

Características físicas y químicas de cladodios de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.

Physical and chemical characteristics of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. cladodes

Características físicas e químicas de cladódios do *Opuntia
ficus-indica* (L.) Mill.

Humberto Barazarte^{1*}, Yanira Terán¹, Ramón D'Aubeterre²,
Leónidas Pérez³, Carlos Garmendia¹, Ismar Moreno¹,
Elymar Rodríguez¹, Darisol Pacheco⁴, Ciolys Colmenares⁵,
Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta⁴

¹Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto, Av. Florencio Giménez Km. 1, Núcleo Universitario El Obelisco, Ambiente 12, Lara. Venezuela. Correos electrónicos: humbertobarazarte@ucla.edu.ve, yanirateran@ucla.edu.ve, carlosgarmendia@ucla.edu.ve, morenoismar11@gmail.com, ely06yan@gmail.com. ²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. El Cují, Lara. Venezuela. Correo electrónico: ramondaubeterre@gmail.com. ³Ingeniero Agroindustrial. Correo electrónico: leonidaspr@hotmail.com. ⁴ y ⁵Departamentos de Botánica y Estadística, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Correos electrónicos: dpacheco@fa.luz.edu.ve, ciolysc@fa.luz.edu.ve, usanchez@fa.luz.edu.ve.

Resumen

Opuntia ficus-indica (L.) Mill. se desarrolla adecuadamente en las zonas áridas y semiáridas de Venezuela; sin embargo, se requiere información científica acerca de este cultivo que permita proponer alternativas de aprovechamiento agroindustrial. En este sentido, se planteó estudiar las características físicas y químicas de los cladodios de *O. ficus-indica* cultivada en El Tocuyo, estado Lara. Los cladodios se cosecharon a las edades de 1 a 4, 5 a 8 y 9 a 12 meses y se les evaluó biomasa fresca, longitud, ancho, grosor, acidez titulable (AT), pH y contenidos de sólidos solubles totales (SST), ácido ascórbico, humedad, proteínas, cenizas, grasas, carbohidratos, pectina total, hierro, calcio y potasio. Se utilizó

Recibido el 17-05-2016 • Aceptado el 31-01-2017.

*Autor de correspondencia e-mail: humbertobarazarte@ucla.edu.ve

un diseño completamente aleatorizado para evaluar el efecto de la edad sobre las características de los cladodios a través de análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey. Los cladodios presentaron 244,85 a 1.298,25 g de biomasa fresca, 26,47 a 40,04 cm de longitud, 15,86 a 22,95 cm de ancho y 7,7 a 15,2 mm de grosor. La AT fue de 0,39 a 0,73 g de ácido cítrico ·100 g⁻¹ y el pH varió de 4,08 a 4,52. Los componentes químicos mayoritarios de los cladodios fueron humedad (91,89 a 92,20 g·100 g⁻¹), carbohidratos (5,62 a 6,02 g·100 g⁻¹) y minerales (1,32 y 1,51 g·100 g⁻¹). Se concluyó que los cladodios de *O. ficus-indica* presentaron características físicas y químicas dependientes de la edad y representan una fuente de humedad, carbohidratos, ácido ascórbico, hierro, calcio y potasio.

Palabras clave: *Opuntia ficus-indica*, cladodios, Cactaceae, forraje, caracterización.

Abstract

Opuntia ficus-indica (L.) Mill. grows properly in arid and semiarid regions of Venezuela; nevertheless, scientific information about the crop is required that allows proposing alternative of agroindustrial use. In this sense, it was aimed to study the physical and chemical characteristics of *O. ficus-indica* cladodes grown in El Tocuyo, Lara state. Cladodes at ages from 1 to 4, 5 to 8 and 9 to 12 months were harvested and were evaluated fresh biomass, length, width, thickness, titratable acidity (TA), pH, and contents of total soluble solids (TSS), ascorbic acid, moisture, proteins, ash, fats, carbohydrates, total pectin, iron, calcium and potassium. A completely randomized design was used to evaluate the effect of age on the characteristics of the cladodes through variance analysis and Tukey means comparison test. Cladodes presented 244.85 to 1,298.25 g of fresh biomass, 26.47 to 40.04 cm long, 15.86 to 22.95 cm width and 7.7 to 15.2 mm thick. The major chemical components of the cladodes were moisture (91.89 to 92.20 g ·100 g⁻¹), carbohydrates (5.62 to 6.02 g ·100 g⁻¹) and minerals (1.32 and 1.51 g ·100 g⁻¹). It was concluded that *O. ficus-indica* cladodes presented physical and chemical characteristics dependent on age and represent a source of moisture, carbohydrates, ascorbic acid, iron, calcium and potassium.

Key words: *Opuntia ficus indica*, cladodes, Cactaceae, forage, characterization.

Resumo

Opuntia ficus-indica (L.) Mill. se desenvolve adequadamente em regiões áridas e semi-áridas da Venezuela; no entanto, é necessária a informação científica nessa cultura que permite propor uso agroindustrial alternativo. Neste sentido, propôs-se a estudar as características físicas e químicas de cladodios do *O. ficus-indica* cultivadas em El Tocuyo, estado Lara. Cladódios foram colhidas em idades 1 a 4, 5 a 8 e 9 a 12 meses e foram avaliados biomassa fresca, comprimento,

largura, espessura, acidez titulável (AT), pH e teor de sólidos solúveis totais (SST), ácido ascórbico, humidade, proteína, cinzas, gordura, hidratos de carbono, pectina total de ferro, de cálcio e de potássio. Foi usado análise de variância inteiramente casualizado e teste de comparação de médias de Tukey para avaliar o efeito da idade sobre as características dos cladódios. Cladódios apresentaram 244,85-1.298,25 g de biomassa fresca, 26,47 a 40,04 cm de comprimento, 15,86 a 22,95 cm de largura e 7,7 a 15,2 mm de espessura. A AT foi 0,39-0,73 g de ácido cítrico.100 g⁻¹ e o pH variou 4,08-4,52. Os principais componentes químicos do cladódio foram, humidade (91,89 a 92,20 g·100 g⁻¹), hidratos de carbono (5,62 a 6,02 g·100⁻¹) e minerais (1,32 e 1, 51 g·100 g⁻¹). Concluiu-se que cladódio *O. ficus-indica* apresentaram características físicas e químicas dependentes da idade e representam uma fonte de humidade, hidratos de carbono, ácido ascórbico, ferro, cálcio e potássio.

Palavras-chave: *Opuntia ficus-indica*, almofadas de cacto, Cactaceae, forragem, caracterização.

Introducción

Opuntia ficus-indica (L.) Mill., comúnmente llamada tuna española, es una planta tropical y subtropical que se desarrolla en climas áridos y semiáridos de México, Latinoamérica, Sudáfrica y países del Mediterráneo (El-Mostafa *et al.*, 2014), donde la mayor diversidad de la especie se encuentra en las regiones semiáridas de la parte central de México, debido a que se cultivan alrededor de 10.000 ha para el consumo humano. Es una planta rústica, con capacidad para adecuarse a climas extremos y diferentes condiciones edáficas y características fisiológicas que permiten cultivarla a bajo costo (Torres-Ponce *et al.*, 2015). En este sentido, Solano y Orihuela (2008) sostuvieron que las plantas produjeron cladódios más fuertes y vigorosos en climas secos y semi-secos, en donde pocas especies vegetales podrían sobrevivir.

Introduction

Opuntia ficus-indica (L.) Mill., commonly known as Spanish prickly pear, is a tropical and sub-tropical plant that develops in arid and semi-arid weather of Mexico, Latin America, South-Africa and the Mediterranean (El-Mostafa *et al.*, 2014), where the highest diversity of species is found in the semi-arid regions of central Mexico, since approximately 10.000 ha are cropped for human consumption. *Opuntia* is a wild plant, with a capacity to adequate to external weather and different soil conditions and physiological characteristics that allow cropping it at a low-cost (Torres-Ponce *et al.*, 2015). In this sense, Solano and Orihuela (2008) mentioned that the plants produced stronger and more vigorous cladodes in dry and semi-dry weather, where only few species could survive.

La mayoría de las plantaciones de *O. ficus-indica* se destinan a la producción de frutos y cladodios para la alimentación humana y de caprinos, ovinos y bovinos (Azócar, 2001). Los cladodios, son consumidos tradicionalmente en México, pero también se ha experimentado una creciente demanda en Estados Unidos, Canadá, Japón, Italia y Turquía por su bajo valor calórico, alto contenido en fibra, propiedades nutricionales y funcionales (Osorio-Córdoba *et al.*, 2011); pueden ser consumidos frescos, cocidos o utilizados para el enriquecimiento de productos de la dieta diaria, como jugos, licores y harinas de panificación, pastificio y galletería, entre otros (Peña-Valdivia y Sánchez-Urdaneta, 2006; Peña-Valdivia *et al.*, 2012). En la alimentación animal, los cladodios de *O. ficus-indica* han desempeñado un papel importante para satisfacer la demanda de forraje en las regiones semiáridas desde hace muchos años; las cactáceas tienen un sistema fotosintético ácido crasuláceo (MAC) especializado que permite una producción más eficiente por unidad de biomasa seca y eficiencia en el uso del agua, con relación a la que presentan pastos y leguminosas (Torres-Ponce *et al.*, 2015). *Opuntia ficus-indica* representa una alternativa alimenticia durante épocas de sequías por su bajo costo y capacidad de desarrollarse en condiciones de déficit hídrico y altas temperaturas (Florio y Florio, 2008).

Las zonas áridas y semiáridas de Venezuela, que ocupan aproximadamente 4% del territorio nacional, presentan condiciones

Most of *O. ficus-indica* plantations are used to the production of fruits and cladodes for human alimentation and animal alimentation such as goat, ovine and bovine cattle (Azócar, 2001). Cladodes are traditionally consumed in Mexico and there has been a crescent demand in the United States, Canada, Japan, Italia and Turkey, due to its low caloric level, higher fiber content, and nutritional and functional properties (Osorio-Córdoba *et al.*, 2011); cladodes can be eaten fresh, cooked or be used for enriching products of daily diet such as juices, liquors and flour for baking (Peña-Valdivia and Sánchez-Urdaneta, 2006; Peña-Valdivia *et al.*, 2012). In the food alimentation, cladodes of *O. ficus-indica* have had an important role to satisfy the demand of forage in the semi-arid areas, Cactaceae have a specialized crassulacean acid photosynthetic system (CAM) that allows having a more efficient production by unit of dry biomass and efficiency in the use of water in relation to the pastures and legumes (Torres-Ponce *et al.*, 2015). *Opuntia ficus-indica* represents a food alternative during the drought by its low costs and capacity to develop under water deficit conditions and high temperatures (Florio y Florio, 2008).

Arid and semi-arid areas of Venezuela that occupy 4% of the national territory have adequate conditions for the production of cladodes of *O. ficus-indica* (Florio and Florio, 2008); this crop constitutes a cheap alternative for the population that could be offered for the animal alimentation. However, different

adecuadas para la producción de cladodios de *O. ficus-indica* (Florio y Florio, 2008); este cultivo constituye una alternativa económica para la población, que se podría ofrecer para el consumo en forma de hortaliza, para enriquecimiento de alimentos y como alternativa forrajera para la alimentación animal. Sin embargo, aunque en Sur América se han desarrollado diversas investigaciones sobre *O. ficus-indica*, en Venezuela existe poca información científica de estos materiales (Chaparro *et al.*, 2013) por el poco interés comercial, de allí la necesidad de realizar estudios relacionados con su caracterización que permitan mejorar niveles de producción y proponer alternativas de aprovechamiento agroindustrial.

El objetivo del trabajo fue estudiar las características físicas y químicas de cladodios de *O. ficus-indica* cultivados en El Tocuyo, estado Lara, Venezuela.

Material y métodos

Material vegetal

Los cladodios de *O. ficus-indica* fueron cosechados a las edades de 1 a 4, 5 a 8 y 9 a 12 meses, de una plantación de aproximadamente 25 años de edad de la Hacienda La Llanada, ubicada en el sector Colinas de Marcos Perdomo, El Tocuyo, estado Lara, con una temperatura promedio anual de 24,7 °C y precipitaciones de 663 mm año⁻¹. Para establecer la edad de corte se realizó un marcaje de yemas y se hizo un seguimiento en el tiempo; la cosecha se realizó en bolsas de papel antes de las 10:00 am, según lo recomendado por Maki-Díaz *et al.* (2015).

investigations have been carried out about *O. ficus-indica* even in South America, in Venezuela there are few scientific investigations of these materials (Chaparro *et al.*, 2013) due to the little commercial interest; thus, the need of carrying out studies related to its characterization that would allow improving the production levels and propose alternative of agroindustrial utilization.

The aim of this research was to study the physical and chemical characteristics of *O. ficus-indica* cropped in El Tocuyo, Lara state, Venezuela.

Materials and methods

Plant material

Cladodes of *O. ficus-indica* were cropped at ages from 1 to 4, 5 to 8 and 9 to 12 months, from a 25-year-old plantation of the farm "La Llanada", located at Colinas de Marcos Perdomo, El Tocuyo, Lara state, with an annual average temperature of 24.7 °C and precipitations of 663 mm year⁻¹. To establish the cut age, buds were marked and a time-follow up was done; the harvest was done in paper bags before 10:00 am, as recommended by Maki-Díaz *et al.* (2015).

The sample consisted on 60 cladodes, 20 by age, divided into five groups of four units each. Cladodes were washed with tap water to eliminate the thorns and were disinfected with sodium hypochlorite solution 200 mg·L⁻¹, were dehydrated in a lyophilizer (LABCONCO, FreeZone 6 model), were powdered in a domestic grinder and stored in

La muestra consistió en 60 cladodios, 20 por edad, divididos en cinco grupos de cuatro unidades cada uno. Los cladodios se lavaron con agua corriente para eliminar las espinas y se desinfectaron con solución de hipoclorito de sodio $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, se deshidrataron en un liofilizador (LABCONCO, modelo FreeZone 6), se pulverizaron en un molino de uso doméstico y se almacenaron en contenedores herméticos de polipropileno a temperatura ambiente.

Caracterización de los cladodios

A los cladodios de *O. ficus-indica* se les determinó biomasa fresca con una balanza electrónica (KRETZ, modelo NOV B31P-VE), grosor (en la parte media, derecha e izquierda y se tomó el promedio) con un vernier de $120 \pm 0,05 \text{ mm}$ (Mitutoyo, Brasil), y longitud y ancho con una cinta métrica. Luego se aplicó la metodología propuesta por la AOAC (1990) para evaluar acidez titulable (método 942.15), pH (método 945.27), sólidos solubles totales (método 932.15), ácido ascórbico (método 967.21), humedad (método 920.151), proteínas (método 920.152) empleando un factor de conversión de 6,25, cenizas (método 940.26), grasas (método 920.39 B) y carbohidratos por diferencia. Los resultados de la acidez titulable se expresaron como g de ácido málico $\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de muestra.

Adicionalmente, se determinó el contenido de pectina total aplicando el método de McCready y McComb (1952) y el contenido de hierro, calcio y potasio utilizando un espectrómetro de emisión óptica modelo 2100 (PerkinElmer, USA), previa

hermetic polypropylene containers at environmental temperature.

Characterization of cladodes

The fresh biomass was determined to cladodes of *O. ficus-indica*, using an electrical balance (KRETZ, model NOV B31P-VE), thickness (in the medium, right and left side and the average number was used) with a vernier of $120 \pm 0.05 \text{ mm}$ (Mitutoyo, Brazil), and longitude and width using a metric tape. Later, the methodology proposed by AOAC (1990) was applied to evaluate titratable acidity (method 942.15), pH (method 945.27), total soluble solid (method 932.15), ascorbic acid (method 967.21), humidity (method 920.151), proteins (method 920.152) using and ash conversion factor of 6.25, (method 940.26), fats (method 920.39 B) and carbohydrates by difference. The results of the titratable acidity were expressed as g of malic acid $\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ of the sample.

Additionally, the content of total pectin was determined using the McCready and McComb method (1952), and the content of iron, calcium and potassium using an optical emission spectrometer model 2100 (PerkinElmer, USA), with previous acidification and ash dilution according to AOAC (1990), method 968.08.

Statistical analysis

The effect on the age about the characteristics of cladodes was evaluated using a variance analysis (ANOVA) and Tukey comparison mean test applying a completely randomized design. The statistical

acidificación y dilución de las cenizas según AOAC (1990), método 968.08.

Análisis estadístico

El efecto de la edad sobre las características de los cladodios se evaluó con un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey, aplicando un diseño completamente aleatorizado. Se usó el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus Versión 5.1.

Resultados y discusión

Características físicas

En el cuadro 1 se presentan las características físicas de los cladodios de *O. ficus-indica* evaluadas en tres edades de crecimiento. La biomasa fresca varió desde 244,85 a 1.298,25 g, mientras que la longitud, ancho y grosor se ubicaron entre 26,47 a 40,04 cm, 15,86 a 22,95 cm y 7,7 a 15,2 mm, respectivamente. En todos los casos se observaron diferencias estadísticamente significativas

software STATGRAPHICS Plus Version 5.1 was used.

Results and discussion

Physical characteristics

In table 1 are presented the physical characteristics of *O. ficus-indica* cladodes evaluated in three growing ages. The fresh biomass varied from 244.85 to 1,298.25 g, while the length, width and thickness were among 26.47 to 40.04 cm, 15.86 to 22.95 cm and 7.7 to 15.2 mm, respectively. In all the cases, significant statistical differences were observed (P<0.05) with increment of the physical characteristics in function of the age of cladodes. Maki-Díaz et al. (2015) reported lower values in cladodes of *O. ficus-indica* (biomass of 125.35 and 163.04 g, longitude of 21.66 and 23.86 cm and width of 11.44 and 12.36 cm, for exporting and national consumption, respectively); the divergence with the results of

Cuadro 1. Características físicas de cladodios de *Opuntia ficus-indica* para tres edades de crecimiento.

Table 1. Physical characteristics of cladodes of *Opuntia ficus-indica* for three ages of growth.

Características físicas	Edad de los cladodios		
	1 a 4 meses	5 a 8 meses	9 a 12 meses
Biomasa fresca (g)	244,85 ± 78,35 ^a	674,75 ± 275,85 ^b	1298,25 ± 476,37 ^c
Longitud (cm)	26,47 ± 3,53 ^a	33,08 ± 6,04 ^b	40,04 ± 4,45 ^c
Ancho (cm)	15,86 ± 2,14 ^a	19,89 ± 3,15 ^b	22,95 ± 2,08 ^c
Grosor (mm)	7,7 ± 1,2 ^a	8,8 ± 2,3 ^b	15,2 ± 4,7 ^c

Resultados expresados como el promedio ± desviación estándar de 20 cladodios con cinco réplicas por edad.

Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa a un α=0,05.

($P < 0,05$) con incremento de las características físicas en función de la edad de los cladodios. Maki-Díaz *et al.* (2015) reportaron valores menores en cladodios de *O. ficus-indica* (biomasa de 125,35 y 163,04 g, longitud de 21,66 y 23,86 cm y ancho de 11,44 y 12,36 cm, para exportación y consumo nacional, respectivamente); la divergencia con los resultados del estudio actual puede atribuirse a factores climáticos y edafológicos, entre otros. Con respecto a la longitud, los cladodios evaluados se ubicaron en el tamaño A (25,1 cm o más) según la norma mexicana NMX-FF-068-SCFI (2006).

Características químicas

En el cuadro 2 se muestra la composición química de los cladodios de *O. ficus-indica* en las tres edades estudiadas. La acidez titulable y pH fueron afectados significativamente por la edad ($P < 0,05$), presentando los valores más altos en los cladodios jóvenes (1 a 4 meses), pero similares en aquellos de 5 a 8 y 9 a 12 meses; los contenidos de sólidos solubles y ácido ascórbico fueron estadísticamente semejantes en las tres edades bajo estudio ($P > 0,05$). En cladodios de la misma especie se ha reportado acidez titulable de 0,99 a 1,11% (Maki-Díaz *et al.*, 2015) y ácido ascórbico de 7 a 22 mg·100 g⁻¹ (El-Mostafa *et al.*, 2014) y 37,27 y 23,11 mg·100 g⁻¹ para cladodios de 1 mes y 12 meses, respectivamente (Guzmán y Chávez, 2007); Valdez-Cepeda *et al.* (2008) indicaron un contenido de ácido ascórbico de 19 mg·100 g⁻¹ en *Opuntia* spp. El pH en los cladodios ha sido reconocido como una variable que depende de la hora de la cosecha debido al metabolismo de las cactáceas, en el cual los valores incrementaron a

the current study might attribute to weather and soil factors, among others. Regarding the longitude, the evaluated cladodes were located in size A (25.1 cm or more) according to the Mexican norms NMX-FF-068-SCFI (2006).

Chemical characteristics

In table 2 is presented the chemical composition of cladodes of *O. ficus-indica* in the three ages studied. The titratable acidity and pH were significantly affected by the age ($P < 0,05$), presenting the highest values the young cladodes (1 to 4 months), but similar to those from 5 to 8 and 9 to 12 months; the contents of soluble solids and ascorbic acid were statistical similar in the three ages under study ($P > 0,05$). Cladodes of the same species have reported titratable acidity from 0.99 to 1.11% (Maki-Díaz *et al.*, 2015) and ascorbic acid from 7 to 22 mg·100 g⁻¹ (El-Mostafa *et al.*, 2014) and 37.27 and 23.11 mg·100 g⁻¹ for 1 month old and 12 month old cladodes, respectively (Guzmán and Chávez, 2007); Valdez-Cepeda *et al.* (2008) indicated a content of ascorbic acid of 19 mg·100 g⁻¹ in *Opuntia* spp. The pH in cladodes is known as a variable that depends on the time of harvest due to the metabolism of the Cactaceae, in which the values increased as the time passed (Flores-Hernández *et al.*, 2004).

In the chemical composition of cladodes of *O. ficus-indica* (table 2) was also observed a high humidity content (91.89 to 92.20 g·100 g⁻¹), showing the succulent nature of the plant material, along to low fat and protein values; carbohydrates varied from

Cuadro 2. Características químicas de cladodios de *Opuntia ficus-indica* para tres edades de crecimiento.**Table 2. Chemical characteristics of cladodes of *Opuntia ficus-indica* for three ages of growth.**

Característica	Edad de los cladodios		
	1 a 4 meses	5 a 8 meses	9 a 12 meses
Acidez titulable (g ácido málico ·100 g ⁻¹)	0,76 ± 0,11 ^a	0,49 ± 0,11 ^b	0,41 ± 0,10 ^b
pH	4,52 ± 0,05 ^a	4,08 ± 0,05 ^b	4,24 ± 0,20 ^b
Sólidos solubles totales (°Brix)	5,59 ± 0,29 ^a	5,09 ± 0,58 ^a	4,98 ± 0,39 ^a
Ácido ascórbico (mg ·100 g ⁻¹)	17,34 ± 2,30 ^a	12,88 ± 3,73 ^a	12,16 ± 3,52 ^a
Humedad (g ·100 g ⁻¹)	91,99 ± 0,77 ^a	92,20 ± 1,09 ^a	91,89 ± 1,21 ^a
Proteína (g ·100 g ⁻¹)	0,60 ± 0,04 ^a	0,50 ± 0,01 ^b	0,43 ± 0,02 ^c
Grasa (g ·100 g ⁻¹)	0,14 ± 0,02 ^a	0,19 ± 0,02 ^b	0,15 ± 0,02 ^a
Cenizas (g ·100 g ⁻¹)	1,32 ± 0,05 ^a	1,49 ± 0,05 ^b	1,51 ± 0,08 ^b
Carbohidratos (g ·100 g ⁻¹) *	5,95	5,62	6,02
Pectina total (g AGA ·100 g ⁻¹)**	0,24 ± 0,02 ^a	0,36 ± 0,04 ^b	0,37 ± 0,03 ^b
Hierro (mg ·100 g ⁻¹)	0,70 ± 0,24 ^a	0,18 ± 0,02 ^b	0,18 ± 0,07 ^b
Calcio (mg ·100 g ⁻¹)	126,06 ± 8,83 ^a	173,66 ± 33,91 ^{ab}	193,48 ± 10,23 ^b
Potasio (mg ·100 g ⁻¹)	376,32 ± 19,82 ^a	307,39 ± 13,70 ^a	256,17 ± 101,64 ^a

Resultados expresados como el promedio ± desviación estándar de 20 cladodios con 5 réplicas por edad.

Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa a un $\alpha=0,05$.

*Determinado por diferencia.

**AGA= ácido anhidrogalacturónico.

medida que aumentaron las horas del día (Flores-Hernández *et al.*, 2004).

En la composición química de los cladodios de *O. ficus-indica* (cuadro 2) también se observó un alto contenido de humedad (91,89 a 92,20 g ·100 g⁻¹), reflejando la naturaleza suculenta del material vegetal, unido a valores bajos de grasa y proteína; los carbohidratos variaron de 5,62 a 6,02 g ·100 g⁻¹ y representaron el componente principal de la materia seca, seguido

5.62 to 6.02 g ·100 g⁻¹ and represented the main component of the dry matter, followed by the ash content found from 1.32 to 1.51 g ·100 g⁻¹. The pectin content was from 0.24 to 0.37 g of AGA ·100 g⁻¹, with the lowest value at the age from 1 to 4 months. Guzmán and Chávez (2007) reported for cladodes of *O. ficus-indica* of 1 month and 1 year old, 0.08 and 1.60% of ashes; 0.17 and 0.11% of fat; 5.96 and 2.43% of carbohydrates and 92.57 and 94.33% of humidity, respectively.

por el contenido de cenizas que se encontró entre 1,32 y 1,51 g·100 g⁻¹. El contenido de pectina se ubicó entre 0,24 a 0,37 g de AGA·100 g⁻¹, con el valor más bajo a la edad de 1 a 4 meses. Guzmán y Chávez (2007) reportaron para cladodios de *O. ficus-indica* de 1 mes y 1 año de edad, 0,08 y 1,60% de cenizas; 0,17 y 0,11% de grasa; 5,96 y 2,43% de carbohidratos y 92,57 y 94,33% de humedad, respectivamente.

La edad de los cladodios afectó significativamente las características químicas evaluadas ($P < 0,05$), a excepción del contenido de humedad, sólidos solubles totales, ácido ascórbico y potasio. El contenido de proteína disminuyó de 0,60 g·100 g⁻¹ (1-4 meses) a 0,43 g·100g⁻¹ (9-12 meses), similar comportamiento fue encontrado por Guzmán y Chávez (2007), cuyos valores de proteína variaron de 0,94 g·100 g⁻¹ en cladodios de 1 mes a 0,48 g·100 g⁻¹ en cladodios de 12 meses.

Con respecto a la determinación de minerales (cuadro 2), se obtuvo 0,18 a 0,70 mg·100 g⁻¹ de hierro; 126,06 a 193,48 mg·100 g⁻¹ de calcio y 256,17 a 376,32 mg·100 g⁻¹ de potasio, con efecto significativo ($P < 0,05$) de la edad sobre el contenido de hierro y calcio. En cladodios de *O. ficus-indica*, Guzmán y Chávez (2007) reportaron valores de hierro de 79,2 a 322 mg·100 g⁻¹, calcio de 42 a 339 mg·100 g⁻¹ y potasio de 0,98 a 145 mg·100 g⁻¹; mientras, El-Mostafa *et al.* (2014) indicaron valores de 5,64 a 17,95 mg·100 g⁻¹ de calcio; 2,35 a 55,20 mg·100 g⁻¹ de potasio y 0,09 mg·100 g⁻¹ de hierro. Los cladodios se han catalogado como una excelente fuente mineral, en el que se destaca su contenido de calcio (Bautista-Justo, 2010).

The age of the cladodes affected significantly the evaluated chemical characteristics ($P < 0.05$), excepting the humidity content, total soluble solids, ascorbic acid and potassium. The protein content reduced from 0.60 g·100 g⁻¹ (1-4 months) to 0.43 g·100g⁻¹ (9-12 months), similar behavior was observed by Guzmán and Chávez (2007), whose protein values varied from 0.94 g·100 g⁻¹ in 1-month cladodes to 0.48 g·100 g⁻¹ in 12-month cladodes.

Regarding the determination of minerals (table 2), it was obtained 0.18 to 0.70 mg·100 g⁻¹ of iron; 126.06 to 193.48 mg·100 g⁻¹ of calcium and 256.17 to 376.32 mg·100 g⁻¹ of potassium, with significant effect ($P < 0.05$) of the age on the content of iron and calcium. In cladodes of *O. ficus-indica*, Guzmán and Chávez (2007) reported values of iron of 79.2 to 322 mg·100 g⁻¹, calcium of 42 to 339 mg·100 g⁻¹ and potassium of 0.98 to 145 mg·100 g⁻¹; meanwhile, El-Mostafa *et al.* (2014) indicated values of 5.64 to 17.95 mg·100 g⁻¹ of calcium; 2.35 to 55.20 mg·100 g⁻¹ of potassium and 0.09 mg·100 g⁻¹ of iron. The cladodes have been classified as an excellent mineral source, in which their calcium content is emphasized (Bautista-Justo, 2010).

Conclusions

It was proved that cladodes of *O. ficus-indica* presented physical and chemical characteristics dependent on the age. The evaluated plant material represents a source of humidity, carbohydrates, ascorbic acid and the minerals iron, calcium and potassium.

End of English version

Conclusiones

Se evidenció que los cladodios de *O. ficus-indica* presentaron características físicas y químicas dependientes de la edad. El material vegetal evaluado representa una fuente de humedad, carbohidratos, ácido ascórbico y los minerales hierro, calcio y potasio.

Literatura citada

- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. 1213 p.
- Azócar, P. 2001. Utilización de paletas de tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) en la alimentación de rumiantes. Avances en Producción Animal 26(1-2):3-14.
- Bautista-Justo, M., R. Pineda-Torres, E. Camarena-Aguilar, G. Alanís-Guzmán, V. Da Mota y J. Bardoza-Corona. 2010. El nopal fresco como fuente de fibra y calcio en panqués. Acta Universitaria 20(3):11-17.
- Chaparro, L., Y. Terán, R. D'Aubeterre, H. Barazarte y K. Ulacio. 2013. Evaluación de las características físicas del fruto de Tuna Española del municipio Morán del estado Lara, Venezuela. Un enfoque multivariado. Agronía (10):25-30.
- El-Mostafa, K., Y. El Kharrassi, A. Badreddine, P. Andreoletti, J. Vamecq, M. El Kebbjaj, N. Latruffe, G. Lizard, B. Nasser and M. Cherkaoui-Malki. 2014. Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. Molecules 19:14879-14901.
- Florio, S. y J. Florio. 2008. Potencial de la tuna española (*Opuntia ficus-indica*) para la alimentación de bovinos doble propósito en zonas áridas y semiáridas de Venezuela. p. 398-409. En: González-Stagnaro, C., N. Madrid-Bury y E. Soto-Belloso (Eds.). Desarrollo sostenible de la ganadería doble propósito. Fundación GIRARZ/Ediciones Astro Data S. A., Maracaibo, Venezuela.
- Flores-Hernández, A., I. Orona-Castillo, B. Murillo-Amador, R. Valdez-Cepeda y J. García-Hernández. 2004. Producción y calidad de nopalitos en la región de la Comarca Lagunera de México y su relación con el precio en el mercado nacional. J. Prof. Assoc. Cactus Dev. 6:23-34.
- Guzmán, D. y J. Chávez. 2007. Estudio bromatológico del cladodio del nopal *Opuntia ficus indica* para el consumo humano. Rev. Soc. Quím. Perú 73(1):41-45.
- McCready, R.M. and E. McComb. 1952. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. Anal. Chem. 24:1986-1988.
- Maki-Díaz, G., C.B. Peña-Valdivia, R. García-Nava, M. Arévalo-Galarza, G. Calderón-Zavala y S. Anaya-Rosales. 2015. Características físicas y químicas de nopal verdura (*Opuntia ficus indica*) para exportación y consumo nacional. Agrociencia 49(1):31-51.
- NMX-FF-068-SCFI. 2006. Hortaliza fresca-nopal verdura (*Opuntia spp.*) especificaciones. Catálogo de normas mexicanas. Secretaría de Economía.
- Osorio-Córdoba, J., C. Pelayo-Zaldívar, J.R. Verde-Calvo, M. Ponce-Valadez, F. Díaz, E. Bosquez-Molina y M. Rodríguez-Huezo. 2011. Conservación de nopal verdura 'Milpa Alta' (*Opuntia ficus indica* Mill.) desespinado en envases con atmósfera modificada. Rev. Mex. Ing. Quím. 10(1):93-104.
- Peña-Valdivia, C.B. y A.B. Sánchez-Urdaneta. 2006. Nopalito and cactus pear (*Opuntia spp.*) polysaccharides: mucilage. Acta Hort. 728:241-247.
- Peña-Valdivia, C.B., C. Trejo, V.B. Arroyo-Peña, A.B. Sánchez-Urdaneta and R. Balois-Morales. 2012. Diversity of unavailable polysaccharides and dietary fiber in domesticated nopalito and cactus pear fruit (*Opuntia spp.*). Chem. Biodivers. 9(8):1599-1610.

Solano, J. y A. Orihuela. 2008. Supervivencia y producción de nopal de verdura *Opuntia ficus indica* utilizando fracciones mínimas. J. Prof. Assoc. Cactus Dev. 1:198-208.

Torres-Ponce, R., D. Morales-Corral, M. Ballinas-Casarrubias y G. Neváres-Moorillón. 2015. El nopal: planta del semiárido con aplicaciones en

farmacia, alimentos y nutrición animal. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 6(5):1129-1142.

Valdez-Cepeda, R., F. Blanco-Macías, R. Vázquez-Alvarado y R. Magallanes-Quintanar. 2008. Producción y usos del nopal para verdura. Rev. Salud Pública Nutr. Edición especial 14:1-19.