



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**POSGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AGROALIMENTARIA**

**CARACTERIZACIÓN DE CLONES DE DALIA (*Dahlia x
hortorum*) CON FINES ALIMENTICIOS**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA**



**DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

Presenta:

MARIA MAGDALENA ESPINOSA URBAÑCZYK

Bajo la supervisión de: Dra. MARÍA TERESA BERYL COLINAS LEÓN



Chapingo, Estado de México, noviembre de 2017

CARACTERIZACIÓN DE CLONES DE DALIA (*Dahlia x hortorum*) CON FINES ALIMENTICIOS.

Tesis realizada por **Maria Magdalena Espinosa Urbañczyk** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

Director:


Dra. María Teresa Beryl Colinas León

Co-director:


Dra. María Teresa Martínez Damián

Asesor:


M.C. José Merced Mejía Muñoz

Contenido

LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
ABREVIATURAS	x
DEDICATORIA	xi
AGRADECIMIENTOS	xii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	xiii
RESUMEN GENERAL	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	16
2 REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1 El cultivo de la dalia.....	18
2.1.1 Origen de la dalia	20
2.1.2 Importancia de la dalia.....	20
2.1.3 Distribución geográfica	20
2.1.4 Estados productores	21
2.1.5 Descripción botánica	21
2.1.6 Características de las flores de dalia	22
2.2 Flores comestibles	22
2.2.1 Usos y aplicaciones de las flores comestibles.....	23
2.2.2 Características sensoriales de las flores comestibles	24
2.2.3 Características nutrimentales de las flores comestibles.....	24
2.3 Compuestos nutraceuticos	27
2.3.1 Sistemas antioxidantes	28
2.3.2 Estrés oxidativo.....	29
2.4 Raíces tuberosas de dalia	33

2.5	Sistemas para el análisis de alimentos	33
2.5.1	Sistema Weende (análisis proximal)	34
2.5.2	Sistema Van Soest	36
2.6	Inulina	36
2.7	Literatura citada	38
3	CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LAS FLORES FRESCAS DE CLONES DE DALIA (<i>Dahlia x hortorum</i>) CON FINES ALIMENTICIOS.....	43
	RESUMEN	43
	ABSTRACT	44
3.1	Introducción	45
3.2	Materiales y metodología.....	46
3.2.1	Material de estudio	46
3.2.2	Pérdida de peso.....	48
3.2.3	Color	48
3.2.4	Sólidos solubles totales	48
3.2.5	Acidez titulable	48
3.2.6	Análisis proximal.....	49
3.2.7	Cuantificación de vitamina C	49
3.2.8	Cuantificación de fenoles	50
3.2.9	Determinación de capacidad antioxidante.....	50
3.2.10	Cuantificación de carotenoides	50
3.2.11	Cuantificación de flavonoides.....	51
3.2.12	Cuantificación de antocianinas.....	51
3.2.13	Evaluación sensorial.....	52
3.3	Resultados y discusión	52
3.3.1	Pérdida de peso.....	52
3.3.2	Color	53
3.3.3	Sólidos solubles totales	56

3.3.4	Acidez titulable	57
3.3.5	Análisis proximal	59
3.3.6	Cuantificación de vitamina C	62
3.3.7	Cuantificación de fenoles	63
3.3.8	Determinación de Capacidad antioxidante	65
3.3.9	Cuantificación de carotenoides	67
3.3.10	Cuantificación de flavonoides	69
3.3.11	Cuantificación de antocianinas	70
3.3.12	Evaluación sensorial	72
3.4	Conclusiones	75
3.5	Literatura citada	75
4	CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE FLORES DESHIDRATADAS DE DIFERENTES CLONES DE DALIA (<i>Dahlia x hortorum</i>) CON FINES ALIMENTICIOS	80
	RESUMEN	80
	ABSTRACT	81
4.1	Introducción	82
4.2	Materiales y métodos.....	83
4.2.1	Material de estudio	83
4.2.3	Sólidos solubles totales	83
4.2.4	Acidez titulable	83
4.2.5	Cuantificación de vitamina C	83
4.2.6	Cuantificación de fenoles	84
4.2.7	Determinación de capacidad antioxidante	84
4.2.8	Cuantificación de carotenoides	84
4.2.9	Cuantificación de antocianinas	85
4.3	Resultados y discusión	85
4.4	Conclusiones	88

4.5	Literatura citada	88
5	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y CONTENIDO DE INULINA EN RAÍCES TUBEROSAS DE DIFERENTES CLONES DE DALIA (<i>Dahlia x hortorum</i>)	91
	RESUMEN	91
	ABSTRACT	92
5.1	Introducción	93
5.2	Materiales y métodos	94
5.2.1	Material de estudio	94
5.2.2	Peso y número de raíces tuberosas por planta	94
5.2.3	Análisis proximal de raíces de dalia	94
5.2.4	Inulina	96
5.3	Resultados y discusión	97
5.3.1	Peso y número de raíces tuberosas por planta	97
5.3.2	Humedad, materia seca, proteína cruda, extracto etéreo (grasa), fibra cruda, carbohidratos totales (ELN)	98
5.3.3	Cenizas y materia orgánica	102
5.3.4	Inulina en raíces tuberosas	103
5.4	Conclusiones	104
5.5	Literatura citada	105
	CONCLUSIONES GENERALES	107

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición proximal de algunas flores comestibles (g * 100 g de muestra).....	26
Cuadro 2. Contenido nutricional de las flores de dalia (<i>Dahlia spp.</i>).....	27
Cuadro 3. Contenido nutricional de raíz tuberosa de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).	27
Cuadro 4. Especies reactivas del oxígeno.....	30
Cuadro 5. Clasificación de los compuestos fenólicos.	31
Cuadro 6. Contenido promedio de inulina de algunas especies de plantas en base seca.....	38
Cuadro 7. Pérdida de peso (%) en las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante su vida poscosecha.....	53
Cuadro 8. Luminosidad en las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante su vida poscosecha.	54
Cuadro 9. Ángulo de tono (°Hue) en las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante su vida poscosecha.....	55
Cuadro 10. Índice de saturación en las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).	55
Cuadro 11. Sólidos solubles totales (° Brix) en las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).	57
Cuadro 12. Acidez titulable (% de ácido gálico) de las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).	58
Cuadro 13. Comparación de medias de porcentaje de humedad, materia seca, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y carbohidratos totales (ELN) en base seca de flores de siete clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).....	61
Cuadro 14. Comparación de medias de cenizas y materia orgánica en base seca de flores de siete clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).....	62
Cuadro 15. Cuantificación de vitamina C (μg de Ác. ascórbico g^{-1} p.f) de las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).....	63
Cuadro 16. Cuantificación de Fenoles ($\text{mg AG} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f) de las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).....	65
Cuadro 17. Actividad Antioxidante VCEAC (Actividad Antioxidante Equivalente a Vitamina C) de las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).	67
Cuadro 18. Cuantificación de carotenoides ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f.) de las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).....	68
Cuadro 19. Cuantificación de flavonoides ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f.) de las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).....	70
Cuadro 20. Cuantificación de antocianinas ($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ de p.f.) de las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).	71

Cuadro 21. Evaluación sensorial de las flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).	72
Cuadro 22. Promedios de las evaluaciones realizadas a las flores de los clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante el periodo poscosecha.	74
Cuadro 23. Sólidos solubles totales, Acidez titulable y contenido de Vitamina C en las flores deshidratadas de diferentes clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).	86
Cuadro 24. Contenido de Carotenoides, Antocianinas, Fenoles y Capacidad antioxidante en las flores deshidratadas de diferentes clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).....	87
Cuadro 25. Comparación de medias de número y peso de raíces tuberosas de cinco clones de dalia.....	98
Cuadro 26. Comparación de medias de porcentaje de humedad, materia seca, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y carbohidratos totales (ELN) en base seca de raíces tuberosas de cinco clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>). ...	101
Cuadro 27. Comparación de cenizas y materia orgánica en base seca de raíces tuberosas de cinco clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).....	103
Cuadro 28. Comparación de medias de inulina en base seca de raíces tuberosas de cinco clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ruta de biosíntesis de los compuestos fenólicos a partir de la ruta del ácido shikimo y fenilalanina. Fuente: Shahidi & Naczk, 2004.	32
Figura 2. Flores de los clones anlizados de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>).....	47
Figura 3. Conformación de las unidades experimentales.	47
Figura 4. Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.	56
Figura 5. Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.	58
Figura 6. Contenido de Vitamina C (μg de Ác. ascórbico g^{-1} p.f) en flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.....	63
Figura 7. Contenido de fenoles ($\text{mg AG} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f) en flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.	64
Figura 8. Cuantificación de Actividad Antioxidante (VCEAC) en flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.....	66
Figura 9. Contenido de carotenoides ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f.) en flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.	68
Figura 10. Contenido de flavonoides ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f.) en flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.	69
Figura 11. Contenido de antocianinas ($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ de p.f.) en flores de clones de dalia (<i>Dahlia x hortorum</i>) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.	71

ABREVIATURAS

%	Porcentaje	H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
&	Conjunción	HCl	Ácido clorhídrico
°C	Grados centígrados	K	Potasio
ABTS	Ácido 2,2'-azino-bis-(3etilbenzotiazolin)-6sulfónico	KCl	Cloruro de potasio
ANOVA	Análisis de varianza	MeOH	Metanol
AOAC	Asociación de Químicos Analíticos Oficiales	mg L ⁻¹	Miligramos por litro
A _t	Absorbancia total		
Cm	Centímetro	Mg	Magnesio
C ₂ H ₃ O ₂ Na·3H ₂ O	Acetato de sodio	Min	Minuto
Ca	Calcio	Min	Minutos
CH ₃ COOH	Ácido acético	mL	Mililitro
Cu	Cobre	N	Nitrógeno
FC	Fibra Cruda	Na	Sodio
Fe	Hierro	P	Fosforo
g mol ⁻¹	Gramo por mol	PC	Proteína cruda
G	Gramo	p.f.	Peso Fresco
g ⁻¹	Gramos	p.s.	Peso Seco
H	Horas	Zn	Zinc

DEDICATORIA

A mi familia, a ti Víctor por apoyarme y ayudarme a concluir una etapa más en mi vida, por estar siempre a mi lado, a ti Alexandra, mi hija, por alegrarme con tu gran sonrisa.

A mis padres (Amando y Anna) y hermanos (Laura y Edward), por su compañía y apoyo constante.

A Paty, mi mejor amiga por su apoyo incondicional que me ha brindado en cada momento.

Muchas gracias

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento que me otorgaron a través de la beca de estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo, en particular al Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria por permitirme la oportunidad de mejorar mis conocimientos profesionales.

A la Dra. María Teresa Beryl Colinas León por su disposición, apoyo, orientación y por la confianza para realizar este trabajo de investigación.

A la Dra. María Teresa Martínez Damián por sus conocimientos, orientación y recomendaciones para la realización de la presente tesis, así como por sus consejos y apoyo incondicional.

Al M.C, José Merced Mejía Muñoz por sus aportaciones a este trabajo, disposición, apoyo y tiempo destinado para la elaboración de mi tesis.

A la Asociación de productores de dalia de Huamantla, Tlaxcala, por facilitar la adquisición de materia prima para la realización de esta investigación.

Al Ing. Cecilio Bautista por su apoyo y dedicación, por todas las enseñanzas, la paciencia y tiempo invertido en esta tesis.

A la Dra. Ma. Carmen Ybarra Moncada y a la Sra. Esperanza Salinas Banda, por orientarme y facilitar siempre los trámites necesarios durante mi estancia en el posgrado.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Maria Magdalena Espinosa Urbańczyk
Fecha de nacimiento: Diciembre 24 1990
Lugar de nacimiento: Lodz, Polonia
CURP: EIUM901224MNESRG04
Profesión: Ingeniero Agrónomo
Cédula profesional: 9713426

Desarrollo académica

Preparatoria: Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.
Licenciatura: Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN GENERAL

“CARACTERIZACIÓN DE CLONES DE DALIA (*Dahlia x hortorum*) CON FINES ALIMENTICIOS”

Esta investigación aborda el análisis proximal, la descripción y comparación de las características físico-químicas, sus propiedades nutricionales y nutraceuticos de flores frescas, deshidratadas y raíces tuberosas de 6 diferentes clones de dalia. Se realizó la evaluación de los clones durante la vida pos cosecha de las flores. Se realizó el análisis proximal y el contenido de inulina en las raíces tuberosas de diferentes clones de dalia. Las variables acidez titulable, la actividad antioxidante y el contenido de antocianinas y flavonoides mostraron diferencias estadísticas significativas entre los días evaluados. El clon color vino presentó mayores contenidos de sólidos solubles totales (0.86 %), acidez titulable (0.99 % de ácido gálico), vitamina C (0.23 mg · g⁻¹ p.f.), contenido de fenoles (14.01 mg · AG g⁻¹ p.f.) y contenido de antocianinas (2.07 mg · 100 g⁻¹ p.f.). La mayor actividad antioxidante se obtuvo en el clon color amarillo (66.50 VCEAC). En relación al análisis proximal en las flores se obtuvo: humedad 90 %, materia seca 9.32 %, cenizas 9.45 %, proteína cruda 19.25 %, grasa cruda 3 %, fibra 15.53 % y carbohidratos 65.24 %. En la evaluación sensorial, los clones color amarillo, atigrado y vino tuvieron los mayores valores en color y sabor. Las flores deshidratadas de dalia mostraron un aumento en la actividad antioxidante, contenido de fenoles y carotenoides pero una disminución en el contenido de antocianinas y vitamina C. Las raíces tuberosas de dalia evaluadas mostraron los siguientes promedios en el análisis proximal: proteína cruda: 6.64 %, cenizas: 3.57 %, materia orgánica: 96.42 %, fibra cruda: 6.64 %, extracto etéreo: 0.622 %, extracto libre de nitrógeno: 82.51 %. El mayor contenido de inulina se encontró en el clon color amarillo con el 68.86 %, el cual podría ser un buen alimento funcional para los seres humanos.

Palabras clave: *Dahlia x hortorum*, nutricionales, nutraceuticas, capacidad antioxidante, raíces tuberosas.

Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria,
Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Maria Magdalena Espinosa Urbańczyk

Director de Tesis: Dra. Maria Teresa Colinas León

ABSTRACT

“CHARACTERIZATION OF DAHLIA CLONES (*Dahlia x hortorum*) FOR FOOD PURPOSES”

This research provides a proximal analysis, description and comparison of the physico-chemical characteristics and nutritional and nutraceutical properties of fresh flowers, dehydrated flowers and tuberous roots of different dahlia clones. The evaluation of the clones was carried out during the post-harvest life of the flowers. The proximal analysis was performed and the inulin content determined in the tuberous roots of different dahlia clones. The variables titratable acidity, antioxidant activity and the content of anthocyanins and flavonoids showed significant statistical differences between the days evaluated. The wine-colored clone showed higher contents of total soluble solids (0.86%), titratable acidity (0.99% gallic acid), vitamin C (0.23 mg·g⁻¹ fresh mass), content of phenols (14.01 mg·GA g⁻¹ fresh mass) and content of anthocyanins (2.07 mg·100 g⁻¹ fresh mass). The highest antioxidant activity was obtained in the yellow clone (66.50 VCEAC). In relation to the proximal analysis in the flowers, we obtained: moisture 90%, dry matter 9.32%, ash 9.45%, crude protein 19.25%, crude fat 3%, fiber 15.53% and carbohydrates 65.24%. In the sensory evaluation, the yellow, tabby and wine clones had the highest values in color and taste. The dehydrated dahlia flowers showed an increase in antioxidant activity and content of phenols and carotenoids, but a decrease in the content of anthocyanins and vitamin C. The tuberous dahlia roots evaluated showed the following averages in the proximal analysis: crude protein: 6.64%, ash: 3.57%, organic matter: 96.42%, crude fiber: 6.64%, ethereal extract: 0.622%, nitrogen-free extract: 82.51%. The highest inulin content was found in the yellow clone with 68.86%, which could be a good functional food for humans.

Keywords: *Dahlia x hortorum*, nutritional, nutraceutical, antioxidant capacity, tuberous roots.

Thesis of Master of Science in Agri-Food Science and Technology, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Maria Magdalena Espinosa Urbañczyk
Advisor: Dra. Maria Teresa Colinas León

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

El consumo de flores se ha conocido desde la antigüedad en civilizaciones de todo el mundo y aún se mantiene como producto habitual para su uso terapéutico o en la gastronomía. Muchas de estas flores contienen en sus pétalos componentes saludables por su capacidad antioxidante (Almajano, Carazo & López, 2012). En las culturas precolombinas, las flores eran consideradas como símbolo ligado a todas las artes.

México es un país con fuerte tradición florícola y en general ornamental desde los tiempos precolombinos; de esto se tiene evidencia en los jardines que mantuvo el rey Nezahualcóyotl. Además se cuenta con un abundante registro de especies nativas que han enriquecido el acervo ornamental de muchas partes de mundo.

En particular resulta relevante la presencia de la dalia en el mundo desde mediados del siglo XVIII, en un inicio por el interés alimenticio de sus raíces tuberosas, que fueron consumidas de la misma manera que la papa, y luego por su vistosidad, abundancia de sus flores y diversidad de formas y colores.

Actualmente es considerada una planta para flor de corte, de maceta y para jardín (Garzón *et al.*, 2008). Tiene una representación de alrededor de 40 especies cultivadas ampliamente en todo el mundo como planta de maceta, de jardín o como flor de corte. Tan popular como el crisantemo, abarca una gama de colores muy amplia y posee una gran diversidad de formas y de tamaños en sus flores (Mejía, Espinosa & Colinas, 2007).

Dado que la diversidad biológica del género se encuentra en México y en representación de la floricultura de éste, la dalia fue declarada la Flor Nacional Mexicana en 1963.

Las raíces tuberosas de la flor de dalia poseen propiedades alimenticias, forrajeras y medicinales; debido a que en los tubérculos está presente la inulina que se convierte en fructosa durante la digestión y es bien tolerada por los diabéticos.

Estudios realizados (Nsabimana & Jiang, 2010) demuestran que los principales constituyentes en tubérculos de dalia son los carbohidratos, seguidos de fibra y proteína; otros componentes presentes en menor cantidad son los minerales como el potasio, calcio, magnesio, fósforo y zinc, vitaminas como la B2, B6, B7 y E.

El objetivo del presente estudio fue caracterizar los clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) con fines alimenticios, evaluando el comportamiento de las propiedades nutricionales y nutraceuticas de las flores de dalia durante la etapa poscosecha. Así como evaluar las propiedades nutricionales y nutraceuticas de diferentes clones de dalias deshidratadas y de la raíz tuberosa.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El cultivo de la dalia

La dalia fue cultivada originalmente por los aztecas, los cuales, utilizaron sus tubérculos como una fuente de alimento, además, quedaron cautivados por la belleza de sus flores, que iniciaron los procesos de domesticación. Por lo que, se encontraron dalias tanto en el medio silvestre como en el cultivado (Treviño, Mera, Bye, Mejía & Laguna, 2007). En 1525, los españoles reportaron haber encontrado dalias en México, aunque la descripción más antigua conocida es por Francisco Hernández, médico del rey español Felipe II, que recibió la orden de visitar México en 1570, para estudiar los productos naturales del país. Las especies de dalia se introdujeron al mundo occidental en el siglo XVIII, por el botánico Anders Dahl, que consideraba la posibilidad de que sustituiría a la papa como parte de la dieta básica (Akerovd, 2014).

Posteriormente, con la conquista española, las dalias que fueron introducidas exitosamente a Europa, se utilizaron para realizar trabajos de mejoramiento genético, iniciando en 1818, lo cual, permitió la creación de inflorescencias con diversas formas y colores. De aquella época al presente, cuatro especies han dominado la horticultura floral: *D. coccinea*, *D. pinnata*, *D. merckii* y *D. imperialis*. La dalia más conocida es *D. pinnata*, la cual se deriva de un híbrido fértil entre *D. coccinea* y *D. sorensenii* producido probablemente en México hace más de 500 años (Mera & Bye, 2006).

Debido a la importancia mundial adquirida de la dalia, y considerando que en México se encuentra la diversidad biológica del género (centro de origen), en 1963, se declaró a la dalia como símbolo de la floricultura nacional, lo anterior fue impulsado ante la sugerencia de instituciones académicas y particulares.

A principio de 1995 se constituyó la Asociación Mexicana de la dalia y a partir del 2008 se estableció que el 4 de agosto de cada año sea reconocido como el “Día nacional de la dalia” (Mera & Bye, 2006). En la actualidad la dalia cultivada (*Dahlia x hortorum*) se ha extendido por casi todos los países del mundo. Sin embargo, en México se conoce muy poco acerca de su cultivo y mejoramiento (Mera & Bye, 2006).

2.1.1 Origen de la dalia

El género *Dahlia* es de origen mesoamericano con 35 especies, de las cuales 33 son endémicas de México (Saar, Sorensen, y Hjerting, 2003), por lo que la biodiversidad del género está concentrada en nuestro territorio. Sin embargo, sólo cuatro especies constituyen la base genética con la que se ha desarrollado la dalia cultivada (Mera & Bye, 2006).

2.1.2 Importancia de la dalia

En Mesoamérica prehispánica, las dalias silvestres eran conocidas comúnmente con el nombre de “acocoxóchitl”, “acocotli”, o “cohuanenepilli” (Náhuatl; tallos huecos con agua), entre otros nombres autóctonos otorgados por los indígenas de México, fue una planta muy arraigada a nuestra cultura y tradiciones desde tiempos precolombinos ya que poseía una gran cantidad de usos: ornamental, alimenticia, medicinal, ceremonial y ahora se sabe que también tiene propiedades forrajeras.

Los nativos utilizaban esta planta contra la tos crónica, como tónico diurético, diaforético (sustancia que ayuda a controlar la temperatura), y contra los cólicos (Treviño *et al.*, 2007).

Por su belleza, las flores de dalia han adquirido en Europa una importancia ornamental similar a la que tiene el tulipán holandés. Sin embargo, pocos saben que es una flor mexicana, que se trata de una inflorescencia (composición de dos tipos de flores pequeñas) y que sus ancestros aún pueden ser admirados de manera silvestre en la mayor parte del territorio mexicano (Mera & Bye, 2006).

2.1.3 Distribución geográfica

Las dalias silvestres, se desarrollan entre los 500 y los 3500 msnm dependiendo de la especie se pueden encontrar en bosques de pino/encino, en las principales cadenas montañosas en México, así como también en los márgenes de bosques secos y en zonas de desierto.

Algunas especies están restringidas en áreas geográficas específicas (endemismo) mientras que otras presentan un amplio rango de distribución, por ejemplo: *Dahlia coccinea*, la cual se extiende desde Chihuahua hasta Guatemala y/o *D. imperialis*, cuya distribución traspasa fronteras de Chiapas hasta Colombia. La mayoría de las especies (27) se localizan en el centro de México (Mera & Bye, 2006).

2.1.4 Estados productores

De los estados más importantes en la producción de los diferentes tipos de dalia en primer lugar está el Distrito Federal, en donde Xochimilco es el primero; le sigue Morelos, con Tétela del Monte y Cuautla, entre otras poblaciones. Continúa Puebla, con Atlixco y Huauchinango, sobre todo; México (Atlacomulco), Veracruz (Xalacingo) y Michoacán (Uruapan y Morelia). La oferta en el mercado inicia a finales del mes de abril y se mantienen hasta agosto, cuando las especies silvestres, algunas cultivadas por muchos años en México, y los híbridos, se encuentran en plena floración (Mejía *et al.*, 2007).

Una buena planta de dalia se mantiene a pleno sol, en un suelo rico en materia orgánica y bien estructurada y en un clima preferentemente templado. Así las plantas florecen durante un periodo mínimo de dos meses. Después de este lapso forman semilla y un sistema de raíces tuberosas que llega a pesar de 300 a mil 200 gramos por planta y que en promedio puede llegar a 18 toneladas por hectárea en un periodo de crecimiento de cuatro meses. Tanto la semilla como las raíces tuberosas pueden utilizarse en la reproducción de nuevas plantas.

2.1.5 Descripción botánica

El género *Dahlia* forma parte de la familia botánica Asteraceae (Compositae). Tribu Heliantheae. La mayoría de las dalias son plantas herbáceas o arbustivas, a veces epífitas o trepadoras. Las herbáceas son anuales, pues su follaje desaparece en el invierno, pero sus raíces tuberosas quedan enterradas, de donde brotan nuevas plantas en la siguiente estación de lluvias. Las arbustivas son perennes y en lo general tienen raíces tuberosas muy desarrolladas. Sus tallos son huecos (de ahí su nombre en Náhuatl

“Acocoxóchitl”) o compactos y, las hojas son opuestas o verticiladas (se originan alrededor de un mismo punto y se distribuyen en diferentes direcciones), simples a tres veces compuestas (Treviño *et al.*, 2007). Las inflorescencias están formadas de varias flores que en conjunto se denominan cabezuelas o capítulos: flores liguladas (se ubican al exterior y tienen la apariencia de un pétalo, presentan multitud de colores: blancos, morados, amarillos o rojos) y flores tubulares (semejan un disco y son de color amarillo o morado). Ambas están dispuestas sobre una base común llamada “receptáculo” (Treviño *et al.*, 2007). La forma, curvatura y largo de las lígulas han producido flores con apariencias muy diferentes (Mera & Bye, 2006). El fruto seco con una sola semilla, técnicamente es un aquenio, es de color negro y oblongo-aplanado, el tamaño varía de 0.6 a 1.4 cm de largo, con un grosor de 1 a 3 mm y 2 a 5 mm de espesor (Mejía *et al.*, 2007). En la actualidad, las flores dobles de dalia han incrementado el número y tamaño de flores liguladas. Los frutos son secos de una sola semilla e indehiscentes “aquenios” de forma oblanceolada.

2.1.6 Características de las flores de dalia

Las inflorescencias están formadas de varias flores que en conjunto se denominan capítulo o cabezuela; las flores liguladas (en forma de lengua) que se ubican al exterior tienen la apariencia de un pétalo y presentan una gran diversidad de colores, blancos, morados, amarillos, rojos etc., por su parte, las flores tubulares, que semejan un disco, son de color amarillo o morado. Ambas están dispuestas sobre una base común llamada receptáculo. La forma, curvatura, dimensión y color de las lígulas, han producido flores con apariencias diversas (Treviño *et al.*, 2007).

2.2 Flores comestibles

Las plantas son las principales fuentes de nutrición y vitaminas para la vida humana. Cada parte de la planta como hojas, flores, frutos, raíces y rizomas han sido utilizados como alimentos o suplementos para la salud (Sawatpipat *et al.*, 2014). El menor tenor nutritivo lo ostenta el estado de flor, pues en su mayoría están constituidas por más de 80 % de agua, por lo que, su valor

nutritivo parece no ser significativo (Kelley, Behe, Biembaum & Poff, 2001). Las flores tienen diversos significados según cada cultura. Son productos naturales que además de su valor estético cuentan con propiedades alimenticias que las convierten en excelentes condimentos, ya que por un lado ornamentan de una manera única las comidas, a la vez que aportan sabor y valiosos nutrientes. Según un informe de Zhang Dongsheng, de la Sociedad de Ciencias y Tecnologías Alimentarias de China, las flores aportan importantes elementos para la nutrición y la salud. Algunas de ellas son ricas en proteínas, grasas, almidones, aminoácidos, vitaminas A, B, C, E, antioxidantes y varios elementos minerales que son indispensables para el cuerpo humano (Shindo, Saito, Sekiya, Matsui & Koike, 2008).

Cabe mencionar que no todas las flores son comestibles, para que estas sean consideradas como tales, deben cumplir ciertas características entre las que se encuentran: la composición química, la forma de cultivo (libres de pesticidas, herbicidas y fertilizantes no orgánicos) además de ser inocuas microbiológicamente (Lara *et al.*, 2014).

2.2.1 Usos y aplicaciones de las flores comestibles

Las flores comestibles contribuyen a la mejora de la apariencia estética de los alimentos. Así son utilizadas durante la preparación de éstos, pero con mayor frecuencia son relacionadas con sustancias biológicamente activas (Hidalgo, 2008) como compuestos fenólicos, carotenoides, vitaminas, minerales etc. Las flores aportan matices de frescura y sabores inusuales, sus llamativos colores y los atractivos olores que desprenden, estimulan en gran medida los sentidos.

Las flores que se pueden emplear en culinaria son innumerables, pétalos de rosa (*Rosa sp.*), magnolia (*Magnolia grandiflora*), jazmín (*Jasminum officinale*), azahar (*Citrus aurantiifolia*), malva (*Malva sylvestris*), mejorana (*Origanum majorana*), violetas (*Viola odorata*), capuchina (*Tropaelum majus* L.) y muchas otras. De las flores comestibles se puede comer parte o toda su estructura, aplicando las diferentes técnicas de cocción.

La mayoría de ellas se comen en ensaladas, pero también existen otras ideales para guisos y sopas. Con las flores comestibles se pueden elaborar diferentes platillos, como carnes blancas y rojas, pastas, arroz, salsas y postres; ya que su combinación con ciertos alimentos da un sabor y aroma agradables aceptados por el comensal (Mlcek & Rop, 2011).

2.2.2 Características sensoriales de las flores comestibles

La lista de flores comestibles es extensa con alrededor de 55 géneros conocidos. Hay que señalar que el mayor componente de las flores es agua (más del 80% de su composición) por tanto, son ingredientes calóricamente bajos.

Así, su principal uso se enfoca en las características de apariencia, sabor y aroma que puedan aportar al alimento. Un ejemplo es la flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) (Rodríguez, 2008), la flor de color púrpura tiene un sabor muy parecido al de la frambuesa. Los geranios (*Pelargonium zonale*) brindan fragancia a los pasteles, los pensamientos (*Viola x wittrockiana*) se usan en ensaladas dulces y saladas o para acompañar quesos, las capuchinas regalan sabores picantes a ensaladas. Otro ejemplo es el delicado y dulzón sabor de la flor de calabaza (*Curcubita pepo*) que, por tradición se prepara en tamales y sopas (Caballero, López & Medina, 2009).

2.2.3 Características nutrimentales de las flores comestibles

La utilización de flores como alimento no sólo es por razones estéticas, el aporte nutrimental también debe considerarse. Las flores comestibles son fuente de minerales, especialmente de fósforo y potasio. Rop y colaboradores (2012) evaluaron el contenido de elementos minerales en especies de flores comestibles (*Antirrhinum majus*, *Begonia boliviensis*, *Centaurea cyanus*, *Chrysanthemum frutescens*, *Chrysanthemum parthenium*, *Dianthus caryophyllus*, *Fuchsia x hybrida*, *Impatiens walleriana*, *Rosa odorata*, *Tagetes patula*, *Tropaeolum majus* y *Viola x wittrockiana*). Encontraron el mayor contenido de fósforo y potasio en pensamiento (*Viola x wittrockiana*) 514 mg kg⁻¹ y 3,964.84 mg kg⁻¹, respectivamente; y el menor contenido en rosa chino (*Rosa odorata*) con 225 mg kg⁻¹ de fósforo y 1,969 mg kg⁻¹ de potasio.

Hay otras flores como la flor de jamaica cuyos cálices color rojo contienen importantes concentraciones de hierro, oscilando entre 800.67 mg 100g⁻¹ a 833.00 mg 100 g⁻¹ (Nnam & Onyeke, 2003). El contenido de β -caroteno de la violeta (*Viola tricolor*) en base al peso es mayor que la de la naranja (Kosztolnyik, 1996). La flor de calabaza aporta vitaminas A, C, riboflavina, niacina y minerales como calcio, fósforo, hierro y potasio (Alfonso, 2004). Los pétalos de las flores amarillas son generalmente una fuente muy buena de vitamina A.

Otra flor utilizada en la gastronomía es el diente de león (*Taraxacum officinale*) el cual entre sus componentes contiene algunos minerales (calcio, magnesio, fósforo, azufre, zinc, hierro), proteínas, ácido fólico, grasas, goma, inositol, vitaminas (A, B1, B2, B6, B12, C, D y E.), otros compuestos como ácidos caféico, palmítico, oleico, linoléico, pantoténico, p -aminobenzoico, asparagina, arginina, resinas y potasa, y azúcares como la fructosa (20 %), etc. Además de las flores antes mencionadas se encuentra la flor de izote o yuca (*Yucca filifera*) que en 100 g de sus pétalos contienen 273 mg de ácido ascórbico, 95 mg de calcio y 2.6 g de proteínas (Hernández, Chávez & Bourges, 1977).

La moringa (*Moringa oleífera*) se está revelando como un recurso de primer orden con bajo costo de producción para prevenir la desnutrición y múltiples patologías como la ceguera infantil asociadas a carencias de vitaminas y elementos esenciales en la dieta. Esta planta tiene un futuro prometedor en la industria alimentaria y como alimento proteico para deportistas. Las hojas tiernas y las flores se consumen, crudas o cocidas, ya que son ricas en proteínas (contienen del 5- 10 %), minerales, β carotenos, riovflavina y vitamina C (Sánchez-Machado, Núñez-Gastélum, Reyes-Moreno, Ramírez-Wong & López-Cervante, 2010). En el Cuadro 1 se presenta el análisis proximal de algunos ejemplos de flores comestibles.

Cuadro 1. Composición proximal de algunas flores comestibles (g * 100 g de muestra).

Flor	Humedad	Proteína cruda	Extracto etéreo	Fibra	Cenizas	Extracto libre de nitrógeno
Agave (<i>Agave salmiana</i>)	87,4±2.4	16.4±3 ^a	2.8±0,5 ^a	12.7±3 ^a	5.8±0,3 ^a	62.1 ^a
Colorin (<i>Erythrina americana</i>)	86.6±1	26.2±5 ^a	2.3±0.5 ^a	17.3±1 ^a	9.6±0.6 ^a	44.5 ^a
Cuaresma (<i>Euphorbia radians</i>)	90.1±2.9	25.1±4 ^a	4.9±1.7 ^a	12.6±2 ^a	9.4±2.0 ^a	47.9 ^a
Cuchunuc (<i>Gliricidia sepium</i>)	84.7	1.9 ^b	0.2 ^b	2.4 ^b	0.7 ^b	10.8 ^b
Gasparito (<i>Erythrina caribaea</i>)	88.5±2.6	27.4±3 ^a	1.5±0.5 ^a	17.7±2 ^a	10.1±0.4 ^a	42.4 ^a
Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>).	NR	6.4 ^a	5.1 ^a	2.7 ^a	6.5 ^a	79.2 ^a
Jamaica Cálices amarillos	NR	9.1 ^a	4.9 ^a	2.9 ^a	6.1 ^a	77.0 ^a
Loroco (<i>Fernaldia pandurata</i>)	90.3	0.3 ^b	0.2 ^b	1.3 ^b	1.0 ^b	6.9 ^b
Madroño (<i>Arbutus xalapensis</i>)	89.7± 2.9	11.3±2 ^a	3.9±0.5 ^a	10.4±2 ^a	6.9±1 ^a	66.7 ^a
Moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	NR	18.9 ^a	2.9 ^a	32.45 ^a	9.7 ^a	36.0 ^a
Sávila (<i>Aloe vera</i>)	89.5±2.7	16.4±2 ^a	4.2±0.9 ^a	13.8±3 ^a	8.6±0.1 ^a	56.8 ^a
Taro (<i>Colocasia esculenta</i>)	88.8	10.1 ^a	1.2 ^a	17.8 ^a	5.1 ^a	65.8 ^a
Yuca (<i>Yucca filifera</i>)	88.1±3.2	25.9±2 ^a	2.1±0.6 ^a	8.5±3 ^a	9.7±1 ^a	53.8 ^a

NR: No Reportado. ^a Datos expresados en base seca. ^b Datos expresados en base húmeda.

Fuente: Lara *et al.*, 2014.

Compuestos nutricionales de dalia

Las flores de dalia están constituidas por agua, carbohidratos y minerales, entre otros. En los cuadros 2 y 3 se muestran los análisis nutrimentales de flores y raíz tuberosa de dalia en peso seco (Lara *et al.*, 2014).

Cuadro 2. Contenido nutricional de las flores de dalia (*Dahlia spp.*).

Componente	Contenido
Proteína (%)	0.8 a 4.0
Grasas (%)	0.2 a 1.6
Fibra (%)	10 a 15
Carbohidratos (%)	51 a 72
Cenizas (%)	0.7
Humedad (%)	88 a 92
Sodio (mg • Kg ⁻¹)	150 a 390
Potasio (mg • Kg ⁻¹)	156 a 387
Calcio (mg • Kg ⁻¹)	208 a 595
Magnesio (mg • Kg ⁻¹)	52 a 77
Fósforo (mg • Kg ⁻¹)	32 a 46
Cobre (mg • Kg ⁻¹)	1.0 a 3.0

Fuente: Lara *et al.*, 2014.

Cuadro 3. Contenido nutricional de raíz tuberosa de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Componente	Contenido	Componente	Contenido
Proteína (%)	11.07	Grasas (%)	1.27
Fibra (%)	6.15	Carbohidratos (%)	75.90
Cenizas (%)	5.60	Humedad (%)	84.89
Inulina (%)	82.92	Sacarosa (%)	3.66

Fuente: Jiménez, 2017.

2.3 Compuestos nutraceuticos

En las últimas décadas se han desarrollado nuevos tipos de alimentos, denominados “nutracéuticos”, los cuales han tenido gran aceptación por parte de los consumidores, basados principalmente en los beneficios que aportan a la salud además de su contenido nutricional, como la disminución del riesgo de desarrollar enfermedades crónicas degenerativas o algunas más comunes como un simple resfriado, reduciendo así los gastos médicos y generando una mejor calidad de vida en todos los sectores de la población. Los nutraceuticos se definen como compuestos medicinales o nutricionales contenidos en alimentos, plantas o materiales de origen natural los cuales pueden ser

purificados o concentrados, y son utilizados para mejorar la salud, prevenir o tratar una enfermedad (Lockwood, 2007). Hay muchos alimentos y productos nutracéuticos que han incrementado su consumo en el mercado, dentro de estos podemos encontrar los compuestos omega-3, compuestos fenólicos, carotenoides, vitaminas, fitoesteroles, ácido úrico entre otros, reconocidos principalmente por su capacidad antioxidante que neutraliza los radicales libres, previniendo daños por estrés oxidativo en la membrana celular y en el ADN (Shahidi, 2012).

2.3.1 Sistemas antioxidantes

Un antioxidante es una sustancia que a bajas concentraciones, comparada con el sustrato oxidable, retarda o previene significativamente la oxidación del sustrato. Estas moléculas pueden interactuar de forma segura con los radicales libres y terminar la reacción en cadena antes de que las células vitales sean dañadas (Panglossi, 2006). Debido a que los radicales libres tienen la capacidad de reaccionar de manera indiscriminada pueden ocasionar daños en casi cualquier parte de la célula, para contrarrestarlo existe una extensa variedad de defensas antioxidantes, tanto endógenas como exógenas, que están presentes para proteger los componentes celulares de los radicales libres, éstas se pueden dividir en tres grandes grupos: las enzimas antioxidantes, de detención o rotura de la cadena, y proteínas unidas a un metal de transición (Young & Wooside, 2001).

Las enzimas antioxidantes se encuentran dentro de los compartimentos celulares, catalizan diferentes reacciones que transforman los radicales libres en compuestos estables, de manera similar, los compuestos antioxidantes que generan una rotura en la cadena de reacción de los radicales libres, son moléculas que pueden ceder electrones sin el riesgo de convertirse en compuestos inestables, de esta manera se interrumpe la generación de radicales. Por último, las proteínas de transición unidas a un ion metálico actúan como un componente crucial en el sistema de defensa antioxidante mediante el secuestro de hierro y cobre de manera que no están disponibles para conducir la formación del radical hidroxilo (Birben, Sahiner, Sackesen, Erzurum & Kalayci, 2012; Young & Wooside, 2001).

Una dieta particularmente abundante en frutas, verduras y semillas es una rica fuente de vitaminas y antioxidantes, y otros fitoquímicos con características y propiedades antioxidantes. Existen más de 25 000 compuestos bioactivos, que provienen de una fuente exógena y que son capaces de aumentar la respuesta celular para contrarrestar el estrés oxidativo (Panglossi, 2006).

2.3.2 Estrés oxidativo

El oxígeno es uno de los gases más importantes de la tierra, constituye 21 % de la atmósfera, 89 % del peso del agua del mar y al menos 47 % de la corteza terrestre. La mayor parte de los seres vivos utilizan el oxígeno para respirar y obtener energía, sin embargo, a partir de esta molécula se forman otras más reactivas conocidas como especies reactivas de oxígeno (EROs).

La generación de EROs es inevitable en el metabolismo aeróbico. La mitocondria es el principal productor de especies reactivas del oxígeno durante los procesos normales oxidativos del metabolismo, principalmente a través de la oxidoreducción que ocurre en los complejos de transferencia de electrones, donde el oxígeno es el último aceptor de éstos (Macedo-Márquez, 2012). Las especies reactivas del oxígeno incluyen radicales libres y ciertas especies no radicales oxidantes que se convierten fácilmente en radicales libres (Cuadro 4).

El daño o estrés oxidativo se ha definido como la exposición de la materia viva a diversas fuentes que producen una ruptura del equilibrio que existe entre las sustancias o factores prooxidantes y los mecanismos antioxidantes encargados de eliminar dichas especies químicas, ya sea por un déficit de estas defensas o por un incremento de EROs (Venero, 2002).

Las EROs dañan al ácido desoxirribonucleico (ADN) al reaccionar con las bases nitrogenadas y con la desoxirribosa, el daño oxidativo al ADN es de extrema importancia, debido a que las bases nitrogenadas dañadas pueden generar mutaciones que a su vez pueden resultar en carcinogénesis, apoptosis, necrosis y algunas enfermedades hereditarias.

En el caso de la oxidación de lípidos y proteínas, genera lipoperoxidación que es un proceso relacionado con enfermedades cardiovasculares o bien, otras enfermedades como Alzheimer, artritis reumatoide y catarogénesis (Cárdenas-Rodríguez & Pedraza-Chaverri, 2006).

Cuadro 4. Especies reactivas del oxígeno.

Radicales libres		No radicales	
Superóxido	$O_2^{\cdot-}$	Peróxidos orgánicos	ROOH
Hidroxilo	OH^{\cdot}	Peróxido de hidrógeno	H_2O_2
Hidroperóxilo	HO_2^{\cdot}	Oxígeno singlete	$O_2^1\Delta g$
Peroxilo	RO_2^{\cdot}	Ácido hipocloroso	HClO
Alcoxilo	RO^{\cdot}	Ácido hipobromoso	HBrO
Carbonato	$CO_3^{\cdot-}$	Ozono	O_3
Dióxido de carbono	$CO_2^{\cdot-}$	Peroxinitrito	$ONOO^{\cdot-}$
		Ácido peroxinitroso	ONOOH

Fuente: Venero, 2002.

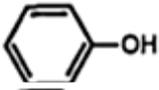
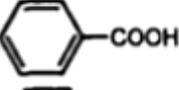
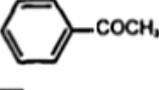
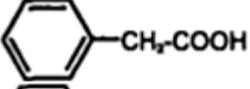
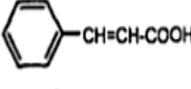
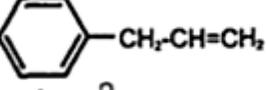
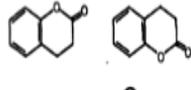
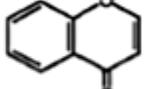
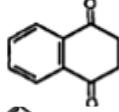
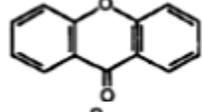
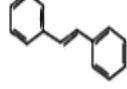
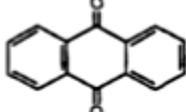
Compuestos fenólicos

Químicamente, los compuestos fenólicos pueden definirse como sustancias que poseen un anillo aromático unido a uno o más grupos hidroxilo, incluyendo sus derivados funcionales; existen más de 8000 compuestos fenólicos identificados (Shahidi y Naczk, 2004). Estos metabolitos son compuestos ampliamente distribuidos en las plantas y son un producto del metabolismo secundario, algunos son indispensables en los mecanismos de defensa, contra patógenos o bajo una situación de estrés (Cuadro 5).

Estructura química

Las plantas contienen una gran variedad de compuestos fenólicos como fenoles, fenilpropanoides, flavonoides, taninos y ligninas, con la función de pesticidas naturales, atrayentes de polinizadores, agentes protectores de los rayos ultra violeta, en algunos casos sirven como soporte estructural a la planta (Porrás- Loaiza & López-Malo, 2009; Shahidi & Naczk, 2004).

Cuadro 5. Clasificación de los compuestos fenólicos.

Clase	Estructura básica	Clase	Estructura básica
Fenoles simples		Benzoquinonas	
Ácidos fenólicos		Acetofenonas	
Ácidos fenilacéticos		Ácidos hidroxicinámicos	
Fenilpropenos		Cumarinas, isocumarinas	
Cromonas		Naftoquinonas	
Xantonas		Estilbenos	
Traquinosas		Flavonoides	C6-C3-C6
Lignanós, neolignanós	(C6-C3) ₂	Ligninas	(C6-C3)

Fuente: Shahidi y Naczk, 2004.

Biosíntesis

Los fenoles en las plantas se sintetizan a partir de dos principales rutas metabólicas: la ruta del ácido shikímico la cual origina directamente fenilpropanoides como los ácidos hidroxicinámicos, producidos principalmente por vegetales; y la ruta del acetato malonato, la cual produce fenoles simples y algunas quinonas biosintetizados por hongos y bacterias y en menor proporción por vegetales. Uno de los grandes grupos de compuesto fenólicos son los flavonoides, los cuales derivan de una combinación de las dos principales rutas biosintéticas (Figura 1) (Ewané, Lepoivre, Lapeyre & Lassois, 2012; Shahidi & Naczk, 2004).

Vitamina C

La vitamina C es conocida comúnmente como ácido ascórbico y es un importante micronutriente en la alimentación humana, participa en la síntesis de colágeno, fijación del hierro, la conversión del ácido fólico a ácido folínico,

pH, concentración de oxígeno y la actividad de agua, la forma oxidada, ácido dihidroascórbico, carece de poder antioxidante pero mantiene su propiedad antiescorbuto (Ordóñez-Santos *et al.*, 2013; De Xammar & Donmaría, 2006).

2.4 Raíces tuberosas de dalia

Las raíces tuberosas son raíces que se engruesan como órganos de almacenamiento de reservas. Se forman de los nudos de los tallos como otras raíces, pero difieren desde el principio en su estructura anatómica de otras raíces.

En las raíces normales se desarrolla un eje de xilema fibroso de cuatro a seis cordones y no hay médula, mientras que en las raíces tuberosas, hay al inicio, de cinco a seis cordones de xilema primario y médula bien desarrollada. Sin embargo entre estos dos extremos hay tipos intermedios, es decir, raíces gruesas que no llegan a almacenar sustancias de reserva (León, 2000) y de acuerdo con Müller (2000) los carbohidratos producidos a partir de la fotosíntesis son transportados como azúcares y solamente en los tejidos de reserva se transforman en almidón, sin necesidad de luz aunque no todas las plantas son capaces de producir almidón, sino también acumulan en su lugar azúcares, como la sacarosa. Las diferentes especies de dalia presentan raíces tuberosas, al igual que la yuca o mandioca, el camote, la maca o chacón y el ñame entre otros. El compuesto con mayor contenido en raíces tuberosas de dalia es la inulina, un compuesto polisacárido de cadenas largas de fructosa y llega a constituir hasta el 60 % de su peso seco. También contiene cantidades importantes de calcio, potasio, magnesio, zinc, cromo y vitaminas B y E. Por otra parte se ha demostrado que contiene ácido benzoico que es un compuesto antimicrobiano precursor del ácido salicílico, además de contener fitina, fibra dietética y proteína (Wihltley, 1985).

2.5 Sistemas para el análisis de alimentos

El método de Van Soest es el más recomendado para el análisis de forrajes utilizados en la alimentación de rumiantes, mientras que el método de análisis proximal se utiliza para analizar materias primas o alimentos concentrados para monogástricos (Mora, 2007).

2.5.1 Sistema Weende (análisis proximal)

Se creó para obtener una clasificación muy amplia y con un nivel máximo de los componentes de alimentos. El sistema consiste en la determinación analítica del agua (humedad), las cenizas, las grasas brutas (extracción con éter), las proteínas brutas y la fibra bruta. El extracto libre de nitrógeno (ELN), que representa más o menos los azúcares y almidones, se calcula por la diferencia en lugar de medirlo mediante análisis (Greenfield & Southgate, 2006).

Humedad

Los valores del agua siguen siendo un componente esencial de las bases de datos de composición de alimentos, porque el contenido de agua es uno de los elementos más variables, especialmente en los alimentos vegetales. Esta variabilidad afecta a la composición del alimento considerado en conjunto. Las variaciones en el contenido de agua son un importante factor que determina los niveles de otros componentes y los datos sobre dicho contenido permiten comparar los valores de los nutrientes sobre la base de una humedad semejante (Greenfield & Southgate, 2006).

Proteína

Las proteínas poseen propiedades nutrimentales, y de sus componentes se obtienen moléculas nitrogenadas que permiten conservar la estructura y el crecimiento de quien la consume; asimismo, pueden ser ingredientes de productos alimenticios y, por sus características funcionales, ayudan a establecer la estructura y propiedades finales del alimento (Badui-Dergal, 2013). Las unidades más simples de la estructura química común de todas las proteínas son los aminoácidos. El código genético tiene la información para sintetizar 20 distintos aminoácidos, también llamadas residuos, que constituyen los eslabones que conforman péptidos y se denominan proteínas cuando forman cadenas polipeptídicas de altos pesos moleculares (Badui-Dergal, 2013).

Extracto etéreo

El extracto etéreo es la grasa contenida en el alimento, sin embargo también están presentes ceras, ácidos orgánicos, alcoholes y pigmentos; la designación de la fracción de grasas o aceites es también incorrecta (McDonald, Edwards & Greenhalgh, 1981). Las grasas alimentarias incluyen todos los lípidos de los tejidos vegetales y animales que se ingieren como alimentos. Las grasas (sólidas) o aceites (líquidos) más frecuentes son una mezcla de triacilglicéridos (triglicéridos) con cantidades menores de otros lípidos. Los ácidos grasos presentes en varias moléculas de lípidos constituyen la parte con mayor valor nutritivo (FAO, 1997).

Fibra

Con este nombre se designa a un grupo muy amplio de polisacáridos estructurales que no son aprovechados metabólicamente por los animales mono gástricos, incluido el hombre, pero si por los rumiantes y cumplen una función muy importante en el bienestar del individuo. De acuerdo con su solubilidad en agua, las fibras se dividen en solubles e insolubles, ambas fibras limpian el sistema digestivo, evitan la absorción de la glucosa y de colesterol, los cuales previenen la diabetes y los problemas cardiovasculares al depurar el organismo y evitar el estreñimiento (Badui-Dergal, 2013). La determinación de fibra cruda se lleva a cabo después de digerir la muestra con ácido sulfúrico y posteriormente con hidróxido de sodio y calcinando el residuo (Olvera-Novoa, Martínez-Palacios & Real de León, 1993).

Cenizas

Desde el punto de vista nutricional, el registro del porcentaje de cenizas tiene escaso valor, salvo para proporcionar una estimación aproximada del material inorgánico total. Naturalmente, el valor de las cenizas totales es esencial para calcular los carbohidratos (por diferencia) (Greenfield & Southgate, 2006). Las cenizas representan la fracción correspondiente a los minerales (Caravaca-Rodríguez *et al.*, 2005) y componentes inorgánicos del alimento (McDonald *et al.*, 1981); sin embargo, las cenizas pueden contener material de origen orgánico, tales como azufre y fósforo de proteínas, y algo de pérdida de

material volátil en forma de sodio, cloruro, potasio, fósforo, y azufre que se lleva a cabo durante la ignición. El porcentaje de cenizas, por lo tanto no es realmente todo el material inorgánico representativo del alimento, ya sea cualitativa o cuantitativamente (McDonald *et al.*, 1981).

Carbohidratos totales (Extracto libre de nitrógeno)

El extracto libre de nitrógeno, también conocido como carbohidratos totales, es un valor derivado, que se obtiene restando los porcentajes de agua, proteínas, grasas y cenizas de 100 para obtener el porcentaje libre de nitrógeno. Incluye todo el material distinto de los carbohidratos no analizado en los otros análisis proximales y los errores acumulativos de las otras mediciones (Greenfield & Southgate, 2006).

2.5.2 Sistema Van Soest

El pobre estado del análisis de alimentos para animales en los años 60, desencadenó el programa de investigación de Peter Van Soest, en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, el cual condujo al sistema detergente de análisis de alimentos. Van Soest logró convencer a la comunidad científica de reemplazar el sistema Weende o de análisis proximal (Henneberg & Stohmann 1859) por su sistema detergente. Reemplazando fibra cruda y extracto libre de nitrógeno por solubles en detergente neutro (NDS), fibra detergente ácido, fibra detergente neutra y lignina. De esta manera, fue posible explicar respuestas nutricionales en términos de digestibilidad y consumo de alimentos (Uden, Robinson & Wiseman, 2005).

2.6 Inulina

La inulina, a menudo llamado por el nombre genérico de oligofructosa, es una mezcla de polisacáridos, compuesta de una cadena de unidades de fructosa unidas por enlaces β (2-1) con una unidad de glucosa terminal (Oliveros & Moreno, 2006). La inulina es un fructano que se encuentra en muchas plantas como un hidrato de carbono de almacenamiento, también ha sido parte de la dieta diaria del hombre durante varios siglos. La inulina está regularmente presente en las verduras, las frutas y cereales, incluso en el puerro, la cebolla,

ajo, el trigo, la achicoria, la alcachofa y el plátano. Industrialmente, la inulina se obtiene de la achicoria, y se usa como ingrediente funcional en comidas que ofrecen una única combinación de interesantes propiedades nutritivas. En particular, los fructanos aumentan el sabor, dan la estabilidad de espumas y emulsiones, también, muestran una excepcional conducta comparada con las grasas, ya que éstas al ser reemplazadas por el hidrato de carbono de inulina muestra la ventaja de no modificar el sabor y textura de los productos agregando a ellos sus beneficios nutritivos (Madrigal & Sangronis, 2007).

Su hidrólisis total produce, además de fructosa, de 5 a 6 % de moléculas de glucosa, que se considera están ubicadas en los extremos de la cadena. La inulinasa es la enzima que actúa sobre los correspondientes enlaces glucosídicos de este polímero; debido a que las furanosas que contiene (fructosa) hacen que la inulina sea muy lábil a la hidrólisis, se ha sugerido usarla como fuente para la obtención comercial de fructosa de alta pureza (Bot, Erle, Vreeker & Agterof, 2004). Mediante su hidrólisis enzimática parcial es posible obtener diferentes compuestos como la oligofructosa, que consiste en una mezcla de oligosacáridos que es desarrollada para fines alimenticios (Marquina & Santos, 2005). Diversos estudios muestran que la ingesta de inulina mejora significativamente la absorción de calcio y magnesio en humanos y roedores (Griffin, Penni, Hicks, Heaney & Abramsa, 2003; Zafar, Weaver, Zhao, Martin & Wastney, 2004). Se ha reportado que tanto la inulina, como la oligofructosa son rápida y totalmente fermentadas por la microbiota intestinal, siendo por tanto un prebiótico y, como tal, puede combinarse ventajosamente con cultivos probióticos en productos lácteos fermentados (Marquina & Santos, 2005). La presencia de inulina en el colon estimula el crecimiento del lactobacilos y bifidobacterias, por ejemplo, disminuye la intolerancia a la lactosa y algunos estudios demostraron que elementos de la partición de las células del *Bifidobacterium* reprimen el desarrollo de tumores (Flamm, Glinsmann, Kritchevsky, Prosky & Roberfroid, 2001). No sólo influye en el crecimiento de flora intestinal sino también tendría la propiedad bajar la proporción de colesterol (Barclay, Ginic-Markovic & Petrowski, 2010).

Cuadro 6. Contenido promedio de inulina de algunas especies de plantas en base seca.

Especie vegetal	Inulina (g·100 g ⁻¹)
Pataca (<i>Helianthus tuberosus</i>)	89
Achicoria (<i>Cichorium intybus</i>)	79
Dalia (Dahlia spp.)	59, 54*
Cebolla (<i>Allium cepa</i> L.)	48
Porro (<i>Allium porrum</i> L.)	37
Ajo (<i>Allium sativum</i>)	29
Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	27
Espárrago (<i>Asparragus officinalis</i> L.)	4
Plátano (<i>Musa cavendishii</i>)	2
Centeno (<i>Secale cereales</i>)	1

Fuente: Van-Loo *et al.*, (1995) * De Luna-García y Jarquín-Mendoza (2015).

Además de su función en la planta como carbohidrato de reserva, se le atribuía también un papel en la tolerancia al estrés hídrico provocado por sequía, frío o salinidad (Valluru & Van den Ende, 2008). En el cuadro 6 se muestra el contenido de inulina de algunas especies vegetales en base seca.

2.7 Literatura citada

- Akerovd, S. (2014). *Vegetables for the Gourmet Gardener: A Practical Resource from the Garden to the table*. Ciudad, USA: University of Chicago Press. 224 p.
- Alfonso, AM. (2004). *Caracterización química y sensorial de los pétalos de flores de Cucurbita [disertación]*. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina.
- Almajano M., Carazo N., A. & López M. P. (2012). Actividad antioxidante de los pétalos de flores comestibles. EUITAB-ESAB. Barcelona. Pp.5.
- Badui-Dergal, S. (2013). *Química de alimentos (5a ed)*. México: Pearson Educación. 723 p.
- Barclay, T., Ginic-Markovic, M., Cooper, P., & Petrovski, N. (2010). Inulin: a versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. *Journal of Excipients & Food Chemicals*, 1 (3), 27-50.
- Basabe, B. (2000). Funciones de la vitamina C en el metabolismo del colágeno. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 1(14), 46-54.
- Birben, E., Sahiner, U., Sackesen, C., Erzurum, S., & Kalayci, O. (2012). Oxidative Stress and Antioxidant Defense. *WAO Journal* (5), 9-19.

- Bot, A., Erle, U., Vreeker, R., & Agterof, W. G. M. (2004) Influence of crystallisation conditions on the large deformation rheology of inulin gels, *Food Hydrocolloids*, 18(4), 547-556.
- Caballero R., A., López Z., E. J., Medina, V. E. (2009). La flor de cuchunuc (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de la población zoque de Tuxla, Gutiérrez, Chiapas, México. *Revista Avances en Seguridad Alimentaria y Nutricional* 1(1): 9-13. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/avancesan/article/viewFile/1609/1604>
- Caravaca-Rodríguez, F. P., Castel-Genís, J. M., Guzmán-Guerrero, J. L., Delgado-Pertíñez, M., Mena-Guerrero, M. J., Alcalde-Aldea, M. J. & González-Redondo, P. (2005). Bases de la producción animal. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. 512 p.
- Cárdenas-Rodríguez, N., & Pedraza-Chaverri, J. (2006). Especies reactivas de oxígeno y sistemas antioxidantes: aspectos básicos. *Educación Química*, 17(2), 164-173.
- Davey, M., Van Montagu, M., Inze, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnof, N., & Fletcher, J. (2000). Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of Science of Food and Agriculture* (80), 825-860.
- De Luna-García, I., & Jarquín-Mendoza, C. A. (2015). Efecto de la fecha de siembra en la concentración de inulina en tubérculos de dalia (*Dahlia* spp.) (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. 37 p.
- De Xammar, J., & Donmaría, M. (2006). Acción Farmacológica, Biofísicoquímica y Estructura Dinámica de la Vitamina C. *Acta Farm. Bonaerense*, 1(25), 145-154.
- Ewané, C., Lepoivre, P., Lapeyre, L., & Lassois, L. (2012). Involvement of phenolic compounds in the susceptibility of bananas to crown rot. A review. *Biotechnol. Agrom. Soc. Environ.*, 393-404.
- FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura) (1997). *Grasas y aceites en la nutrición humana*. Roma, Italia: Autor. 168 p.
- Flamm, G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L., & Roberfroid, M. (2001). Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. *Crit. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41, 353-362.
- García, G., García, A., Mejía, Ó., Clavijo, D., Hernández, S., Báez, S., & Cobos, C. (2006). Aspectos bioclínicos y patobiológicos de la vitamina C en la especie humana. *CES Medicina*, 20(2), 53-72.
- Garzón S. C., Mejía M. J. M., Trejo C. R., Gómez L. F., Espinosa F.A., & Sánchez A. C. (2008). Fenología dalia *Campanulata* (*Dahlia campanulata* Saar.): Nueva especie para la Horticultura Ornamental. Universidad Autónoma Chapingo, México, 6 pp.

- Greenfield, H., & Southgate, D. A. T. (2006) Datos de composición de los alimentos. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).312 p.
- Griffin, I. J., Penni, M. D., Hicks, P. M. D., Heaney, R. P. & Abramsa, S. A. (2003). Enriched chicory inulin increases calcium absorption mainly in girls with lower calcium absorption". *Nutrition. Research*, 23, 901-909.
- Henneberg, W., & Stohmann, F. (1859). On the maintenance feeding of one-year old cattle (Ueber das Erhaltungsfutter volljahrigen Rindviehs.). *J Landwirtsch*, 3, 485-551.
- Hernández, M., & Chávez, A., Bourges, H. (1977). Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Instituto Nacional de la Nutrición, México, D. F. México
- Hidalgo ALA. (2008). Estudio de cuatro flores comestibles y su aplicación en la gastronomía [disertación]. Facultad de turismo y preservación ambiental, hotelería y gastronomía. Quito, Abril.
- Jiménez, R. E. (2017). Caracterización fisicoquímica y contenido de inulina en raíces tuberosas de cinco especies de dalia (*Dahlia spp.*). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.
- Kelley K.M., Behe B.K., Biembaum J.A., Poff K.L., (2001). Consumer and professional chef perceptions of three edible flowers species. *HortScience* 36: 162 166.
- Kosztolnyik, L. (1996). Selling edible flowers. *Nat Food Merch*. 17(7):74.
- Lara C. E., Martin B.O., Osorio D. P., Barrera N.L.L., Sánchez L. J. A., & Bautista B.S. (2014). Actividad antioxidante, composición nutrimental y funcional de flores comestibles de dalia. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20(1): 101-116.
- León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. Tercera edición. Ed. Agroamérica. Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 522 p.
- Lockwood, B. (2007). *Nutraceuticals* (Segunda ed.). Manchester, UK: Pharmaceutical Press.
- Macedo-Márquez, A. (2012). La producción de especies reactivas de oxígeno (EROs) en las mitocondrias de *Saccharomyces cerevisiae*. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 15(2), 97-103.
- Madrigal, L., & Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Caracas, Venezuela: *Revista ALAN*, 57(4), 387-396.
- Marquina, D., & Santos, A. (2005). Probióticos, prebióticos y salud. *Microbiology international*, 32, 24-27
- McDonald, P., Edwards, R, A., & Greenhalgh, J. F. D. (1981). *Animal nutrition*. New York, USA: Editorial Longman, 479 p.
- Mejía M.J.M., Espinoza F.A., & Colinas L. Ma. Teresa. (2007). Importancia de la Dalia en México. *Extensión al campo*, 5, 9-12.

- Mera, O.L.M., & Bye, B.R. (2006). La Dahlia una belleza originaria de México. *Revista Digital Universitaria* 7: 2-11. http://www.revista.unam.mx/vol.7/num11/art90/nov_art90.pdf
- Mlcek J, Rop O. (2011). Fresh edible flowers of ornamental plants. A new source of nutraceutical foods. *Trends Food Sci Tech.* 22: 561-569.
- Mora, B, I. (2007). *Nutrición animal*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia. 120 p.
- Müller, L. E. (2000). *Manual de laboratorio de morfología vegetal*. Centro agronómico tropical de Investigación y enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 259 p.
- Nnam NM., & Onyeke NG. (2003). Chemical composition of two varieties of sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.), calyces and the drinks made from them. *Plants Food Hum Nutr.* 58:1-7.
- Nsabimana, C., & Jiang, B. (2010). The chemical composition of some garden Dahlia tubers. 1081-1093.
- Oliveros, L., & Moreno, J. (2006). Prebióticos en formulas infantiles. *Anal Pediatr*; 4, 20-29.
- Olvera-Novoa, M. A., Martínez-Palacios, C. A., & Real de León, E. (1993). *Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos*. México D.F.: Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y la Alimentación (FAO). 93 p.
- Ordóñez-Santos, L., Ospina, M., & Rodríguez, D. (2013). Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Lasallista de Investigación*, 10(2), 44-51.
- Panglossi, H. (2006). *Antioxidants: New Research*. Nueva York, USA: Nova Science Publisher, Inc.
- Porras-Loaiza, A., & López-Malo, A. (2009). Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 121-134.
- Rodríguez BB. (2008). Raro y Chic. *Rev Devicio*. 1(19): 1-2.
- Rop O., Mlcek J., Jurikova T., & Neugebauerova J. (2012). Edible Flowers- A new Promising source of Mineral Elements in Human Nutrition. *Molecules*. 17: 6672-6683.
- Saar, D. E., Sorensen, P. D., & Hjerting, J. P. (2003). *Dahlia campanulata* and *D. cuspidata* (asteraceae, coreopsideae): two new species from Mexico. *Acta Botánica Mexicana*, (64), 19-24.
- Sánchez-Machado DI., Núñez-Gastélum JA., Reyes-Moreno C., Ramírez-Wong B., & López- Cervante J. (2010). Nutritional Quality of Edible Parts of *Moringa oleífera*. *Food Anal Meth.* 3:175–180.
- Sawatpipat, J., Phunsawat, V., Rojsanga, P., & Sithisarn, P. (2014). Antioxidant activities and phytochemicals of edible flowers. *Thai Journal Of Pharmaceutical Sciences*, 3826-28.

- Shahidi, F. (2012). Nutraceuticals, Functional Foods and Dietary Supplements in Health and Disease. *Journal of Food and Drugs Analysis*, 20, 226-230.
- Shahidi, F., & Naczk, M. (2004). Phenolics in food and nutraceuticals: sources, applications and health effects. USA: CRC Press.
- Shindo, K., Saito E., Sekiya M., Matsui T., & Koike Y. (2008). Antioxidative activity of the flower of *Toreniafourneri*. *J Natural Medici*, 62 (2): 247-248.
- Treviño, G., Mera, O.L.M., Bye, B.R., Mejía, M.J.M., & Laguna, C.A. (2007). Historia de la Dalia (*Acocoxóchitl*) la flor nacional de México. Ed. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México, D. F. 27p.
- Uden, P., Robinson, P. H., & Wiseman, J. (2005). Use of detergent system terminology and criteria for submission of manuscripts on new, revised, analytical methods as well as descriptive information on feed analysis and/or variability. *Animal Feed Science and Technology*; 118, 181-186.
- Valluru, R., & Van den Ende. W. (2008). Plant fructans in stress environments: emerging concepts and future prospects. *Journal of Experimental Botany*, 59 (11), 2905-2916.
- Van-Loo, J., Coussement, P., De Leenheer, L., Hoebregs, H., & Smiths, G. (1995). On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*; 35, 525-552.
- Venero, J. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 31(2), 126-133.
- Whitley, G. R. (1985). The medicinal and nutritional properties of *Dahlia* spp. *Journal of Ethnopharmacology* 14: 75 – 82.
- Young, I., & Wooside, J. (2001). Antioxidants in health and disease. *F Clin Pathol* (54), 176-186
- Zafar, T. A., Weaver, C. M., Zhao, Y., Martin, B. R. & Wastney, M. E. (2004). Nondigestible oligosaccharides increase calcium absorption and suppress bone resorption in ovariectomized rats. *Journal of Nutrition*, 134, 399-402.

3 CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LAS FLORES FRESCAS DE CLONES DE DALIA (*Dahlia x hortorum*) CON FINES ALIMENTICIOS

NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF THE FRESH FLOWERS OF DALIA CLONES (*Dahlia x hortorum*) FOR FOOD PURPOSES

RESUMEN

Las flores comestibles contribuyen al mejoramiento de la estética de los alimentos además, aportan sustancias biológicamente activas como vitaminas, minerales, beneficiando la salud de quien las consume. En esta investigación el objetivo fue evaluar las propiedades físico-químicas, la composición proximal, el contenido de vitamina C, compuestos fenólicos, antocianinas, carotenoides y actividad antioxidante de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) en la etapa poscosecha de las flores. Esto se evaluó durante su vida poscosecha (tres días). Los clones estudiados fueron el blanco (estrella), amarillo, asiplinada, rosa, atigrada y vino (sangre de Cristo). Igualmente se realizó una evaluación sensorial. Las variables acidez titulable, actividad antioxidante y el contenido de antocianinas y flavonoides mostraron diferencias estadísticas significativas entre los días evaluados. El clon color vino presentó mayores ($p \leq 0.05$) contenidos de sólidos solubles totales (0.86 %), acidez titulable (0.99 % de ác. gálico), vitamina C (0.23 mg · g⁻¹ p.f.), contenido de fenoles (14.01 mg · AG g⁻¹ p.f.) y contenido de antocianinas (2.07 mg · 100 g⁻¹ p.f.). La mayor actividad antioxidante se obtuvo en el clon color amarillo (66.50 VCEAC). En relación al análisis proximal se obtuvo: humedad 90 %, materia seca 9.32 %, cenizas 9.45 %, proteína cruda 19.25 %, grasa cruda 3 %, fibra 15.53 % y carbohidratos 65.24 %. En la evaluación sensorial, los clones color amarillo, atigrado y vino tuvieron valores más altos en color y sabor.

Palabras claves: *Dahlia x hortorum*, composición proximal, flores comestibles, actividad antioxidante.

Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria,
Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Maria Magdalena Espinosa Urbańczyk

Director de Tesis: Dra. Maria Teresa Colinas León

ABSTRACT

The edible flowers contribute to the improvement of the aesthetics of food, they also contribute biologically active substances such as vitamins and minerals, benefiting the health of those who consume them. In this research the objective was to evaluate the physico-chemical properties, the proximal composition, the content of vitamin C, phenolic compounds, anthocyanins, carotenoids and antioxidant activity of dahlia clones (*Dahlia x hortorum*) in the post-harvest stage of the flowers. This was evaluated during its post-harvest life (three days). The clones studied were white (star), yellow, "asiplinado", rose, tabby and wine (blood of Christ). Likewise, a sensory evaluation was carried out. The variables titratable acidity, antioxidant activity and the content of anthocyanins and flavonoids showed significant statistical differences ($p \leq 0.05$) between the days evaluated. The wine-colored clone showed higher contents of total soluble solids (0.86 %), titratable acidity (0.99 % gallic acid), vitamin C (0.23 mg · g⁻¹ of fresh mass), content of phenols (14.01 mg · AG g⁻¹ of fresh mass) and content of anthocyanins (2.07 mg · 100 g⁻¹ of fresh mass). The highest antioxidant activity was obtained in the yellow clone (66.50 VCEAC). In relation to the proximal analysis was obtained: moisture 90 %, dry matter 9.32 %, ash 9.45 %, crude protein 19.25 %, crude fat 3 %, fiber 15.53 % and carbohydrates 65.24 %. In the sensory evaluation, the yellow, tabby and wine clones had higher values in color and flavor.

Keywords: *Dahlia x hortorum*, proximal composition, edible flowers, antioxidant activity.

Thesis of Master of Science in Agri-Food Science and Technology, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Maria Magdalena Espinosa Urbañczyk
Advisor: Dra. Maria Teresa Colinas León

3.1 Introducción

Las frutas y hortalizas proporcionan una gran variedad de vitaminas, minerales y fitoquímicos, tales como los carotenoides y flavonoides. Varios de estos fitoquímicos están relacionados con los pigmentos que dan a las plantas sus brillantes colores (amarillo, naranja, rojo, verde y violeta) y actúan como antioxidantes, los cuales potencialmente promueven una óptima salud, reducen el riesgo de enfermedades crónicas, como el cáncer, y las enfermedades cardiovasculares (Reyes, 2012).

Los indígenas oaxaqueños de México las han consumido en forma de pequeños pasteles y todavía hoy se consumen en ensaladas, postres y como guarnición en diversos platillos (Treviño, Mera, Bye, Mejía & Laguna, 2007). Por otro lado, a partir de los años ochenta se ha mostrado un gran interés por las flores comestibles, especialmente en las sociedades que buscan experiencias culinarias únicas (Kelley, Behe, Biembaum & Poff, 2001). Las flores aportan al comensal una amplia gama de colores, gustos y formas interesantes. Además, contienen componentes saludables como vitaminas B y E. (Friedman *et al.*, 2005).

Las flores de algunas plantas poseen compuestos con acción terapéutica y por esta razón podrían ser considerados alimentos funcionales. Las flores de dalia pueden considerarse un alimento de bajo contenido calórico, con micro y macro elementos como Ca, Na, Mg, Zn, Cr y K, además de compuestos fenólicos, antocianinas y carotenoides (Lara *et al.*, 2014).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el contenido de compuestos nutraceuticos, capacidad antioxidante, composición proximal en las flores frescas de dal durante su vida poscosecha.

3.2 Materiales y metodología

3.2.1 Material de estudio

La presente investigación se realizó con flores liguladas de seis clones de dalia (*Dahlia x hortorum*), de colores distintos (blanco o estrella, amarillo, rosa, vino o sangre de Cristo y por los clones conocidos por los productores como asiplinado y atigrado), obtenidas de la zona de Huamantla, Tlaxcala (Figura 2).

La cosecha de los capítulos se realizó durante el mes de agosto durante el ciclo de producción agrícola de 2016. Las flores liguladas de dalia fueron recolectadas a primeras horas del día, y trasladadas al laboratorio de Usos múltiples del departamento de Fitotecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo. Las flores se separaron del capítulo, y se colocaron según el color de cada clon. Enseguida, se procedió a retirar con toallas de papel la humedad excesiva, derivada del punto de rocío.

La unidad experimental consistió de un plato de unicel que contenía 15 g de flores liguladas (Figura 3). Se realizaron 3 repeticiones por tratamiento. Al establecer el experimento se realizó una evaluación con la finalidad de conocer los valores iniciales, posteriormente, para cada clon se realizaron evaluaciones diarias. Debido a que las flores de dalia presentaron pudrición al cuarto día de establecido el experimento solo se evaluó un periodo de 3 días (contando el día que se estableció el experimento).



Clon color blanco.



Clon color amarillo.



Clon asiplinado.



Clon color rosa.



Clon atigrado.



Clon color vino.



Clon color rojo.

Figura 2. Flores de los clones anizados de dalia (*Dahlia x hortorum*).



Figura 3. Conformación de las unidades experimentales.

El diseño completamente al azar (DCA) se utilizó para la caracterización de los clones de dalia. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y a la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$), mediante el programa Statistical Analysis System (SAS, versión 9.0).

3.2.2 Pérdida de peso

La pérdida de peso se evaluó con la balanza digital (CS 500 OHAUS), se registró un peso inicial de 10 g por muestra. El porcentaje de pérdida de peso se calculó a partir de la Ecuación (1):

$$\% \text{ de pérdida de peso} = (\text{peso inicial} - \text{peso final}) / (\text{peso inicial}) \times 100 \quad (1)$$

3.2.3 Color

La medición del color se realizó con un colorímetro Color Tec – PCM, el cual mide este atributo con una escala Hunter Lab, se midieron los parámetros de color L, a y b. Estos valores se usaron para calcular el ángulo de tono ($^{\circ}$ Hue = $\arctan b/a$); croma ($c = (a^2 + b^2)^{1/2}$) y valor L (luminosidad) (Ecuación 2) (Minolta, 2007). El valor de L, expresa el grado de luminosidad del color medido (L=100= blanco, L=0=negro); a, expresa el grado de rojo y verde (a más negativa=más verde; a más positiva=más rojo) y b expresa el grado de azul y amarillo (de forma análoga, b más negativa=más azul; b más positiva=más amarillo) (Valero & Ruiz, 1998).

3.2.4 Sólidos solubles totales

Se evaluaron según el método de AOAC (2003), con un refractómetro digital Atago PAL-1 (Rango de medida $^{\circ}$ Brix 0.0 a 53 %), en el cual se colocaron 3 gotas del jugo de 2 a 3 gramos de muestras maceradas manualmente. Se tomó la lectura de acuerdo a la escala del aparato.

3.2.5 Acidez titulable

La acidez titulable, se valoró por titulación de acuerdo con AOAC (2003); en esta determinación se licuaron 1 g de flores liguladas en 10 mL de agua destilada, en seguida se tomó una alícuota de 5 mL para ser valorada con NaOH 0.01N y fenolftaleína como indicador. El cálculo se realizó con base al

ácido que se encuentra en mayor porción de acuerdo a la Ecuación (3):
Porcentaje de ácido (%) = [(mL de NaOH x N x meq del ácido x volumen) / (peso de muestra x alícuota)] x 100 (Valero & Ruiz, 1998). (3)

Donde: N = Normalidad de NaOH, Volumen = Volumen total (mL del concentrado), Meq del ácido = Mili equivalentes del ácido que se encuentra en mayor proporción. Mili equivalentes de ácido gálico = 0.1701

3.2.6 Análisis proximal

El análisis proximal se realizó en cuatro repeticiones. Las muestras se secaron en una estufa a 40 °C y posteriormente se mantuvieron a peso constante. La determinación de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas se realizó de acuerdo a la metodología convencional descrita por la AOAC (2003). La Ecuación (4) se empleó para conocer la cantidad de carbohidratos contenidos en las muestras de cada especie:

% de carbohidratos totales = 100 - (proteína cruda % + extracto etéreo % + cenizas). (4)

El contenido de calorías se calculó multiplicando por cuatro los gramos de carbohidratos y proteínas; por 9 los gramos de lípidos.

El análisis proximal se realizó en 7 clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) que fueron: blanco, amarillo, rosa, vino y rojo, además del clon conocido como atigrado y asiplinado.

3.2.7 Cuantificación de vitamina C

Se siguió el método AOAC 1990. A 1 g de muestra se le adicionaron 3 mL de solución de ácido metafosfórico al 3 % v/v, la mezcla se maceró por 3 min y se filtró. Se tomó 1 mL de lo filtrado y se aforó a 10 mL con la solución de ácido metafosfórico al 3 % v/v. Se tomaron 2 mL del extracto y se le adicionaron 2 mL del regulador de acetatos, 3 mL del dicloroindofenol y 15 mL de xileno, se agitó vigorosamente. Se separó la fase orgánica y se obtuvo la absorbancia en un espectrofotómetro a 520 nm.

A partir de la curva estándar se obtuvo la concentración de ácido ascórbico presente en cada muestra a partir de la Ecuación (5):

$$\text{mg ácido ascórbico total/ mg} = (C \times V \times 100) / (A \times P) \quad (5)$$

Dónde: C= ácido ascórbico en la muestra, V= volumen de aforo, A= mL de alícuota de la solución tomada, P= peso o volumen de la muestra. La concentración de vitamina C se expresará en mg equivalentes de ácido ascórbico por 100 g de peso fresco.

3.2.8 Cuantificación de fenoles

Se determinaron por la metodología de Folin-Ciocalteu descrito por Waterman y Mole (1994). Se agregaron 150 µL del extracto etanólico en tubos de fondo plano. Se agregaron 850 µL de agua destilada y se agitó. Se añadieron 7 mL de agua destilada y 500 µL de reactivo Folin-Ciocalteu (2N), se dejaron reposar durante ocho minutos, se adicionó 1.5 mL de Carbonato de sodio (20 %), se mezcló y se dejó reposar por dos horas en la oscuridad. Después de las dos horas las muestras se leyeron a 760 nm (Genesys 10 UV Scanning, Thermo scientific, Waltham, Massachusetts).

3.2.9 Determinación de capacidad antioxidante

La determinación de la actividad antioxidante se llevó a cabo por el método ABTS por el método propuesto por Ozgen, Reese, Tulio, Scheerens y Miller (2006) con modificaciones. Se tomó 0.1 g de muestra y se hizo una extracción con 5 ml de alcohol etílico absoluto, la cual se dejó reposar durante 24 horas. Se colocaron 100 µL del extracto con 3.9 mL de buffer acetatos con solución ABTS en tubos de fondo plano, se dejaron reposar durante dos horas en la oscuridad. Al concluir las dos horas se leyeron a 734 nm en el espectrofotómetro (Genesys 10 UV Scanning, Thermo scientific, Waltham, Massachusetts).

3.2.10 Cuantificación de carotenoides

Para la extracción de pigmentos se utilizaron 0.1 g de muestra de flores de dalia, se trituraron en mortero con 5 mL de acetona y posteriormente se filtró. En una alícuota de cada muestra, para el cálculo de las concentraciones de

pigmentos, se realizaron lecturas de absorbancias a 661, 645 y 470 nm en un espectrofotómetro UV-Vis. Para el cálculo de concentraciones de carotenoides se utilizaron los coeficientes de extinción de Hager & Bertenrath (1996). Se emplearon las siguientes ecuaciones (6) para el cálculo de carotenoides:

$$\begin{aligned}
 C_a (\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}) &= 11.24 A_{661} - 2.04 A_{645} \\
 C_b (\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}) &= 20.13 A_{645} - 4.19 A_{661} \\
 C_{a+b} (\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}) &= 7.05 A_{661} + 18.09 A_{645} \\
 C_{x-c} (\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}) &= 1000 A_{470} - 1.90 C_a - 63.14 C_b / 214
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

3.2.11 Cuantificación de flavonoides

Se tomó una alícuota de 0.5 mL del sobrenadante del extracto etanólico preparado anteriormente, al que se le agregaron 1.5 mL de etanol al 95 % v/v, 0.1 mL de una solución de AlCl_3 al 10 % p/v, 0.1 mL de solución 1 M de acetato de potasio y 2.8 mL de agua destilada. Se incubó la mezcla por 30 min. Se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 10s a una longitud de onda 415 nm. Para la cuantificación se realizó una curva patrón a base de la flavona quercetina (Chang, Yang, Wen & Chern, 2002). Los resultados se expresaron en mg equivalentes de quercetina por cada 100 g de peso seco del material.

3.2.12 Cuantificación de antocianinas

Se empleó el método de pH diferencial descrito por Giusti & Wrolstad (2001). Se colocaron separadamente en dos tubos de ensayo 200 mL del extracto metanólico de la muestra, al primero se le adicionaron 1.8 mL de la solución amortiguadora de pH = 1.0 (HCl/KCl), al segundo se le agregaron 1.8 mL de la solución amortiguadora de pH = 4.5 ($\text{CH}_3\text{COOH}/\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Na}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Se midió la absorbancia a cada mezcla a una longitud de onda diferente (510 y 700 nm) para cada tubo en un espectrofotómetro Genesys 10s (Thermoscientific, Florida, USA). Se calculó la absorbancia total (A_t) de la muestra a partir de la Ecuación (7):

$$A_t = [(A_{510} - A_{700})_{\text{pH} = 1.0}] - [(A_{510} - A_{700})_{\text{pH} = 4.5}].
 \tag{7}$$

La concentración de antocianinas se calculó por medio de la Ecuación (8):
antocianinas (mg L⁻¹) = (A_t * PM * FD * 1000) / (ε * 1). (8)

Dónde: A_t = absorbancia total, PM = peso molecular (449.2 g mol⁻¹) del estándar (Cianidina-3-glucósido), FD = factor de dilución (1), ε = absorptividad molar del estándar (26 900). La concentración se expresará en mg de cianidina-3-glucósido por 100 g de peso fresco (mg antocianinas 100 g⁻¹ p.f.).

3.2.13 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial, se realizó en base a ciertos parámetros independientes, entre los cuales, se encuentran, el color, sabor y aroma, y se registra como aquello que el consumidor espera percibir de un producto específico, a través de sus sentidos (tacto, vista, gusto, oído, y olfato). En este sentido, se realizó una evaluación sensorial utilizando la escala hedónica propuesta por Martínez y Cantwel (2002), para poder analizar estos caracteres se asignaron los valores de 1 a 5, de la forma siguiente: 1= muy malo, 2 = malo, 3 = bueno, 4 = muy bueno y 5 = excelente (Núñez, Martínez & Colinas, 2012).

La prueba sensorial se realizó en 7 clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) que fueron: blanco, amarillo, rosa, vino y rojo, además del clon conocido por los productores como asiplinado y atigrado.

3.3 Resultados y discusión

3.3.1 Pérdida de peso

Esta variable fue evaluada desde el día de establecido el experimento hasta el día 3 (Cuadro 7). Las pérdidas superiores al 10 % del peso inicial presentan en el producto pérdida de turgencia y pérdida de la apariencia fresca. En el caso de las flores de los clones de dalia presentaron arrugas desde el segundo día de almacenado. Las pérdidas de peso por transpiración en las hortalizas de hoja u hortalizas de flor, constituyen el principal problema que demerita su calidad, debido a que están constituidas en mayor parte por agua, alcanzando hasta un 90 % de su peso total (Vicente, Manganaris, Sozzi & Crisosto, 2009).

El primer día de evaluación no existieron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre los clones. A partir de la segunda evaluación existieron diferencias estadísticas significativas. El clon color asiplinado fue el que presentó mayor pérdida de peso en los días después de cosechadas. El clon color amarillo y el clon atigrado presentaron la menor disminución de peso en porcentaje con 20 % de merma al tercer día de ser evaluados. La senescencia provoca varios cambios morfológicos: cambios en el color, marchitamiento de pétalos, pérdida de peso. Por lo cual la mayoría de las flores cortadas deben mantenerse a una temperatura de almacenamiento adecuada, para que con esto disminuya el deterioro de las flores.

Cuadro 7. Pérdida de peso (%) en las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante su vida poscosecha.

Clon	Días después de cosechada			
	0	1	2	3
Blanco	0 a ^t	3.33 b	11.67 b	30.38 a
Amarillo	0 a	1.67 c	10.00 c	20.00 d
Asiplinada	0 a	5.00 a	13.34 a	21.67 c
Rosa	0 a	3.33 b	13.33 a	23.33 b
Atigrada	0 a	3.32 b	10.00 c	20.00 d
Vino	0 a	3.33 b	11.67 b	23.33 b
DMSH	0	0.5612	0.7926	1.035

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.3.2 Color

El color en las flores frescas juega un papel clave en la preferencia de compra por parte del consumidor. Los pétalos de las flores comestibles pueden presentar una amplia gama de colores, que está determinada por diversos compuestos químicos (carotenoides y antocianinas) (Kelley *et al.*, 2001). Respecto a la variable luminosidad (Cuadro 8) se observaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre los clones debido a la variabilidad de color entre ellos. Los clones color blanco y color amarillo tuvieron los valores más altos de L (con valores que fluctuaron entre 83.48 a 76.94)

durante los días de almacenamiento. El clon color vino presentó los valores de luminosidad más bajos, debido a la presencia de antocianinas principalmente (Garzon & Wrolstad, 2002). También hubo diferencias significativas en cuanto a los días analizados, el primer día analizado presentó el mayor valor de luminosidad. Cuanto más prolongado sea el tiempo de almacenaje y mayor sea la temperatura, la luminosidad de las hojas sufrirá una pérdida continua (Apeland, 2007).

Cuadro 8. Luminosidad en las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante su vida poscosecha.

Clon	Días después de cosechada		
	0	1	2
Blanco	82.050 a ^t	78.057 a	83.487 a
Amarillo	80.053 a	77.487 a	76.940 a
Asiplinada	28.070 c	28.033 cd	35.70 b
Rosa	48.280 b	38.913 bc	42.790 b
Atigrada	44.660 b	33.870 bcd	36.010 b
Vino	30.147 c	21.357 d	16.847 c
Rojo	45.353 b	45.410 b	37.830 b
DMSH	10.323	13.801	9.0557

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

En lo que respecta al ángulo de tono (Cuadro 9), los valores de $^{\circ}$ Hue para los clones mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) durante todo el periodo de almacenamiento, debido a que se trató de colores distintos. En los clones color vino y color rojo se observaron los valores más altos valores de $^{\circ}$ Hue ($p \leq 0.05$) en todas las evaluaciones. Los clones con flores asiplanado, rosa y atigrada mostraron similitudes en los valores obtenidos.

No existieron diferencias estadísticas significativas durante el periodo evaluado. En este sentido, Tonoiven (2004), refieren que un reducido contenido de oxígeno en el tejido de las plantas, provoca cambios en la coloración, cuando se manejan temperaturas por arriba de los 20 °C, que

están vinculados principalmente con la degradación de la clorofila, ocasionada por cambios físicos y químicos implicados en el proceso de senescencia, así como por la síntesis o manifestación de otros pigmentos como carotenoides y antocianinas.

Cuadro 9. Ángulo de tono (°Hue) en las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante su vida poscosecha.

Clon	Días después de cosechada		
	0	1	2
Blanco	-73.040 c	-34.857 c	-68.157 c
Amarillo	-73.470 c	-74.877 d	-79.823 c
Asiplinada	14.677 b	14.633 ab	0.823 b
Rosa	6.857 b	2.517 b	2.847 b
Atigrada	6.617 b	3.283 b	3.997 b
Vino	62.153 a	26.650 ab	31.447 a
Rojo	57.293 a	42.047 a	41.877 a
DMSH	24.45	27.689	16.163

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Cuadro 10. Índice de saturación en las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Días después de cosechada		
	0	1	2
Blanco	19.410 cd ^t	19.980 c	22.243 d
Amarillo	62.170 a	56.803 ab	59.900 ab
Asiplinada	59.150 a	59.350 a	52.177 abc
Rosa	25.737 c	51.53 ab	44.373 c
Atigrada	24.003 c	41.697 ab	44.777 bc
Vino	15.320 d	38.153 bc	44.723 bc
Rojo	43.040 b	56.803 ab	63.067 a
DMSH	8.0692	19.735	15.418

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

En relación con el índice de saturación (Cuadro 10), existieron diferencias estadísticas significativas entre los clones. Los clones que presentaron los más altos valores de croma ($p \leq 0.05$) fueron las flores de color amarillo, rojo y el clon asiplinado. En el clon color blanco se obtuvieron los menores valores de croma en los días evaluados. En este sentido, Pathare, Linus y Al-Julanda (2013), refieren que a valores más altos de croma, mayor es la intensidad de color en las lígulas.

3.3.3 Sólidos solubles totales

Se observó que no existieron diferencias estadísticas significativas durante los días evaluados (Figura 4). El clon color blanco y el clon asiplinado presentaron los menores porcentajes de sólidos solubles totales con 0.57 y 0.55 °Brix respectivamente, mientras que los clones color rosa y color vino presentaron los mayores porcentajes de los mismos con 0.94 y 0.86 °Brix, respectivamente.

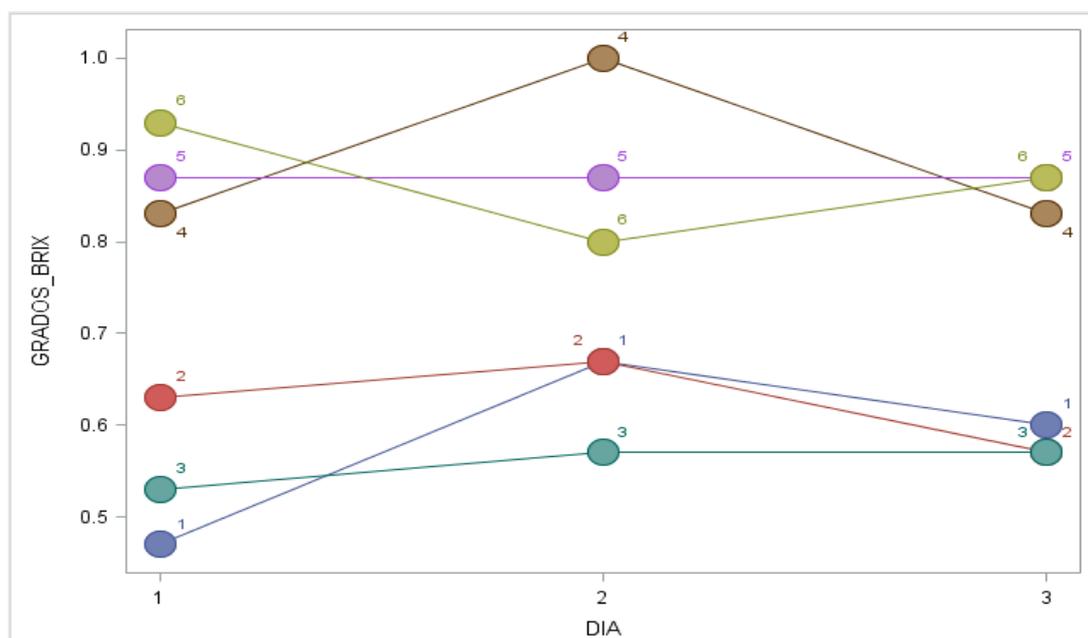


Figura 4. Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.

La madurez se refleja, entre otros, en el comportamiento de los sólidos solubles totales o grados Brix, según Fischer y Martínez (1999), se encuentra vinculado con los azúcares disueltos en el jugo celular. En este contexto, se

sabe que las flores liguladas de dalia, no poseen tejidos de reserva que permitan la acumulación de azúcares, lo cual puede estar repercutiendo en el proceso de senescencia (Nath, Trivedi, Sane V. & Sane E., 2006), y al ser éste un proceso oxidativo, puede ocasionar que se degraden desde el inicio del almacenamiento los pocos azúcares y ácidos existentes en la planta. Muchos países adoptan los valores de sólidos solubles totales (SST) como referencia de aceptación en el mercado, con variación mínima de 8 a 10 °Brix, por lo cual la dalia es pobre en sólidos solubles totales (SST), ya que presenta en sus flores un contenido de hasta 1.0 °Brix (Cuadro 11). Los sólidos solubles totales, expresados como porcentaje de materia fresca, presentan correlación positiva con el contenido de azúcares y por lo tanto, generalmente es aceptado como una característica importante de calidad (Montaño & Méndez, 2009).

Cuadro 11. Sólidos solubles totales (° Brix) en las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Días después de cosechada		
	0	1	2
Blanco	0.46 a	0.66 a	0.60 b
Amarillo	0.63 a	0.66 a	0.56 b
Asiplinada	0.53 a	0.56 a	0.56 b
Rosa	0.83 a	1.00 a	1.00 a
Atigrada	0.86 a	0.86 a	0.70 a
Vino	0.93 a	0.80 a	0.86 a
DMSH	0.4708	0.4414	0.3315

[†] Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.3.4 Acidez titulable

Los ácidos orgánicos contribuyen en gran parte al sabor, en una relación típica entre azúcares y ácidos (Kays, 2004). La acidez titulable, medida como porcentaje de ácido gálico, presentó un comportamiento ascendente durante todo el periodo evaluado. Por lo cual existieron diferencias significativas entre los días analizados existiendo un aumento en el porcentaje de ácido gálico para el último día analizado (Figura 5). El clon con mayor porcentaje de ácido

gálico ($p \leq 0.05$) fue el color vino con 0.99 %, por otro lado el clon color amarillo y el clon asiplinado presentaron los menores porcentajes de ácido gálico (Cuadro 12). Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Hernández, 2015, quien reporta valores promedio de 0.28 % de ácido gálico.

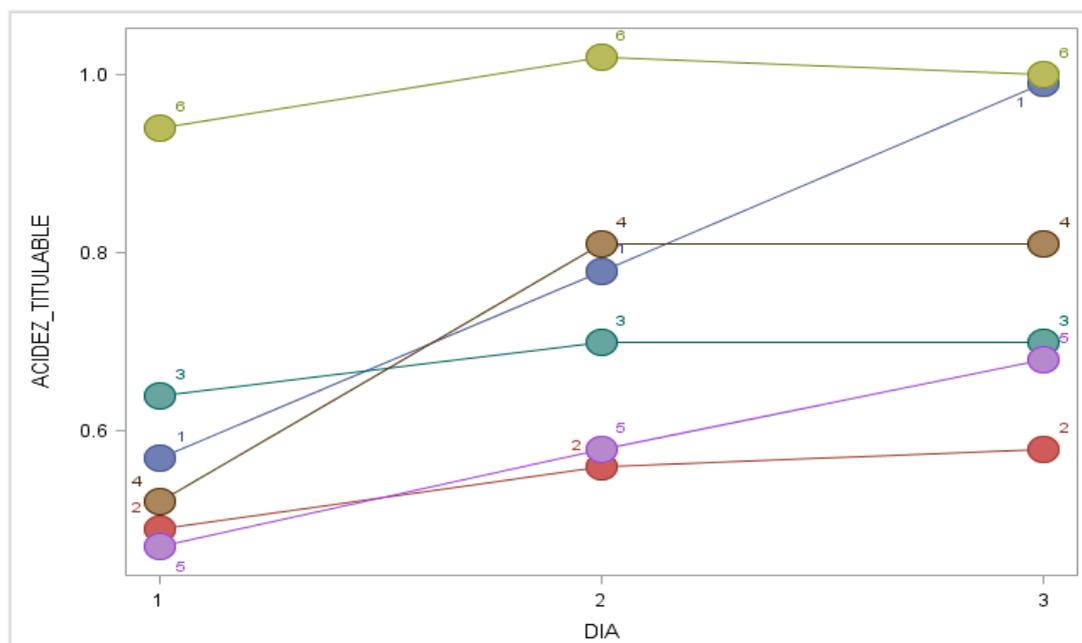


Figura 5. Acidez titulable (% de ácido gálico) en flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.

Cuadro 12. Acidez titulable (% de ácido gálico) de las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Días después de cosechada		
	0	1	2
Blanco	0.57 bc	0.78 b	0.99 a
Amarillo	0.49 cd	0.56 d	0.58 c
Asiplinada	0.64 b	0.70 bc	0.70 bc
Rosa	0.52 cd	0.81 b	0.81 b
Atigrada	0.47 d	0.58 cd	0.68 c
Vino	0.94 a	1.02 a	1.00 a
DMSH	0.1007	0.1306	0.1216

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.3.5 Análisis proximal

El contenido de humedad de las flores de dalia fue alrededor del 91 % (Cuadro 13). Los clones con mayor porcentaje de humedad ($p \leq 0.05$) son el atigrado y el color rojo; en los clones color amarillo, asiplinado, rosa y vino no hubo diferencias estadísticas significativas. Sotelo *et al.*, (2007) evaluaron el contenido proximal en varias flores mexicanas tales como agave (*Agave salmiana*), sábila (*Aloe vera*), madroño (*Arbutus xalapensis*), calabacín (*Cucurbita pepo*), colorín (*Erythrina americana*), gasparito (*Erythrina caribaea*) y yuca (*Yucca filifera*) y reportaron un contenido de humedad similar (86 a 93.2 %). Algunos otros ejemplos de flores con contenido de humedad similar o cercano a los obtenidos son las flores de cuchunuc (*Gliricidia sepium*) (84.71 %) (Caballero *et al.*, 2009) loroco (*Fernaldia pandurata*) (88.2 %) (Morton, Alvarez & Quiñonez, 1990), néré (*Parkia biglobosa*) (75.5 %) (Hassan, Bagudo, Aliero, Uma & Abubakar, 2011) y taro (*Colocasia esculenta*) (88.8 %) (Ejoh, Mbiapo & Fokou, 1996). El alto contenido de humedad en los vegetales es responsable de la naturaleza perecedera de ésta flor debido a la asociación con el aumento de la actividad microbiana (Hassan, Usman, Kamba & Hassan, 2009; Ruzainah, Ahmad, Noizaini & Vasudevan, 2009).

Con respecto a los valores de proteína, el clon conocido como atigrado presentó el mayor porcentaje ($p \leq 0.05$) con 19.25 %, por otro lado el clon color rojo obtuvo el menor porcentaje con 10.56 %. Otras flores mexicanas como madroño y gasparito tienen porcentajes similares a los obtenidos (11.3 a 27.9 %). Valores inferiores de proteína a los clones de dalia se encuentran en cuchunuc (1.93 %) y néré (6.77 %). (Hassan *et al.*, 2011; Ejoh *et al.*, 1996). Los clones de dalia pueden ser considerados como una fuente de proteína ya que (a excepción del clon color rojo) aportan por lo menos el 12 % del valor energético del alimento.

Los clones de dalia no presentaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de grasa (2.99 a 3.77 %). Los valores obtenidos fueron menores que aquellos reportados para sábila (4.2 %) y madroño (3.9 %) (Sotelo *et al.*, 2007) y 5.3 % para taro (Richard, Tchouanguep & Ellie, 1996).

El bajo contenido lipídico de los vegetales concuerda con la observación general que los vegetales son alimentos bajos en lípidos (Rop, Mlcek, Jurikowa, Neugebauerova & Vabkova, 2012).

En cuanto al contenido de fibra cruda existieron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$), los clones color rosa y el clon atigrado presentaron los mayores contenidos de fibra con 16.54 % y 15.81 %, respectivamente; mientras que los clones de color vino y color rojo tuvieron los menores porcentajes de fibra cruda con 12.55 % y 13.03 %, respectivamente.

Valores mayores a los obtenidos de fibra cruda en los clones de dalia se encuentran en mezquite 17.65 % (Corona-Castuera, Gómez-Lorence & Ramos-Ramírez, 1997), colorín 17.3 %, gasparito 17.7 %, (Sotelo, López-García & Basurto-Peña, 2007); moringa 32.45 % (Soares *et al.*, 2008). Valores inferiores a las flores de dalia son la Jamaica con 2.7 % (López & García, 2009) y yuca con 8.5 % (Sotelo *et al.*, 2007).

En relación a la fibra cruda, a pesar de no intervenir en procesos metabólicos, pues se forma como resultado del crecimiento y desarrollo, por la formación de celulosa, hemicelulosa y lignina principalmente, es importante nutricionalmente en procesos digestivos.

En cuanto al contenido de carbohidratos el clon color vino y el clon color rojo presentaron los mayores porcentajes con 62.72 y 65.24 %; los clones color rosa y el clon atigrado tuvieron los porcentajes menores de carbohidratos. Ejemplos de flores con porcentajes mayores de carbohidratos a los obtenidos en los clones de dalia son: la jamaica 79.2 % (López & García, 2009), el madroño 66.7 % (Sotelo *et al.*, 2007) y el taro 65.8 % (Leela, Kokila, Lavanya, Saraswathy & Brinda, 2010).

Las flores de cuchunuc y loroco (*Fernaldia pandurata*), presentan los menores porcentajes de carbohidratos con 10.8 y 6.9 %, respectivamente (Vanderjagt, Ghattas, Crossey & Glew, 2002; Muñoz-Jauregui, Ramos-Escudero, Alvarado-Ortiz & Castañeda, 2007).

Cuadro 13. Comparación de medias de porcentaje de humedad, materia seca, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y carbohidratos totales (ELN) en base seca de flores de siete clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Humedad	Materia seca	Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra cruda	ELN
Porcentaje (%)						
Blanco	90.66 b ^t	9.32 a	13.18 d	3.44 a	15.53 abc	60.83 bc
Amarillo	91.92 ab	8.08 c	14.84 cd	3.38 a	14.68 bcd	59.36 c
Asiplinada	91.76 ab	8.24 c	16.61 bc	2.89 a	13.99 cde	58.84 c
Rosa	91.13 ab	8.87 ab	18.54 ab	3.38 a	16.54 a	51.46 d
Atigrada	92.62 a	7.37 d	19.25 a	3.05 a	15.81 ab	54.39 d
Vino	91.57 ab	8.44 bc	14.84 cd	2.89 a	12.55 e	62.72 ab
Rojo	92.58 a	7.41 d	10.56 e	3.77 a	13.03 de	65.24 a
DMSH	1.5767	0.5104	2.5571	0.8924	1.7938	3.164

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Respecto a los carbohidratos, como es sabido, es el resultado del metabolismo en general. La generación de energía metabólica, es la base para pensar en la acumulación de los azúcares sobre la estructura de los vegetales. Pues la fotosíntesis es la encargada de fabricarlos a través del ácido fosfoglicérico y al asimilar CO₂ genera energía lumínica que se almacena en NADPH y ATP, grupos que son los encargados de la concentración y transporte de energía, la cual está contenida en los diferentes carbohidratos. En relación con el porcentaje de materia orgánica, los clones de dalia no presentaron diferencias estadísticas. Los valores fueron de 90.58 – 93.53 %.

Los porcentajes de cenizas fueron diferentes en los clones de dalia (Cuadro 14), el clon color rosa presentó el mayor contenido de cenizas (9.45 %), al contrario del clon color rojo (6.46 %). Valores similares a los de las flores de dalia se encuentran en la jamaica (6.5 %), el madroño (6.9 %) y la sábila (8.6 %) (López & García, 2009; Sotelo *et al.*, 2007). Los micro y macro elementos mayoritarios en las flores de dalia reportados por Lara *et al.* (2014) son Ca, Na y K, en menor concentración encontraron Fe, Zn, Mn y Mg.

Cuadro 14. Comparación de medias de cenizas y materia orgánica en base seca de flores de siete clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Cenizas	Materia orgánica
	Porcentaje (%)	
Blanco	6.98 cd ^t	93.02 a
Amarillo	7.71 b	92.29 a
Asiplinada	7.65 b	92.35 a
Rosa	9.45 a	90.58 a
Atigrada	7.47 bc	92.51 a
Vino	6.98 cd	93.01 a
Rojo	6.46 d	93.53 a
DMSH	0.5285	3.4088

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.3.6 Cuantificación de vitamina C

Respecto a la vitamina C, hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los clones de dalia (Figura 6). Los clones color vino y el atigrado presentaron la mayor cantidad de vitamina C (0.23 y 0.22 mg de ác. ascórbico por gramo de peso fresco respectivamente), mientras que el clon blanco solo presentó 0.07 mg de ác. Ascórbico $\cdot g^{-1}$ (Cuadro 15).

Los valores obtenidos en esta investigación son superiores a los reportados por Lara *et al.*, en el 2014.

Para la flor jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), se reporta 0.067 mg $\cdot g^{-1}$ (Mahadevan, Shivali & Kamboj, 2009) valor cercano al encontrado en el clon blanco. Otras flores como *Latctuca sativa*, 1.25 mg $\cdot g^{-1}$, espinaca (*Spinacia oleracea*), 0.59 mg $\cdot g^{-1}$, brócoli (*Brassica oleracea italica*), 1.18 mg $\cdot g^{-1}$, acelga (*Beta vulgaris* var cicla), 0.032 mg $\cdot g^{-1}$ y a para berza (*Brassica oleracea* var viridis), 0.25 mg $\cdot g^{-1}$ de materia fresca (Rozano, Quiróz, Acosta, Pimentel & Quiñones, 2004) reportan valores similares a los obtenidos en los diferentes clones de dalia.

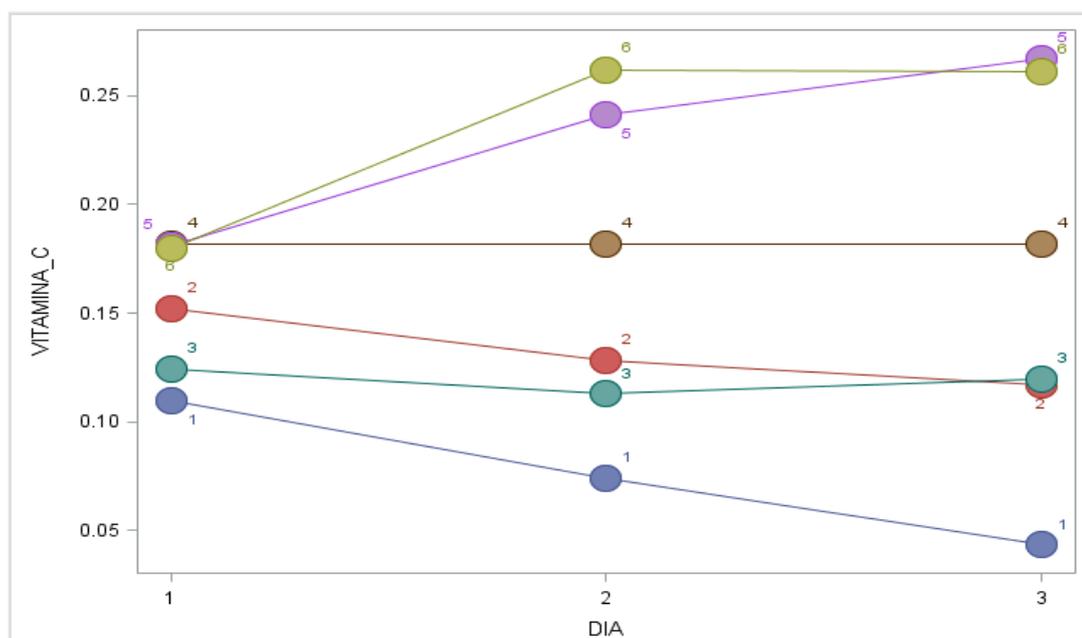


Figura 6. Contenido de Vitamina C (μg de Ác. ascórbico g^{-1} p.f) en flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.

Cuadro 15. Cuantificación de vitamina C (μg de Ác. ascórbico g^{-1} p.f) de las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Días después de cosechada		
	0	1	2
Blanco	0.10 c	0.07 d	0.04 d
Amarillo	0.15 b	0.12 c	0.11 c
Asiplinada	0.12 c	0.11 cd	0.12 c
Rosa	0.18 a	0.18 b	0.18 b
Atigrada	0.18 a	0.24 a	0.26 a
Vino	0.18 a	0.26 a	0.26 a
DMSH	0.0233	0.0435	0.0438

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.3.7 Cuantificación de fenoles

La diversidad y complejidad de los compuestos fenólicos en los extractos de materiales vegetales, es una limitante para separar, caracterizar, evaluar y comparar cada compuesto con respecto a su actividad antioxidante. Los fenoles y antioxidantes son compuestos polares, por lo cual para su máxima

cuantificación las muestras utilizadas fueron puestas en disolventes polares, como lo son el etanol y la acetona. Los resultados de la cuantificación de fenoles se muestran en la Figura 7. Se observa que (Cuadro 16), existen diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre los clones de acuerdo al color de las flores, encontrando que, las flores de los clones color rosa (13.12 mg AG · g⁻¹ p.f.), color atigrado (13.75 mg AG · g⁻¹ p.f.) y color vino (14.01 mg AG · g⁻¹ p.f.) tuvieron los valores más altos.

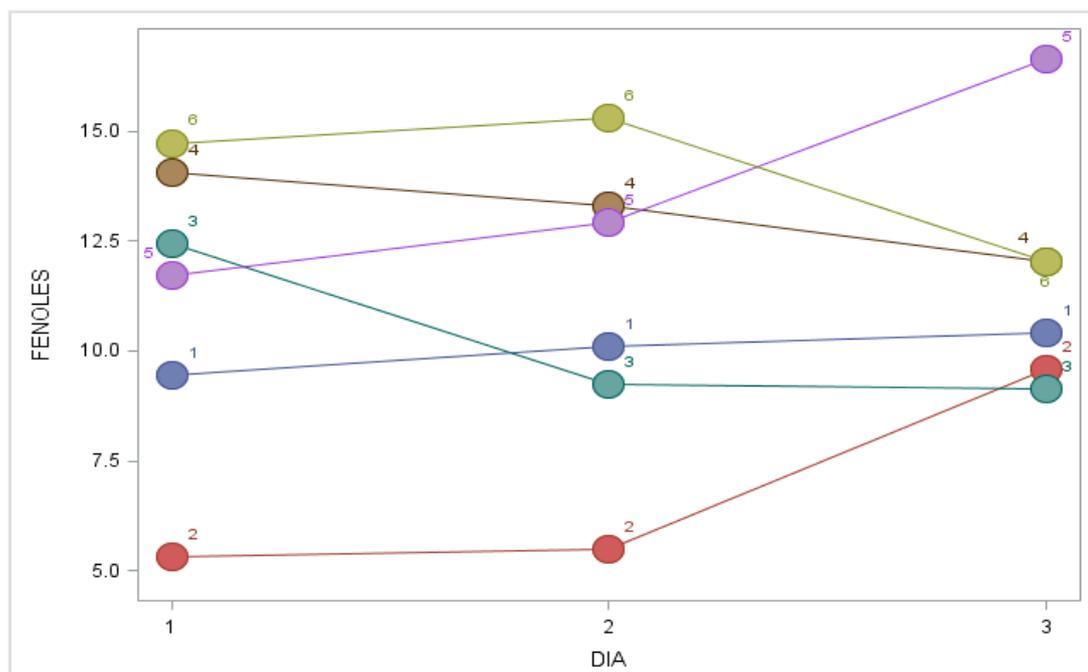


Figura 7. Contenido de fenoles (mg AG · g⁻¹ p.f) en flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.

Los compuestos fenólicos están relacionados con algunas características sensoriales de los alimentos incluyendo el color (Martínez-Valverde & Periago, 2000). Ésta información coincide con el hecho de que las flores de los clones de colores rosa, vino y atigrada tuvieron el mayor contenido de compuestos fenólicos. Aunque el clon color blanco no tiene gran coloración, presenta un alto contenido de fenoles, ya que existe la presencia de proantocinidina (compuestos incoloros).

Cuadro 16. Cuantificación de Fenoles (mg AG · g⁻¹ p.f) de las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Días después de cosechada		
	0	1	2
Blanco	9.43 ab	10.09 b	10.40 a
Amarillo	5.32 b	5.49 c	9.59 b
Asiplinada	12.43 a	9.25 bc	9.15 b
Rosa	14.05 a	13.29 ab	12.03 ab
Atigrada	11.70 ab	12.92 ab	16.63 a
Vino	14.72 a	15.30 a	12.03 ab
DMSH	6.5636	4.3866	6.5163

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

López y García (2009), evaluaron la concentración de compuestos fenólicos en distintas variedades de maíz, los valores de compuestos fenólicos osciló entre 170 a 3400 mg AG · 100 g⁻¹ de harina de maíz (extracto metanólico). Por otro lado, existen otros estudios donde se analizó la concentración de compuestos fenólicos en hojas, flores o frutos, como lo realizado por Tarthan *et al.*, (2007), en flores de flor de calabaza (*Cucurbita pepo*) reportándose valores superiores (189 mg AG · g⁻¹) a los encontrados en las flores frescas de dalia.

3.3.8 Determinación de Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de las flores es influenciada por el color de sus lígulas sin embargo, la mayor o menor actividad antioxidante, no siempre va asociada con la concentración de polifenoles totales, en este caso el clon con la mayor capacidad antioxidante fue el amarillo, sin embargo este clon no fue el que presentó el mayor contenido de polifenoles. Así mismo, Salomón *et al.*, (2006), sugieren que la capacidad antioxidante se debe a la pigmentación ya que en el caso de algunos frutos, presentan mayor actividad cuando tienen coloraciones oscuras. Esto no ocurrió en los clones de dalia ya que, el clon con mayor capacidad antioxidante fue el color amarillo (Figura 8). Lo encontrado en los clones de dalia concuerda con lo reportado por Rosas y Trujillo en el 2013. Durante el periodo analizado existieron diferencias

estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), siendo el primero día el que presento la mayor capacidad antioxidante (Cuadro 17). El consumo de dalia es bueno para la salud ya que la capacidad antioxidante que contienen los clones de dalia ayuda a retrasar el proceso de envejecimiento combatiendo la degeneración y muerte de las células que provocan los radicales libres. Pineda, Salucci, Lázaro, Maiani y Ferro-Luzzi (1999) mencionan que la capacidad antioxidante depende del tipo y concentración de los antioxidantes involucrados.

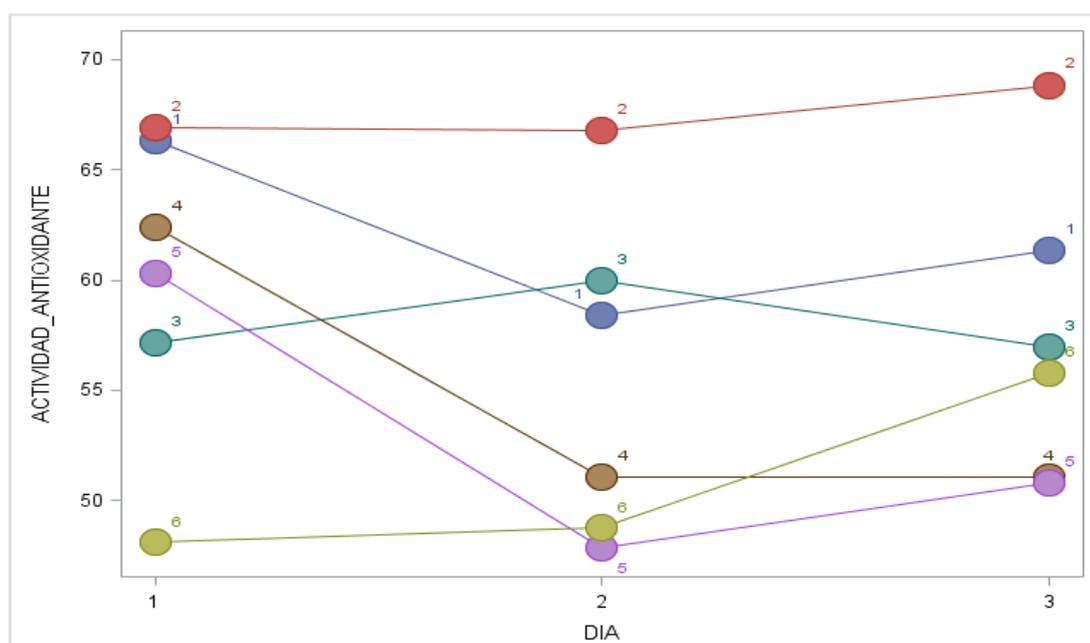


Figura 8. Cuantificación de Actividad Antioxidante (VCEAC) en flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.

Los resultados permiten suponer que en condiciones que se encuentran varios de estos compuestos con diferente capacidad antioxidante los muy reactivos reduzcan los radicales más activos, mientras que otros con menor reactividad actúen regenerando los de primera línea (Thomas, 2000) y tal vez sea la razón de que muchos de estos compuestos funcionen mejor en mezclas. En un estudio realizado por Pineda *et al.* (1999) analizaron el efecto sinérgico de diferentes constituyentes en algunos alimentos vegetales y encontraron que algunos compuestos fenólicos en asociación con los carotenoides e incluso la vitamina C actúan de forma sinérgica en la actividad antioxidante.

Cuadro 17. Actividad Antioxidante VCEAC (Actividad Antioxidante Equivalente a Vitamina C) de las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Días después de cosechada		
	0	1	2
Blanco	66.31 a	58.37 b	61.34 b
Amarillo	66.89 a	66.78 a	68.82 a
Asiplinada	57.15 c	56.96 b	56.96 c
Rosa	62.40 b	51.08 c	51.08 d
Atigrada	60.31 b	47.83 d	50.79 d
Vino	47.83 d	48.73 d	55.76 c
DMSH	2.4068	1.4657	2.4175

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.3.9 Cuantificación de carotenoides

Se observaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en el contenido de carotenoides en los clones de dalia analizados que nos indica que existen diferencias en el perfil de carotenoides que depende del color de la lígula (Figura 9).

Los clones con mayor contenido de carotenoides fueron la asiplinada ($0.67 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f.) y el amarillo ($0.54 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f.), en contraste con el clon color blanco que presento el menor contenido con $0.14 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f. Por otro lado no existieron diferencias estadísticas entre los días evaluados (Cuadro 18). Los datos obtenidos son superiores a los reportados por Lara *et al.*, (2014), el clon color amarillo y color rojo son los clones con menor contenido de carotenoides.

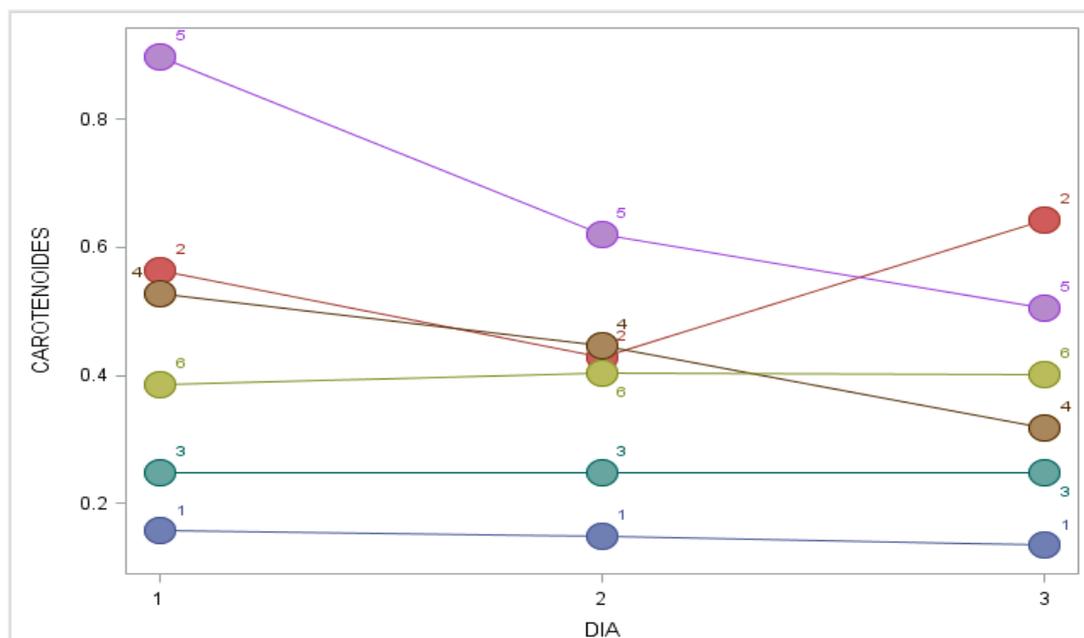


Figura 9. Contenido de carotenoides ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f.) en flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.

Los carotenoides son un grupo de compuestos de importancia en alimentos ya que se les atribuyen importantes actividades biológicas entre las que destaca la actividad antioxidante. Además de su función como precursores de la vitamina A (Salinas, Saavedra, Soria & Espinosa, 2008).

Cuadro 18. Cuantificación de carotenoides ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f.) de las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Días después de cosechada		
	0	1	2
Blanco	0.15 c	0.14 b	0.13 a
Amarillo	0.56 ab	0.42 ab	0.64 a
Asiplinada	0.24 bc	0.24 b	0.24 a
Rosa	0.52 b	0.44 ab	0.31 a
Atigrada	0.89 a	0.61 a	0.50 a
Vino	0.38 bc	0.40 ab	0.40 a
DMSH	0.3558	0.3021	0.591

[†] Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.3.10 Cuantificación de flavonoides

Se observaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en la cuantificación de flavonoides en los clones de dalia (Figura 10). El clon con mayor contenido de flavonoides es el atigrado con $104.60 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ p.f.}$ mientras que el clon color blanco sólo presentó $10.26 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ p.f.}$ (Cuadro 19). Respecto a los días evaluados si existieron diferencias estadísticas, siendo el primer día evaluado el que mostró menor contenido de flavonoides. De acuerdo con Lara *et al.* (2014), los clones de dalia presentan la quercetina, flavonoide presente en colores púrpura y guinda.

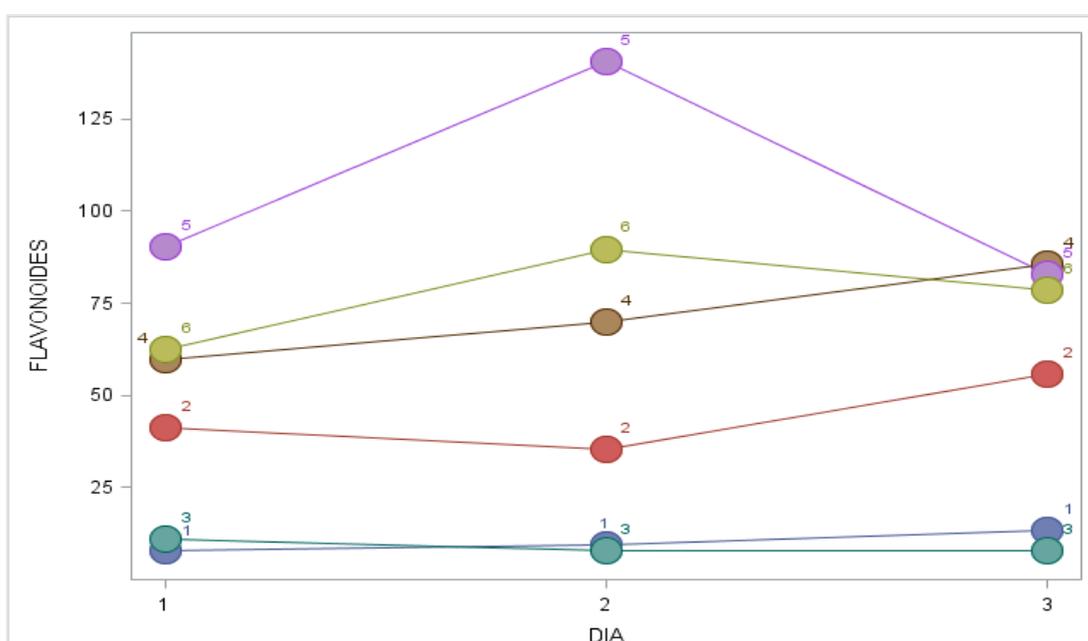


Figura 10. Contenido de flavonoides ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ p.f.}$) en flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.

Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales. El organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse mediante la alimentación o en forma de suplementos.

Una planta con mayor contenido de compuestos fenólicos totales presenta una mayor capacidad antioxidante, sin embargo se puede observar que algunas plantas presentan una actividad antioxidante superior o inferior con el contenido de compuestos fenólicos.

Cuadro 19. Cuantificación de flavonoides ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ p.f.) de las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Días después de cosechada		
	0	1	2
Blanco	7.85 d	9.41 e	13.36 c
Amarillo	41.18 c	35.54 d	55.67 b
Asiplinada	11.03 d	7.90 e	7.90 c
Rosa	59.59 b	69.77 c	85.72 a
Atigrada	90.29 a	140.57 a	82.98 a
Vino	62.59 b	89.67 b	78.69 a
DMSH	12.897	13.996	14.434

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Esto es indicativo de que la capacidad antioxidante de una planta se deba al efecto combinado de diversos factores, como puede ser la presencia de otro tipo de metabolitos antioxidantes que podrían ser vitamina C, carotenoides, entre otros (Alejandro-Espinosa, Jaramillo-Fierro, Ojeda-Riascos, Malagón-Aviles & Ramírez-Robles, 2013).

3.3.11 Cuantificación de antocianinas

Los resultados de la determinación de antocianinas totales se muestran en la Figura 11. Podemos notar que existe diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) entre cada uno de las flores (Cuadro 20), el clon color vino presento el mayor contenido de antocianinas con $2.07 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ y los clones de color blanco y amarillo el menor contenido (Cuadro 22). Esto concuerda con lo obtenido por Lara *et al.* (2004). También los resultados concuerdan con lo realizado por Qing-Ping y Jian-Guo (2011). Ellos estudiaron la composición de antocianinas totales en granos de maíz de diferentes tonalidades y encontraron, que las tonalidades más oscuras fueron las de mayor concentración en este tipo de compuestos.

Las antocianinas son pigmentos presentes en algunos vegetales y responsables de conferir a estos las tonalidades rojas, azules y violetas, así también se confirma que los clones con mayor contenido de antocianinas sea

el clon color vino y de menor contenido los clones de color blanco y amarillo ya que en este caso los pigmentos que pudieran estar presentes son los carotenoides. Por otro lado hay estudios en otros flores como la flor de Jamaica (Galicia-Flores, Salinas-Moreno, Espinoza-García & Sánchez-Feria, 2008) donde se reportan concentraciones de este tipo de compuestos que van desde 3649.8 y 6066.7 mg · kg⁻¹ de muestra seca y molida.

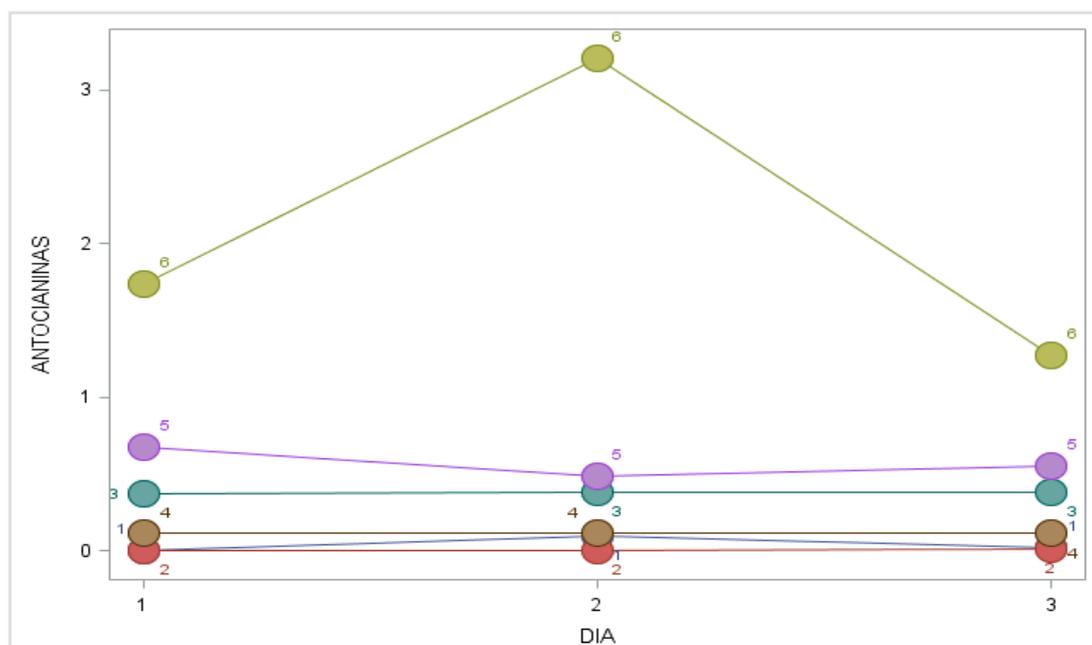


Figura 11. Contenido de antocianinas (mg · 100 g⁻¹ de p.f.) en flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante su vida poscosecha. 1) clon blanco, 2) clon amarillo, 3) clon asiplinado, 4) clon rosa, 5) clon atigrado y 6) clon vino.

Cuadro 20. Cuantificación de antocianinas (mg · 100 g⁻¹ de p.f.) de las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Días después de cosechada		
	0	1	2
Blanco	0.00608 d	0.0998 b	0.0226 b
Amarillo	0.00073 d	0.0050 b	0.0126 b
Asiplinada	0.32820 c	0.3807 b	0.3807 ab
Rosa	0.11150 cd	0.1115 b	0.1115 b
Atigrada	0.67340 b	0.4855 b	0.5532 ab
Vino	1.73793 a	3.2079 a	1.2691 a
DMSH	0.3015	0.6002	0.9925

[†] Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Respecto a los días evaluados existió diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), siendo el primer y segundo día en los que se presentaron las medias mayores. En cambio el último día presentó una disminución en el contenido de antocianinas.

3.3.12 Evaluación sensorial

El color, es uno de los factores principales utilizados por el consumidor al momento de comprar un producto y se utiliza en muchos estándares de clasificación como criterio de calidad, aunado a las características nutricionales que demandan los consumidores (Kang, East & Trujillo, 2008).

Los clones de dalia tuvieron valores de 2.95 a 3.95, que de acuerdo a la escala hedónica representa un buen color. Los clones mostraron diferencias estadísticas significativas, el clon color amarillo y color vino fueron los mejor evaluados en contraste con el clon color blanco (Cuadro 21). El sabor fue evaluado como bueno, siendo los clones de color vino, blanco y amarillo los que recibieron los mejores valores. En cambio el clon color rosa recibió valores negativos.

Cuadro 21. Evaluación sensorial de las flores de clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Evaluación sensorial		
	Color	Sabor	Aroma
Blanco	2.95 c	3.00 ab	2.25 a
Amarillo	3.75 ab	2.90 ab	2.15 a
Asiplinada	3.25 abc	2.45 bc	2.20 a
Rosa	3.05 bc	1.95 c	2.10 a
Atigrada	3.95 a	2.35 bc	2.25 a
Vino	3.80 ab	3.35 a	2.20 a
Rojo	3.70 abc	2.45 bc	1.70 a
DMSH	0.7803	0.8482	0.6146

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

El sabor de las flores puede ser detectado de manera diferente por los receptores. Este sabor resulta del contenido de sacarosa; su transporte a las flores abiertas y los pétalos se asocia con la síntesis de los aceites etéreos, que son típicos del olor de tipos individuales de flores (Mahadevan *et al.*, 2009). En el curso de la senescencia de las flores, el contenido de sacarosa puede aumentar debido a una hidrólisis y aumento de fructanos; esta reacción se manifiesta como un cambio en la presión osmótica y, visualmente, como la apertura de flores (Rozano *et al.*, 2004). En lo que respecta al aroma los clones de dalia no mostraron diferencias estadísticas significativas. Los valores obtenidos son bajos en la escala hedónica (corresponden a un mal aroma). Los compuestos responsables del aroma de las flores están preferentemente contenidos en sus aceites esenciales (Hassan *et al.*, 2011).

Cuadro 22. Promedios de las evaluaciones realizadas a las flores de los clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) durante el periodo poscosecha.

Clon	Sólidos solubles totales (°Brix)	Acidez titulable (% de ácido gálico)	Vitamina C (mg*g ⁻¹ peso fresco)	Fenoles (mg AG g ⁻¹ peso fresco)	Actividad Antioxidante (VCEAC)	Antocianinas (mg · 100g ⁻¹)	Carotenoides (µg · g ⁻¹ p.f.)	Flavonoides (mg · g ⁻¹ p.f.)
Blanco	0.57 c [†]	0.78 b	0.07 d	9.97 c	62.01 b	0.04 c	0.14 d	10.20 d
Amarillo	0.62 bc	0.55 d	0.13 c	6.80 c	66.50 a	0.005 c	0.54 ab	44.13 c
Asiplinada	0.55 c	0.68 c	0.12 c	10.27 b	57.02 c	0.37 bc	0.24 cd	8.94 d
Rosa	0.94 a	0.71 bc	0.18 b	13.12 ab	54.85 cd	0.11 bc	0.43 bc	71.69 b
Atigrada	0.81 ab	0.58 d	0.22 a	13.75 a	52.98 de	0.57 b	0.67 a	104.61 a
Vino	0.86 a	0.99 a	0.23 a	14.01 a	50.77 e	2.07 a	0.39 bc	76.98 b
DMSH	0.2141	0.0933	0.0343	3.3088	3.9123	0.5159	0.2327	16.153

[†] Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.4 Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación dan una alternativa del uso de las flores de dalia en la dieta alimenticia. Los clones de *Dahlia x hortorum* puede jugar un papel relevante gracias a su alto contenido fenólico, ya que estudios sugieren la adición de polifenoles de origen natural para asegurar la calidad de un producto. Basados en los resultados obtenidos se puede recomendar el consumo de flores de dalia como alimento funcional ya que se demostró que contiene compuestos fenólicos y carotenoides con actividad biológica lo cual se ha demostrado por otros autores. Los clones de coloración oscura (vino) y amarillo tuvieron mayor composición fenólica, contenido de carotenoides y capacidad antioxidante.

En cuanto a los días evaluados, la acidez titulable, actividad antioxidante, el contenido de antocianinas y flavonoides mostraron cambios estadísticos significativos.

3.5 Literatura citada

- Alejandro-Espinosa, M., Jaramillo-Fierro, X., Ojeda-Riascos, S., Malagón-Aviles, O., & Ramírez-Robles J. (2013). Actividad antioxidante y antihiper glucemiante de la especie medicinal *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br., al sur del Ecuador. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 12 (1): 59- 68.
- AOAC. (2003). *Official methods of analysis of the Association Analytical Chemistry*. 17 ed. Published for the association of Official Analytical Chemists Inc. Arlington, VA. USA. 1006 p.
- Apeland, J. (2007). Factors affecting respiration and color during storage of parsley. *Acta Horticulturae* 20:43-52.
- Caballero R., A., López Z., E. J., & Medina, V. E. (2009). La flor de cuchunuc (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de la población zoque de Tuxla, Gutiérrez, Chiapas, México. *Revista Avances en Seguridad Alimentaria y Nutricional* 1(1): 9-13. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/avancesan/article/viewFile/1609/1604>.
- Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoids content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal Food and Drug Analysis*, 10(3), 176-182.
- Corona-Castuera, F., Gómez-Lorence F., & Ramos-Ramírez E.G. (1997). Análisis químico proximal de la vaina del mezquite (*Prosopis glandulosa* var. *Torreyana*) en arboles podados y no podados, en

diferentes etapas de fructificación. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

- Ejoh, A.R., Mbiapo, F.T., & Fokou, E. (1996). Nutrient composition of the leaves and flowers of *Colocasia esculenta* and the fruits of *Solanum melongena*. *Plant Foods for Human Nutrition* 49: 107-112.
- Fischer, G., & Martínez, O. (1999). Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agron. Colomb.* 16 (1-3), 35-39.
- Friedman, H., Vinokur, Y., Rot, I., Rodov, V., Goldman, G., Resnick, N., Hagiladi, A., & Umiel, N. (2005). *Tropaeolum majus* L. as edible flowers: growth and postharvest handling. *Advances in Horticultural Science* 19(1): 3-8. <http://www.torrossa.it/digital/sam/2005/>
- Galicia-Flores, L.A., Salinas-Moreno, Y., Espinoza-García, B.M., & Sánchez-Feria, C. (2008). Caracterización fisicoquímica y actividad antioxidante de extractos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) nacional e importada. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14: 121-129.
- Garzon, G. A., Wrolstad, R.E. (2009). Major anthocyanins and antioxidant activity of *Nasturtium* flowers (*Tropaeolum majus*). *Food Chem.* 114: 44-49.
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Anthocyanins. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. John Wiley & Sons, Incorporation. New York, USA. 13 p.
- Hager, A., & Bertenrath, T. M. (1966). Die isolierung und quantitative bestimmung der carotenoide und chlorophylle von blättern, algen und isolierten chloroplasten mit hilfe dunnschichtchromatographischer methoden. *Planta*, 69, 198-217.
- Hassan, L.G., Bagudo, B.U., Aliero, A.A., Uma, K.J., & Abubakar, S.L.N.A. (2011). Evaluation of nutrient and anti-nutrient contents of *Parkia biglobosa* (L.) flower. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences* 19: 76- 80.
- Hassan, L.G., Usman, B.B., Kamba, A.S., & Hassan, S.W. (2009). Nutritional composition of vegetable spaghetti (Hasta la pasta). *Nigerian Food Journal* 27: 41 – 49.
- Hernández, F.E. (2015). Conservación de pétalos de dalia (*Dahlia spp.*) con fines alimenticios. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Kays, S. (2004). *Postharvest biology*. Exon Press, Athens, Georgia. 568 p. Minitab. 1996. Reference manual. Pearson Education, USA.
- Kang S., P., East A., R., & Trujillo F., J. (2008). Colour vision system evaluation of bicolour fruit: a case study with B74 mango. *Postharvest Biology and Technology*. 49:77-85.
- Kelley, K.M.; Behe, B.K.; Biembaum, J.A.; Poff, K.L. (2001). Consumer and professional chef perceptions of three edible flowers species. *HortScience* 36: 162 166.

- Lara C. E., Martin B.O., Osorio D. P., Barrera N.L.L., Sánchez L. J. A., & Bautista B.S. (2014). Actividad antioxidante, composición nutrimental y funcional de flores comestibles de dalia. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20(1): 101-116.
- Leela, V., Kokila, L., Lavanya, R., Saraswathy, A., & Brinda, P. (2010). Determination of gallic acid in *Acacia nilotica* Linn by HPTLC. *International Journal of Pharmacology Technology* 2: 285-292.
- López, M.L.X., & García, G.H.S. (2009). Actividad antioxidante de extractos metanólicos y acuosos de distintas variedades de maíz mexicano. *Nova Scientia* 2: 51-65.
- Mahadevan, N., & Shivali; Kamboj, P. (2009). *Hibiscus sabdariffa* Linn – An overview. *Natural Product Radiance* 8: 77-83.
- Martínez, D. M. T., & Cantwell, T. M. (2002). Cambios de calidad en espinaca almacenada en atmósferas controladas. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 8: 49-62.
- Martínez-Valverde, I.M.J., Periago, R.G. (2000). Nutritional importance of phenolic compounds in the diet. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 50: 5-18.
- Minolta. (2007). *Precise Color Communication*. Tokyo, Japan. 62 p.
- Montaño M., N. & Méndez, J. R. (2009). Efecto de reguladores de crecimiento sobre el epicarpio, mesocarpo y sólidos solubles totales del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) cv. Edisto 47. Universidad de Oriente, Monagas Venezuela. 9 pág.
- Morton, J.F., Alvarez, E., & Quiñonez, C. (1990). Loroco, *Fernaldia pandurata*.
- Muñoz-Jauregui, A.M., Ramos-Escudero, D.F., Alvarado-Ortiz, U.C., & Castañeda, C.B. (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos promisorios. *Revista de la Sociedad Química de Perú* 73: 142-149.
- Nath, P., Trivedi P., K., Sane V., A., & Sane, E A., P. (2006). Role of ethylene in fruit ripening. In: NA. Khan. (ed.). *Ethylene Action in Plants*. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany. pp. 151-184.
- Núñez L., V., Martínez D., M. T., & Colinas L., M. T. (2012). Fisiología poscosecha de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) con y sin acolchado. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3): 307-315.
- Ozgen, M., Reese, NR., Tulio Jr, ZA., Scheerens, CJ., & Miller, RA. (2006). Modified 2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenil-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:1151-1157.
- Pathare, P.B., Linus, O.U., Al-Julanda, A., S. F. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food Bioprocess Technol.* 6: 36-60.

- Pineda, A.D., Salucci, M., Lázaro, R., Maiani, G., & Ferro-Luzzi, A. (1999). Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición* 13: 104-11.
- Qing-Ping, H., & Jian-Guo, X. (2011). Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics, and antioxidant activity of selected color waxy corn grains during maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 2026–2033.
- Reyes L., A. (2012). Caracterización fenológica de cultivares de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) y desarrollo de una bebida funcional con base en sus extractos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 85 pág.
- Richard, A.E., Tchouanguep, M., & Ellie, F. (1996). Nutrients composition of the leaves and flowers of *Colocasia esculenta* and the fruits of *Solanum melongena*. *Plant Foods for Human Nutrition* 49: 107-112.
- Rop, O., Mlcek, J., Jurikova, T., Neugebauerova, J., & Vabkova, J. (2012). Edible flowers—a new promising source of mineral elements in human nutrition. *Molecules* 17: 6672-6683.
- Rosas C.L., & Trujillo G.D. (2013). Evaluación de la calidad nutracéutica en cuatro colores de flor de dalia (*Dahlia x hortorum*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 66 pág.
- Rozano, L.G.V., Quiróz, S.C., Acosta, P.J.C., Pimentel, A.L.A., & Quiñones, R.E.I. (2004). Hortalizas, las llaves de la energía. *Revista Digital Universitaria*. [En línea]. 10 de Septiembre de 2005, Vol. 6 No.9.
- Ruzainah, A.J., Ahmad, R.B.A., Noizaini, C. M., & Vasudevan, R. (2009). Proximate analysis of dragon fruit (*Hytecerens Polyhixus*). *American Journal of Applied Sciences* 6: 1341- 1346.
- Salinas, M.Y., Saavedra, A.S., Soria, R.J., & Espinosa, T.E. (2008). Physicochemical characteristics and carotenoid content in yellow corn (*Zeamays* L.) grown in the state of Mexico. *Agricultura Técnica en México* 34: 357-364.
- Soares, M.C.; Taciana, R.E.; Kuskoski, E.M.; Gonzaga, L.V.; Lima, A.; Filho, J.M.; Fett, R. (2008). Composition of phenolic acids content in apple (*Malus* sp.) pomace. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 29 (2) 339-348.
- Salomón, A., Golubowicz, S., YablówicZ, Z., Grossman, S., Bergman, M., & Gottlieb, H. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 7717-7723.
- Sotelo, A., López-García, S., & Basurto-Peña, F. (2007). Content of nutrient and antinutrient in edible flowers of wild plants in Mexico. *Plant Foods for Human Nutrition* 62: 133–138.
- Thomas, M.J. (2000). The role of free radicals and antioxidant. *Nutrition*, 16, 716-718.

- Treviño, G., Mera, O.L.M., Bye, B.R., Mejía, M.J.M., & Laguna, C.A. (2007). Historia de la Dalia (Acocoxóchitl) la flor nacional de México. Ed. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México, D. F. 27p.
- Tonoiven, P. M. A. (2004.) Postharvest storage procedures and oxidative stress. *HortScience*. 39: 938-942.
- Valero, U. C., & Ruiz, A. M. (1998). Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. *Fruticultura profesional. Ingeniería rural. E.T.S.I. Agrónomos (UPM)*.
- Vanderjagt, T.J., Ghattas, R., Vanderjagt, D.J., Crossey, M., & Glew, R.H. (2002). Comparison of the total antioxidant content of 30 widely used medicinal plants of New Mexico. *Life Sciences* 70: 1035–1040.
- Vicente, A. R., Manganaris, G. A., Sozzi, G. O., & Crisosto C. H. (2009). Nutritional quality of fruits and vegetables, In: WJ. Florkowski, RL. Shewfelt, B. Brueckner, SE. Prussia. (eds). *Postharvest Handling: A System Approach*. Elsevier Inc. Academic Press. USA. 58-106 p.
- Waterman, P. G. and S. Mole. (1994). Analysis of phenolic plant metabolites. *Methods in Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 238 p.

4 CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE FLORES DESHIDRATADAS DE DIFERENTES CLONES DE DALIA (*Dahlia x hortorum*) CON FINES ALIMENTICIOS

NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF DEHYDRATED FLOWERS OF DIFFERENT CLONES OF DALIA (*Dahlia x hortorum*) FOR FOOD PURPOSES

RESUMEN

Una alternativa para conservar la apariencia estética de la flor de dalia, es preservarla con métodos de secado que le permita mantener sus características de flor fresca. El objetivo de este estudio fue evaluar las propiedades nutricionales y nutraceuticas de las flores deshidratadas de seis clones de *Dahlia x hortorum* (blanco, amarillo, asiplinada, rosa, atigrado y vino). Se llevó a cabo un proceso de deshidratación con un horno eléctrico. El clon color vino fue el que obtuvo el mayor contenido ($p \leq 0.05$) de fenoles ($247.31 \text{ mg AC} \cdot \text{g}^{-1} \text{ p.s.}$), contenido de carotenoides ($2.44 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{ p.s.}$), contenido de antocianinas ($1.77 \text{ mg} \cdot 100\text{g}$) y contenido de vitamina C ($3.4044 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{ p.s.}$), pero una menor capacidad antioxidante (458.25 VCEAC). El clon blanco con 674.34 VCEAC fue el clon con la mayor capacidad antioxidante. Las variables acidez titulable, contenido de fenoles y carotenoides así como la capacidad antioxidante se incrementaron. Por otro lado el contenido de Vitamina C y antocianinas disminuyeron por el proceso de deshidratación.

Palabras clave: *Dahlia x hortorum*, deshidratación, clones, capacidad antioxidante, fenoles.

ABSTRACT

An alternative to preserve the aesthetic appearance of dahlia flowers is to preserve it with drying methods that allow it to maintain its characteristics of fresh flower. The objective of this study was to evaluate the nutritional and nutraceutical properties of the dehydrated flowers of six clones of *Dahlia x hortorum* (white, yellow, "asiplinado", rose, tabby and wine). A dehydration process was carried out with an electric oven. The wine-colored clone was the one with the highest (pcontent of phenols ($247.31 \text{ mg AC} \cdot \text{g}^{-1}$ dry weight.), carotenoid content ($2.44 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ dry weight), anthocyanin content ($1.77 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}$) and vitamin C content ($3.40 \text{ } 44 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ dry weight), but a lower antioxidant capacity (458.25 VCEAC). The white clone with 674.34 VCEAC was the clone with the highest antioxidant capacity. The variables titratable acidity, content of phenols and carotenoids as well as the antioxidant capacity were increased. On the other hand the content of Vitamin C and anthocyanins decreased by the process of dehydration.

Keywords: *Dahlia x hortorum*, dehydration, clones, antioxidant capacity, phenols.

Thesis of Master of Science in Agri-Food Science and Technology, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Maria Magdalena Espinosa Urbañczyk

Advisor: Dra. Maria Teresa Colinas León

4.1 Introducción

El proceso de secado de flores representa una alternativa para que éstas conserven su aspecto estético, y que tengan la posibilidad de competir con las flores frescas en el mercado, por su larga duración y poca exigencia en el manejo, además de conservar gran diversidad de texturas, formas y colores (Arnold, 1997), lo que permite su manejo posterior. Las flores secas o deshidratadas tienen la característica de tener larga vida de anaquel lo cual representa una ventaja en su comercialización, ya que se pueden evitar pérdidas económicas para los productores, que en muchos casos son originados por el desperdicio ocasionado por factores propios de la madurez fisiológica de estos productos, lo que les da el carácter de ser perecederos en un lapso corto, problema que se puede evitar con un producto que puede ser almacenado sin que se presente esta problemática. La apariencia de una flor deshidratada está en función del grado de conservación de sus características como flor fresca. Todas estas características repercuten en la calidad requerida para su comercialización (Chavarría, 1997). En la actualidad no existen registros respecto al deshidratado de flores de dalia y sus propiedades nutricionales y nutracéuticos, por lo tanto es el objetivo de esta investigación es el caracterizar las flores deshidratadas de seis clones de dalia.

4.2 Materiales y métodos

4.2.1 Material de estudio

Los capítulos de dalia se cosecharon en el mes de agosto, fueron elegidas al azar. Los clones empleados fueron: blanco o estrella, amarillo, rosa, vino o sangre de Cristo y las conocidas por los productores de Huamantla como asiplinada (morada) y atigrada (moteada).

4.2.2 Tratamiento térmico (deshidratación)

Las flores empleadas se seleccionaron al azar. Se separaron del capítulo y se colocaron según el color de cada clon. Enseguida, se procedió a retirar con toallas de papel la humedad excesiva, derivada del punto de rocío. Fueron sometidos a un proceso de secado con una estufa a 40 °C por 24 horas. Una vez terminado este proceso se procedió a realizar el estudio de las variables.

4.2.3 Sólidos solubles totales

Se evaluaron según el método de AOAC (2003), con un refractómetro digital Atago PAL-1 (Rango de medida ° Brix 0.0 a 53 %), en el cual se colocaron 3 gotas del jugo de 2 a 3 g de muestras maceradas manualmente. Se tomó la lectura de acuerdo a la escala del aparato.

4.2.4 Acidez titulable

La acidez titulable, fue valorada por titulación de acuerdo con AOAC (2003); en esta determinación se licuaron 0.1 g de flores liguladas en 10 mL de agua destilada, en seguida se tomó una alícuota de 5 ml para ser valorada con NaOH 0.01 N y fenolftaleína como indicador.

4.2.5 Cuantificación de vitamina C

La cuantificación de vitamina C fue evaluada por el método de AOAC (1990). A 0.1 g de muestra se le adicionaron 3 mL de solución de ácido metafosfórico al 3 % v/v, la mezcla se maceró por 3 min y se filtró. Se tomó 1 mL de lo filtrado y se aforo a 10 mL con la solución de ácido metafosfórico al 3 % v/v.

Se tomaron 2 mL del extracto y se le adicionaron 2 mL del regulador de acetatos, 3 mL del dicloroindofenol y 15 mL de xileno, se agitará vigorosamente. Se separó la fase orgánica y se obtuvo la absorbancia en un espectrofotómetro a 520 nm.

A partir de la curva estándar se obtuvo la concentración de ácido ascórbico presente en cada muestra.

4.2.6 Cuantificación de fenoles

Se determinaron por la metodología de Folin-Ciocalteu descrito por Waterman y Mole (1994). Se agregaron 150 μ L del extracto etanólico en tubos de fondo plano. Se agregaron 850 μ L de agua destilada y se agitó. Se añadieron 7 mL de agua destilada y 500 μ L de reactivo Folin-Ciocalteu (2N), se dejaron reposar durante ocho minutos, se adicionó 1.5 mL de Carbonato de sodio (20 %), se mezcló y se dejó reposar por dos horas en la oscuridad. Después de las dos horas las muestras se leyeron a 760 nm (Genesys 10 UV Scanning, Thermo scientific, Waltham, Massachusetts).

4.2.7 Determinación de capacidad antioxidante

La determinación de la actividad antioxidante se llevó a cabo por el método ABTS por el método propuesto por Ozgen, Reese, Tulio, Scheerens y Miller (2006) con modificaciones. Se tomó 0.1 g de muestra y se hizo una extracción con 5 ml de alcohol etílico absoluto, la cual se dejó reposar durante 24 horas.

Se colocaron 100 μ L del extracto con 3.9 mL de buffer acetatos con solución ABTS en tubos de fondo plano, se dejaron reposar durante dos horas en la oscuridad. Al concluir las dos horas se leyeron a 734 nm en el espectrofotómetro (Genesys 10 UV Scanning, Thermo scientific, Waltham, Massachusetts).

4.2.8 Cuantificación de carotenoides

Para la extracción de pigmentos se utilizaron 0.1 g de muestra de flores de dalia, se trituraron en mortero con 5 mL de acetona y posteriormente se filtró. En una alícuota de cada muestra, para el cálculo de las concentraciones de

pigmentos, se realizaron lecturas de absorbancias a 661, 645 y 470 nm en un espectrofotómetro UV-Vis. Para el cálculo de concentraciones de carotenoides se utilizaron los coeficientes de extinción de Hager & Bertenrath (1996).

4.2.9 Cuantificación de antocianinas

Se empleó el método de pH diferencial descrito por Giusti & Wrolstad (2001). Se colocaron separadamente en dos tubos de ensayo 200 mL del extracto metanólico de la muestra, al primero se le adicionaron 1.8 mL de la solución amortiguadora de pH = 1.0 (HCl/KCl), al segundo se le agregaron 1.8 mL de la solución amortiguadora de pH = 4.5 (CH₃COOH/C₂H₃O₂Na.3H₂O). Se midió la absorbancia a cada mezcla a una longitud de onda diferente (510 y 700 nm) para cada tubo en un espectrofotómetro Genesys 10s (Thermoscientific, Florida, USA). Se calculó la absorbancia total (A_t) de la muestra.

4.3 Resultados y discusión

Los cuadros 23 y 24 muestran los datos obtenidos de las evaluaciones realizadas. Los sólidos solubles totales reportados como °Brix mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en los seis clones de dalia. Los clones color rosa, atigrado y vino presentaron valores similares (1.45 °Brix). El clon conocido como asiplinado presentó el menor contenido de sólidos solubles totales con 0.82 °Brix. Estos valores como referencia de aceptación en el mercado son bajos ya que no superan los 2 °Brix. Los clones de color vino y rosa presentaron los mayores contenidos tanto en las flores frescas como en las deshidratadas.

Respecto a la acidez titulable (% de ácido gálico) los clones de color vino y amarillo mostraron valores superiores de los seis clones (10.74 % y 10.32 % de ác. gálico respectivamente). Mientras que el clon asiplinado mostró el menor valor con 7.52 % de ác. gálico. La acidez titulable en el clon color vino fue superior en las flores frescas y deshidratadas.

Cuadro 23. Sólidos solubles totales, Acidez titulable y contenido de Vitamina C en las flores deshidratadas de diferentes clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Sólidos Solubles Totales (°Brix)	Acidez Titulable (% de ácido gálico)	Vitamina C (µg de Ác. ascórbico g ⁻¹ p.s.)
Blanco	0.95 bc	9.07 bc	1.65 e
Amarillo	1.07 b	10.32 ab	2.66 b
Asiplinada	0.82 c	7.52 d	1.95 de
Rosa	1.45 a	9.13 bc	2.20 cd
Atigrada	1.42 a	8.89 cd	2.55 bc
Vino	1.50 a	10.74 a	3.40 a
DMSH	0.1696	1.374	0.4557

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Las flores deshidratadas de dalia tienen de 1.65 µg de Ácido ascórbico g⁻¹ p.s. a 3.40 µg de Ácido ascórbico g⁻¹ p.s estos valores se vieron reducidas por el proceso de deshidratado. El ácido ascórbico es susceptible a diferentes factores. En el proceso de deshidratación por aire caliente las pérdidas de este ácido se deben principalmente a las altas temperaturas utilizadas, además de la exposición al oxígeno contenido en el aire de secado. El tiempo es otro factor importante para la degradación del ácido, ya que en las primeras horas no se observa una disminución considerable, por lo que el empleo de tiempos cortos y temperaturas bajas en el proceso de deshidratación con aire caliente, pueden ayudar a retener el ácido ascórbico (Gómez, 2009).

Munyaca, Makule, Oey, Van y Hendrickx (2010) mostraron que la enzima ácido ascórbico oxidasa juega un papel importante en la pérdida de ácido ascórbico en las fases iniciales de deshidratación. En un estudio realizado por Kerkhofs, Lister y Savage. (2005) utilizaron una temperatura de deshidratación de 42 °C durante 48 horas encontrando una pérdida de ácido ascórbico del 75 %.

El clon color vino, con el mayor contenido de fenoles, no varió al ser deshidratadas las flores. Existió un aumento significativo de fenoles en todos los clones de dalia. (Cuadro 24). Comparando el contenido de fenoles en los clones deshidratados con varios extractos de hierbas y plantas medicinales (Kähkönen et al., 1999), arándano (*Vaccinium vitis-idaea*), 24.90 mg GAE g⁻¹ p.s., frambuesa (*Rubus idaeus*), 23.90 mg GAE g⁻¹ p.s., la flor de manzanilla

(*Matricaria chamomilla*), 9.10 mg GAE g⁻¹ p.s., tomillo (*Thymus vulgaris*), 17.10 mg GAE g⁻¹ p.s., frutos de rosa (*Rosa sp.*), 12.10 mg GAE g⁻¹ p.s. y manzana (*Malus pumila*), 12.10 mg GAE g⁻¹ p.s, los clones deshidratados presentan un mayor contenido de fenoles.

En otro estudio Moraes De Souza, Oldoni, Regitano-D'Arce y Alencar (2008), analizaron infusiones herbales y encontraron valores de compuestos fenólicos totales en un intervalo de 30 a 46.6 mg AG · g⁻¹ de hierba, los cuales son inferiores a los encontrados en flores de dalia deshidratados. Las hierbas analizadas en este caso fueron té verde, té negro, manzanilla. Rivas-Arreola *et al.* (2010), estudiaron la composición fenólica de infusiones de hojas de *Quercus* (roble) y encontraron valores entre 161 a 750 mg AG · g⁻¹ de extracto seco. En la literatura existen diversos estudios sobre la concentración de compuestos fenólicos en vegetales además de los antes mencionados y en todos los casos el contenido es muy variable dependiendo del vegetal estudiado y la forma de extracción ya que, las metodologías utilizadas para la extracción de este tipo de compuestos no son homogéneas lo cual, repercute en el tipo de compuestos fenólicos extraídos y los valores de concentración que se reportan.

Cuadro 24. Contenido de Carotenoides, Antocianinas, Fenoles y Capacidad antioxidante en las flores deshidratadas de diferentes clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Contenido de Carotenoides (µg · g ⁻¹ p.s.)	Contenido de Antocianinas (mg · 100g ⁻¹)	Capacidad Antioxidante (VCEAC)	Contenido de Fenoles (mg AC · g ⁻¹ p.s.)
Blanco	0.89 b	0.05 d	634.74 a	131.90 c
Amarillo	1.06 b	0.0096 d	538.76 b	111.08 d
Asiplinada	0.61 b	1.15 b	583.89 b	130.15 c
Rosa	0.77 b	0.61 c	555.12 c	200.83 b
Atigrada	1.03 b	0.90 bc	529.93 d	218.83 b
Vino	2.44 a	1.77 a	458.25 e	247.31 a
DMSH	1.1799	0.3675	16.442	18.458

[†] Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey (p ≤ 0.05); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

El contenido de carotenoides, fenoles y la capacidad antioxidante no se vio afectada por la deshidratación, estos compuestos se vieron incrementados. Esto puede ser a la temperatura empleada en la deshidratación. El contenido de antocianinas no se vio afectado por este proceso.

Rózek, Achaerandio, Güell, López y Ferrando (2008) demostraron que la deshidratación de frutas y verduras con aire a 40 °C, no tiene un efecto significativo en los compuestos fenólicos. En la deshidratación de chabacanos, la capacidad antioxidante incrementa con este proceso; en ciruelas ocurre algo similar a pesar de que las altas temperaturas utilizadas en el proceso de deshidratación reducen significativamente el contenido de polifenoles y ácido ascórbico (Madrau *et al.*, 2009).

4.4 Conclusiones

El clon color vino fue estadísticamente superior ($p \leq 0.05$) en el contenido de fenoles (247.31 mg AC · g⁻¹ p.s.), contenido de carotenoides (2.44 µg · g⁻¹ p.s.), contenido de antocianinas (1.77 mg · 100g) y contenido de vitamina C (3.40 44 µg · g⁻¹ p.s), pero una menor capacidad antioxidante (458.25 VCEAC). El clon color blanco con 674.34 VCEAC fue el clon con la mayor capacidad antioxidante.

Los clones de flores de dalia deshidratadas mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en las variables evaluadas. La acidez titulable, el contenido de fenoles, carotenoides y la actividad antioxidante se vieron incrementados por el proceso de deshidratación. Por otra parte el contenido de antocianinas y vitamina C se vio afectada por el mismo proceso.

4.5 Literatura citada

- AOAC. (2003). Official methods of analysis of the Association Analytical Chemistry. 17 ed. Published for the association of Official Analytical Chemists Inc. Arlington, VA. USA. 1006 p.
- Arnold, M. (1997). Ramos y Centros de Flores Secas. Ed. Susaeta. Madrid, España. 171 p.
- Chavaría R., H. (1997). Deshidratación de gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus), con fines decorativos. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México 71 p.

- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Anthocyanins. Characterization and measurement of anthocyanins by UV–Visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. John Wiley & Sons, Incorporation. New York, USA. 13 p.
- Gómez, M. (2009). Deshidratado de tomate saladette en un secador de charolas giratorias. Tesis de Licenciatura. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, México. 76p.
- Hager, A. & Bertenrath, T. M. (1966). Die isolierung und quantitative bestimmung der carotenoide und chlorophylle von blättern, algen und isolierten chloroplasten mit hilfe dunnschichtchromatographischer methoden. *Planta*, 69, 198-217.
- Kähkönen, Marja P., Hopia, Anu I., Vuorela, Heikki J., Rauha, Jussi-Pekka., Pihlaja, Kalevi., Kujala, Tytti S., & Heinonen, Marina. (1999). Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agric. Food Chemistry*, 47, 3956-3957.
- Kerkhofs, N., Lister, C. & Savage, G. (2005). Change in color and antioxidant content of tomato cultivars following forced-air drying. *Plant Foods for Human Nutrition*. 60:117 – 121.
- Madrau, M., Piscopo, A., Sanguinetti, A., Del Caro, A., Poiana, M., Romeo, F. & Piga, A. (2009). Effect of drying temperatura on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. *European Food Research and Technology*. 228: 441 – 448.
- Munyaca, A., Makule, E., Oey, I., Van Loey, A. & Hendrickx, M. (2010). Thermal stability of L-ascorbic acid and ascorbic acid oxidase in broccoli (*Brassica oleracea* var. itálica). *Journal of Food Science*. 75(4): 336-340.
- Moraes De Souza, R.A., Oldoni, T.L.C., Regitano-D´Arce, M.A.B., & Alencar, S.M. (2008). Antioxidant activity and phenolic composition of herbal infusions consumed in Brazil. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 6: 41-47.
- Ozgen, M., Reese, NR., Tulio Jr, ZA., Scheerens, CJ., & Miller, RA. (2006). Modified 2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenil-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:1151-1157.
- Rivas- Arreola, M.J., Rocha-Guzman, N.E., Gallegos-Infante, J.A., Gonzalez-Laredo R.F., Rosales-Castro, M., Bacon, J.R., Rong (Tsao) Cao, Proulx, A., & Intriago- Ortega, P. (2010). Antioxidant activity of oak (*Quercus*) leaves infusions against free radicals and their cardioprotective potential. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 13: 537-545.
- Rózek, A., Achaerandio, I., Güell, C., López, F. & Ferrando, M. (2008). Efecto del secado convectivo en la estabilidad de compuestos fenólicos añadidos a alimentos sólidos mediante deshidratación osmótica. *Memorias del II Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria*

y el V Congreso Español de Ingeniería en Alimentos. Barcelona, España. 5 – 7 de Noviembre 2008.

Waterman, P. G. & S. Mole. (1994). Analysis of phenolic plant metabolites. Methods in Ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 238 p.

5 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y CONTENIDO DE INULINA EN RAÍCES TUBEROSAS DE DIFERENTES CLONES DE DALIA (*Dahlia x hortorum*)

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND INULIN CONTENT IN TUBEROUS ROOTS OF DIFFERENT CLONES OF DALIA (*Dahlia x hortorum*)

RESUMEN

El objetivo del estudio fue conocer la composición química de las raíces tuberosas de diferentes clones de la especie *Dahlia x hortorum* blanco, amarillo, asiplinada, rosa y vino. Las raíces tuberosas fueron cosechadas en el mes de diciembre en Huamantla, Tlaxcala. Se evaluaron las variables: humedad, materia seca, cenizas, proteína, extracto etéreo, fibra cruda y carbohidratos totales con el análisis proximal. También se hizo una cuantificación de inulina. Estas variables respuesta se determinaron por triplicado. Se hizo un ANOVA y comparación de medias Tukey. El clon color blanco mostro los más altos valores de peso y número de raíces. Los clones de dalia evaluadas mostraron los siguientes promedios en la raíz tuberosa: proteína cruda: 6.64 %, cenizas: 3.57 %, materia orgánica: 96.42 %, fibra cruda: 6.64 %, extracto etéreo: 0.622 %, extracto libre de nitrógeno: 82.51 %. El contenido de inulina mayor se encontró en el clon color amarillo, la cual podría ser un buen alimento funcional para los seres humanos.

Palabras clave: raíces tuberosas, *Dahlia x hortorum*, análisis proximal, inulina.

Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria,
Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Maria Magdalena Espinosa Urbańczyk

Director de Tesis: Dra. Maria Teresa Colinas León

ABSTRACT

The objective of the study was to know the chemical composition of the tuberous roots of different clones of the species *Dahlia x hortorum* white, yellow, asiplinada, rose and wine. The tuberous roots were harvested in the month of December in Huamantla, Tlaxcala. The variables were evaluated: humidity, dry matter, ash, protein, ether extract, crude fiber and total carbohydrates with the proximal analysis. Inulin quantification was also done. These response variables were determined in triplicate. An ANOVA and comparison of Tukey stockings was made. The white clone showed the highest values of weight and number of roots. The evaluated dahlia clones showed the following averages in the tuberose root: crude protein: 6.64%, ash: 3.57%, organic matter: 96.42%, crude fiber: 6.64%, ether extract: 0.622%, nitrogen-free extract: 82.51%. The highest inulin content was found in the yellow clone, which could be a good functional food for humans.

Key words: tuberous roots, *Dahlia x hortorum*, proximal analysis, inulin.

Thesis of Master of Science in Agri-Food Science and Technology, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Maria Magdalena Espinosa Urbañczyk

Advisor: Dra. Maria Teresa Colinas León

5.1 Introducción

En particular resulta relevante la presencia de la dalia en el mundo desde mediados del siglo XVIII, en un inicio por el interés alimenticio de sus raíces tuberosas, que fueron consumidas de la misma manera que la papa, y luego por la vistosidad, abundancia de sus flores y diversidad de formas y colores (Sorensen, 1969).

La dalia ha sido propuesta como flor nacional por instituciones oficiales y particulares entre los que pueden citarse: la Sociedad Botánica de México, Periódico Excélsior y la Unión Nacional de Floricultores y Viveristas, por lo que el 13 de mayo de 1963 en el Diario Oficial de la Federación el Presidente Adolfo López Mateos, expidió un decreto por el cual declaró a la dalia como símbolo de la floricultura nacional, en todas sus especies y variedades (Asociación Mexicana de la dalia, 2014).

Existen estudios que sugieren la ingesta alimentaria de las raíces tuberosas como fuente importante de inulina para prevenir el aumento de los niveles de glucosa en personas diabéticas. La inulina es un compuesto polisacárido de cadenas largas de fructosa y llega a constituir hasta el 60 % de su peso seco (Whitley, 1985).

Dentro de los objetivos de este apartado fueron, el análisis proximal y el contenido de inulina en las raíces tuberosas de diferentes clones de dalia.

5.2 Materiales y métodos

5.2.1 Material de estudio

Se utilizaron raíces de cinco clones de dalia (*Dahlia x hortorum*): blanco o estrella, amarillo, rosa, vino o sangre de Cristo, además de los clones conocidos por los productores de dalia como asiplinado y atigrado. En el mes de diciembre, cuando las plantas estaban completamente secas, se llevó a cabo la cosecha manual de las raíces tuberosas.

5.2.2 Peso y número de raíces tuberosas por planta

Se registró en gramos el peso de las raíces tuberosas con la ayuda de una báscula OHAUS, pesando individualmente las plantas de cada una de las especies. Se registró el número de raíces por planta de cada una de los clones evaluados.

Para el análisis de los datos se realizó un ANOVA en completamente al azar, una comparación de media Tukey ($p \leq 0.05$), con el programa estadístico SAS, versión 9.0.

5.2.3 Análisis proximal de raíces de dalia

Las variables evaluadas fueron humedad, materia seca, cenizas, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, carbohidratos totales (extracto libre de nitrógeno). Para el análisis químico de las variables de laboratorio se empleó la metodología descrita en el Manual de Procedimientos Analíticos para Alimentos de Consumo Animal (Sosa de Pro, 1979) basados en la metodología de la AOAC (1975).

Humedad parcial

Las muestras de raíces tuberosas de dalia previamente lavadas se cortaron en rodajas y se colocaron en cajas de papel forradas con una bolsa de plástico y se agregó aproximadamente 400 g de muestra, las cuales se colocaron en una estufa a 50 °C hasta obtener un peso constante; posteriormente se dejó enfriar y se registró el peso final usando una balanza analítica. Para los

cálculos, se obtuvo la pérdida de peso en gramos y se expresó como porcentaje de la muestra. Una vez obtenida la humedad parcial, las muestras secas parcialmente fueron molidas con una licuadora hasta obtener un polvo y guardadas en bolsas de plástico para usarlas para su posterior análisis.

Cenizas y materia orgánica

Para medir la cantidad de sustancias no combustibles, el procedimiento que se siguió fue: pesar 0.5 g de muestra de cada una de las especies y colocarlas en un crisol previamente pesado en la balanza analítica, posteriormente se procede a una preincineración y por último se colocaron los crisoles en la mufla a 500 °C durante dos horas y se obtiene el peso final. Se espera que después de esta operación desaparezca toda la materia orgánica. Para los cálculos se pesó el residuo después de la incineración a 500 °C y se expresó como porcentaje de la muestra (aproximadamente 0.5 g) y por diferencia se calculó el porcentaje de materia orgánica.

Proteína cruda

El porcentaje de proteína se realizó determinado el porcentaje total nitrógeno en las muestras de las especies de Dahlia, mediante el método de Kjeldahl. Los resultados de las mediciones indicaron el porcentaje de nitrógeno obtenido. El cual se multiplica por 6.25 para obtener lo que se conoce como proteína cruda.

Grasa cruda (Extracto etéreo)

La fracción de extracto etéreo se determinó al someter el alimento (0.5 g) a una extracción continua con éter dietílico anhidro por un periodo de seis horas, después se destiló el éter que se encontraba en los vasos de extracción, posteriormente estos se introdujeron a la estufa a 100 °C durante 30 minutos, se dejaron enfriar en el desecador y se pesaron. Para los cálculos se pesó el residuo de la extracción y se expresó como porcentaje de la muestra (aproximadamente 0.5 g), por diferencia se calculó el porcentaje de materia orgánica.

Fibra cruda

Las muestras desgrasadas, fueron expuestas a un proceso de digestión ácida y después a una digestión alcalina (ácido sulfúrico 0.255 N e hidróxido de sodio 0.313 N respectivamente). Este procedimiento elimina las proteínas, los azúcares y el almidón, dejando como residuo la mayor parte de la celulosa y otros polisacáridos complejos, juntamente con algunas materias minerales. Por último la calcinación de esa materia seca representó la fibra cruda. Para los cálculos se obtuvo el peso de la fibra en gramos y se expresó como porcentaje de la muestra seca y desengrasada (0.3 g aproximadamente).

Carbohidratos totales (ELN)

El extracto libre de nitrógeno, también conocido como carbohidratos totales se obtuvo restando los porcentajes de agua, proteína, grasas y cenizas de 100 para obtener el porcentaje libre de nitrógeno, Incluye todo el material distinto de los carbohidratos no analizado en los otros análisis proximales y los errores acumulativos de las otras mediciones.

5.2.4 Inulina

Las raíces tuberosas de los clones de dalia fueron lavadas, desinfectados con un poco de cloro. Se cortaron en cuadros de 1 cm, posteriormente la muestra se introdujo en una bolsa de tela y se dejaron en nitrógeno líquido por 24 horas aproximadamente, posteriormente se colocaron en un liofilizador donde permaneció una semana (liofilizador Labconco, Freeze dry system/ Lyph Lock 4.5) a una temperatura de $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una presión de $8 \times 10^{-3}\text{Mbares}$.

Se pesó 0.1 g de muestra liofilizada y se trituró hasta el punto de obtener una muestra en polvo, después se le agrego 100 ml de agua hirviendo. Se tomó 1 ml de la muestra anterior se puso en un matraz y se le añadió 25 ml de ácido clorhídrico al 5 %. Se colocó en planchas a baño maría por dos horas y media.

Posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se llevó cada matraz a 25 ml con ácido clorhídrico. Se leyó a 285 nm en el espectrofotómetro (Genesys 10 UV Scanning, Thermo scientific, Waltham, Massachusetts).

El contenido de inulina fue calculada como fructosa (%) usanso la Ecuación (9):

$$X = \frac{D*100*25}{E_{1cm}^{1\%}*m*1} = \frac{D*100*25}{298*m*1} \quad (9)$$

Donde: X es el contenido de inulina, %; D datos obtenidos del espectrofotómetro ($\lambda=285$ nm); 298, el índice específico de absorción del producto de transformación de fructosa después de la hidrólisis ácida; m , peso de la muestra (g).

5.3 Resultados y discusión

5.3.1 Peso y número de raíces tuberosas por planta

En lo referente a la variable número de raíces tuberosas (Cuadro 25), el clon asiplinado y el clon color blanco presentaron 29.9 y 23.1 raíces tuberosas, respectivamente, siendo los valores más altos ($p \leq 0.05$). Los clones de color rosa y vino tuvieron los menores números de raíces tuberosas por planta, con un promedio de 6.9 y 7.7, respectivamente. Jiménez (2017) en la especie *Dahlia x hortorum* encontró 9.79 raíces tuberosas, valor cercano a los clones color rosa y vino. Mientras que De Luna-García y Jarquín-Mendoza (2015) reportaron para la misma especie 13.5 raíces tuberosas por planta.

La formación de raíces tuberosas ocurre desde los primeros días de desarrollo de la planta, y se detiene aproximadamente tres semanas antes de la aparición del primer botón floral, para después diferenciarse únicamente en peso y tamaño (Mejía-Muñoz & Mendoza-Arizmendi, 1995).

Respecto a la variable peso de raíces tuberosas, el clon color blanco presento los mayores valores ($p \leq 0.05$) de 1.152 kg, los clones de flores de color rosa y vino presentaron los menores pesos siendo de 435.2 g y 353.4 g respectivamente. En este contexto, Ramos-Zapana y Arias-Arroyo (2010) reportaron en yacón un peso de 241.73 g, valor inferior al peso obtenido en las raíces tuberosas de los cinco clones de dalia.

Asimismo, Castillo-Matamoros, Brenes-Angulo, Esker y Gómez-Alpíza (2014) reportaron en camote un peso de 93 g, valor igualmente inferior a los obtenidos a partir de las raíces tuberosas de las cinco especies de dalia analizadas. Moser y Hess (1968); Zimmerman y Hitchcock (1929), reportaron que el desarrollo de las raíces tuberosas de dalia está influenciado por el fotoperiodo, dalias cultivadas en días largos no agrandan sus raíces tuberosas, sin embargo dalias cultivadas en días cortos aumentan el peso de sus raíces tuberosas.

Cuadro 25. Comparación de medias de número y peso de raíces tuberosas de cinco clones de dalia.

Clon	Número de raíces tuberosas	Peso de raíces tuberosas (g)
Blanco	23.1 a [†]	1152.5 a
Amarillo	17.9 b	741.4 b
Asiplinada	29.9 a	680.6 b
Rosa	6.9 c	435.2 c
Vino	7.7 c	353.4 c
DMSH	4.64	373.04

[†] Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

5.3.2 Humedad, materia seca, proteína cruda, extracto etéreo (grasa), fibra cruda, carbohidratos totales (ELN)

Los clones de dalia con flores de color rosa y blanco presentaron los mayores ($p \leq 0.05$) porcentajes de humedad (86.38 y 86.54 % respectivamente). En este contexto, Souci, Fachmann y Kraut (2008) reportaron para achicoria (*Cichorium intybus*), valor superior a lo obtenido en los cinco clones de dalia analizadas. Por otro lado, para topinambur (*Helianthus tuberosus*) los mismos autores reportaron un 78.9 % de humedad, valor cercano al porcentaje de humedad obtenido en el clon color amarillo y el asiplinado. Por su parte Buitrago (1990) reportó también en yuca (*Manihot esculenta*) un valor de 63.1 % de humedad, el cual es un valor menor al que presentaron los clones evaluados. Por otro lado, Ramos-Zapana y Arias-Arroyo (2010) reportaron para yacón (*Smallanthus sonchifolius*) un porcentaje de humedad de 86.6 %, valor similar a los obtenidos. El agua es el compuesto que se encuentra

presente en todos los alimentos y debido a sus propiedades influye enormemente en la estabilidad del almacenamiento, puesto que favorece el desarrollo de microorganismos y la actividad enzimática (Sosa de Pro, 1979). Cuanto mayor es el contenido de agua de un alimento, mayor es su vulnerabilidad. En este sentido, y a excepción de que las raíces tuberosas sean consumidas o procesadas inmediatamente después de la cosecha, éstas deberán almacenarse bajo condiciones óptimas de humedad y temperatura debido a sus altos porcentajes de humedad, lo anterior, con la finalidad de prolongar su vida de anaquel.

En cuanto al porcentaje de materia seca (Cuadro 26), los mayores valores ($p \leq 0.05$) se encontró el clon color amarillo (20.39 %), superando estadísticamente al clon color blanco y el asiplinado. Los menores valores se encontraron en los clones con flores de color rosa y vino (13.44 y 13.62 % respectivamente).

Buitrago (1990) reportó en yuca un valor de 36.9 % de materia seca, mientras que en ñame (*Discorea spp*) Souci *et al.* (2008) encontraron valores superiores a los obtenidos en los clones de dalia. Para achicoria reportaron un 5.6 % de materias seca, valor menor a los encontrados, en tanto que para topinambur encontraron 21.1 % de materia seca, valor cercano al porcentaje obtenido en el clon color amarillo de dalia. Finalmente, Ramos-Zapana y Arias-Arroyo (2010) reportaron para yacón un porcentaje de materia seca de 13.6 %, valor similar a los obtenidos en los clones de color rosa y vino.

La acumulación de materia seca en las raíces se hace a costa del tallo y luego de las hojas, antes de que aparezcan los primeros botones florales, las raíces tuberosas presentan más peso de materia seca cuando el tallo deja de acumular materia seca, poco después ocurre lo mismo con las hojas (Mejía-Muñoz & Mendoza-Arizmendi, 1995).

La materia seca es el complemento del contenido de agua, tiene importancia porque en ella están contenidos todos los nutrientes que no son agua, y es esencial para expresar los resultados del análisis proximal en base seca y sirve para hacer las conversiones a base tal como se ofrece el alimento (Sosa

Pro, 1979). Derivado de esto, la cantidad de materia seca que contiene un alimento es un criterio esencial de apreciación tanto de su valor nutritivo como de su aptitud de conservación, debido a que a menor materia seca habrá mayor contenido de humedad y menor valor nutritivo del alimento.

El clon de dalia de color vino (sangre de Cristo) presentó el mayor porcentaje ($p \leq 0.05$) de proteína cruda (11.52 %), superando en más del 50 % a los demás clones. El porcentaje obtenido en el clon color vino concuerda con el obtenido por Jiménez (2017) en la especie *Dahlia x hortorum*. Mientras que Calixto-Rivas (2015) reportó un valor de 5.76 % en la misma especie, que es similar al obtenido en los cuatro clones restantes de dalia analizados. Souci *et al.* (2008) reportaron un contenido de proteína en achicoria de 23.2 %, porcentaje mayor a lo obtenido en los cinco clones de dalia analizadas en la presente investigación; sin embargo, también se reportan valores similares como en el camote (5.5 %) (Martí, Corbino & Chludil, 2011); e inferiores como en la yuca (2.7 %) (Souci *et al.*, 2008) y el yacón (2.8 %) (Ramos-Zapana & Arias-Arroyo, 2010).

Para que un alimento sea considerado como una fuente de proteína, debe aportar por lo menos 12 % del valor energético del alimento, esto de acuerdo al Parlamento Europeo y del Consejo (2006). En este sentido, de acuerdo a los resultados obtenidos de proteína en el presente estudio, el clon color vino aporta cerca del 12 % del valor energético total. Su importancia radica en que las proteínas poseen propiedades nutrimentales, y de sus componentes se obtienen moléculas nitrogenadas que permiten conservar la estructura y el crecimiento de quien la consume (Badui-Dergal, 2013).

Respecto al porcentaje de grasa cruda los valores no fueron estadísticamente diferentes, siendo de 0.44 a 0.77 %. Estos valores son inferiores al reportado por Jiménez (2017) y Calixto-Rivas (2015), quienes en *Dahlia x hortorum* encontraron 1.27 %. En este sentido Souci *et al.* (2008) reportaron en achicoria un valor de 3.21 % y en topinambur 1.94 % de grasa, valores superiores a los obtenidos en los clones de dalia. Por otro lado, Martí *et al.* (2011) reportaron en camote 2.03 % de grasa, valor superior a los obtenidos en las raíces tuberosas de los cinco clones del presente estudio. Valores

similares a los obtenidos en las raíces tuberosas se reportaron en yuca (0.62 %) y en ñame (0.45 %) (Souci *et al.*, 2008). Los cinco clones de dalia evaluados pueden ser considerados como alimentos bajos en grasa, ya que tienen menos de 3g/100 g de alimento (según Codex Alimentarius, 1997).

Cuadro 26. Comparación de medias de porcentaje de humedad, materia seca, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y carbohidratos totales (ELN) en base seca de raíces tuberosas de cinco clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Humedad	Materia seca	Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra cruda	ELN
Porcentaje (%)						
Blanco	86.54 a ^t	15.11 b	5.03 b	0.67 a	3.16 c	88.13 a
Amarillo	78.85 c	20.39 a	5.44 b	0.77 a	10.38 a	79.19 ab
Asiplinada	79.61 c	16.34 b	5.60 b	0.56 a	6.29 bc	84.63 ab
Rosa	86.38 a	13.44 c	5.59 b	0.44 a	5.26 bc	84.95 ab
Vino	84.89 b	13.62 c	11.52 a	0.67 a	8.15 ab	75.67 b
DMSH	1.034	1.034	3.3948	0.4438	3.173	11.286

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

El clon color amarillo presentó el mayor porcentaje de fibra cruda (10.38 %), superando al clon color vino (8.15 %). El clon de flores color blanco presentó el menor porcentaje de fibra cruda (3.16 %). Los porcentajes obtenidos en las raíces tuberosas de dalia son menores a otras especies similares, debido a que Souci *et al.* (2008) reportaron en topinambur 59.3 %, en achicoria 22.5 % y en ñame 11.45 % de fibra.

Por otro lado, Jiménez (2017) reportó 6.15 % en la especie *Dahlia x hortorum*, valor similar a los obtenidos en los clones asiplotinada, rosa y vino. Calixto-Rivas (2015) reportó un contenido de fibra de 9.20 %, el cual es similar al obtenido en los clones color amarillo y vino.

De acuerdo Al Codex Alimentarius (1997) los clones de color blanco y rosa son una fuente importante de fibra, ya que presentan valores superiores a 3 g/100 g de alimento, por otra parte los clones asiplotinada, vino y amarillo, son consideradas especies con alto porcentaje de fibra ya que presentan valores superiores a 6 g/100 g de alimento. Se recomienda un consumo regular de

fibra para los humanos ya que se ha demostrado que su ingestión regular ayuda a disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y diabetes, pues controla y reduce las concentraciones plasmáticas de colesterol y glucosa, y la absorción de grasa saturada (Nicklas & Berenson, 1995; Nicklas, Farris, Myers & Berenson, 1995).

La variable porcentaje de carbohidratos totales (ELN) fue estadísticamente similar en los clones color blanco, amarillo, asiplinada y rosa (88.13 a 74.19). Souci *et al.* (2008) reportaron en topinambur 23.89 % y en achicoria 33.21 % de carbohidratos, es decir valores inferiores a los obtenidos en el estudio. Asimismo, estos mismos autores reportaron en ñame 77.67 % de carbohidratos, valor similar a lo obtenido en el clon color vino. De igual manera Sauvant, Marc y Tran (2004) reportaron en camote 81.69 % de carbohidratos, valor cercano a lo obtenido en los clones asiplinada y rosa.

Los alimentos cuyo contenido de carbohidratos totales es muy elevado son los clasificados como alimentos energéticos, entre ellos, están los granos y cereales con contenidos de 60 a 80 % y las raíces y tubérculos, así como algunas frutas, cuyos contenidos en esta fracción son superiores al 50 % (Sosa Pro, 1985).

En este sentido las raíces tuberosas de dalia son consideradas como un alimento energético, ya que su contenido de carbohidratos totales es superior a 50 %.

5.3.3 Cenizas y materia orgánica

Los porcentajes de cenizas (2.91 a 4.22 %) en los clones de dalia no mostraron diferencias estadísticas (Cuadro 27). Souci *et al.* (2008) reportaron en achicoria 17.86 % de cenizas, valor superior a los obtenidos en los clones analizados.

Por otro lado, valores similares se encuentran en topinambur 3.32 % de cenizas (Souci *et al.*, 2008) y yacón 2.84 % de cenizas (Ramos-Zapana & Arias-Arroyo, 2010). Valores inferiores de porcentajes de cenizas a los obtenidos en las raíces de clones de dalia se reportaron en camote 1.02 %

(Martí *et al.*, 2011) y yuca 1.90 %. Desde el punto de vista nutricional, el registro del valor de las cenizas tiene escaso valor. Estas representan la fracción correspondiente a los minerales (Caravaca-Rodríguez *et al.*, 2005). Las raíces tuberosas de los clones de dalia no mostraron diferencias estadísticas en el porcentaje de materia orgánica. El contenido de cenizas y materia orgánica se correlacionan negativamente, es por eso que los altos contenidos de ceniza, representa bajos contenidos de materia orgánica y por ende una disminución de los componentes de la materia orgánica, alimentos de alto valor energético, tiene bajos niveles de cenizas ya que estas no aportan energía al igual que el agua.

Cuadro 27. Comparación de cenizas y materia orgánica en base seca de raíces tuberosas de cinco clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Cenizas	Materia orgánica
	Porcentaje (%)	
Blanco	3.01 a ^t	96.99 a
Amarillo	4.22 a	95.78 a
Asiplinada	2.91 a	97.09 a
Rosa	3.75 a	96.25 a
Vino	3.99 a	96.01 a
DMSH	2.1757	5.017

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

5.3.4 Inulina en raíces tuberosas

El mayores valores ($p \leq 0.05$) de inulina fueron obtenidos en el clon color amarillo (68.86 %) (Cuadro 28). En contraste el clon color rosa presentó los menores contenidos de inulina. En este sentido, De Luna-García y Jarquín-Mendoza (2016) reportaron en *Dahlia x hortorum* un contenido de inulina de 54 % en promedio, mientras que Van-Loo, Coussement, De Leencher, Hoebregs y Smiths (1995) reportaron en *Dahlia spp* un contenido de inulina de 59 %, en ambos casos valores similares a los obtenidos en los clones amarillo, asiplinado y vino. Distintas investigaciones con especies de raíz tuberosa han reportado valores de inulina muy variados, por ejemplo Van-Loo *et al.* (1995) reportaron en topinambur un 89 % y en achicoria un 79 % de

inulina, valores superiores a los obtenidos en las raíces tuberosas de clones de dalia. Por otro lado, reportaron en yacón un 27 % de inulina, el cual es un valor cercano a lo obtenido en la raíz tuberosas del clon color rosa.

Industrialmente la inulina se ha obtenido a partir de dos especies: la pataca (*Helianthus tuberosus*) y la achicoria (*Cichorium intybus*) (Flamm, Glinsmann, Kritchevsky, Prosky & Roberfroid, 2001). En este contexto, el clon color amarillo de dalia puede ser una opción importante para la extracción industrial de inulina, por sus valores cercanos a los reportados para las dos especies antes mencionadas. Los valores obtenidos en las raíces tuberosas de los clones amarillo, asiplinado y vino son mayores a otras especies vegetales, como la cebolla (*Allium cepa*), ajo (*Allium sativum*) y el espárrago (*Asparagus officinalis*).

Cuadro 28. Comparación de medias de inulina en base seca de raíces tuberosas de cinco clones de dalia (*Dahlia x hortorum*).

Clon	Inulina (%)
Blanco	43.74 b
Amarillo	68.86 a
Asiplinada	56.42 b
Rosa	20.56 c
Vino	56.15 b
DMSH	14.56

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

5.4 Conclusiones

Los clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) asiplinado y blanco fueron estadísticamente superiores ($p \leq 0.05$), a los otros clones, en cuanto al mayor número de raíces tuberosas, siendo también este último clon estadísticamente superior en peso por raíces, porcentaje de humedad y mayor contenido de carbohidratos. Respecto a las variables evaluadas el porcentaje de grasa cruda, materia orgánica y el porcentaje de cenizas no mostraron diferencias estadísticas significativas. Por el porcentaje bajo de grasa cruda y el alto

contenido en fibra, la ingesta de raíces tuberosas de dalia es recomendable. La mejor fuente de proteínas con 11.52 % fue el clon color vino. Con base en su contenido de inulina, el clon color amarillo es un alimento funcional para los seres humanos.

5.5 Literatura citada

- Asociación Mexicana de la dalia o Acocoxochitl A.C. (2014). Dalia. Recuperado de: http://daliaoacocoxochitl.com.mx/1085429_dalia.html
- Badui-Dergal, S. (2013). Química de alimentos (5a ed). México: Pearson Educación. 723 p.
- Buitrago, A. J. A. (1990). *La yuca en la alimentación animal*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 446 p.
- Calixto-Rivas, S. M. (2015). *Caracterización química de la raíz tuberosa de dalia (D. coccinea, D. enana, D. moorei y D. sherffii)* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. 55 p.
- Caravaca-Rodríguez, F. P.; Castel-Genís, J. M.; Guzmán-Guerrero, J. L.; Delgado-Pertíñez, M.; Mena-Guerrero, M. J., Alcalde-Aldea, M. J. & González-Redondo, P. (2005). Bases de la producción animal. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. 512 p.
- Castillo-Matamoros, R., Brenes-Angulo, A., Esker, P., & Gómez-Alpíza, L. (2014). Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L.). *Agronomía Costarricense*, 38(2), 67-81.
- Codex Alimentarius (1997). Directrices para el uso de declaraciones nutricionales y saludables CAC/GL 23 (última modificación 2013). Comité del Codex sobre Etiquetado de los Alimentos. 9 p.
- De Luna-García, I., & Jarquín-Mendoza, C. A. (2015). Efecto de la fecha de siembra en la concentración de inulina en tubérculos de dalia (*Dahlia* spp.) (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. 37 p.
- Flamm, G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L., & Roberfroid, M. (2001). Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. *Crit. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41, 353-362.
- Jiménez, R. E. (2017). Caracterización fisicoquímica y contenido de inulina en raíces tuberosas de cinco especies de dalia (*Dahlia* spp.). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.
- Martí, R. H., Corbino, B. G., & Chludil, D. H. (2011). La batata: el redescubrimiento de un cultivo. *Ciencia hoy*, 21(121), 16-23.
- Mejía-Muñoz, J. M., Mendoza-Arizmendi, J. L. (1995). Distribución de materia seca y desarrollo de raíces tuberosas en plantas de dalia (*Dahlia variabilis* Cav.). *Revista Chapingo*, 3, 135-138.

- Moser, C. B. & Hess E. C. (1968). The physiology of tuberous root development in dahlia. American society for horticultural science, 93(595-603).
- Nicklas, T. M., Berenson, G. (1995). Dietary fiber intake of children: The Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*, 96, 988-994.
- Nicklas, T. M., Farris, R., Myers, L., & Berenson, G. (1995). Dietary fiber intake of children and young adults: The Bogalusa Heart Study. *J Am Diet Assoc*, 95(2), 209-214.
- Ramos-Zapana, R., & Arias-Arroyo, G. (2010). Evaluación químico bromatológica de las variedades yurac llajum, qello llajum y yurac checche de *Smallanthus sonchifolius* (poepp & endl).H. Robinson (yacón) procedente de puno. *Ciencia e Investigación*, 13(2), 72-76.
- Sauvant, T. D., Marc, P.J., & Tran, G. (2004). *Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero: cerdos aves, bovinos, ovinos, caprinos, conejos, caballos y peces*. México: Editorial Mundi Prensa. 310 p.
- Sosa de Pro, E. (1979). Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Chapingo, México: UACH, Departamento de Zootecnia.
- Souci, W. S., Fachmann, W., & Kraut, H. (2008). *Food composition and nutrition tables, 7th revised and completed edition*. Stuttgart, Germany: Wissenschaftliche verlagsgesellschaft. 1300 p.
- Sorensen, P. D. (1969). Revision of the genus Dahlia (Compositae, Heliantheae Coreopsidinae). *Rhodora*, 71, 367-416.
- Van-Loo, J., Coussement, P., De Leenheer, L., Hoebregs, H., & Smiths, G. (1995). On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*; 35, 525-552.
- Whitley GR. (1985) The medicinal and nutritional properties of *Dahlia spp*. *J Ethnopharmacol*.14 (1):75-82.
- Zimmerman, P. W., & Hitochcock, A. E. (1929). Root formation and flowering of dahlia cuttings when subjects to different day lengths. *Botanical gazette*, 87, 1-13.

CONCLUSIONES GENERALES

Las flores de dalia *Dahlia x hortorum* poseen un alto contenido fenólico, carotenoides y actividad antioxidante, por lo cual sería un alimento funcional. Los clones de coloración oscura (vino) y amarillo tuvieron mayor composición fenólica, contenido de carotenoides y capacidad antioxidante. En los días evaluados, la acidez titulable, actividad antioxidante, el contenido de antocianinas y flavonoides mostraron cambios estadísticos significativos. Las flores deshidratadas de dalia mostraron un aumento de fenoles, carotenoides y antocianinas así como capacidad antioxidante, en cambio existió una disminución de vitamina C. El clon color vino resalto entre los demás clones, ya que obtuvo los mayores niveles de compuestos fenólicos.

Respecto de las raíces tuberosas de los clones de dalia (*Dahlia x hortorum*) asiplinado y blanco presentaron el mayor número de raíces tuberosas, siendo también este último clon el que presento el mayor peso por raíces, mayor porcentaje de humedad y mayor contenido de carbohidratos. Respecto a las variables evaluadas el porcentaje de grasa cruda, materia orgánica y el porcentaje de cenizas no mostraron diferencias estadísticas significativas. Por el porcentaje bajo de grasa cruda y al alto contenido en fibra cruda es recomendable la ingesta de las raíces tuberosas de dalia. La mejor fuente de proteínas fue el clon color vino con 11.52 %. Con base en su contenido de inulina, el clon color amarillo sería un alimento funcional para los seres humanos.