuestro intestino grueso, como las bifidobacterias y los lactobacilos. La presencia de inulina en la dieta el crecimiento y la actividad de las bacterias aumentan siendo amistosa la relación (Arthey, 1992).

viii. Jícama (*Pachyrhizus erosus*)

La jícama, yacón o nabo mexicano es una planta leguminosa, originaria de México y Centroamérica, cultivada especialmente por su tubérculo comestible.

El tubérculo contiene del 86 % a 90 % de agua; carbohidratos (inulina) que van desde el 20 al 60%, vitamina C, calcio, fósforo, potasio, hierro y trazas de proteína y lípidos. Su sabor dulce proviene de la oligofructosa inulina, que no es metabolizada por el organismo humano y resulta ideal para consumo de los diabéticos (Vilcahuacan, 2003).

ix. Plátano (*Musa paradisiaca*)

Es una fruta de forma alargada, con piel de color amarillo más o menos intenso en función de su maduración. Es una fruta muy rica en hidratos de carbono y potasio, se considera un alimento muy completo. Por la presencia de potasio equilibra el contenido de agua en el cuerpo y contrarresta el sodio, favoreciendo la eliminación de líquidos.

Su suave sabor transmite todo su potencial vitamínico y mineral. Posee vitamina A, B, C, E, calcio, magnesio, silicio, fósforo, azufre, hierro y sodio, y es especialmente rico en vitamina B6, ácido fólico, almidón y potasio, por lo que es un alimento ideal para deportistas y para los niños. Son ricos en taninos (Griffin y Col., 2003).

x. El Puerro o Poro (*Allium porrum*)

El agua es el componente mayoritario y un bajo contenido de hidratos de carbono por ello es considerado como un alimento de escaso aporte calórico. Entre sus componentes se encuentra un porcentaje del 3 al 10 % de inulina, aunque destacan minerales como: potasio, magnesio, calcio y hierro. La composición química del porro contiene acción terapéutica porque es rico en vitamina C, ácido salicílico y nitrato de sodio (Arthey, 1992).

xi. Raíz de Dalia (*Dahlia spp.*)

Las dalias son originarias de los altos valles de naturaleza arcillo-silíceas de México. Es una planta herbácea, con raíces carnosas llamados impropriadamente tubérculos *Dahlia pinnata Cav.* Es una planta perenne de más de un metro de altura, con tallos rojizos o púrpura; las hojas son opuestas, simples o pinnadas, con folíolos

ovados o elípticos, acuminados, aserrados o dentados, pubescentes o estriados en los nervios (Ortíz y Col, 2003).

xii.Trigo (*Genus triticum*)

El trigo es un cereal básico para la civilización, su cultivo está emparentado con la historia de la antigüedad y de la modernidad. Y es utilizado principalmente como la base de harinas para fabricar un alimento esencial, el pan. Es uno de los cereales más usados en la elaboración de alimentos.

Contenido de inulina es del 1 al 4 % y está presente como hidratos de carbono no solubles.

Es uno de los alimentos más completos, contiene una gran cantidad de minerales: potasio, fósforo, magnesio hierro y zinc. Tiene una gran riqueza de fibras solubles, ayuda a prevenir el estreñimiento, favorece la expulsión de las heces. El trigo está formado por: hidratos de carbono (70 %), (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, melibiosa, pentosanos, galactosa, rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: Albúmina, globulina, prolamina, residuo y gluteínas), lípidos (ac. grasos: mirístico, palmítico, esteárico, palmitooleico, oléico, linoléico, linoléico), sustancias minerales (K, P, S, Cl) y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas (inositol, colina y del complejo B), enzimas (B-amilasa, celulasa, glucosidasas) y otras sustancias como pigmentos (Matissek y Col, 2001).

2.3 Producción industrial

La producción industrial de inulina se realiza a partir de la extracción de plantas y raíces que la acumulan como energía de reserva en gran cantidad.

Es producida exclusivamente por la raíz de achicoria, el yacón y el agave, aunque se encuentra presente en otras plantas, vegetales, cereales y frutas en menores cantidades.

El agave por su gran composición de inulina es transformado en mezcal mediante la hidrólisis parcial transformando la inulina en fructosa. La producción de agave es muy importante para el estado de Tamaulipas porque juega un papel importante (Gómez y Col., 2007).

La importancia de la industria alimentaria es encontrar más fuentes de producción de inulina para formular los llamados “alimentos funcionales”.

Los alimentos funcionales son:

Según el internacional food information Council (IFIC) son aquellos que proveen beneficios en la salud mas allá de la nutrición básica, siendo relevante para la mejora de la salud y bienestar y/o reducción del riesgo de enfermar.

Un producto natural

Un componente alimentario que se añada a un producto que mejora su función.

Debe de ser un alimento el cual se le ha modificado la biodisponibilidad de un ingrediente para hacerlo más utilizable.

Por lo anterior se considera su consumo diario asociado a una dieta variada y balanceada, formar parte de un estilo de vida saludable.

Los alimentos funcionales proporcionan determinados efectos fisiológicos beneficiosos no nutricionales que pueden mejorar la salud (Astiasarán y Col, 2003).

Para obtener alimentos funcionales se puede realizar por simple adición o sustracción de un componente: añadiendo alguno que no se encuentre de forma habitual en el mismo (aceite con antioxidante) o eliminando algún

elemento no deseado (grasa saturada), sustituyendo componentes (grasa saturada por ácidos grasos omega 3.

La combinación de alimentos funcionales y un buen estilo de vida saludable, contribuye a reducir el riesgo de sufrir ciertas enfermedades (Vázquez y Col, 2005).

2. 4 Beneficios a la salud

El uso de la inulina en productos alimentarios aporta beneficios a la salud, uno de ellos es porque posee la función de fibra dietética con efectos fisiológicos como es la disminución de los niveles de lípidos y glucosa en la sangre y acción laxante. Otro beneficio es el de modular la flora intestinal. La inulina tiene un aporte calórico de 1.5 kcal/g por lo que es recomendada en la dieta de los individuos que padecen diabetes (Vázquez y Col, 2005).

Refuerza las funciones inmunológicas como cáncer o tumores, porque disminuye el crecimiento de dicho cáncer en el colon en ratas, debido a que se reduce la proliferación de las enzimas envueltas en la patogénesis de cáncer. Por todo lo anterior la inulina se recomienda en terapias con cáncer (Madrigal y Sangronis, 2007).

Aumento de la disponibilidad de minerales

Mejora en el metabolismo de las grasas y de la respuesta glicémica

Incrementa la absorción de calcio y otros minerales cuando se usa dieta.

2. 5 Prebiótico

Es un ingrediente alimentario (hidrato de carbono no digerible), el cual posee un efecto favorable sobre la flora intestinal, estimulando al crecimiento de bacterias benéficas, favorecen a las bacterias ya presentes en el colon. El

término prebiótico se ha utilizado para productos como los hidratos de carbono que fomentan el crecimiento de microorganismos beneficiosos. Algunos prebióticos más conocidos: el fructano inulina (fructo-oligosacárido de más de 60 unidades), lactulosa (fructosa-galactosa disacárido) (Astiasarán y Col, 2003).

Beneficios:

Posee efecto bifidogenico porque promueve la formación de prebióticos.

Estimula la absorción de minerales como el calcio y magnesio.

Regula el metabolismo de las grasas; reduciendo los niveles de colesterol y triglicéridos en sangre.

Mejora la función intestinal y reduce el riesgo de cáncer de colon.

Es utilizado en productos alimenticios como sustitutos de grasas y azúcares.

2.5.1 Alimentos prebióticos

Son una especie de alimentos funcionales que se definen como: ingredientes no digestibles que afectan beneficiosamente al organismo, estimulando el crecimiento y actividades de cepas de bacterias en el colon, mejorando la salud y siendo llamados promotores de vida.

Los alimentos prebióticos son hidratos de carbono no digestibles como son: la inulina, fibra alimenticia y los fructooligosacaridos, estos pueden ser parte de la composición del alimento o ser añadida a los mismos.

2. 6 Aporte de fibra dietética

Es considerada como una fibra soluble en agua teniendo la función principal formar geles en el intestino para favorecer la digestión, regulando el tránsito intestinal, la estimulación de las defensas naturales de la flora intestinal, bajar el colesterol y los niveles de azúcar en la sangre.

En el intestino viven millones de bacterias las cuales benefician a nuestro cuerpo y otras lo dañan. Las bacterias buenas pueden estar vivas en alimentos fermentados (lácteos) y consumirse de una manera habitual, a estos alimentos se les llama probióticos. Estas bacterias buenas se alimentan de fibra prebiótica como la inulina.

El consumo de fibra prebiótica contribuye a mejorar la protección y equilibrio del intestino estimulando la flora intestinal por medio de las bifidobacterias. La fibra prebiótica es protectora del intestino (Vázquez y Col, 2005).

2.6.1 Fibra soluble

Es aquella que se disuelve en agua y forma una especie de gel o gelatina en el intestino.

La inulina es muy fácil de incorporarse a los alimentos y no hay necesidad de modificar el proceso de producción. En los productos lácteos se obtienen mejores propiedades organolépticas al incorporar fibras alimentarias.

La mayoría de los alimentos contiene fibra soluble, así el contenido de fibra soluble respecto a la fibra total es del 32% en cereales, 32% en vegetales, 38% en frutas y un 25% en legumbres (Vázquez y Col, 2005).

Propiedades:

Efecto favorable a la fibra prebiótica, mejora la protección y el equilibrio del intestino estimulando la flora intestinal de las bifidobacterias.

Mejora la biodisponibilidad de calcio, reduce la osteoporosis porque aumenta la densidad mineral del hueso como la masa ósea.

Actuación en el sistema digestivo y regula el tránsito intestinal brindando una estabilidad estomacal.

Fibras prebióticas

La inulina es totalmente fermentada por la microflora intestinal beneficiosa, principalmente por las bifidobacterias. Diversos estudios demuestran que inhibe las bacterias no deseables. Por tal motivo se puede combinar la inulina con cultivos pro bióticos en productos lácteos fermentados (Martínez y García, 2005).

2.7 Usos de la inulina

Se usa como espesante porque retiene el agua, emulsificante, gelificante da mejor textura y firmeza, sustituto de azúcares y de grasas, humectante, depresor del punto de congelación. También se emplea en la industria química-farmacéutica y de procesamiento como excipiente, aditivo, agente tecnológico o coadyudante. Se usa como estabilizante en varios productos alimenticios, en agentes gelantes. En la industria animal se usa como constituyente de los empaques por su carácter de material bioactivo y dar origen a los “empaques bioactivos” (Madrigal y Sangronis, 2007).

A nivel industrial la inulina que se obtiene de las plantas se puede convertir directamente en etanol, por medio de una sacarificación y fermentación microbiológica simultánea; esta técnica es la base para obtener bebidas alcohólicas como: mezcal y tequila, pero al mismo tiempo tiene un potencial para convertir los residuos de cosecha de alta inulina en etanol para ser utilizado como combustible (Rodríguez, 2000).

2.7.1 Usos médicos y terapéuticos

Para algunas personas dependiendo las circunstancias la inulina no es apropiada para su ingesta; sin embargo esta ha sido utilizada en la práctica clínica para medir en índice de filtración glomerular, la cual se basa en una propiedad de la inulina por ser un compuesto inocuo, no degradable por las enzimas del organismo humano filtra casi completamente a nivel glomérulo renal lo hace sin ser absorbido ni excretado a nivel tubular. Esto para saber el volumen sanguíneo que filtra el riñón por unidad de tiempo.

Dentro del uso terapéutico favorece a la absorción de calcio, por consiguiente hay interés sobre el mantenimiento de la salud ósea. Se ha propuesto para otros usos tal como tratamientos de la enfermedad inflamatoria intestinal del estreñimiento (Griffin y Col, 2003).

2. 8 Aplicación en la industria alimentaria

La industria alimentaria utiliza la inulina para incrementar el contenido de fibra en los alimentos que habitualmente son consumidos especialmente por mujeres como son: los productos derivados de la leche, yogurt, formulas lácteas, quesos, jamones, otros como el ajo y cebolla.

Se está utilizando de manera creciente en el procesado de alimentos debido a sus características nutricionales favorables y propiedades como el sabor dulce. Por otra parte se toma en cuenta la metabolización de la inulina que aporta 1.5 kcal/g.

PRODUCTOS LÁCTEOS. Da cuerpo y palatabilidad, tiene la capacidad de formar geles, emulsificantes, sustituto de azúcares y grasas además de sinergismo con edulcorantes.

POSTRES CONGELADOS: Brinda textura, una depresión en el punto de congelación, funciona como sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes.

PRODUCTOS UNTABLES: Estabilidad de emulsión, da textura y la capacidad de ser untado, sustituto de grasas.

CEREALES DE DESAYUNO: Por la capacidad de expansión y la crujencia.

PREPARACIÓN CON FRUTAS (NO ÁCIDAS): Capacidad de formar gel. Estabilidad de emulsión, sustituto de azúcar y grasa sinergismo con edulcorantes, da cuerpo y palatabilidad.

ADEREZOS Y ENSALADAS: Como sustituto de grasas, cuerpo y palatabilidad.

PRODUCTOS CÁRNICOS: Brinda estabilidad de emulsión, textura y es sustituto de grasas.

CHOCOLATE: Sustituto de azúcares y humectante. (Madrigal y Sangronis, 2007)

2.8.1 Efectos sobre el organismo humano

La inulina no es degradada por las enzimas humanas ptialina y amilasa que se encuentran en la saliva y secreción pancreática debido a que los enlaces β (1-2) resisten a la acción de estas enzimas. De esta manera la inulina atraviesa la mayor parte de tracto digestivo sin cambiar, siendo el colon el lugar donde comienza a sufrir transformaciones.

En el intestino grueso las bacterias que habitan en este lugar comienzan a degradar la inulina en varias porciones y la metabolizan produciendo ácidos grasos de cadena corta (ácido butírico), dióxido de carbono, hidrógeno y metano. Es por ello que los alimentos que contienen grandes cantidades de inulina producen flatulencias y molestias intestinales, esto es más frecuente en

personas que no están acostumbrados a ingerir estos tipos de alimentos. Por ello se recomienda el consumo de estos alimentos que contengan inulina en pequeñas cantidades al principio hasta que se adapte el organismo (Gómez y Col, 2004).

2.8.2 Beneficios de la inulina en la ingesta diaria

Es considerada como fibra dietética soluble porque no se siente al comerla.

Colabora en la regulación del tránsito intestinal.

Brinda un efecto prebiótico: Llega inalterada al intestino, ayuda a regular el sistema digestivo.

Reduce el nivel de colesterol en la sangre, así disminuye el riesgo de ataques cardíacos.

Debido a su sabor neutro no modifica el sabor original de los alimentos

Es de bajo valor calórico.

Es muy amigable para los diabéticos.

Brinda una sensación de bienestar de la persona (Arango y Col, 2008).

2.9 Fenoles totales

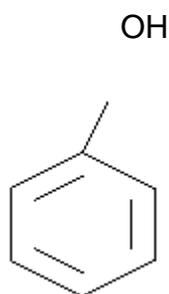
Son sustancias orgánicas ampliamente distribuidas en el reino vegetal. Se metabolizan como metabolitos secundarios con funciones de defensa y son en gran medida responsables de las propiedades de color, la astringencia y el sabor (aroma) de los vegetales. Se encuentran en las verduras y frutas. Su estructura química es propicia de secuestrar radicales libres (Finkle, 1967).

Dentro del grupo de los fenoles estarán los ácidos fenólicos (p.e. ácido elágico) y la amplia familia de los flavonoides, entre otros. Los compuestos más simples son unidades individuales de fenol que se encuentran de forma abundante en las hierbas culinarias, se incluyen el apio y el (orégano). Todos ellos tienen una larga historia de utilización como conservantes de los alimentos.

Los fenoles protegen a las plantas del daño por oxidación y realizan la misma función en los humanos.

Son responsables del buen funcionamiento de las plantas y, en su relación con el hombre, son utilizados para tratar desordenes cardiovasculares y prevenir algunos cánceres. Poseen una estructura química adecuada para ejercer actividad antioxidante, la cual está íntimamente relacionada con tales propiedades. Para su extracción se utilizan solventes polares cuyo extracto posteriormente se concentra (Fennema, 2000).

Estructura química de los fenoles



Fenol o Hidroxibenceno

Figura 2 Estructura química del fenol. (Fuente: web)

La presencia del sabor amargo de los alimentos especialmente en vegetales indica la presencia de fenoles totales, causando efectos levemente tóxicos y anti nutricionales, esto depende de la concentración y la tolerancia del organismo que la ingiera (humano o animal), en humanos 1 g de fenoles es mortal (Romero, 200).

Son importantes en la dieta humana, el consumo promedio de fenoles en países europeos se estima en 23 mg/día. Los compuestos fenólicos tienen efecto contra enfermedades como: cánceres y desórdenes cardíacos derivada de su poderosa acción antioxidante (Gracia, 2000)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

En el presente trabajo se realizó la extracción de inulina de cada una de las once especies vegetales entre frutas, verduras y cereales, así como la determinación de fenoles totales.

La extracción de inulina y fenoles en frutas, verduras y cereales, se realizó en el laboratorio del Departamento Nutrición Animal, el cual pertenece a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Las muestras que se analizaron fueron obtenidas de centros comerciales como: Merco, Bodega Aurrera, La milpa, Soriana y H.E.B. algunas de ellas debido a la temporada no se encontraron en fresco por lo que se germinaron el trigo y avena, otras muestras se obtuvieron de forma silvestre.

Materiales:

1. Cuchillo.
2. Tabla de plástico.
3. Pelador.
4. Espátula.
5. Granadillas.
6. Matraz elermeyer de 125 ml.
7. Baño María.
8. Pipetas de 20 ml.
9. Puntillas.
10. Vaso de precipitado de 600 ml.
11. Matraz de aforación de 50 ml y de 100 ml.
12. Tubos de ensayo (16x50).

Reactivos:

Inulina marca Sigma

Agua destilada.

Reactivo de Folin Ciocalteu marca MP Biomedicals, LLC.

Carbonato de sodio al 0.01M, marca Monterrey.

Acido gálico marca Goleen Bell.

Reactivo a: Cianuro de potasio (KNC) marca Monterrey, Carbonato de sodio (Na_2CO_3) marca Monterrey, Bicarbonato de sodio (NaHCO_3) marca CTR SCIENTIFIC.

Reactivo b: Ferri cianuro de potasio ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) marca Mallinokrodt Chemical Works.

Reactivo c: Sulfato férrico amoniacal ($(\text{FeNH}_4(\text{SO}_4))_2$) marca J.T. Baker Chemical y acido sulfúrico (H_2SO_4) de la marca Fermont.

Preparación de Reactivos a, b y c:

En esta etapa se localizó cada uno de los reactivos utilizados en el laboratorio, se realizaron las siguientes operaciones correspondientes a cada uno de los reactivos.

REACTIVO A:

1. Cianuro de potasio KNC (9.2mM)

Peso molecular = 65.12 g

$$M = \frac{n}{V} = \frac{g/mol}{L}$$

$$1 \text{ mol} = 1000\text{mM}$$

$$\dot{\iota} = 9.2\text{mM}$$

$$M = \frac{g}{MM * L}$$

$$g = (M) (MM) L$$

$$g = (0.0092 M) (65.12 g) (0.05 L)$$

$$g = 0.02995 g$$

$$1 g = 100 mg$$

$$\underline{29.95 mg} = 0.02295 g$$

2. Carbonato de sodio Na_2CO_3

$$\text{Peso molecular} = 105.99 g$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{g/mol}{L}$$

$$1 \text{ mol} = 1000 \text{ mM}$$

$$\dot{\iota} = 45 \text{ mM}$$

$$M = \frac{g}{MM * L}$$

$$g = (M) (MM) L$$

$$g = (0.045 M) (105.99 g) (0.05 L)$$

$$g = 0.2384 g$$

$$1 g = 100 mg$$

$$\underline{238.47 mg} = 0.2384 g$$

3. Bicarbonato de sodio $NaHCO_3$

$$\text{Peso molecular} = 84.01 g$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{g/mol}{L}$$

$$1 \text{ mol} = 1000 \text{ mM}$$

$$\dot{\iota} = 109 \text{ mM}$$

$$M = \frac{g}{MM * L}$$

$$g = (M) (MM) L$$

$$g = (0.109 M) (84.01 g) (0.05 L)$$

$$g = 0.4578 g$$

$$1 g = 100 mg$$

$$\underline{457.854 mg} = 0.4578 g$$

REACTIVO B:

1. Ferricianuro de Potasio $K_3Fe(CN)_6$

Peso molecular = 329.18 g

$$M = \frac{n}{V} = \frac{g / mol}{L}$$

$1 \text{ mol} = 1000 \text{ mM}$

$\dot{c} = 1.5 \text{ mM}$

$$M = \frac{g}{MM * L}$$

$$g = (M) (MM) L$$

$$g = (0.0015 M) (329.181 g) (0.05 L)$$

$$g = 0.0246 g$$

$$1 g = 100 mg$$

$$\underline{24.688 mg} = 0.0246 g$$

REACTIVO C:

1. Sulfato férrico amoniacal (FeNH₄(SO₄))₂

Peso molecular = 482.214 g

$$M = \frac{n}{V} = \frac{g/mol}{L}$$

1 mol = 1000mM

ç = 10.6mM

$$M = \frac{g}{MM * L}$$

$$g = (M) (MM) L$$

$$g = (0.0106 M) (482.214 g) (0.05 L)$$

$$g = 0.2555 g$$

$$1 g = 100 mg$$

$$\underline{255.573 mg} = 0.2555 g$$

2. Acido sulfúrico H₂SO₄

Peso molecular = 98.08 g

Preparar 50 ml

$$M_{nec} = M * V * MM$$

$$m = (0.05) (0.05) (98)$$

$$m_{nec} = (.05 \frac{moles}{L}) (0.05L) (98 \frac{gacidogalico}{\rho s ln}) = .245g \text{ de } H_2SO_4$$

$$m \text{ ml} = P \frac{\%}{100} = 184g/ml (.95 \frac{gacidogalico}{\rho s ln}) = 1.748 g \frac{gacidogalico}{mLs ln}$$

$$V_{ac concen} = \frac{mnecesario}{mml} = \frac{.245 gacido}{1.748 gacido} = .1401 ml$$

$$1 ml = 1000 ml$$

140.1 μ l = 0.1401 ml

<p>Inulina .01g-----10ml</p> <p>X=25ml</p> <p>X =.025g</p>
--

Equipo:

1. Estufa de gas s/m
2. Micro pipeta de 1000 μ l, marca Transferpette ®S.
3. Termómetro marca Allanfrance.
4. Balanza Explorer Ohaus.
5. Balanza AND Modelo HR-200.
6. Vortex Mixer, marca Labnet International, Inc.
7. Espectrofotómetro, marca HELIOS.
8. Refrigerador, marca LG.

3.1 Elaboración de la curva estándar de inulina

Una vez adquiridos los reactivos a utilizar para cada una de las muestras, se prepararon en un matraz de aforación 0.025 g ó 25 mg de inulina en 25 ml de agua destilada, llamándose solución de inulina.

Para la preparación del reactivo A se hizo lo siguiente: se peso Cianuro de potasio (KNC) 29.95 mg, carbonato de sodio (Na_2CO_3) 238.47 mg, bicarbonato de sodio (NaHCO_3) 457.854 mg, todo se mezcló en un matraz de aforación de 50 ml con agua destilada para formar la solución del reactivo A.

Reactivo B: Se pesaron de Ferri cianuro de potasio ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) 24.688 mg con agua destilada en matraz de aforación de 50 ml.

Reactivo C: Sulfato férrico amoniacal ((FeNH₄(SO₄))₂) 255.573 mg, ácido sulfúrico (H₂SO₄)140.1 µL, ambos reactivos se mezclan con agua destilada en un matraz de aforación de 50 ml. Una vez preparados cada uno de los reactivos y la solución de inulina se prosiguió a la realización de la curva estándar de inulina llevando el orden siguiente:

Cuadro 5. Elaboración de curva estándar de inulina

Tubos	0	1	2	3	4	5
Sol. Inulina	0 ml	0.2 ml	0.4 ml	0.6 ml	0.8 ml	1 ml
Agua	1ml	0.8 ml	0.6 ml	0.4 ml	0.2 ml	0 ml
Reactivo A	0.5 ml					
Reactivo B	0.5 ml					
Poner los tubos de ensayo en agua hirviendo por 15 min.						
Enfriar los tubos en agua por 10 min.						
Reactivo C	0.5ml	0.5ml	0.5ml	0.5ml	0.5ml	0.5ml

Fuente: Madrigal y Sangronis, 2007

3.2 Metodología para la extracción de inulina

En esta parte se utilizaron los diferentes vegetales obtenidos de diversos centros comerciales como son: ajo, alcachofa, avena, cebolla, diente de león, esparrago, jícama, plátano, poro, raíz de dalia y trigo

3.2.1 Preparación de la muestra

Cada uno de los materiales vegetales se lavaron, algunos se les retiró la cáscara, posteriormente se cortaron en tiras pequeñas y se pesaron para su análisis correspondiente.



Figura 3. Lavado, pelado y corte

3.2.2 Proceso de cocción

Las muestras previamente cortadas en trozos pequeños se sometieron a un proceso de cocción. Para esto se necesitó 10 g de la muestra fresca se colocó en un matraz erlemeyer de 125 ml, se agregó 20 ml de agua destilada, posteriormente se puso a baño maría por 90 min a una temperatura de 70°C . A cada muestra se hizo por duplicado, para obtener la muestra 1 (no hidrolizada) y muestra 2 (hidrolizada).

Pasado el tiempo de cocción se rescató el extracto obtenido, separando los trozos de la muestra y líquido sobrante, a este líquido se agregó etanol de 96° , el cual tiene la acción de precipitación de la inulina.

Una vez agregado etanol a cada muestra y duplicado, viene la obtención de las muestras. Para la **muestra 1 (no hidrolizada)** no se le agregó nada, se obtuvo directamente después del precipitado de la muestra, a la **muestra 2 (hidrolizada)** se agregó $140.1\ \mu\text{l}$ de ácido sulfúrico (H_2SO_4), el cual tiene efecto de hidrolizar (separación) a la inulina.



Figura 4. Proceso de cocción

3.2.3 Cuantificación de inulina

En esta sección se cuantificó el contenido de inulina en la muestra 1 (**no hidrolizada**) y muestra 2 (**hidrolizada**) por separado, siguiendo el siguiente orden:

Cuadro 6. Procedimiento para la cuantificación de inulina del extracto no hidrolizado.

Muestra1 (no hidrolizada)	Repeticiones		
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
Extracto acuoso no hidrolizado	1 ml	1 ml	1 ml
Reactivo A	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml
Reactivo B	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml
Poner los tubos de ensayo en agua hirviendo por 15 min.			
Enfriar en agua por 10 min.			
Reactivo C	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml
Enfriar y leer la absorvancia			

Fuente: Madrigal y Sangronis, 2007

Cuadro 7. Procedimiento para la cuantificación de inulina del extracto hidrolizado

Muestra 2 (hidrolizada)	Repeticiones		
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
Extracto acuoso hidrolizado	1ml	1 ml	1 ml
Reactivo A	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml
Reactivo B	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml
Poner los tubos de ensayo en agua hirviendo por 15 min.			
Enfriar en agua por 10 min.			
Reactivo C	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml
Enfriar y leer absorvancia			

Fuente: Madrigal y Sangronis, 2007

La lectura se obtuvo por medio del espectrofotómetro a una absorbancia de 715 nm.

Se registró cada una de las lecturas obtenidas de cada muestra y sus repeticiones para su posterior cálculo.



Figura 5. Lectura en el espectrofotómetro

3.2.4 Metodología para la determinación de fenoles totales

3.2.4.1. Elaboración de la curva patrón para fenoles totales

Para la elaboración de la curva estándar de fenoles totales se utilizó la solución estándar de ácido gálico a una concentración de 500 ppm.

Preparación de la solución madre de ácido gálico, para esto se tomo en cuenta la siguiente ecuación:

Sol. Madre de ácido gálico:

0.5 g ácido gálico ----- **100 ml agua destilada**

0.125 g ácido gálico ----- **25 ml agua destilada**

Cuadro 8. Elaboración de curva patrón para fenoles totales (Makkar 1993).

TUBOS	0	1	2	3	4	5
Sol. Madre de ácido gálico.	0 µl	80 µl	160 µl	240 µl	320 µl	400 µl
Completar con agua destilada.	400 µl	320 µl	240 µl	160 µl	80 µl	0 µl
Anadir reactivo Folin Ciocalteu.	400 µl					
Agitar los tubos (Vortex).						
Dejar reposar por 5 minutos.						
Agregar agua destilada.	2.5 ml					

Fuente: Gracia, 2000

3.2.4.2. Preparación de la muestra para determinar fenoles totales

Para la determinación fenoles totales, cada vegetal fue sometido a un proceso de secado en la estufa (s/m) a 60°C, para esto se cortaron las muestras en trozos pequeños y algunas en rodajas delgadas para facilitar el secado. Ya seca la muestra se molió en un mortero de porcelana hasta quedar casi polvo.

De la muestra molida se tomaron 200 mg de muestra seca, esta se depositó en un tubo de ensayo (16x50), el cual se le agregó 10 ml de la solución de acetona (70:30) de agua destilada posteriormente se agitó en vortex para tener una mezcla homogénea y se dejó reposar durante una noche evitando la exposición con la luz, para esto cada tubo fue forrado con aluminio identificado con el nombre del vegetal, fruta o cereal para evitar confusión. Se colocaron las muestras en el refrigerador.

3.2.4.3 Determinación de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu

Una vez de haber dejado reposar la muestra esta se centrifugo por 20 min a 3000 ppm y se obtuvo solamente el sobrenadante para analizar los fenoles totales.

Del líquido sobrenadante se tomaron 800 μL , se colocó en un tubo de ensayo (16x50), al mismo tubo se le adicionaron 800 μL del reactivo comercial Folin Ciocalteu, se agitó para homogenizar la mezcla y se dejó reposar durante 5 min, pasado este tiempo se agregaron 800 μL de carbonato de sodio (Na_2CO_3) a 0.01 M se agitó para dejar reposar la muestra 5 minutos. Posteriormente se añadió 2.5 ml de agua destilada. Inmediatamente se leyó la muestra en el espectrofotómetro a 725 nm.

Se registró la lectura obtenida en un espectrofotómetro a 725 nm. La curva de calibración se efectuó con ácido gálico.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar si se presentaron diferencias significativas del contenido de inulina y taninos, dentro de las especies vegetales. El paquete estadístico utilizado fue el Analyse-It versión 2.9 para Microsoft Excel. Los resultados se muestran en los siguientes cuadros y figuras.

4.1 Resultados de la cuantificación de inulina en las once especies vegetales

Cuadro 9. Comparación de medias del contenido de inulina de las once especies vegetales.

	Muestra	Inulina (%) Medias	Error Estándar	Tukey
7	Jícama	31.31267	± 0.531	a [‡]
3	Alcachofa tallo	28.58267	± 0.133	b
11	Raíz de Dalia	16.47100	± 0.080	c
2	Alcachofa hoja	16.47100	± 0.080	c
5	Diente de león	9.99267	± 0.070	d
1	Ajo	9.79767	± 0.027	d
9	Poro	9.73267	± 0.106	d
4	Cebolla	9.73267	± 0.027	d
8	Plátano	9.01767	± 0.027	e
12	Raíz de trigo	6.07100	± 0.080	f
6	Espárrago	3.57933	± 0.053	g
10	Raíz de avena	3.16767	± 0.106	g

[‡] Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí (Tukey $\alpha=0.05$)

Los resultados obtenidos del contenido de inulina se presenta en el cuadro 9, correspondientes a los porcentajes de inulina, la mayoría de los resultados coinciden con el trabajo de Madrigal y Sangronis, 2007 en el tema “La inulina y

derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales”, con excepción del plátano que se obtuvo un porcentaje mayor, esto puede que se deba a la presencia de almidón.

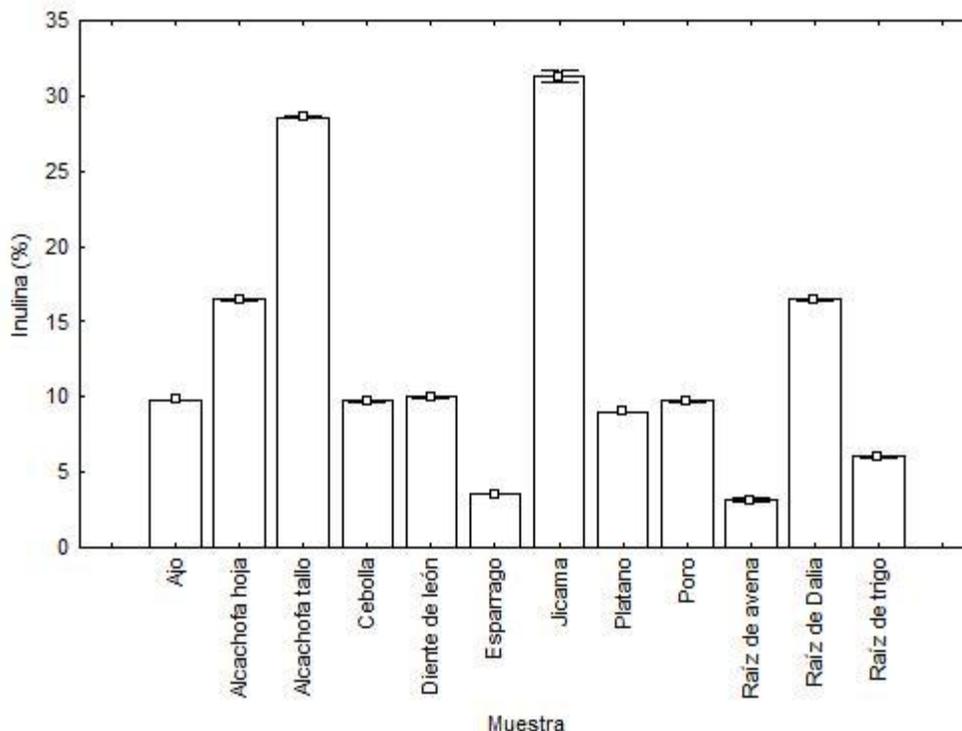


Figura 6. Contenido de inulina en vegetales en fresco.

En la figura 6 se observan los diferentes los porcentajes obtenidos en cada una de las once especies vegetales, destacándose la jícama por su alto contenido de inulina que es alrededor de 20 a 60 % y la alcachofa en el tallo con mayor porcentaje esto de a cuerdo a su peso fresco, por lo que estas dos fuentes naturales son relativamente buenas para la extracción de inulina a nivel industrial, siendo una alternativa más para la obtención de inulina y sus usos serán ampliados en la industria alimentaria.

Cuadro 10. Comparación de medias de Tukey de fenoles totales

	Muestra	Fenoles (%) Medias	Error Estándar	Tukey
10	Raíz de avena	0.370216	± 0.005	a [‡]
5	Diente de león	0.295833	± 0.003	B
11	Raíz de dalia	0.243364	± 0.004	C
3	Alcachofa tallo	0.239969	± 0.010	C
6	Espárrago	0.224846	± 0.004	C
12	Raíz de trigo	0.223302	± 0.005	C
2	Alcachofa hoja	0.188426	± 0.012	D
8	Plátano	0.121142	± 0.002	E
7	Jícama	0.113426	± 0.002	E
4	Cebolla	0.062500	± 0.003	F
9	Poro	0.040278	± 0.002	G
1	Ajo	0.033796	± 0.001	G

[‡] Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí (Tukey $\alpha=0.05$)

En cada uno de los vegetales que se analizaron se determinó la presencia de fenoles, en la cual se encontró con mayor porcentaje la raíz de avena con un porcentaje de 0.370216 ± 0.005 , esto pudiera ser por la composición, ya que los fenoles en algunos casos son responsables del color verde. En frutas se encuentran en pequeñas concentraciones.

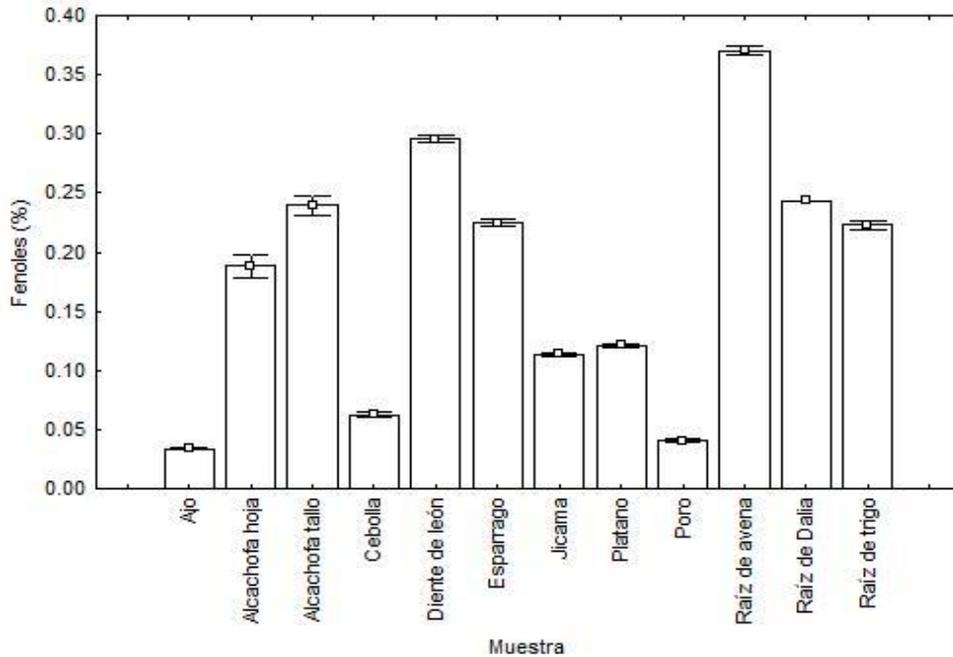


Figura 7. Contenido de fenoles totales en base a su peso en seco.

Como se puede observar cada una de las muestras que se analizaron se encuentra la presencia de fenoles esto indica que puede haber lesiones asociadas con la toxicidad, es decir es muy baja el nivel, según estudios realizados por Claudia Elena Romero Lara, 2000 afectando principalmente a los animales, porque donde se encontró mayor porcentaje de fenoles totales es en la raíz de avena y el diente de león que igual es consumido por animales.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye:

- Se cuantificó la inulina de las once especies de vegetales
- Se diferenciaron las once especies de vegetales, en donde la jícama y tallo de alcachofa resultaron ser los materiales vegetales con mayor concentración, lo que los convierte en potenciales fuentes de obtención industrial de este importante carbohidrato.
- De los dos métodos utilizados para la determinación de inulina resultó ser más factible el no hidrolizado, siendo este método donde existe mayor disponibilidad de la inulina y nos permitió cumplir con los objetivos de este trabajo.
- Se determinó la presencia de fenoles totales en cada una de las once especies vegetales analizadas, estas se encuentran por debajo de los niveles anti-nutricionales, además su concentración no presenta un riesgo en los procesos de obtención de inulina.

6. LITERATURA CITADA

Arthey D., Dennis C. Procesado de hortalizas. Acribia, 1992.

Astiasarán Anchia Iciar, Lasheras Aldaz, Ariño Plana Arturo H, Martínez Hernández J. Alfredo, eds. Alimentos y Nutrición en la práctica Sanitaria. Madrid, España, ediciones Díaz de Santos, S.A. 2003.

Fahn A. Anatomía vegetal. Madrid, España: Blume, 1978.

Fennema Owen R. Química de los Alimentos. Zaragoza, España: Acribia, S. A. 2000.

Finkle J. Bernard. Phenol compounds and metabolic regulation. Albany, California: Appleton-Century-Crofts. 1967.

Martínez Monzón Javier, García Segovia Purificación. Nutrición humana. Valencia, España, Alfaomega, 2005.

Matissek, Schnepel, Steiner. Análisis de los Alimentos, 2001

Vázquez Martínez Clotilde, De Cos Blanco Ana I., López Nomdedeu Consuelo. Alimentación y Nutrición. Madrid, España: ediciones Díaz de Santos, 2005.

PÁGINAS WEB:

Arango Bedoya Oscar, Cuarán Ginna Paola, Cami Lo Fajardo Juan. 2008. Extracción, cristalización y caracterización de inulina a partir de yacón (*smallanthus sonchifolius* (poepp. & endl.) para su utilización en la industria alimentaria y farmacéutica. Facultad de ciencias agropecuarias. Vol 6 no. 2. Internet. Disponible en: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/Vol6-2/EXTRACCION%20Y%20CARACTERIZACION%20DE%20INULINA.pdf>

Díaz C. M 2006. Oligosacáridos en formulas infantiles. La inulina y la oligofruktosa, nuevos ingredientes funcionales en alimentos. Internet. Disponible en: www.respyn.uanl.mx

Estructura de los fenoles.disponible en:<http://es.wikipedia.org/wiki/Fenol> (web).

Gómez Ayala Rocío del Carmen, Jacques Cuauhtémoc, Ramírez de León José Alberto 2004. Extracción de la inulina y azúcares del agave con métodos químicos. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Internet. Disponible en: <http://www.respyn.uanl.mx/especiales/ee-1-2004/51.htm>

Gracia Nava Manuel Alejandro 2000. Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. Internet. Disponible en: http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56_1UAQGarciaNava.pdf

Griffin I.J. 2003. La achicoria enriquecida con inulina aumenta la absorción de calcio principalmente en jóvenes y mejora la absorción de calcio Nutr. R. 23:901-909. La inulina enriquecida con oligofruktosa beneo synergy ayuda a proteger contra la osteoporosis. Internet. Disponible en: <http://www.fhoemo.com/esp/Inulina.pdf>

Madrigal Lorena, Sangronis Elba 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Caracas : v.57 n.4. Internet. Disponible en: http://www.alanrevista.org/ediciones/2007-4/la_inulina_derivados_ingredientes_claves_alimentos_funcionales.asp

Muedra Bort Paula 2006. Diabetes. Diseño y presentación de trabajos e informes científicos. Internet. Disponible en: <http://www.sac.com.ar/prosac2007/modulo1/archivos/prosac2-66-72.pdf>

Ortiz Soto María Elena, Olvera Carranza Clarita, Olivares Illana Vanessa, Wachter Rodarte Carmen, López- Mungía Canales Agustín 2003."La Inulina: Producción e importancia actual como nutraceutico y su papel en alimentos fermentados tradicionales". Internet. Disponible en: http://www.pncta.com.mx/pages/pncta_investigaciones_03i.asp?page=03e5

Rodríguez López José Neptuno 2000. Aprovechamiento de residuos de alcachofa. Universidad de Murcia. Internet. Disponible en: <http://digitum.um.es/jspui/bitstream/10201/6303/1/Aprovechamiento%20de%20Residuos%20de%20Alcachofa-Aspectos%20Teoricos.pdf?sequence=1>

Romero Lara Claudia Elena 2000. Efecto del pastoreo con ovinos sobre la concentración de taninos condensados en *gliricidia sepium* (jacq) Walp en el trópico seco. Facultad de medicina. Internet. Disponible en: http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Claudia%20Elena%20Romero%20Lara.pdf

Salazar Salazar Ovidio 2005. Extracción comercial de inulina de plantas de agave en Tamaulipas. Centro de investigación para el desarrollo de la fruticultura en Tamaulipas, S.C. Internet. Disponible en: <http://www.cotacyt.gob.mx/congreso/memoria/fsccommand/agroindustrial/ovidio.pdf>

Vilcahuaman Paucar Magali 2003. Obtención de inulina por hidrólisis del zumo de *smallanthus sonchifolius* (yacón). Universidad Nacional del Centro de Perú. Internet. Disponible en: <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyFIEyZVyVPACeZWP.php>

Villagómez Aranda Ana Laura, Mercado Silva E 2004. Cuantificación de fructanos en bulbo de ajo pardillo. Universidad Autónoma de Querétaro. Internet. Disponible en: <http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2008/2VeranoIntroduccion/12VillagomezAranda.pdf>.