

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

**Caracterización fisicoquímica y determinación de la actividad
antioxidante de 4 variedades hortícolas de coliflor
miniatura (verde, amarillo, blanco y morado)
(*Brassica Oleracea* L. var. *Botrytis.*)**

Trabajo de investigación presentado por Gabriela García Ramírez para
optar al grado académico de Maestría en Ciencia y Tecnología en
Alimentos

**Guatemala
2006**

**Caracterización fisicoquímica y determinación de la actividad
antioxidante de 4 variedades hortícolas de coliflor
miniatura (verde, amarillo, blanco y morado)
(*Brassica Oleracea* L. var. *Botrytis*.)**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

**Caracterización fisicoquímica y determinación de la actividad
antioxidante de 4 variedades hortícolas de coliflor
miniatura (verde, amarillo, blanco y morado)
(*Brassica Oleracea* l. var. *Botrytis*.)**

Trabajo de investigación presentado por Gabriela García Ramírez para
optar al grado académico de Maestría en Ciencia y Tecnología en
Alimentos

**Guatemala
2006**

VoBo:

(f) _____
Licda. Patricia Palacios de Palomo

Tribunal

(f) _____
Licda. Patricia Palacios de Palomo

(f) _____
Licda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) _____
Doctor Ricardo Bressani

Fecha de aprobación: 23 de noviembre 2006.

ÌNDICE

	Página
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE GRAFICOS	vi
RESUMEN	vii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÒN	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPÒTESIS	
IV. REVISIÒN BIBLIOGRÀFICA	5
V. JUSTIFICACIÒN	26
VI. MATERIALES Y MÈTODOS	27
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÒN	30
VIII. CONCLUSIONES	35
IX. RECOMEDACIONES	36
X. BIBLIOGRAFÌA	37
APÈNDICE	39

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Comparación del valor nutricional de la coliflor con otras crucíferas	8
2. Características físicas de las distintas coliflores	41
3. Resultados del análisis proximal en base húmeda de las distintas minicoliflores	41
4. Resultados del análisis proximal en base seca de las distintas minicoliflores	42
5. Resultados del análisis de antioxidantes de las distintas minicoliflores	42
6. Resultados de minerales en ppm, para las cuatro variedades hortícolas de minicoliflor	43

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1. Minicoliflor amarilla, morada, verde y blanca	7
2 .Estructura general de antocianinas	14
3. Antocianinas vrs. Valor antioxidante	40
4. Polifenoles totales vrs. Antioxidantes	40
5. Vitamina C vrs. Valor antioxidante	41

RESUMEN

En este trabajo de investigación, se utilizaron cuatro variedades hortícolas de coliflor miniatura (***Brassica Oleracea l. var. Botrytis.***), blanca, amarilla, verde y morada. El objetivo de dicha investigación era el de realizar una caracterización física y química, así como la determinación del poder antioxidante de las cuatro variedades de minicoliflor.

Para la determinación química se utilizaron los métodos de la AOAC, y se realizaron los análisis proximales. La coliflor es una crucífera de poco aporte calórico, por lo que está constituido de gran cantidad de agua, aproximadamente un 90 %, 6 % de fibra, y se determinó también un 32% de carbohidratos en su composición y un 4% de proteína.

Se hizo el análisis de Vitamina C, y se encontró que la mini coliflor verde posee la mayor cantidad de dicho antioxidante ya que a la hora de la siembra se permite su exposición al sol y por tanto tiene lugar el desarrollo de la clorofila, esta variedad es más aromática que la coliflor blanca.

Con respecto a la cantidad de Antocianinas, se utilizó el método diferencial de pH, se determinó que la minicoliflor con mayor concentración de antocianinas fue la morada, evidenciado por su coloración.

Para la determinación de Polifenoles totales, se encontró nuevamente el de mayor concentración de polifenoles tenía era la coliflor morada, y en último lugar la blanca, por lo que se puede decir que en este caso el color sí afecta en los resultados, al igual que en la determinación de Antocianinas.

Se determinaron ciertos minerales como Cobre (Cu), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn) y Calcio (Ca).

Por último se realizó el análisis del poder antioxidante de cada una de las variedades de minicoliflor, utilizando el método de radicales libres, con el reactivo DPPH.

Al comparar el poder antioxidante, de las cuatro variedades de minicoliflor, como se observa en la Tabla No. 11, la que posee mayor valor antioxidante fue la coliflor morada, con un valor de 47.4, y la verde con 59.7 siguiéndole la amarilla con 64.6 y por último la blanca con 98.1.

I. INTRODUCCION

El cultivo de la minicoliflor tiene cada vez más aceptación en los gustos del consumidor, no solo por su tamaño sino también por su valor nutricional, ya que presentan un bajo contenido de calorías y son ricas en minerales.

Los diferentes estudios realizados tanto en Europa como en EEUU indican un bajo consumo de frutas, verduras y hortalizas y una tendencia negativa del mismo. Este aspecto también refleja en la población infantil y juvenil desnutrida, por lo que instituciones a nivel mundial han hecho campañas para aconsejar a la población que aumente su consumo de frutas y verduras.

En este último aspecto, Guatemala puede sacar provecho económico si se convierte en un gran exportador de verduras, como lo son las coliflores miniatura, que se producen en nuestro país, dándole de esta manera buenos ingresos a la gente del campo que es la más necesitada.

El objetivo de este trabajo es el de determinar, las características físicas y químicas, así como la actividad antioxidante de la coliflor miniatura, de cuatro distintos colores: morada, blanca, verde y amarilla. (***Brassica Oleracea* l. var. *Botrytis.***) Ya que esta característica le puede dar un valor agregado al producto debido a que los antioxidantes, son de gran beneficio para la salud y últimos años se ha investigado científicamente el papel que juegan estos en las patologías cardiovasculares, en numerosos tipos de cáncer, en el SIDA e incluso otras directamente asociadas con el proceso de envejecimiento, como las cataratas o las alteraciones del sistema nervioso.

Los antioxidantes combaten la degeneración y la muerte de las células que provocan los radicales libres, y la incapacidad del cuerpo humano para neutralizarlos, obliga a recurrir a alimentos con propiedades antioxidantes que puedan eliminar dichos radicales.

Aunque se han realizado varios estudios sobre el poder antioxidante en frutas y vegetales, existen pocos datos sobre los antioxidantes que se encuentran específicamente en las coliflores, ya que no se han hecho estudios profundos en los que se determine el potencial de dicho producto.

Entre las características químicas que se analizaron en los cuatro colores distintos de coliflores se encuentran las siguientes: Determinación de la Actividad Antioxidante, Polifenoles totales, Vitamina C y Antocianinas. Así como también se determinaron los minerales como Cobre (Cu), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn) y Calcio (Ca).

II. OBJETIVOS

A. GENERALES

- Realizar una caracterización física y química de cuatro variedades hortícolas de coliflores miniatura, en los siguientes colores : verde, amarillo, morado y blanco

B. ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de polifenoles, antocianinas y Vitamina C de los cuatro colores de la coliflor miniatura, blanco, verde, amarillo y morado.
- Determinar el poder antioxidante los cuatro colores distintos de la coliflor miniatura, blanco, verde, amarillo y morado.
- Determinar los siguientes minerales : Cobre (Cu), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn) y Calcio (Ca).

III. HIPÒTESIS

Ho : Las mini coliflores verdes, amarillas, blancas y moradas poseen poder antioxidante.

Ha : Las mini coliflores verdes, amarillas, blancas y moradas no poseen poder antioxidante.

IV. REVISIÒN BIBLIOGRÀFICA

A. Descripción botánica de la Coliflor

La coliflor es una planta , perteneciente a la familia *Cruciferae* y cuyo nombre botánico es *Brassica oleracea* L. var. *botrytis*. (16).

Prefiere climas templados y suelos húmedos, pesados y firmes. Entierras malas o condiciones desfavorables no alcanzan un crecimiento óptimo. La pella de las coliflores está formada por racimos densos de flores blancas. Al cultivarlas conviene recordar que se está forzando a especies bianuales a cumplir su ciclo productivo en una sola temporada.(16)

Hay variedades blancas y moradas, siendo resistentes en invierno y se recolectan desde el final del mismo. Un buen suelo no es esencial y se desarrollan en cualquier clima salvo en los excesivamente fríos. Al año siguiente allí se podrá cultivar otro tipo de hortalizas, por ejemplo de raíces tales como zanahoria o remolachas.

Existen híbridos de coliflor que producen cosechas todo el año, puede sembrarse en enero, febrero o fines de primavera a principios de otoño directamente a campo según en cultiva

En un principio el cultivo de la coliflor se concentró en la península italiana, y debido a las intensas relaciones comerciales en la época romana, tendría como resultado su difusión entre distintas zonas del Mediterráneo. Durante el siglo XVI su cultivo se extendió en Francia, y apareció en Inglaterra en 1586. En el siglo XVII, su cultivo se generaliza por toda Europa y a finales del siglo XVIII se cita su cultivo en España. Finalmente, durante el siglo XIX las potencias coloniales europeas extendieron su cultivo a todo el mundo.(16)

En estas plantas la inflorescencia se encuentra hipertrofiada, formando una masa de pecíolos y botones foliares apelmazados. Las selecciones de coliflores tienen los soportes de la flor desarrollados prematuramente; las flores abortan en gran parte y las ramificaciones a lo largo de las cuales están distribuidas, se encuentran engrosadas y, disminuyendo de longitud, forman una especie de corimbo regular que termina en una superficie amontonada.(16)

Son consideradas como coliflores las coles de pella compacta que no forman brotes laterales, los limbos cubren generalmente en su totalidad el pecíolo, a no ser en las hojas muy viejas algunas variedades; tienen también los bordes de los limbos menos ondulados, nerviaduras menos marcadas y no tan blancas, así como pellas de mayor tamaño, de superficie menos granulada y sabor más suave.(17)

Existen bastantes diferencias en la compacidad de las pellas, y encontramos variedades de grano muy apretado, en cuyo caso son más resistentes a la subida de la flor, mientras que otras son de tipo medio en relación con este carácter o bien de grano casi suelto que forman una superficie menos granulosa, como afelpada, las cuales son de poco aguante en estado de aprovechamiento para el mercado.(17)

B.Cultivo de las minicoliflores

Este tipo de cultivo tiene cada vez mayor aceptación, como consecuencia del cambio en los gustos del consumidor, que evolucionan a preferir unidades no muy grandes. Se hace variando el marco de plantación a dimensiones más reducidas, que pueden ser de 20-22 cm. Entre líneas y 10 cm. Entre plantas, no siendo necesario emplear variedades especiales, aunque puedan dar mejor resultado aquellas plantas de menor vigor y pella más reducida.(16)

La mayor densidad de plantas tiene como consecuencia la formación de pellas más pequeñas, que alcanzan diámetros de 5-10 cm. Este tipo de coliflores se adapta muy bien al empaquetado y a la congelación. En cuanto a su comercialización en fresco, tiene una buena aceptación en el mercado las pellas de 400 a 600 g de peso.(16)

Figura No.1



Mini coliflor amarilla



Mini coliflor morada



Mini coliflor verde



Mini coliflor blanca

Tabla No. 1 Comparación del valor nutricional de la coliflor con otras crucíferas.

NUTRIENTE	Contenido en 100g de repollito de bruselas cocido y escurrido	Contenido en 100g de brócoli hervido y escurrido	Contenido en 100g de coliflor hervida y escurrida	Contenido en 100g de repollo crudo
Proteínas (gr)	2,55	2,98	1,84	1,44
Lípidos (gr)	0,51	0,35	0,45	0,27
Carbohidratos (gr)	8,67	5,06	4,11	5,43
Cenizas	0,95	0,92	0,6	0,71
Energía (Kcal)	39	28	23	25
Agua (gr)	87,32	90,69	93	92,15
Fibra total (gr)	2,6	2,9	2,7	2,3
Calcio, Ca (mg)	36	46	16	47
Hierro, Fe (mg)	1,2	0,84	0,33	0,59
Magnesio, Mg (mg)	20	24	9	15
Fósforo, P (mg)	56	59	32	23
Potasio, K (mg)	317	292	142	246
Sodio, Na (mg)	21	26	15	18
Zinc, Zn (mg)	0,33	0,38	0,18	0,18
Cobre, Cu (mg)	0,083	0,043	0,027	0,023
Manganeso, Mn (mg)	0,227	0,218	0,138	0,159
Vitamina A, IU	719	1388	17	133
Vitamina A, RE	72	139	2	13
Vitamina E (mg)	0,85	1,69	0,04	0,105
Vitamina C (mg)	62	74,6	44,3	32,2
Tiamina (mg)	0,107	0,055	0,042	0,05
Riboflavina (mg)	0,08	0,113	0,052	0,04
Niacina (mg)	0,607	0,574	0,41	0,3
Acido Pantoténico (mg)	0,252	0,508	0,508	0,14
Vitamina B-6 (mg)	0,178	0,143	0,173	0,096
Folato (mcg)	60	50	44	43
Vitamina B-12 (mcg)	0	0	0	0
Colesterol (mg)	0	0	0	0

(18)

En la coliflor, al igual que en el resto de los vegetales de su misma familia, se han identificado en los últimos años una serie de elementos cuyos efectos potenciales en la prevención de diversos tipos de cáncer y otras enfermedades justifica el creciente interés de su consumo y cultivo, tanto como producto fresco como congelado. Muchas de sus virtudes se atribuyen a diversos compuestos. Entre ellos destacan los glucosinolatos, isotiocianatos, indoles y fibra. Una parte importante de dichos compuestos son azufrados y, además de tener acción antioxidante, son los responsables del fuerte olor que desprende esta verdura durante su cocción.(17)

El contenido en fibra a la coliflor le confiere propiedades laxantes, por lo que su consumo ayuda a prevenir o mejorar el estreñimiento. Además, la fibra ejerce notables funciones fisiológicas. Contribuye a reducir las tasas de colesterol en sangre y al buen control de la glucemia en las personas que tienen diabetes(18)

C.Antioxidantes

1. Historia. A finales del siglo XIX y principios del siglo XX los antioxidantes, fueron objeto de grandes investigaciones, en los procesos industriales, como la corrosión de metales, explosivos, vulcanización del caucho entre otros.(6)

Los primeros investigadores de nutrición enfocaron el empleo de antioxidantes para prevenir la oxidación de grasas insaturadas y la causa de rancidez. La actividad antioxidante podría ser medida simplemente colocando la grasa en un contenedor cerrado de cristal con el oxígeno y observando la tarifa de consumo de oxígeno. Sin embargo, fue la identificación de vitamina A, C, y la E que revolucionaron el campo de los antioxidantes, y condujeron a la realización de la importancia de los mismos en la biología(6).Los mecanismos posibles de la acción de antioxidantes primero fueron explorados a fondo por Moreau y Dufraise (1926), quien reconoció que una sustancia con actividad antioxidante es aquella que es un blanco para la oxidación. (8)

2. Concepto. Los antioxidantes son un conjunto heterogéneo de sustancias formado por vitaminas, minerales, pigmentos naturales y otros compuestos vegetales y enzimas, que bloquean el efecto dañino de los radicales libres. El término antioxidante significa que impide la oxidación perjudicial de otras sustancias químicas, ocasionada en las reacciones metabólicas o producido por los factores exógenos como las radiaciones ionizantes.(9)

Se denominan antioxidantes, a todos aquellos elementos que tienen como función eliminar los radicales libres de nuestro organismo. Los radicales libres se producen como resultado de la oxidación celular, un número controlado y limitado resulta beneficioso para el organismo, por su papel que desempeñan en el organismo dentro del sistema inmunológico, dado que son capaces de eliminar microorganismos patógenos.(4)

Los antioxidantes pueden inhibir o retardar la oxidación de lípidos u otras moléculas por la inhibición de de la oxidación de las reacciones en cadena. La actividad antioxidante de los componentes fenólicos es principalmente debido a sus propiedades redox, las cuales juegan un papel importante en la absorción y neutralización de los radicales libres. En general hay dos categorías básicas de antioxidantes :

a.Naturales

b.Sintéticos (4)

En los años 1950 y 60, Harman de la University of Nebraska Medical Center, el creador de la teoría de formación de radicales libres en el envejecimiento, condujo una serie de experimentos en los cuales extendió la vida de varias cepas de ratones utilizando antioxidantes sintéticos. Los antioxidante incluían BHT (butylated hydroxytoluene), Ethoxyquin (dihydroethoxytrimethylquinolone), 2-mercaptoethylamine (2-MEA) y NDGA (nordihydroguaretic acid). El Dr. Harman encontró que el promedio de vida podía extenderse hasta en un 61% utilizando estos compuestos (4)

Estudios subsiguientes confirmaron los hallazgos de prolongar la vida de la Ethoxyquin y NDGA. Estos suplementos nunca se hicieron populares debido a la preocupación de que pudiesen tener efectos adversos durante su uso crónico (4).

No obstante, Recientemente el interés por encontrar antioxidantes naturales se ha incrementado, para remplazar los sintéticos ya que algunos de estos están siendo restringidos, por sus efectos secundarios(4)

Los antioxidantes son en particular importantes en el contexto de química orgánica y biología: todas las células de vida contienen los sistemas complejos de sustancias químicas de antioxidante y enzimas para prevenir el daño químico a los componentes de las células por la oxidación.(12)

Cuando el número de radicales libres aumenta y se inestabiliza produce resultados negativos. Se ha visto la relación que existe entre estas moléculas y ciertas enfermedades de carácter degenerativo, como alteraciones del aparato circulatorio, del sistema nervioso y otras enfermedades muy graves. Estos resultados negativos se producen porque los radicales libres alteran el ADN.(12)

3. Medición de la capacidad antioxidante. La capacidad antioxidante de muchos compuestos fenólicos ha sido objeto de muchos estudios, Muchos investigadores han estudiado la actividad antioxidante de los flavonoides y han tratado de relacionar esta actividad con su estructura. Los flavonoides son compuestos polifenólicos con un esqueleto de 15 átomos de carbono con un anillo bencénico fusionado a un anillo cromano (C) que está unido a su vez a un segundo anillo aromático (B) que puede estar en la posición 2, 3 ò 4. (15)

La presencia de grupos o-dihidroxi en el anillo B, de un doble enlace entre los carbonos 2 y 3 junto con un 4-oxo en el anillo C, y de grupos hidroxilo en los carbonos 3 y 5 junto con el 4-oxo en los anillos A y C se han asociado con actividad antioxidante.(15)

Los ácidos fenólicos como el caféico, clorogénico, ferúlico, sinápico y p-cumárico son antioxidantes más activos que los derivados hidroxilados del ácido benzóico como el p-hidroxibenzóico, vanílicico y siríngico. Muchos de los flavonoides presentan una gama de efectos biológicos como actividades antibacterianas, antivirales, antiinflamatorias, antialérgicas, antitrombóticas. La actividad antioxidante es una propiedad importante para la vida. Muchas de las funciones biológicas como la antimutagenicidad, anticarcinogenicidad y retraso del envejecimiento derivan de la capacidad antioxidante.(10)

Se han diseñado diferentes métodos para evaluar la capacidad antioxidante de distintos alimentos y uno de los más utilizados es el conocido como ORAC o capacidad para absorber radicales de oxígeno. En este método la capacidad antioxidante se cuantifica calculando la protección neta durante cierto tiempo de una gráfica de degradación de la fluorescencia de ficoeritrina o fluoresceína en presencia del antioxidante o de suero. Se emplea un generador de radicales peroxilo como lo es la mezcla $\text{Cu}^{2+} - \text{H}_2\text{O}_2$. La medición de ORAC combina tanto tiempo de inhibición como porcentaje de inhibición de la acción de radicales libres por los antioxidantes usando un área bajo la curva para la cuantificación.(10)

Se han propuesto diversos métodos para determinar la actividad antioxidante de estos compuestos, los cuales se basan en su capacidad para captar radicales libres, tanto en fase orgánica como en fase acuosa. Entre ellos se puede mencionar el uso del radical 2,2-difenil-1-picril hidracilo (test del DPPH·), del radical ABTS· (test del status antioxidante total), la reacción de peroxidación del linoleato, (test LH/LUV) y la reacción con el óxido nitroso (test NO) y otros .(10)

Los fenoles, además de contribuir a las características organolépticas del vino, poseen en mayor o en menor grado propiedades antioxidantes. Generalmente, la composición fenólica de los vinos depende de varios factores como ser la variedad de las uvas, proceso de elaboración, extracción y tiempo de almacenamiento. Para vinos de producción nacional aún se cuenta con información relativamente escasa acerca del contenido de fenoles totales en vinos y su actividad antioxidante. (10)

4. Principales tipos de antioxidante

- a. Vitamina C.
- b. Vitamina A.
- c. Vitamina E.
- d. β -caroteno.
- f. Antocianinas
- g. Flavonoides.
- h. Selenio.
- i. Zinc.

j.Licopeno.

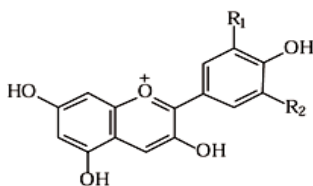
k.Cobre.

l.Enzimas como la glutathion peroxidasa, superóxido dismutasa y catalasas (19)

a.Antocianinas. Estos son pigmentos hidrosolubles rojos, azules y púrpura de las flores, frutas o verduras. Su nombre proviene de un término propuesto por Marquart en 1835, para denotar la sustancia azul de *Centaurea cyanus*. Las antocianinas son glucósidos; cuando se los hidroliza producen un azúcar y una aglicona, llamada antocianidina. Los residuos de carbohidratos más comúnmente hallados son: glucosa, ramnosa, galactosa y genciobiosa. Las antocianidinas poseen una estructura básica en común, que consiste en un núcleo de benzopirilio y un anillo fenólico, los dos juntos reciben el nombre de flavilio.(2)

Todos los nombres de las antocianidinas se derivan de nombres de plantas. La pelargonidina se encuentra en las fresas, la cianidina en el higo morado, almendra, mora, baya dulce y baya del saúco, la delfinidina en la granada y la berenjena. (2)

Figura No 2 : Estructura general de antocianinas



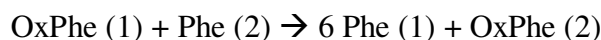
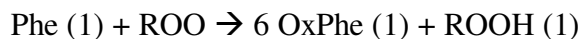
	R ₁	R ₂
CIANIDINA	OH	H
PEONIDINA	OCH ₃	H
DEFFINIDINA	OH	OH
PETUNIDINA	OCH ₃	OH
MALVIDINA	OCH ₃	OCH ₃
PELARGONIDIN	H	H
A		

(2)

b.Polifenoles. Los principales polifenoles se clasifican de acuerdo con el número de átomos de carbono en el esqueleto base. Encontramos por ejemplo el grupo de los fenólicos c6-c1 y los cinámicos de c6-c3, los flavonoides de estructura c6-c3-c6 y los compuestos poliméricos de lignina y taninos.(2)

La estructura química de los polifenoles es especialmente adecuada para ejercer una acción antioxidante (atrapador de radicales libres).(2)

Existen polifenoles con diversa capacidad antioxidante. El hecho que muchos de estos funcionen mejor en mezclas permiten suponer, que en condiciones en que se encuentran varios de estos compuestos con esta diferente capacidad, los muy reactivos sean los que reduzcan a los radicales más activos, como al alcóxido y al lipoperóxido, mientras que otros menos activos actúen generando a los más activos (phe(1)).(2)



Cuando esto no ocurre los phe (1) pueden ser agotados y la capacidad antioxidante total disminuye. La mezcla de polifenoles va a ser distinta según sea su origen y cada uno actuará por uno o más mecanismos según sus propiedades particulares.(2)

c.Vitamina C. Pertenece junto con las vitaminas B al grupo de las hidrosolubles, la vitamina C interviene en el mantenimiento de huesos, dientes y vasos sanguíneos por ser buena para la formación y mantenimiento del colágeno. Protege de la oxidación a la vitamina A y vitamina E, como así también a algunos compuestos del complejo B (tiamina, riboflavina, ácido fólico y ácido pantoténico). Desarrolla acciones anti-infecciosas y antitóxicas y ayuda a la absorción del hierro en el organismo (11)

La vitamina C se oxida rápidamente y por tanto requiere de cuidados al momento de exponerla al aire, calor y agua. Por tanto cuanto menos calor se aplique, menor será la pérdida de contenido. Las frutas envasadas por haber sido expuestas al calor, ya han perdido gran contenido vitamínico, lo mismo ocurre con los productos deshidratados. En los jugos, la oxidación afecta por exposición prolongada con el aire y por no conservarlos en recipientes oscuros. (11)

Alimentos ricos en vitamina C	
<i>Cantidad recomendada por día: 50-60 mg.</i>	
Kivi	500
Guayaba	480
Pimiento rojo	204
Grosella negra	200
Perejil	150
Caqui	130
Col de Bruselas	100
Limón	80
Coliflor	70
Espinaca	60
Fresa	60
Naranja	50
<i>Cantidades expresadas en mg/100 gr.</i>	

5. Radicales Libres. En las últimas décadas han surgido diversas teorías que intentan explicar el proceso de envejecimiento, entre ellas una de las que tiene más adeptos es la de los radicales libres. Esta teoría propone que, debido a la alteración de los mecanismos antioxidantes, se generan y acumulan los radicales libres y se produce un estrés oxidativo que daña estructuras celulares, lo cual conduce a la muerte celular.(20)

En todos los cambios arriba mencionados subyace la formación excesiva de radicales libres, mismos que ocasionan la destrucción de las macromoléculas de la célula (ácidos nucleicos, lípidos, carbohidratos y proteínas), induciendo una disminución en la resistencia al ambiente y un incremento en la fragilidad celular.(20)

Los radicales libres son resultado de los procesos fisiológicos propios del organismo, como el metabolismo de los alimentos, la respiración y el ejercicio, o bien son generados por factores ambientales como la contaminación industrial, el tabaco, la radiación, los medicamentos, los aditivos químicos en alimentos procesados y los pesticidas.(5)

Los radicales libres son generados y utilizados por células como los neutrofilos, los los macrófagos, los eosinofilos y la fibroblastos para eliminar organismos extraños como bacterias y virus. Pero el incremento de estos radicales conduce a un deterioro celular.(5)

Los lípidos representan el grupo más susceptible debido a la presencia de dobles enlaces en sus ácidos grasos, además de constituir de manera fundamental el organelo celular más expuesto, debido a que en el orbital más externo de su estructura tienen uno o más electrones sin aparear. Esta inestabilidad les confiere una avidez física por la captura de un electrón de cualquier otra molécula de su entorno, ocasionando que la estructura afectada quede inestable.(5)

De esta forma pueden establecer reacciones en cadena por medio de varios transportadores que se oxidan y se reducen secuencialmente, cuando un radical libre inicial modifica una biomolécula después de transferir o capturar un electrón. El daño es transmitido por medio de los transportadores, que incluso pueden ser moléculas circulantes.(5)

Con base en esta definición, son radicales libres la molécula de oxígeno, el átomo de hidrógeno y los metales de transición (en estado iónico). La enorme reactividad de los radicales de oxígeno los lleva a interactuar ávidamente con otras moléculas. (5)

Los radicales libres se forman por fuentes exógenas o endógenas. Un ejemplo de las segundas se observa en los sistemas biológicos, los cuales necesitan el oxígeno para su metabolismo energético. Aproximadamente 80% del adenosín trifosfato (ATP) que utilizamos se forma en las mitocondrias, donde se consume entre 85 y 90% del oxígeno.(5)

En ellas, el oxígeno molecular disuelto entra a la cadena respiratoria para reducirse a agua, proceso en el que son generados en forma sucesiva, el anión superóxido, el peróxido de hidrógeno y el radical hidroxilo, especies de radicales derivadas del oxígeno.(5)

6.Antioxidantes en Biología. Los organismos vivos todos contienen los sistemas complejos de enzimas y de productos químicos de antioxidantes. Una acción importante de los antioxidantes es prevenir el daño debido a la acción de la especie reactiva del oxígeno, las especies reactivas del oxígeno incluyen, peróxido de hidrógeno (H_2O_2), anión (O^{-2}) y radicales libres, tales como el radical del oxidrilo (OH), estas moléculas son inestables y altamente reactivas y pueden dañar las células por reacciones en cadena química tales como la peroxidación de lípido, o la formación de las aducciones de ADN que la pueden conducir a las mutaciones o a la muerte de la célula, todas las células por lo tanto contienen antioxidantes que sirven para prevenir este daño.(5)

Los antioxidantes son especialmente importantes en la mitocondria de las células eucariotas, puesto que el uso del oxígeno como parte del proceso para generar energía produce especie reactiva del oxígeno.

El proceso del metabolismo aerobio requiere oxígeno ya que es el aceptador final del electrón de las reacciones redox. Sin embargo, el anión del superóxido que se produce como subproducto de esta reducción del oxígeno en la cadena de transporte del electrón. Específicamente, la reducción de la coenzima Q en el complejo III es una fuente importante del anión del superóxido, puesto que un radical libre altamente reactivo se forma como intermedio ($^{\cdot-}$ de Q). Este radical inestable puede conducir al electrón “salida”; en vez de la mudanza a lo largo de las reacciones bien-controladas de la cadena de transporte del electrón, los electrones saltan directamente al oxígeno molecular, formando el anión del superóxido.(5)

7. Fuente de antioxidantes. Los antioxidantes se obtiene de la dieta, sobre todo encontrándose en su mayoría en los alimentos vegetales, lo que explica parte de las acciones saludables de frutas, legumbres, hortalizas y cereales integrales.(13)

El frijol es uno de los productos altamente consumidos en América Latina, y actualmente está recibiendo mayor atención como un alimento funcional, ya que reduce el riesgo de diabetes y obesidad, el role inhibitor del frijol en la reducción de enfermedades coronarias del corazón, ha sido notado y confirmado recientemente Según Sandberg , los datos provienen de investigaciones epidemiológicas , en las cuales se ha encontrado que existe una reducción en el riesgo de contraer cáncer de colon. Los frijoles son fuente de fibra, por lo que ayudan tanto a la digestión y a la absorción de los alimentos. (13)

Los efectos beneficiosos del frijol se deben a la abundante presencia de polifenoles, el cual posee propiedades anticancerígenos y antioxidantes. (10)

Algunos antioxidantes se utilizan como aditivos conservantes en los alimentos.(10)

Las frutas y verduras proporcionan una amplia gama de vitaminas, minerales, antioxidantes y fibra que el cuerpo tiene que mantener para la buena salud. Simplemente con mirar el color de las verduras o frutas que se consumen, se puede determinar qué tipo de antioxidante se consume.(10)

El Licopene es un miembro (junto con beta-caroteno) de una familia de pigmentos presentes en plantas denominados carotenoides. Existen más de 600 diferentes carotenoides, pero el licopene y los carotenos son los más importantes. Estos compuestos son los que hacen que las plantas, flores y frutas tengan colores brillantes.

El licopene es el mejor candidato como antienvjecimiento debido a que es el más efectivo en eliminar un tipo específico de radical libre denominado “singlet” oxígeno.(14)

Igualmente importante es que el licopene se regenera luego de eliminar los radicales libres y puede detoxificar moléculas peligrosas sin ser destruido. El licopene disminuye con la edad aun cuando sigan consumiendo frutas y vegetales que lo contengan. Se ha demostrado que este compuesto aumenta la sobrevivencia en animales de laboratorio expuestos a radiación y puede disminuir la incidencia de varios tipos de cáncer. (14)

La luteína, el alfa- beta caroteno, se encuentran en los productos con pigmentos anaranjados y amarillos, como los duraznos y las zanahorias. La espinaca el brócoli, la coliflor, entre otros también proveen de luteína, estos se caracterizan por su color verde.(6)

La vitamina A se encuentra sobre todo en los alimentos de color naranja: zanahoria, mantequilla, yema del huevo, mandarinas, albaricoque, calabaza, melón, melocotón, etc. También está presente en productos de otros colores como perejil y espinacas. Y por último, esta vitamina está en varios pescados: pez espada, anguila, sardina, atún, y sobre todo en el hígado de cualquier pescado (6).

La vitamina C está presente casi siempre en frutas y verduras de color verde y rojo: perejil, tomate, pepino, cítricos, melón, pimiento, brócoli, coliflor, grosellas, fresas, fresones, cereza, etc. La vitamina E se encuentra principalmente en los aceites de origen vegetal (oliva, maíz y girasol), frutos secos, semillas y cereales. (6)

El selenio es un oligoelemento que está en los huevos, las setas, los cereales (cuanto menos manipulados y más naturales mejor), el marisco, pipas de girasol, ajo, etc. El zinc es un antioxidante que encontramos sobre todo en los cereales, las ostras y frutos secos. Por último los polifenoles están presentes en las frutas rojas, los cítricos (mandarina, naranja y limón), el aceite, la uva y derivados, el polen, el té, las aceitunas o las legumbres. La Asociación de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Euskadi (ACTAE), aporta una lista donde se incluyen los diez alimentos más ricos en antioxidantes: (3)

- a. Los aguacates
- b. Las bayas: moras, fresas, frambuesas, arándanos...
- c. El brécol
- d. El repollo y todas las coles en general
- e. Las zanahorias
- f. Los cítricos
- g. Las uvas (que contienen hasta veinte antioxidantes)
- h. Las cebollas (sobre todo las moradas)
- i. Las espinacas
- j. Los tomates (3)

Aunque son muchos los alimentos ricos en antioxidantes que previenen contra enfermedades, los expertos consultados coinciden en que la mejor recomendación es seguir una dieta equilibrada. “No se trata de consumir el mayor número posible de antioxidantes, sino que se ha de tomar la cantidad adecuada a cada situación, ya que el exceso de vitaminas también puede ser perjudicial.

Además, conviene llevar una vida moderadamente activa, evitar fumar, el estrés o la contaminación ambiental, así como la sobre-exposición solar” (3). Esa dieta equilibrada supondría ingerir al día unas cinco raciones de frutas, hortalizas y verduras, sobre todo frescas. También incluye entre tres y cuatro raciones de pescado a la semana, dos o tres de carne, legumbres, lácteos y cereales. (3)

8. Efectos de los antioxidantes para la salud. En los últimos años, se han investigado los antioxidantes en relación con su papel dentro de las enfermedades de máximo impacto en países desarrollados, como son las enfermedades cardiovasculares, numerosos tipos de cáncer, sida, e incluso otras directamente asociadas con el proceso de envejecimiento, como las cataratas, la enfermedad de Alzheimer y otras alteraciones del sistema nervioso.(3)

Estudios recientes muestran que especialmente los componentes fenólicos en frutas y vegetales, generan los mayores beneficios para la salud humana, ya que existe una relación directa entre el contenido total fenólico y la actividad antioxidante en frutas y vegetales.(12)

Aunque los estudios epidemiológicos indican que la ingesta de alimentos ricos en antioxidantes disminuye el riesgo de ciertas enfermedades, éstos no modifican el deterioro normal del envejecimiento, ni hacen que vivamos más años. Por otro lado, se ha demostrado que la suplementación a altas dosis con preparados de antioxidantes incluso puede resultar perjudicial.(12)

Se requiere una dieta que contenga antioxidantes ya que son de beneficio para la salud de la mayor parte de los mamíferos. Los antioxidantes son usados extensamente como ingredientes en los suplementos dietéticos para objetivos de salud como la prevención del cáncer y problemas cardíacos. (12)

Cada vez existe más información sobre los beneficios de los antioxidantes por lo que se debe promocionar su consumo a través de los alimentos que los contienen de forma natural, aunque todavía es pronto para saber si es conveniente o no la suplementación diaria, ya que por el momento se desconoce cuáles son las dosis adecuadas. Con toda la información disponible, lo preferible es llevar a cabo una alimentación variada y equilibrada como la dieta mediterránea, en la que no falten los vegetales, sin abusar por tanto en nuestra dieta, ni de los suplementos ni de los alimentos enriquecidos en dichas sustancias.(10)

Destruyendo radicales libres y reduciendo daño celular, los antioxidantes, como grupo, pueden:

- a. Promover la salud del ojo y prevenir la degeneración macular, las cataratas, y otras enfermedades de ojo degenerativas.
- b. Mantener el sistema inmune en buenas condiciones.
- c. Prevenir la neurodegeneración, relativa a la edad tal como declinación del cerebro y del sistema nervioso.
- d. Prevenir el daño de la DNA y por lo tanto los efectos cancerígenos.
- e. Promover la salud cardiovascular y ayudar a prevenir arterosclerosis, ataques del corazón, y otras enfermedades cardiovasculares. Los antioxidantes pueden
- f. disminuir el LDL y el colesterol, la lipoproteína de alta densidad del aumento (HDL), y tensión arterial baja.
- g. Los mecanismos detrás de estos efectos no se entienden aun completamente.
- h. Cualquier antioxidante específico puede realizar solamente una fracción pequeña de estas funciones.

Los antioxidantes dietéticos no son el antioxidante primario dentro del cuerpo, y todavía hay muchas preguntas en cuanto a cómo los polifenoles y otros antioxidantes protegen las células y los productos bioquímicos contra la oxidación. (10)

9. Efectos nocivos de los antioxidantes para la salud. Los ácidos reductores relativamente fuertes pueden tener efectos nocivos para la salud, ya que atan a algunos minerales en el aparato gastrointestinal y evitan que estos sean absorbidos. El ejemplo más notable es el ácido oxálico. Algunos taninos también tienen esta característica negativa. (6)

Otros antioxidantes no polares extremadamente de gran alcance tales como eugenol, también poseen límites de toxicidad, que pueden ser fácilmente excedidos, con un mal uso de aceites esenciales.(6)

Mientras la suplementación de antioxidantes es supuesta para prevenir el desarrollo de cáncer los antioxidantes, paradójicamente pueden interferir con tratamientos de cáncer. Una explicación para este efecto, es que en el desarrollo y el crecimiento de las células cancerígenas, se producen en elevados niveles de estrés oxidativo, lo cual hace que las células, sean más susceptibles que las células normales, debido a la tensión producida por la quimioterapia o a la radiación de la terapia. (6)

10. Ejercicio y antioxidantes. Durante ejercicio, la consumición del oxígeno puede aumentar temporalmente en un factor de más de 10. Esto conduce a un aumento grande temporal en la producción de radicales libres, dando por resultado el daño creciente de la célula que contribuye a la fatiga muscular durante y después de ejercicio. El cuerpo utiliza los antioxidantes para reducir la cantidad de tal daño. La respuesta inflamatoria que ocurre después de que el ejercicio vigoroso también se asocia a la ocurrencia creciente de radicales libres, especialmente durante las 24 horas después de una sesión del ejercicio. En esta fase también, los antioxidantes en el cuerpo reducen el daño. La respuesta del sistema inmune al daño hecho por ejercicio enarbolado 2 a 7 días después del ejercicio (6).

Consecuentemente, los niveles antioxidantes excesivos tienen el potencial de inhibir mecanismos de la recuperación y de la adaptación.(6)

Hay una visión popular que los que emprenden ejercicio vigoroso pueden beneficiar el consumo creciente de antioxidantes, pero una revisión de los hallazgos de la literatura apoya que esto es solamente para ciertos antioxidantes en ciertos niveles, y una cierta evidencia que el producto muy grande de algunos antioxidantes puede ser perjudicial a la recuperación del ejercicio. Es posible que este efecto pueda ser hasta cierto punto protector contra las enfermedades que se asocian a la tensión oxidativa, que proporcionaría una explicación parcial para la incidencia más baja de enfermedades importantes y de una salud mejor de los que emprenden ejercicio regular.(6)

V. JUSTIFICACIÓN

Guatemala basa su economía en la agricultura, y un rubro importante de la producción agrícola la representan las hortalizas, en las cuales se encuentra la coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis*).

En el pasado reciente, el consumo de frutas en la dieta diaria se limitaba a un aporte circunstancial, utilizándose como complemento o como postre de carácter estacional. Del mismo modo, las verduras y hortalizas han sido consideradas, durante mucho tiempo, alimentos secundarios.

Sin embargo, la sociedad de hoy en día exige que los alimentos que componen la dieta habitual, contribuyan al nuevo concepto de salud: Completo estado de bienestar físico, mental y social. De esa forma, los alimentos deben poseer valores añadidos que mejoren el estado de salud y prevengan las enfermedades futuras.

Dentro de este contexto, el consumo de, al menos 5 raciones de frutas y hortalizas al día, es fundamental para llevar una dieta sana y equilibrada. Esto debido a que las hortalizas son ricas en agua, fibra, vitaminas, minerales y otros componentes como lo son los antioxidantes, con efectos sobre la salud, además que en su mayoría son alimentos bajos en calorías, con una alta cantidad de micronutrientes.

Esto unido a la sensación de saciedad que proporcionan, convierten a las hortalizas y verduras en alimentos indispensables para una alimentación sana y equilibrada, y para dietas encaminadas al control del peso. Además, los últimos avances científicos, las señalan como promotores de la salud, por la presencia de fitonutrientes, y antioxidantes que desempeñan un papel protector frente a las enfermedades crónicas y contribuyen a mejorar la calidad de vida de la población.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

Mini Coliflor (*Brassica Oleracea* l. var. *Botrytis*.)

1. Amarilla
2. Verde
3. Blanca
4. Morado

B. Métodos

1. Muestreo :

a. Se utilizaron 3 libras de cada uno de los distintos colores de la minicoliflor : amarillo, verde, blanco y morado.

b. Las mini coliflores se congelaron con nitrógeno líquido para posteriormente hacerles una extracción metabólica, utilizando 5 gramos, de minicoliflor y 60 mL de metanol.

c. Se centrifugó el extracto y se aforo a 100 mL de metanol.

2. Caracterización física. En la caracterización física, se determinó el tamaño promedio de las mini coliflores, así como también el peso promedio con y sin hojas.

3. Caracterización química. Utilizando los métodos de la AOAC, se realizaron los siguientes análisis proximales :

- a. Cenizas
- b. Humedad
- c. Grasas
- d. Proteína

- e. Fibra cruda
- f. Carbohidratos

4. Determinación del valor antioxidante

a. Contenido de antocianinas. Se utilizarán dos sistemas buffer: ácido clorhídrico/ cloruro de potasio de pH 1,0 (0,025 M) y ácido acético/ acetato sódico de pH 4,5 (0,4 M). A 0,2 mL de una muestra diluida (para conseguir una absorbancia en el rango de 0,100-1,200 a 510 nm) se añaden 1,8 mL de la correspondiente disolución buffer y se mide la absorbancia frente a un blanco a 510 y 700 nm.

b. Contenido de polifenoles totales. El método utilizado será el que se basa en el reactivo de Folin Ciocalteu. Se hará primero una curva de calibración medida a una absorbancia de 750nm, se prepararán las muestras en tubos de ensayo y se dejarán que reaccionen por un tiempo de 2 horas en la oscuridad. La curva de calibración se realiza a diferentes concentraciones de una solución preparada a base de agua, catecol, carbonato de sodio y reactivo de Folin. Luego se leen las absorbancias de las muestras a una longitud de onda de 750nm, las muestras son preparadas con distintas soluciones de catecol, agua y reactivo de Folin.

c. Contenido de Vitamina C. Se prepararán dos soluciones una de ácido ascórbico, a concentración de 1 mg/mL, y la otra que será la de diclorofelindofenol, que servirá como titulante. Por medio de la titulación se determinará la cantidad de ácido ascórbico presente en las distintas coliflores.

d. Determinación de la capacidad Antioxidante. Este método, se basa en la reducción de la absorbancia medida a 515 nm del radical DPPH•, por antioxidantes. Se disuelven 100 μ M (3,9 mL) en metanol al 80%, a la longitud de onda de 517 nm.

Se añade 0,1 mL de la muestra o patrón, la mezcla se homogeniza cuidadosamente, y se mantiene en la oscuridad durante 30 minutos. Las medidas de absorbancia a 517 nm se realizan antes de añadir la muestra (A0) y pasados los 30 y 60 minutos (Af).

La concentración de DPPH• en el medio de reacción se calcula a partir de una curva de calibrado obtenida por regresión lineal. Los resultados se expresan en TEAC, es decir actividad equivalente a Trolox ($\mu\text{M/g}$ de muestra peso fresco).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio se realizó con el fin de evaluar, las características físicas y químicas de las cuatro variedades hortícolas de coliflor miniatura, verde, amarilla, blanca y morada, así como la determinación del poder antioxidante de las mismas, para lo cual se determinaron Antocianinas, la concentración de Polifenoles totales, Vitamina C, y se correlacionaron los datos. Adicionalmente se hizo un análisis de los siguientes minerales Cobre (Cu), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn) y Calcio (Ca)

Se evaluaron los parámetros físicos, como el diámetro de las pellas de cada una de las cuatro variedades de minicoliflor y se encontró que éste oscilaba entre 8 ± 0.9 cm, la amarilla con un diámetro de 6.6, la verde con uno de 8.5, la morada con 7.6, mientras que la blanca con 8.5 centímetros de diámetro respectivamente. Es importante mencionar que esta coliflor miniatura cada vez está ganando más aceptación en los gustos del consumidor, ya que las unidades de este producto no son muy grandes, por lo que se hace más atractivo su consumo. Además que los colores, en los que se producen son bastante llamativos, ganando de esta manera la atención tanto de niños, como de jóvenes y personas adultas.

La coliflor es un componente de poco aporte calórico no obstante, presenta un bajo contenido de carbohidratos, proteínas y grasas, lo que hace que se convierta en un alimento saludable. Además se considera una buena fuente de fibra, así como de vitaminas y minerales, y en relación con las vitaminas destaca la presencia de Vitamina C, como se puede observar en la Tabla No. 1, al realizar una comparación del valor nutricional de la coliflor con otras crucíferas como lo es brócoli, se puede observar que éste posee una cantidad de agua muy similar al de la coliflor.

Con respecto al contenido de proteína se determinó que los valores oscilan entre 3.5%, el cual comparándolo con el brócoli se observa que el porcentaje es muy similar al contenido de proteína del brócoli que es de 3%.

El brócoli se considera el rey de los vegetales por su aporte de vitamina C y fibra.

Se analizó la cantidad de fibra cruda y es importante mencionar también que el contenido depende también del grado de maduración de la planta, para este caso en particular se determinó un porcentaje de fibra de 5 % a 7 %, y como se puede observar que es aproximadamente el doble que la de grasa, al realizar la comparación con el brócoli se encontró posee un menor porcentaje.

Es importante destacar que los valores mencionados anteriormente poseen una desviación estándar de ± 0.7 , el cual no es un valor significativo estadísticamente, ya que básicamente es el mismo producto y la única variante es el color, por lo que para efectos de propiedades nutricionales, los valores se mantienen muy similares unos de otros.

Al igual que otras verduras del mismo género Brassica, el consumo de coliflor se aconseja por su alto contenido en elementos fitoquímicos (glucosinolatos, isotiocianatos e indoles).

En la tercera parte de este estudio, se evaluó la capacidad antioxidante de las cuatro variedades hortícolas de coliflor, amarilla, blanca, verde y morada, se determinó la cantidad de vitamina C presente, así como la cantidad de antocianinas, los Polifenoles Totales y por último se hizo una correlación de los datos.

Con respecto a la vitamina C, cabe destacar que tiene acción antioxidante, interviene en la formación de colágeno, huesos, dientes y glóbulos rojos, además de favorecer la absorción del hierro de los alimentos y mejorar las defensas frente a las infecciones.

Es conocido que la coliflor es una fuente de vitamina C, se llevó a cabo la determinación para cada una de las distintas variedades, utilizando el método de titulación, y se encontraron los siguientes valores, para la coliflor amarilla 55.1 (mg/100 gramos de producto), mientras que para la coliflor verde 58.2 (mg/100 gramos de producto), para la blanca 54.1 (mg/100 gramos de producto) y por último para la variedad de coliflor morado 51.5 (mg/100 gramos de producto).

Como se puede observar, en los datos para la Vitamina C, que la que posee un valor más alto es la coliflor verde 58.2 (mg/100 gramos de producto), ya que a la hora de la siembra se permite su exposición al sol y, por tanto tiene lugar el desarrollo de la clorofila, esta variedad es más aromática que la coliflor blanca y con mayor contenido de vitamina C.

Al comparar el valor promedio de vitamina C (55 mg/ 100 g de producto), de las minicoliflor con el Repollito de Bruselas, que también es una crucífera se encontró que éste posee mayor cantidad de vitamina (62 mg/ 100 g de producto), no obstante entre los productos que aportan mayor cantidad de vitamina C, se puede mencionar a al kiwi con 500 (mg/ 100 g de producto), luego la guayaba con 480 (mg/ 100 g de producto) y el chile pimiento con 204 (mg/ 100 g de producto).

Con respecto al poder antioxidante la que posee mayor valor antioxidante fue la variedad de coliflor morada, con un valor de 47.4, la verde con 59.7 siguiéndole la amarilla con 64.6 y por último la blanca con 98.1, influyendo en cada uno de estos valores la coloración de las coliflores, ya que como se observa la morada posee un alto valor debido a su fuerte pigmentación y la blanca un menor valor ya que esta no posee ningún pigmento.

Se llevó a cabo la determinación de Antocianinas y era de esperarse que la que mayor concentración de antocianinas tenía era la coliflor morada ya que ésta se caracteriza por sus pigmentos, que a la vez le proporcionan una acción antioxidante y son las responsables del color violáceo, sin embargo este color peculiar desaparece, con la cocción y da lugar a un tono amarillo verdoso.

Como se observa en la tabla del apartado de resultados, la coliflor amarilla posee un valor de antocianinas de 7.9 (mg/100 g de coliflor), mientras que la verde un valor de 12.9 (mg/100 g de coliflor), la blanca 6.2 (mg/100 g de coliflor), y la morada con valor de 90.1 (mg/100 g de coliflor), mucho mayor al de las demás variedades, esto debido a su color característico como se explico anteriormente, por lo que si hay una diferencia significativa entre estos valores de ± 1.8 .

Se realizó por otro lado, la determinación de Polifenoles Totales y se encontró que la coliflor amarilla poseía una mayor concentración, la cual era de 660 (mg de catecol/100 g de producto), seguido de la morada con un valor de 479 (mg de catecol/100 g de producto) y la blanca con 155 (mg de catecol/100 g de producto) y por último la verde con 72 (mg de catecol/100 g de producto), observando de esta manera que si hay una diferencia significativa entre la variedad amarilla y la verde de ± 2.2 .

En la última parte de este estudio, se determinó la actividad antioxidante y los siguientes minerales Cobre (Cu), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn) y Calcio (Ca). Como se observa en la Tabla No. 11 del poder antioxidante de las 4 distintas variedades de coliflor, la que posee mayor valor antioxidante fue la coliflor morada, con un valor de 98.1, y la verde con 64.6, siguiéndole la amarilla con 59.7, y por último la blanca con 47.4.

Con respecto a los Polifenoles vrs Valor Antioxidante, no se encontró ninguna correlación de dependencia entre ambos, obteniendo de esta manera un $R^2 = 0.29$. Con respecto a la Vitamina C vrs Valor Antioxidante se determino que para la coliflor morada, blanca amarilla y verde si existe una correlación, con un $R^2 = 0.09$.

Al elaborar las gráficas de correlación entre Antocianinas vrs Valor antioxidante se determinó que en el caso de las Antocianinas existe una correlación de $R^2= 0.53$ la cual es proporcional, es decir a mayor Valor Antioxidante mayor cantidad de Antocianinas.

Al comparar la cantidad de minerales como Cobre(Cu), Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn) y Calcio (Ca), encontrados en la coliflor se realizó una comparación con el repollo y con el brócoli se observó que tanto el brócoli y el repollo poseen mayor cantidad de Calcio (Ca) que la coliflor, teniendo una diferencia significativa de ± 15 . En cuanto al Magnesio esta diferencia es de ± 7 , con respecto al manganeso se encontró que el repollo es el que contiene mayor cantidad e este mineral, siendo el de menor contenido la coliflor, de igual manera con el cobre, el hierro y el magnesio, la coliflor posee menor cantidad de estos minerales, comparado con el repollo y el brócoli.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se encontraron los siguientes valores de vitamina C, para la coliflor amarilla 55.1(mg/100 gramos de producto), mientras que para la coliflor verde 58.1 (mg/100 gramos de producto), para la blanca 54.1 (mg/100 gramos de producto) y por último para la variedad de coliflor morado 51.5(mg/100 gramos de producto).
2. Con respecto a los valores de antocianinas se determino un valor, para la amarilla de 7.9 (mg/100 g de coliflor), mientras que la verde un valor de 12.9(mg/100 g de coliflor), la blanca 6.2 (mg/100 g de coliflor), y la morada con valor de 90.2mg/100 g de coliflor), mucho mayor al de las demás variedades, esto debido a su color característico como se explico anteriormente.
3. Para los valores de Polifenoles Totales se encontró un valor para la coliflor amarilla de 660 (mg de catecol/100 g de producto), seguido de la morada con un valor de 479 (mg de catecol/100 g de producto) y la blanca con 155 (mg de catecol/100 g de producto) y por último la verde con 72 (mg de catecol/100 g de producto), observando de esta manera que sí hay una diferencia significativa entre la variedad amarilla y la verde.
4. Con respecto al poder antioxidante de las cuatro distintas variedades de coliflor, la que posee mayor valor antioxidante fue la coliflor morada, con un valor de 47.4, y la verde con 59.7, siguiéndole la amarilla con 64.6, y por último la blanca con 98.1, habiendo una diferencia significativa entre estos valores.

IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda determinar el contenido de compuestos azufrados en las distintas coliflores, así como también la determinación del poder antioxidante en crudo.
2. Se recomienda determinar el contenido de fibra dietética, en las distintas variedades hortícolas de coliflor.

X. BIBLIOGRAFIA

1. AOAC, 1990. *Official Methods of Analysis of the association of Official Analytical Chemists*. 14 th edición.
2. Berck, Z. 1980. *Bioquímica de los Alimentos*. 2 ed. México D. F. 358 págs.
3. Boskou, Dimitrios. 2006. *Sources of natural phenolic antioxidants. Trends in food Science & Technology*. Vol. (7) Issue 9, : 505-512.
4. Cardador, Anaberta. 2002. *Antioxidants Activity in Common Beans (Phaseolus Vulgaris L)*. . *Journal of agricultural and food chemistry*. Vol (50) : 7449-7454.
5. Finkel, T. 2000. *Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing*. *Food Chemistry*. Vol.(50) 6975-6980.
6. Frederic, D. ***The Antioxidants***. *New Scientist* Vol(96): 191-203
7. Kalyama, Sundram. 2006. *Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses*. *Food Chemistry*. Vol.(99)Issue 1: 191-203.
8. Matill, HA. 1947. *Antioxidants*. *Biochem* Vol(16). 177-192.
9. Melton, Lisa. 2006. *The antioxidant myth*. *New Scientist*. Vol.(191) Issue 2563, p40-43, 4p, 1 chart.
10. Sandberg, A. 2000. *Developing functional ingredients a case study. In functional Foods Concept to product*. *Food Chemistry*. Vol (9) : 209 – 232.
11. Simo, Carolina. 2002. *Analysis of Antioxidants from Orange Juice Obtained by Countercurrent Supercritical Fluid Extraction, Using Micellar Electrokinetic Chromatography and Reverse – Phase Liquid Chromatography*. *Journal of agricultural and food chemistry*. Vol(50): 7449 – 7454.
12. Sun, Jie. 2002. *Antioxidant and Antiproliferative of Common Fruits*. *Journal of agricultural and food chemistry*. Vol(50):6648 -6652.
13. Tiidus, P. 1995. “Vitamin E status and response to exercise training”. *Sports Med* Vol.(20) : 12-23
14. Wolf, G. 2005. *The discovery of the antioxidant function of vitamin E*. *Food Chemistry*. Vol (3): 363-366.

15. Zheng, Wei. 2001. *Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs*. *Journal of agricultural and food chemistry*. Vol (49): 5165-5170.

16. *Archivo recuperado de internet :*

(<http://www.infoagro.com/hortalizas/coliflor.htm#8.%20CULTIVO%20DE%20MINICOLIFLORES>)

17. *Archivo recuperado de internet :*

http://www.unece.org/trade/agr/standard/fresh/fresh_e/11califl.pdf

18. *Archivo recuperado de internet :*

<http://www.infojardin.com/huerto/cultivo-coliflor-coliflores.htm>

19. *Archivo recuperado de internet :*

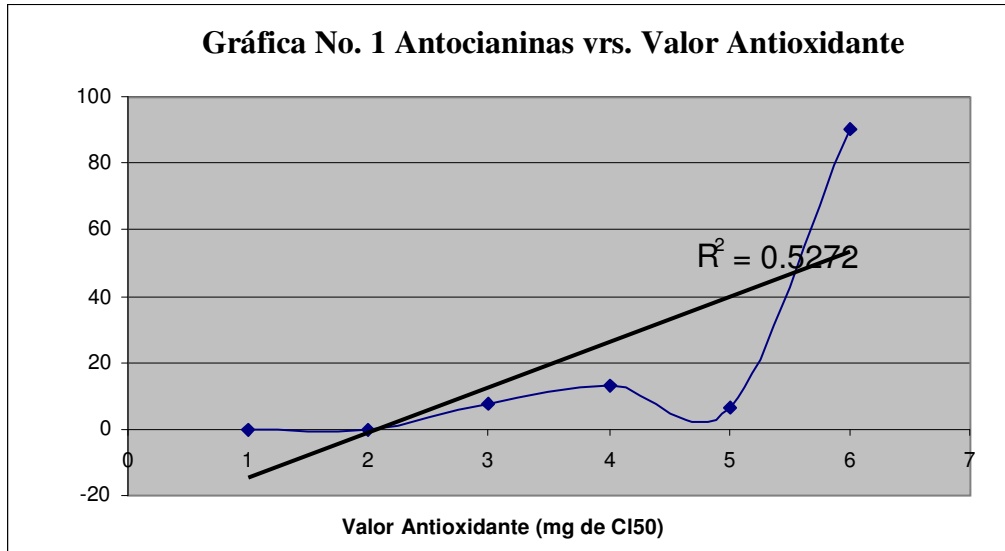
<http://en.wikipedia.org/wiki/Antioxidant>

20. *Archivo recuperado de internet :*

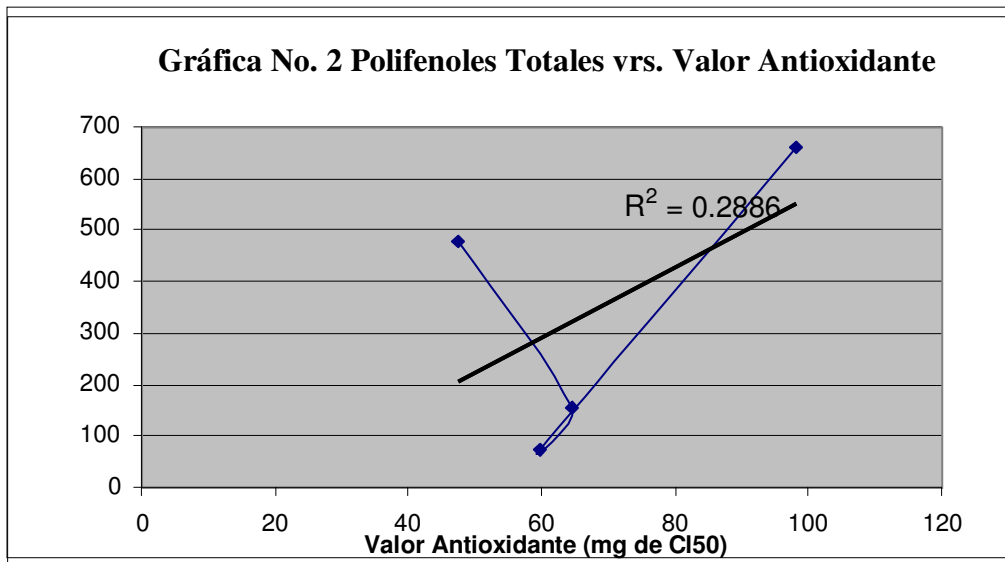
<http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones>

APÈNDICE A
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

Gráfica No. 1 Antocianinas vrs. Valor Antioxidante



Gráfica No. 2 Polifenoles Totales vrs. Antioxidantes



Gráfica No. 3 Vitamina C vrs. Valor Antioxidante

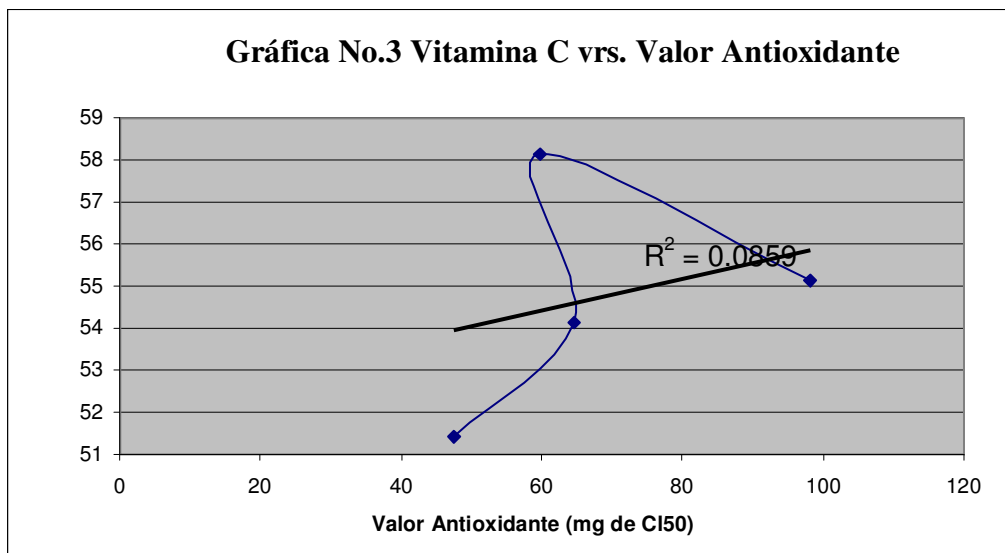


Tabla No.2 Características físicas de las distintas coliflores

Color de minicoliflor	Peso promedio	Diámetro de pellas (cm)
Amarilla	128.9 ± 0.5	6.6 ± 0.05
Verde	164.3 ± 0.5	8.5 ± 0.05
Morada	174.4 ± 0.5	7.6 ± 0.05
Blanca	176.8 ± 0.5	8.5 ± 0.05

Tabla No.3 Resultados del análisis proximal en base húmeda de las distintas mini coliflores

Color de minicoliflor	% Humedad	% Cenizas	% Grasa	% Proteína	% Carbohidratos	% Fibra cruda
Amarilla	87.7 ± 0.8	0.91 ± 0.07	2.5 ± 0.07	0.39 ± 0.002	10.7 ± 0.14	0.71 ± 0.07
Verde	88.4 ± 0.8	0.94 ± 0.07	3.2 ± 0.6	0.50 ± 0.002	9.8 ± 0.14	0.79 ± 0.07
Morada	86.9 ± 0.8	0.94 ± 0.07	2.9 ± 0.07	0.41 ± 0.001	11.6 ± 0.13	0.65 ± 0.07
Blanca	86.2 ± 0.8	0.91 ± 0.07	3.6 ± 0.07	0.61 ± 0.02	11.9 ± 0.14	0.76 ± 0.07

Tabla No.4 Resultados del análisis proximal en base seca de las distintas mini coliflores

Color de minicoliflor	% Cenizas	% Grasa	% Proteína	% Carbohidratos	% Fibra cruda
Amarilla	1.05 ± 0.07	2.01 ± 0.01	3.2 ± 0.07	32.7 ± 0.07	5.9 ± 0.01
Verde	1.04 ± 0.07	2.7 ± 0.01	4.3 ± 0.07	34.6 ± 0.07	6.9 ± 0.01
Morada	1.03 ± 0.07	2.2 ± 0.01	3.2 ± 0.07	33.4 ± 0.06	5.01 ± 0.01
Blanca	1.06 ± 0.07	2.6 ± 0.01	4.5 ± 0.06	38.5 ± 0.07	5.5 ± 0.01

Tabla No.5 Resultados del análisis de antioxidantes de las distintas mini coliflores

Color de minicoliflor	Antocianinas (mg/100 g de coliflor)	Polifenoles totales (mg de catecol/100 g de producto)	Poder antioxidante (mg de Cl₅₀)	Vitamina C (mg/100 gramos de producto)
Amarilla	7.9 ± 0.1	660 ± 0.01	98.1 ± 0.8	55.12 ± 0.07
Verde	12.9 ± 0.1	72 ± 0.01	59.7 ± 0.8	58.16 ± 0.07
Blanca	6.3 ± 0.1	155 ± 0.01	64.6 ± 0.9	54.15 ± 0.07
Morada	90.2 ± 0.1	479 ± 0.01	47.4 ± 0.8	51.45 ± 0.07

Tabla No. 6 Resultados de minerales en ppm, para las cuatro variedades hortícolas de minicoliflor.

Color de minicoliflor	Cobre (Cu) (mg / L)	Zinc (Zn) (mg /L)	Hierro (Fe) (mg/L)	Magnesio (Mg) (mg/L)	Calcio (Ca) (mg /L)	Manganeso (Mn) (mg /L)
Amarilla	0.4	1.2	1.3	4.34	0.9	0.28
Verde	9.2	0.9	1.5	3.97	0.6	0.17
Blanca	0.1	2.6	2.2	4.52	1.4	0.16
Morado	0.6	1.1	1.1	3.78	1.3	0.11