

Physical and chemical attributes of feijoa fruit in Veracruz, Mexico

Atributos físicos y químicos del fruto de feijoa en Veracruz, México

Karla Elizabeth González-García¹; Diana Guerra-Ramírez¹;
Oscar Andrés del Ángel-Coronel²; Juan Guillermo Cruz-Castillo^{1*}

¹Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco de Mora, México, C. P. 56230, MÉXICO.

²Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Av. 25 Poniente núm. 100, col. Reserva Territorial, Huatusco, Veracruz, C. P. 94100, MÉXICO.

*Corresponding author: jcruzcastillo@yahoo.com

Abstract

The feijoa is a fruit tree recently grown in the highlands of Veracruz, Mexico. The objectives of this study were to determine some physicochemical and nutritional characteristics of feijoa fruits harvested in Veracruz and to show that some of these attributes are comparable to those of fruits from other producing areas. Commercial-sized fruits were obtained from eight-year-old trees with a single compost application per year. The total soluble solids, pH and acidity of the pulp, in fruits stored at 4, 12 and 25 °C, were similar to those reported in feijoas cultivated in temperate zones. The carbohydrate, fat, fiber, ash, moisture and protein contents in the pulp differ slightly from those reported in the literature. On the other hand, the concentration of vitamin C was higher in the shell than in the pulp. This is the first information on quality parameters of feijoa grown in Mexico. This crop was appropriately adapted to the environment of a high tropical zone.

Keywords: *Acca sellowiana*, vitamin C, pineapple guava, postharvest.

Resumen

La feijoa es un frutal cultivado recientemente en las montañas altas de Veracruz, México. Los objetivos del presente estudio fueron determinar algunas características físicoquímicas y nutricionales de frutos de feijoa cosechados en Veracruz y mostrar que algunos de estos atributos son equiparables a los de frutos de otras zonas productoras. Se obtuvieron frutos de tamaño comercial de árboles de ocho años con una sola aplicación de composta al año. Los sólidos solubles totales, pH y acidez de la pulpa, en frutos almacenados a 4, 12 y 25 °C, fueron similares a los reportados en feijoas cultivadas en zonas templadas. Los resultados de contenido de carbohidratos, grasa, fibra, cenizas, humedad y proteína en la pulpa difieren ligeramente a los reportados en la literatura. Por otro lado, la concentración de vitamina C fue mayor en la cáscara que en la pulpa. Esta es la primera información sobre parámetros de calidad de la feijoa cultivada en México. Este cultivo se adaptó adecuadamente al ambiente de una zona tropical de altura.

Palabras clave: *Acca sellowiana*, vitamina C, guayaba piña, poscosecha.



Introduction

In the mountainous regions of Veracruz, Mexico, above 1,300 m, there is little horticultural production with high added value for marketing (Cruz, Torres, Rodríguez, & Martínez, 2001). The feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret or *Acca sellowiana* Berg) is a fruit tree of the family Myrtaceae. Its center of origin is located in the highlands of Paraguay, southern Brazil and Uruguay, and northeastern Argentina (Keller & Tressens, 2007).

In New Zealand and Australia, feijoa cultivation has been very popular and the fruits are exported as fresh fruit or industrialized products such as wines, jellies, jams and sweets, among others (Cruz, Torres, & Sánchez, 2002). Its cultivation has increased in Italy (Pasquariello et al., 2015), China (Zhang, Wang, Shao-Xiong, & Li-Zhang, 2011) and Turkey (Beyhan, Bozkurt, & Boysal, 2011) due to its high market sales potential and its medicinal anticancer, anti-inflammatory, antiviral, antimicrobial, hepatoprotective, anti-osteoporosis, antihyperthyroid, antioxidant and immunomodulatory properties (Lim, 2012); it is also used as a preventive treatment for gastritis and ulcers (Monforte et al., 2014). It grows in soils with pH between 6.0 and 6.5 (Fischer, Miranda-Lasprilla, Cayón-Salinas, & Mazorra-Agudelo, 2003), but in Turkey it has adapted to pH levels of up to 8.66 (Beyhan et al., 2011). It is propagated by grafting, cutting and layering (Zhang et al., 2011).

This is the first paper published in a peer-reviewed journal on the cultivation of feijoa in a high tropical region in Mexico. The objectives of this study were to determine some physicochemical and nutritional characteristics of feijoa fruits harvested in Veracruz and to show that some of these attributes are comparable to those of fruits from other producing areas.

Materials and methods

Plant material

Feijoa fruits were collected at physiological maturity in July 2015 in Huatusco, municipality of Veracruz, Mexico. The fruits came from eight-year-old trees propagated by seed; they were kept under rain-fed conditions and fertilized once a year with 400 g of compost made with sheep manure. The trees were established in a 4 x 4 m planting arrangement in a tropical zone at 2,000 masl, with average annual rainfall of 1,825 mm (Cruz et al., 2002) and soil with pH 6.1 at 30 cm deep.

Physical characterization of fruits

A total of 30 fruits were randomly selected from one out of every four similar-sized (2.5 m) trees in

Introducción

En las regiones montañosas de Veracruz, México, arriba de los 1,300 msnm, escasea la producción hortícola con valor agregado alto para su comercialización (Cruz, Torres, Rodríguez, & Martínez, 2001). La feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret o *Acca sellowiana* Berg) es un frutal de la familia Myrtaceae. Su centro de origen se encuentra en las partes altas de Paraguay, sur de Brasil y Uruguay, y noreste de Argentina (Keller & Tressens, 2007).

En Nueva Zelanda y Australia, el cultivo de feijoa ha sido muy popular y los frutos se exportan como fruta fresca o productos industrializados como vinos, jaleas, mermeladas, dulces, entre otros (Cruz, Torres, & Sánchez, 2002). Su cultivo ha incrementado en Italia (Pasquariello et al., 2015), China (Zhang, Wang, Shao-Xiong, & Li-Zhang, 2011) y Turquía (Beyhan, Bozkurt, & Boysal, 2011) por su alto potencial de venta en mercados y sus propiedades medicinales como anticancerígeno, antiinflamatorio, antiviral, antimicrobiano, hepatoprotector, antiosteoporosis, antihipertiroideo, antioxidante, inmunomodulador (Lim, 2012) y como preventivo de gastritis y úlceras (Monforte et al., 2014). Crece en suelos con pH entre 6.0 y 6.5 (Fischer, Miranda-Lasprilla, Cayón-Salinas, & Mazorra-Agudelo, 2003), pero en Turquía se ha adaptado a pH de hasta 8.66 (Beyhan et al., 2011). Se propaga por injerto, estacas y acodos (Zhang et al., 2011).

Este es el primer trabajo publicado en una revista periódica con arbitraje sobre el cultivo de feijoa en una región tropical de altura en México. Los objetivos del presente estudio fueron determinar algunas características fisicoquímicas y nutricionales de frutos de feijoa cosechados en Veracruz y mostrar que algunos de estos atributos son equiparables a los de frutos de otras zonas productoras.

Materiales y métodos

Material vegetal

Se colectaron frutos de feijoa en estado de madurez fisiológica, en julio de 2015 en Huatusco, municipio de Veracruz, México. Los frutos provinieron de árboles de ocho años de edad propagados por semilla; los cuales se mantuvieron bajo condiciones de temporal y se fertilizaron una vez al año con 400 g de composta laborada con estiércol de borrego. El establecimiento de los árboles era en marco real a 4 x 4 m en una zona tropical a 2,000 msnm, precipitación promedio anual de 1,825 mm (Cruz et al., 2002) y suelo con pH de 6.1 a 30 cm de profundidad.

an orchard with 350 feijoa trees. Their length (mm) and diameter (mm) were determined with a digital vernier caliper (Mitutoyo model CD-6"CSX). The pulp and shell were separated and weighed (g) on a digital scale (OHAUS CS 2000).

Bromatological analysis

Total moisture, ash, crude protein, fat, crude fiber and carbohydrate percentages (Hall, 2003) were determined in 10 ripened feijoa fruits (Harman, 1987), harvested at random from a tree. The analyses were done in triplicate and expressed on a wet basis. The determinations were carried out in accordance with the following Mexican standards for the bromatological analysis of food: NMX-F-83-1986 (*Secretaría de Economía* [SE], 1986), NMX-F-089-S-1978 (SE, 1978a), NMX-F-068-S-1980 (SE, 1980), NMX-F-090-S-1978 (SE, 1978b) and NMX-F-066-S-1978 (SE, 1978c).

Physicochemical analysis

From three trees, fruits of 70 to 80 g at physiological maturity (with little resistance to harvesting; Harman, 1987) were randomly collected. Subsequently, three samples of 35 fruits each were subjected to 4, 12 and 25 °C and total soluble solids (TSS, °Brix), pH and titratable acidity (%) were evaluated at 0, 4, 8, 12, 16, 20 and 24 days of storage.

To measure TSS, a few drops of fruit juice were placed in an ABBE® digital refractometer (Leica Mark II), previously calibrated with distilled water. The pH of the previously-ground pulp was determined with a potentiometer. The titratable acidity was determined according to Mexican standard NMX-F-102-S-1978 (SE, 1978d), titrating with 0.1 N NaOH. Results were expressed as percent acidity based on citric acid (Famiani, Battistelli, Moscatello, Cruz-Castillo, & Walker, 2015). Weight loss (g) was assessed by the Harman method (1987). Firmness and resistance to pressure were determined in three parts of the fruit: distal, proximal and middle, for which a 0-10 kg·cm⁻² Wagner® penetrometer was used.

Determination of vitamin C

The fruits were lyophilized (LABCONCO® 4.5) for 9 h at 332 Mbar·10⁻³ and -41 °C, or dehydrated (Sedona Combo-SD-P9150-F) by convection at 60 °C, 8 h and 40 °C, 24 h. For each type of drying, the vitamin C content was determined by the volumetric method (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 1990). To do this, an extractive solution was prepared by mixing 7.5 g of metaphosphoric acid, 200 mL of distilled water and 20 mL of acetic acid.

Caracterización física de frutos

Se seleccionaron en total 30 frutos al azar, uno de cada cuatro árboles de tamaño similar (2.5 m), en una huerta con 350 árboles de feijoa. Se determinó su longitud (mm) y diámetro (mm) con un vernier electrónico (Mitutoyo modelo CD-6"CSX). La pulpa y cáscara se separaron y se pesaron (g) en una balanza digital (OHAUS CS 2000).

Análisis bromatológico

Se determinó porcentaje de humedad total, cenizas, proteína cruda, grasa, fibra cruda y carbohidratos (Hall, 2003) en 10 frutos de feijoa en madurez de consumo (Harman, 1987) cosechados al azar de un árbol. Los análisis se hicieron por triplicado y se expresaron en base húmeda. Las determinaciones se llevaron a cabo de acuerdo con las normas mexicanas para el análisis bromatológico de alimentos NMX-F-83-1986 (*Secretaría de Economía* [SE], 1986), NMX-F-089-S-1978 (SE, 1978a), NMX-F-068-S-1980 (SE, 1980), NMX-F-090-S-1978 (SE, 1978b) y NMX-F-066-S-1978 (SE, 1978c).

Análisis fisicoquímicos

De tres árboles, se colectaron al azar frutos de 70 a 80 g en madurez fisiológica (con poca resistencia a ser cosechados; Harman, 1987). Posteriormente, se sometieron a 4, 12 y 25 °C tres muestras de 35 frutos cada una y se evaluaron sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH y acidez titulable (%) a los 0, 4, 8, 12, 16, 20 y 24 días de almacenamiento.

Para medir SST, se colocaron unas gotas de jugo del fruto en un refractómetro ABBE® digital (Leica Mark II), previamente calibrado con agua destilada. El pH de la pulpa, previamente molida, se determinó con un potenciómetro. La acidez titulable se determinó de acuerdo con la norma mexicana NMX-F-102-S-1978 (SE, 1978d), titulando con NaOH al 0.1 N. Los resultados se expresaron como porcentaje de acidez con base en ácido cítrico (Famiani, Battistelli, Moscatello, Cruz-Castillo, & Walker, 2015). La pérdida de peso (g) se evaluó mediante el método de Harman (1987). La firmeza y la resistencia a la presión se determinaron en tres partes del fruto: distal, proximal y media; para lo cual se empleó un penetrómetro Wagner® de 0-10 kg·cm⁻².

Determinación de vitamina C

Los frutos se liofilizaron (LABCONCO® 4.5) por 9 h a 332 Mbar·10⁻³ y -41 °C, o deshidrataron (Sedona Combo-SD-P9150-F) por convección a 60 °C, 8 h y 40 °C, 24 h. Para cada tipo de secado, el contenido de vitamina C se determinó por el método volumétrico (*Association of Official Analytical Chemist* [AOAC], 1990). Para ello, se

The mixture was brought to 250 mL with distilled water. Subsequently, from a standard solution of ascorbic acid ($1 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$), a 2-mL aliquot was taken and brought to 50 mL with the extractive solution. The feijoa pulp or shell sample (0.1 g) was mixed with 5 mL of the extractive solution, vortexed (5 min) and centrifuged (3,000 rpm, 15 min). The supernatant was brought to 5 mL. The sample and the vitamin C standard (2 mL) were titrated with 2,6-dichlorophenolindophenol concentrated at $10 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. The extractive solution was used as a blank. The determinations were done in triplicate and the results were expressed in milligrams of vitamin C per gram of dry basis sample.

Data analysis

A completely randomized design was used to evaluate the physical characteristics of the fruits. The variables were evaluated with an analysis of variance and significant differences among means were determined using the Tukey test ($P \leq 0.05$). The standard error was determined to evaluate parameters of the bromatological analysis and vitamin C content. Data analysis was done with the InfoStat statistical package (Di Rienzo et al., 2016).

Results and discussion

Physical characterization of fruits

The weight and diameter of the fruits were statistically different ($P \leq 0.05$) among the four evaluated trees. Average fresh weight ranged from 29.47 to 50.25 g (Table 1). Talamini-do Amarante and Louise-dos Santos (2011) indicate that feijoa fresh weight ranges from 20 to 250 g, and the values determined in the present study are within this range. However, they were lower than those determined in feijoa cultivars planted in Italy (Pasquariello et al., 2015), which were mainly selected for their size and weight (Sharpe, Sherman, & Miller, 1993). In the present study, data are shown for seed-propagated trees, which in orchards generally have smaller fruits (Fischer et al., 2003). In terms of diameter and length, the fruits are within the ranges indicated in the literature (Talamini-do Amarante & Louise-dos Santos, 2011).

preparó una disolución extractora mezclando 7.5 g de ácido metafosfórico, 200 mL de agua destilada y 20 mL de ácido acético. La mezcla se aforó a 250 mL con agua destilada. Posteriormente, a partir de una disolución estándar de ácido ascórbico ($1 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$), se tomó una alícuota de 2 mL y se aforó a 50 mL con la disolución extractora. La muestra de pulpa o cáscara de feijoa (0.1 g) se mezcló con 5 mL de la disolución extractora, se agitó en vórtex (5 min) y se centrifugó (3,000 rpm, 15 min). El sobrenadante se aforó a 5 mL. La muestra y el estándar de vitamina C (2 mL) se titularon con 2,6-diclorofenolindofenol a una concentración de $10 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. La disolución extractora se utilizó como blanco. Las determinaciones se hicieron por triplicado y los resultados se expresaron en miligramos de vitamina C por gramo de muestra en base seca.

Análisis de datos

Para evaluar las características físicas de los frutos se empleó un diseño completamente al azar. Las variables se evaluaron con un análisis de varianza y para determinar diferencias significativas entre medias se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). El error estándar se determinó para evaluar parámetros del análisis bromatológico y contenido de vitamina C. El análisis de datos se hizo con el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2016).

Resultados y discusión

Caracterización física de los frutos

El peso y diámetro de los frutos fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) entre los cuatro árboles evaluados. El peso fresco promedio osciló entre 29.47 y 50.25 g (Cuadro 1). Talamini-do Amarante y Louise-dos Santos (2011) indican que el peso fresco de la feijoa va de 20 a 250 g, y los valores determinados en el presente estudio se encuentran dentro de este rango. Sin embargo, fueron menores a los determinados en cultivares de feijoa plantados en Italia (Pasquariello et al., 2015); los cuales se seleccionaron por su tamaño y peso, principalmente (Sharpe, Sherman, & Miller, 1993). En el presente estudio, se muestran datos de árboles propagados por semilla, que en huertas generalmente tienen frutos

Table 1. Physical characteristics of feijoa fruits grown in Huatusco, Veracruz, at 2,000 masl.

Cuadro 1. Características físicas de frutos de feijoa cultivados en Huatusco, Veracruz, a 2,000 msnm.

	Tree 1 /Árbol 1	Tree 2 /Árbol 2	Tree 3 /Árbol 3	Tree 4 /Árbol 4
Fresh weight (g) /Peso fresco (g)	50.25 ± 13.34 a ^z	45.34 ± 15.01 a	35.97 ± 14.30 b	29.47 ± 10.84 b
Length (mm)/Longitud (mm)	52.22 ± 7.78 a	55.65 ± 5.84 a	51.13 ± 7.80 a	52.39 ± 7.98 b
Diameter (mm)/Diámetro (mm)	39.66 ± 3.76 a	37.96 ± 4.31 c	33.87 ± 4.98 c	31.28 ± 4.64 b

^zMeans with the same letter within each row do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).

^zMedias con la misma letra dentro de cada hilera no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

Table 2. Bromatological analysis of feijoa fruit pulp in 100 g fresh weight.**Cuadro 2. Análisis bromatológico de pulpa de frutos de feijoa en 100 g de peso fresco.**

Component / Componente	Amount (%) / Cantidad (%)
Ash / Cenizas	0.32
Moisture / Humedad	80.42
Protein / Proteína	0.23
Fat / Grasa	0.38
Crude fiber / Fibra cruda	3.75
Carbohydrates / Carbohidratos	15

Bromatological analysis

The feijoa grown in Veracruz is similar to that produced in Colombia in terms of carbohydrates and fiber (Table 2). The ash, moisture and protein values were higher in the Colombian fruits (1.6, 1.0 and 3.5 times, respectively). In fats, the feijoa pulp analyzed in this study had values 1.5 times higher than those reported in Colombian fruits (Fischer et al., 2003).

Physicochemical analysis

The fruits at 25 °C and 24 days of storage reached TSS concentrations of 12 to 14 °Brix. At 12 °C, fruit metabolism was slower and with few changes until 20 days of storage. By contrast, at 4 °C there was no significant variation ($P \leq 0.05$) in TSS (10 °Brix) after 24 days of storage. In postharvest, the values of this parameter in the feijoa range from 10 to 13.3 °Brix (Pasquariello et al., 2015).

In the first four days of storage there were no statistically significant ($P \leq 0.05$) changes in the pH of the fruit pulp at 4 °C (2.8) and 12 °C (2.9). However, at 25 °C the pH was higher (3.6). Parra and Fischer (2013) mention that feijoa postharvest pH ranges between 3.1 and 3.5. The pH may fluctuate depending on the cultivar, agroecological factors in the orchard and storage conditions. The maximum titratable acidity value in this study was 5 % in fruits stored at 25 °C for 24 days. Fruits stored at 12 °C had 2.05 % acidity. At 4 °C, the 1 % acidity at 25 days of storage was twice as high as that reported by Velho, do Amarante, Argenta, and Steffens (2011).

In feijoa pulp, the predominant organic acids are the malic and citric ones throughout development and maturation, and their increase is continuous from two months after anthesis. Quinic acid is also present at maturity, but in small amounts (Harman, 1987). Fruit firmness values at 16 days of storage were 1.5, 2.2 and 2.9 kg·cm⁻² at 25, 12 and 4 °C, respectively. Parra and Fischer (2013) indicate similar values.

de menor tamaño (Fischer et al., 2003). En cuanto al diámetro y longitud, los frutos se encuentran dentro de lo indicado en la literatura (Talamini-do Amarante & Louise-dos Santos, 2011).

Análisis bromatológico

La feijoa cultivada en Veracruz es parecida a la producida en Colombia en cuanto a carbohidratos y fibra (Cuadro 2). Los valores obtenidos de cenizas, humedad y proteína fueron superiores en los frutos de Colombia (1.6, 1.0 y 3.5 veces, respectivamente). En grasas, la pulpa de feijoa analizada en este estudio fue superior 1.5 veces a la reportada en frutos de Colombia (Fischer et al., 2003).

Análisis fisicoquímicos

Los frutos a 25 °C y 24 días de almacenamiento alcanzaron concentraciones de SST de 12 a 14 °Brix. A 12 °C, el metabolismo del fruto fue más lento y con pocos cambios hasta los 20 días de almacenamiento. En contraste, a 4 °C no existió variación significativa ($P \leq 0.05$) de SST (10 °Brix) después de 24 días de almacenamiento. En poscosecha, los valores de este parámetro en la feijoa son de 10 a 13.3 °Brix (Pasquariello et al., 2015).

En los primeros cuatro días de almacenamiento no existieron cambios estadísticamente significativos ($P \leq 0.05$) en el pH de la pulpa del fruto a 4 °C (2.8) y 12 °C (2.9). Sin embargo, a 25 °C el pH fue mayor (3.6). Parra y Fischer (2013) mencionan que el pH de la feijoa en poscosecha varía entre 3.1 y 3.5. El pH puede fluctuar dependiendo del cultivar, factores agroecológicos en el huerto y de las condiciones de almacenamiento. El valor máximo de acidez titulable en este estudio fue de 5 % en frutos almacenados a 25 °C durante 24 días. Frutos almacenados a 12 °C tuvieron acidez de 2.05 %. A 4 °C, la acidez de 1 % a los 25 días de almacenamiento fue dos veces mayor que la reportada por Velho, do Amarante, Argenta, y Steffens (2011).

Table 3. Vitamin C content (mg·g⁻¹ dry basis) of feijoa fruits cultivated in Veracruz, Mexico, which were lyophilized or dehydrated.**Cuadro 3. Contenido de vitamina C (mg·g⁻¹ en base seca) de frutos de feijoa cultivados en Veracruz, México, que fueron liofilizados o deshidratados.**

Part of the fruit / Parte del fruto	Vitamin C/Vitamina C	
	Lyophilized/Liofilizado	Dehydrated/Deshidratado
Shell/Cáscara	0.59 ± 0.11	0.16 ± 0.02
Pulp/Pulpa	0.32 ± 0.05	0.10 ± 0.01

On the other hand, fruits stored at 4 °C for 24 days had 3.5 % weight loss, while at 25 °C for 20 days they had a 30 % loss. In postharvest, this phenomenon is related to increased transpiration and respiration (Parra & Fischer, 2013).

Vitamin C

The vitamin C concentration was higher in the shell than in the pulp in both lyophilized and dehydrated fruits (Table 3), with more than twice as much vitamin C in lyophilized fruits (0.59 and 0.32 mg·g⁻¹, respectively) (Valente, Gonçalves-Albuquerque, Sanches-Silva, & Costa, 2011). Considering that the dry weight of a feijoa produced in Veracruz is 18 to 20 % of the total weight of the fruit (data not shown), a lyophilized fruit of 50.25 g (Table 1) can reach 3.22 mg of vitamin C in the pulp.

Information on vitamin C in feijoa has generally been expressed in fresh weight (Weston, 2010), for example 2.64 mg·100 g⁻¹ (Valente et al., 2011). Human require from 60 to 120 mg of this vitamin per day (Carr & Frei, 1999). This requirement can be met by consuming the fresh pulp of approximately six to eight feijoas per day. Vitamin C values in pulp and shell in dehydrated fruits were lower compared to lyophilized ones (Table 3). According to Ratti (2001), the final composition of a conventionally-dried food changes drastically. This should be considered when preparing feijoa food products with conventional drying.

Conclusions

Fruit size and some chemical characteristics such as protein, carbohydrates, fats, ash and fiber of feijoas harvested in Veracruz, Mexico, were comparable with values reported in other countries. In storage, the fruits had titratable acidity, total soluble solids and pH values similar to those reported in the literature.

The size of the fruit and its vitamin C content can be increased, since the trees used in this study were propagated by seed and only had one application of compost per year. This is the first information on quality parameters of feijoa grown in Mexico. This crop

En la pulpa de feijoa, los ácidos orgánicos predominantes son el málico y el cítrico en todo el desarrollo y la maduración, y su aumento es continuo a partir de dos meses después de la antesis. El ácido quínico también está presente en la madurez, pero en pequeñas cantidades (Harman, 1987). Los valores de firmeza de la fruta a los 16 días de almacenamiento fueron de 1.5, 2.2 y 2.9 kg·cm⁻² a 25, 12 y 4 °C, respectivamente. Parra y Fischer (2013) indican valores semejantes.

Por otra parte, los frutos almacenados a 4 °C durante 24 días tuvieron 3.5 % de pérdida de peso. Mientras que a 25 °C durante 20 días tuvieron 30 % de pérdida. En poscosecha, este fenómeno está relacionado con aumentos en la transpiración y respiración (Parra & Fischer, 2013).

Vitamina C

La concentración de vitamina C fue mayor en la cáscara que en la pulpa tanto en frutos liofilizados como deshidratados (Cuadro 3); presentando más del doble de vitamina C en frutos liofilizados (0.59 y 0.32 mg·g⁻¹, respectivamente) (Valente, Gonçalves-Albuquerque, Sanches-Silva, & Costa, 2011). Considerando que el peso seco de una feijoa producida en Veracruz es de 18 a 20% del peso total del fruto (datos no mostrados), la pulpa de una fruta de 50.25 g (Cuadro 1) secada por liofilización puede alcanzar 3.22 mg de vitamina C.

La información sobre vitamina C en la feijoa ha sido expresada generalmente en peso fresco (Weston, 2010), por ejemplo 2.64 mg·100 g⁻¹ (Valente et al., 2011). Los requerimientos de esta vitamina para los humanos son de 60 a 120 mg por día (Carr & Frei, 1999). Con el consumo de la pulpa fresca de aproximadamente seis a ocho feijoas al día se cubren estos requerimientos. Los valores de vitamina C en pulpa y cáscara en frutos deshidratados fueron menores en comparación con los liofilizados (Cuadro 3). De acuerdo con Ratti (2001), la composición final de un alimento secado en forma convencional cambia drásticamente. Esto debe ser considerado cuando

was adequately adapted to the environment of a high tropical zone in Veracruz, Mexico. However, further studies are needed in different locations to expand the production of this fruit. adapted to the environment of a high tropical zone in Veracruz, Mexico. However, further studies are needed in different locations to expand the production of this fruit.

End of English version

References / Referencias

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). *Official methods of analysis of AOAC international*. Washington, D. C. USA: Author. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-y4705e/y4705e24.htm>
- Beyhan, O., Bozkurt, M. A., & Boysal, S. C. (2011). Determination of macro-micro nutrient contents in dried fruit and leaves and some pomological characteristics of selected feijoa genotypes (*Feijoa sellowiana* Berg.) from Sakarya provinces in Turkey. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(2), 251-255. Retrieved from <http://www.thejaps.org.pk/docs/21-2/10-126-RevisedFormatted.pdf>
- Carr, A. C., & Frei, B. (1999). Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69(6), 1086-107. Retrieved from <http://www.beauty-review.nl/wp-content/uploads/2015/07/Toward-a-new-recommended-dietary-allowance-for-vitamin-C-based-on-antioxidant-and-health-effects-in-humans.pdf>
- Cruz, C. J. G., Torres, L. P. A., & Sánchez, J. O. (2002). La Feijoa (*Acca sellowiana* Berg.). In: Cruz-Castillo, J. G., Torres-Lima, P. A. (Compiladores), *Frutales para México* (pp. 205-212). México: Contribuciones del Caribe y Sudamérica, Universidad Autónoma Metropolitana - Universidad Autónoma Chapingo - Fundación Salvador Sánchez Colín.
- Cruz, C. J. G., Torres, L. P. A., Rodríguez, B. F., & Martínez, P. D. (2001). Adaptación de frutales caducifolios. Revisión comparativa de Guatemala y Veracruz, México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 2(1), 63-74. Retrieved from <https://publicaciones.xoc.uam.mx/Recurso.php>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2016). *Statistical analysis InfoStat versión 2016*. Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Uni-versidad Nacional de Córdoba.
- Famiani, F., Battistelli, A., Stefano-Moscatello, S., Cruz-Castillo, J. G., & Walker, R. P. (2015). The organic acids that are accumulated in the flesh of fruits: occurrence, metabolism and factors affecting their contents – a review. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 21(2), 97-128. doi: 10.5154/r.rchsh.2015.01.004

se elaboren productos alimenticios de la feijoa con un secado convencional.

Conclusiones

El tamaño del fruto y algunas características químicas como proteína, carbohidratos, grasas, cenizas y fibra de feijoas cosechados en Veracruz, México, fueron equiparables con los valores reportados en otros países. En almacenamiento, los frutos presentaron acidez titulable, sólidos solubles totales, pH y similares a los reportados en la literatura.

El tamaño del fruto y su contenido de vitamina C pueden ser incrementados, pues los árboles utilizados en el presente estudio se propagaron por semilla y solo tuvieron una aplicación de composta al año. Esta es la primera información sobre parámetros de calidad de la feijoa cultivada en México. Este cultivo se adaptó adecuadamente al ambiente de una zona tropical de altura en Veracruz, México. No obstante, se requieren otros estudios en diferentes localidades para expandir la producción de esta fruta.

Fin de la versión en español

- Fischer, G., Miranda-Lasprilla, D., Cayón-Salinas, G., & Mazorra-Agudelo, M. (2003). *Cultivo, poscosecha y exportación de la feijoa (Acca sellowiana Berg.)*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/258211952_Cultivo_poscosecha_y_exportacion_de_la_feijoa_Acca_sellowiana_Berg
- Hall, M. B. (2003). Challenges with nonfiber carbohydrate methods. *Journal of Animal Science*, 81(12), 3226-3232. Retrieved from <https://dl.sciencesocieties.org/publications/jas/pdfs/81/12/0813226>
- Harman, J. E. (1987). Feijoa fruit: growth and chemical composition during development. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 15(2), 209-215. doi: 10.1080/03015521.1987.10425561
- Keller, H. A., & Tressens, S. G. (2007). Presencia en Argentina de dos especies de uso múltiple: *Aca sellowiana* (Myrtaceae) y *Casearia lasiophylla* (Flacourtiaceae). *Darwiniana*, 45(2), 204-212. Retrieved from http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0011-67932007000200007
- Lim, T. K. (2012). *Edible medicinal and non-medicinal plants*. India: Springer Science Business Media. doi: 10.1007/978-90-481-8661-7
- Monforte, M. T., Lanuzza, F., Mondello, F., Naccari, C., Pergolizzi, S., & Galati, E. M. (2014). Phytochemical composition and gastroprotective effect of Feijoa sellowiana Berg fruits from Sicily. *Journal of Coastal Life Medicine*, 2(1), 14-21. doi: 10.12980/JCLM.2.2014J12

- Parra, C. A., & Fischer, G. (2013). Maduración y comportamiento poscosecha de la feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(1), 98-110. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v7n1/v7n1a10.pdf>
- Pasquariello, M. S., Mastrobuoni, F., di Patre, D., Zampella, L., Capuano, L. R., Scortichini, M., & Petriccione, M. (2015). Agronomic, nutraceutical and molecular variability of feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) germplasm. *Scientia Horticulturae*, 191(6), 1-9. doi: 10.1016/j.scienta.2015.04.036
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of a high value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311-319. doi: 10.1016/S0260-8774(00)00228-4
- Secretaría de Economía. (1986). NMX-F-83-1986: *Productos alimenticios para uso humano. Ingenios azucareros. Materias primas, materiales en proceso, productos terminados y subproductos*. Mexico: Author.
- Secretaría de Economía. (1980). NMX-F-068-S-1980: *Alimentos. Determinación de proteínas*. Mexico: Author.
- Secretaría de Economía. (1978a). NMX-F-089-S-1978: *Determinación de extracto etéreo (método Soxhlet) en alimentos*. Mexico: Author.
- Secretaría de Economía. (1978b). NMX-F-090-S-1978: *Determinación de fibra cruda en alimentos*. Mexico: Author.
- Secretaría de Economía. (1978c). NMX-F-066-S-1978: *Determinación de cenizas en alimentos*. Mexico: Author.
- Secretaría de Economía. (1978d). NMX-F-090-S-1978: *Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas*. Mexico: Author.
- Sharpe, R. H., Sherman, W. B., & Miller, E. P. (1993). Feijoa history and improvement. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 106, 134-139. Retrieved from [http://fshs.org/proceedings-o/1993-vol-106/134-139%20\(SHARPE\).pdf](http://fshs.org/proceedings-o/1993-vol-106/134-139%20(SHARPE).pdf)
- Talamini-do Amarante, C. V., & Louise-dos Santos, K. (2011). Feijoa (*Acca sellowiana*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(1), 001-334. Retrieved from http://www.scielo.br/pdf/rbf/v33n1/en_42.pdf
- Valente, A., Gonçalves-Albuquerque, T., Sanches-Silva, A., & Costa, H. S. (2011). Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases. *Food Research International*, 44(7), 2237-2242. doi: 10.1016/j.foodres.2011.02.012
- Velho, A. C., do Amarante, C. V. T., Argenta, L. C., & Steffens, C. A. (2011). Influência da temperatura de armazenamento na qualidade pós-colheita de goiabas serranas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(1), 14-20. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v33n1/aop00111.pdf>
- Weston, R. J. (2010). Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae): A review. *Food Chemistry*, 121(4), 923-926. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.01.047
- Zhang, M., Wang, D., Shao-Xiong, R., & Li-Zhang, F. (2011). Study on growth characteristics of young feijoa trees in different propagation methods. *Botany Research Journal*, 4(3), 26-28. Retrieved from <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/brj/2011/26-28.pdf>