

Parámetros micrográficos en frutos de *Ficus carica* L. para controles de calidad en alimentos derivados

Leila A. Giménez^{1,2*}, Nilda D. Vignale^{1,2}, Alberto A. Gurni¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy.

² Instituto de Ecorregiones Andinas, Universidad Nacional de Jujuy, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

* Autor a quien dirigir la correspondencia: gimenezleila94@gmail.com

Resumen

Ficus carica L. (Moraceae), “higo”, es valorado en la industria por sus componentes nutricionales, su valor energético y su capacidad antioxidante y antiinflamatoria. El objetivo del presente trabajo fue definir el patrón de identificación micrográfico de sus frutos. Se aplicaron las técnicas micrográficas de disociación leve y raspado. Los parámetros micrográficos diagnósticos están representados por pelos tectores 1-2-celulares cónicos de base ancha, tubos laticíferos articulados anastomosados, drusas y aquenios. Dichos elementos son útiles para efectuar el control de calidad botánico en productos alimenticios donde el fruto puede ser sometido a diferentes tratamientos de procesamiento mecánico y físico. De esta manera se refuerza la aplicación de la microscopía como una herramienta de diagnóstico por medio de la cual es posible realizar aportes para mejorar el control de calidad de productos comestibles derivados de vegetales.

Identification of micrographic parameters in *Ficus carica* L. fruits for quality controls in derived food products

Summary

Ficus carica L. (Moraceae), “fig”, is valued in the industry for its nutritional components, energy value, antioxidant and anti-inflammatory properties. The aim of this paper was to define the micrographic identification pattern of the fruits. Micrographic techniques include mild dissociation and scraping. Diagnostic micrographic parameters are represented by broad-based conical 1-2-cellular tector hairs, anastomosed articulated latex ducts, druses and achenes. These elements are useful to carry out botanical quality control in food products where the fruit can be subjected to different mechanical and physical processing treatments. In this way, the application of microscopy as a diagnostic tool is reinforced, through which it is possible to make contributions to improve the quality control of edible products derived from vegetables.

Introducción

Los controles de calidad en productos para consumo (alimenticio o medicinal) son fundamentales para garantizar la salud de la población, siendo necesarios a lo largo de toda la cadena de producción y distribución (Shigler Siles, 2016).

La calidad botánica generada a partir de la farmacobotánica (centrada en plantas medicinales) y totalmente replicable a los alimentos, es de primordial valor en el área de la bromatología y en la industria de la alimentación. Constituye una estrategia que amplía el espectro de análisis de calidad típicos (físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales), cuyos fundamentos los aporta la botánica desde su multidimensionalidad (Varela y col., 2014; Souto

da Rosa y col., 2015; Anconatani y col., 2016; Acosta y col., 2017; Gimenez y col., 2019; Altamirano y Yajía, 2020).

La certificación de calidad botánica de un producto establece su carácter genuino y surge de la confirmación de la presencia de la materia prima, en articulación con las especificaciones del etiquetado, en un recorrido que abarcará diferentes etapas sucesivas (Souto da Rosa y col., 2015; Anconatani y col., 2016; Gimenez y col., 2019; Gimenez y col., 2020).

Los caracteres exomorfológicos revisten particular importancia para lograr la identificación taxonómica de cualquier material vegetal desconocido, del cual se disponga de un ejemplar de herbario o una fracción de

Palabras clave: *Ficus carica* L. – elementos micrográficos – control de calidad.

Key words: *Ficus carica* L. – micrographic elements – quality control.

la planta equivalente, que revele sus detalles; resulta de limitada o nula aplicabilidad cuando el propósito es conocer la materia prima que ha dado origen a un alimento. A lo largo del proceso de elaboración se suceden acciones combinadas, mecánicas y físicas, que provocan la destrucción de dichos caracteres (Vignale y Gurni, 2001; Acosta y col., 2017; Gimenez y col., 2019).

El desafío de la botánica consiste en ofrecer alternativas para lograr la identificación de los materiales que han dado origen al alimento, cuando ya está elaborado y se encuentra formando parte del circuito de comercialización (Flores, 2013; Varela y col., 2014; Rivas, 2015; Souto da Rosa y col., 2015; Anconatani y col., 2016; Gimenez y col., 2019; Altamirano y Yajía, 2017; 2020; Agudelo y col., 2020).

Implica recurrir al análisis de los caracteres anatómicos. Para ello es necesario aplicar el método micrográfico y seleccionar las técnicas apropiadas a la naturaleza del material original (WHO, 1998; Gurni, 2014). De este modo se definen los caracteres de valor diagnóstico, aquellos que presentan una relación unívoca con la especie a la cual pertenecen, que demuestran constancia y que por lo tanto adquieren un valor taxonómico. El conjunto define el patrón micrográfico, que combina caracteres aportados por los diferentes tejidos y por los productos del metabolismo celular, variables según el órgano vegetal empleado como materia prima (Cañigual y col., 1998; Vignale, 2001). Dichos patrones son requeridos para certificar la presencia de una especie en productos elaborados y, además, abordar el control de calidad botánico que posibilita definir su condición de genuinidad o, eventualmente, su contaminación o adulteración (Vignale, 2002; Rivas y col., 2009; Varela y col., 2012).

Las investigaciones de Flores (2013) sobre productos alimenticios derivados de especies hortícolas, de Acosta y col. (2017) acerca de plantas medicinales y de Agudelo y col. (2020) en el análisis de *Baccharis spicata* (Lam.) Baill. —Compositae— en muestras comerciales rotuladas como “carqueja”, plantean y convalidan la importancia de adquirir productos alimenticios y medicinales que atraviesen instancias de control de calidad botánico.

La fruticultura constituye un rubro agronómico generador de materias primas destinadas a la elaboración de alimentos. Entre las especies cuyas áreas de cultivo se encuentran en franco crecimiento merece citarse *Ficus carica* L. -Moraceae-, “higo”.

Se localizan cultivos de esa especie en el noroeste (Salta, Tucumán, Catamarca, Santiago del Estero y Jujuy), en la región de Cuyo (La Rioja y San Juan) y en la provincia de Buenos Aires. La producción nacional alcanzada hasta el año 2017 fue de 870 toneladas (FAOSTAT, 2019).

Se emplea al estado fresco, en almíbar, desecados y glaseados. Se elaboran dulces, mermeladas, arrope, vino y budines. Además, pueden ser empleados como sustitutos del café y en pasteles. Por otra parte, se les atribuyen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Murillo Ro-

dríguez y González Baquerizo, 2016; Hurrell y col., 2010).

El “higo” es un fruto compuesto denominado sicono, resultante de una inflorescencia comprimida que se desarrolla dentro de un receptáculo carnoso y hueco que contendrá numerosos aquenios (fruto seco, indehisciente, uniseminado con pericarpio coriáceo no soldado a la semilla) de forma globosa de 3 a 8 cm de largo, cuyo receptáculo carnoso contiene en su interior numerosos aquenios. La epidermis (“piel” o “cáscara”) es purpúrea a negruzca, áspera al tacto (Figura 1. A). La parte media e interna del receptáculo constituyen la parte blanca, roja, carnosa y con restos de la inflorescencia y los aquenios, de 1 a 2 mm de diámetro, numerosos, de color marrón, representan todos en conjunto la “pulpa”, que provee un aroma intenso y jugo dulce (Figura 1. B).

Existen antecedentes botánicos, particularmente anatómicos, en las obras de Winton y Winton (1935) y Gassner (1973).

El objetivo del presente trabajo es definir los caracteres micrográficos de valor diagnóstico del fruto de *F. carica* L. y establecer su estabilidad y constancia para realizar un aporte a la perspectiva de control de calidad botánico de productos destinados al consumo humano elaborados con esta especie.

Materiales y Métodos

Los frutos de *F. carica* L. (var. “higos turcos”) proceden del mercado Municipal de la ciudad de San Salvador de Jujuy y puestos de venta ambulantes. Se conservan en alcohol al 70 % y se encuentran depositados en el Muestrario de materiales Etnobiológicos y Micrográficos del Grupo de Etnobiología y Micrografía Aplicada, cuya sigla es M-GE-MA. Se adquirieron diez (10) unidades al azar.

Método micrográfico

Se aplicaron diferentes técnicas basadas en D' Ambrogio de Argüeso (1986), Gattuso y Gattuso (1999) y Gurni (2014).

a. Técnica de disociación (o disgregado) leve: recomendada para el estudio de órganos herbáceos o constituidos por tejidos blandos. Consiste en tratar el material con solución acuosa de hidróxido de sodio (NaOH) al 5 %, a ebullición, durante 5 min, para luego lavar con agua destilada varias veces y observar al microscopio óptico. Los aquenios fueron incluidos en el disociado leve ya que integran la parte comestible, y además porque su consistencia, inferior al nivel de leñosa, puede ofrecer detalles.

b. Técnica de raspado: se practica directamente sobre el fruto fresco y consiste en raspar, con un elemento cortante, la superficie externa (cáscara) y la pulpa con o sin semillas, y colocar dicho material, en agua destilada, sobre un portaobjetos para su observación al microscopio óptico.

c. Reacciones histoquímicas. Caracterización de cristales de oxalato de calcio y de carbonato de calcio: se utiliza ácido clorhídrico (HCl) al 2 %, en este caso ambos compues-

tos se disuelven, aunque las concreciones de carbonato de calcio (CaCO_3) liberan dióxido de carbono (CO_2) observándose desprendimiento gaseoso. Se coloca una porción del material de estudio sobre un portaobjetos, se agregan 2-3 gotas de solución, se coloca el cubreobjetos y se observa al microscopio óptico.

d. Observación microscópica y registro fotográfico: las fotomicrografías se tomaron con cámara compacta de fotografía digital Canon, modelo Powershot A640, adosada a un microscopio trinocular Carl Zeiss modelo Axioskop 2 Plus.

e. Selección de los parámetros micrográficos: son los elementos relevantes que permiten reconocer la especie cuando, en el material de estudio, la exomorfolología está ausente. Se analizaron doscientas (200) fotomicrografías (veinte (20) aleatorias, seleccionando dos (2) por cada preparado transitorio, obteniendo una muestra sin repeticiones) a las cuales se les atribuyó el 100 % de las observaciones. Con base en ellas se contabilizó el número de veces que un carácter se mantenía constante, es decir aparecía de forma repetida. Como medida arbitraria se consideró el 70 % \geq de su presencia en la totalidad de las fotomicrografías. Se descartaron aquellos que poseían porcentajes menores.

f. Medición: el registro del tamaño de los elementos de valor referencial se realizó por el programa ImageJ que está escrito en lenguaje de programación Java[®]. Se tomaron - para cada carácter seleccionado - treinta datos ($n=30$) de diferen-

tes fotomicrografías; tres (3) fotografías aleatorias por cada fruto adquirido [una (1) por preparado transitorio], de la especie en estudio (Rasband, 2016). Se aplicó la varianza (2), desviación estándar (DS) y el coeficiente de variación (CV) para establecer la uniformidad de los caracteres medidos.

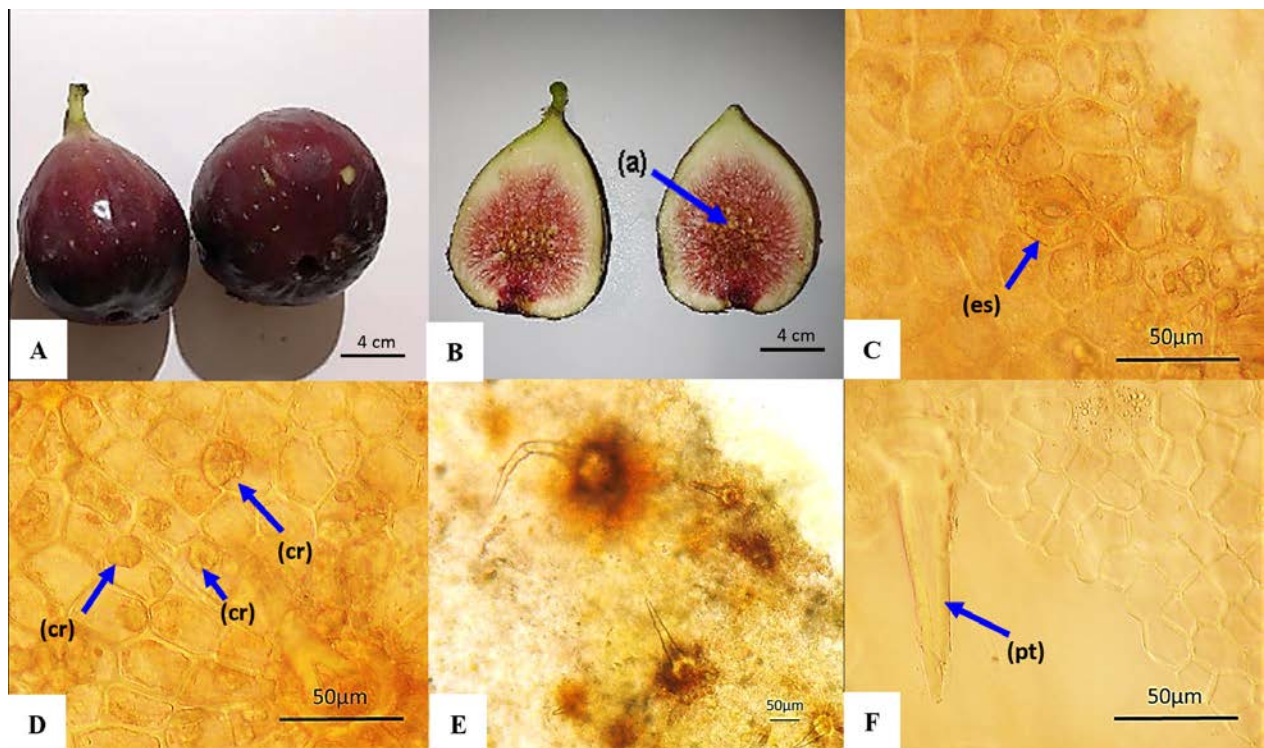
Las técnicas se aplicaron diez (10) veces; del producto obtenido de cada aplicación se confeccionaron diez (10) preparados transitorios, generando mil (1000) observaciones al microscopio óptico.

Resultados

El disociado leve permite observar células epidérmicas del receptáculo, poligonales con paredes rectas ligeramente engrosadas (1,8 a 2,5 μm) y estomas anomocíticos (Figura 1 C), con cristales (oxalato de calcio) tipo drusas (Figura 1 D) y pelos tectores (Figura 1 E y F), cónicos de base ancha, largos y cortos unicelulares (Figura 3 A).

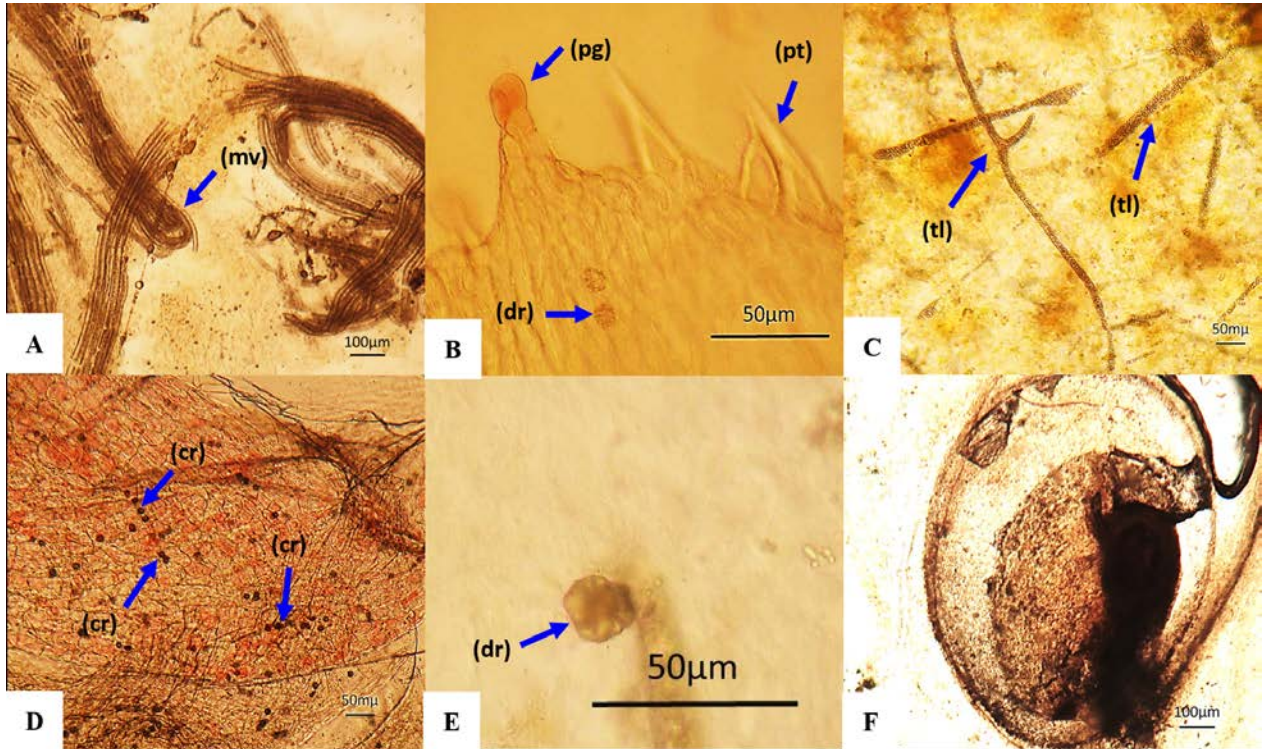
En el resto del fruto se identifican fragmentos de haces vasculares con miembros de vaso espiralados (Figura 2. A. y Figura 3. B), pelos tectores unicelulares, cortos, estrechos, cónicos, escasos pelos glandulares con pie pluricelular y cabeza secretora unicelular y células poligonales redondeadas de paredes delgadas (Figura 2 B), abundantes tubos laticíferos anastomosados (Figura 2 C y Figura 3 C), parén-

Figura 1.-



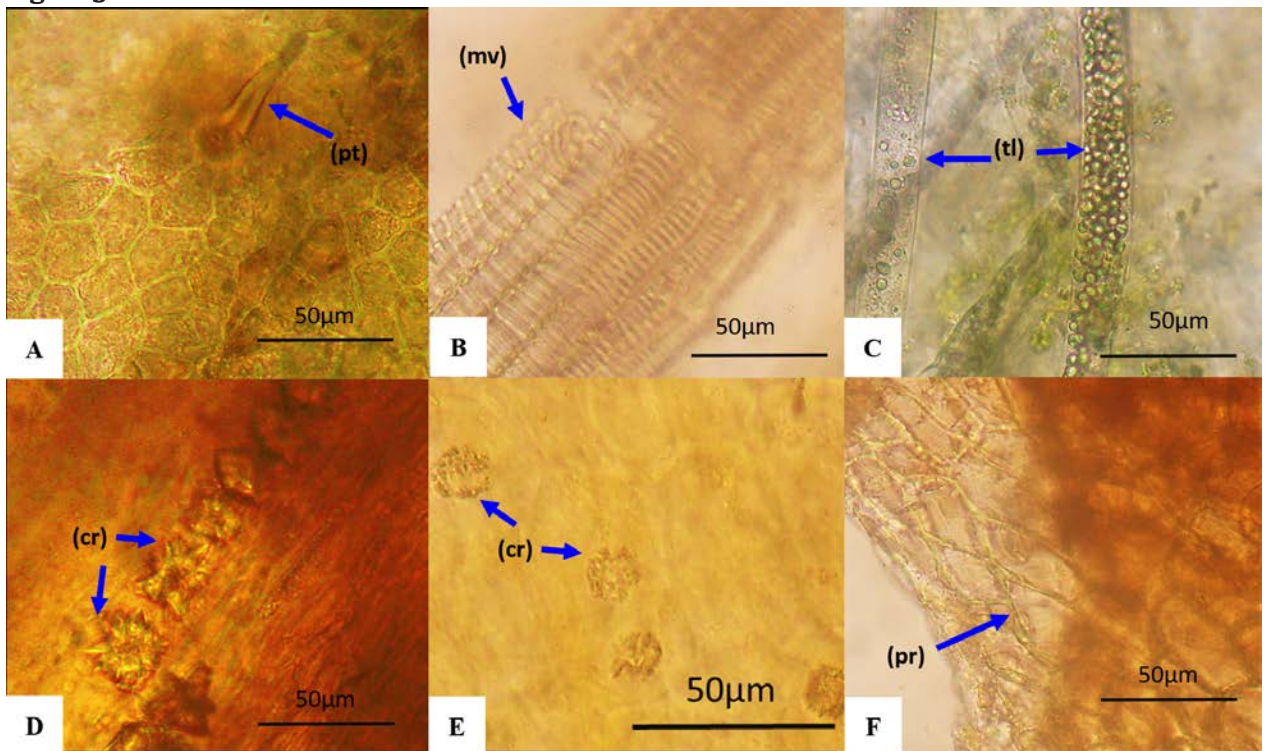
A: Observación de frutos var. "Higos turcos". **B:** Frutos en sección longitudinal, mostrando numerosos aquenios (a). **C:** Células epidérmicas poligonales y estoma (es). **D:** Epidermis con cristales (cr). **E:** Epidermis y pelos tectores 1- celulares. **F:** Epidermis con pelo tector (pt).

Figura 2.-



A: Miembros de vasos (mv). **B:** Células de paredes delgadas, pelos tectores unicelulares (pt) y pelo glandular (pg) con cabeza secretora unicelular y pie pluricelular. **C:** Tubos laticíferos anastomosados (tl). **D:** Drusas (cr) en parénquima. **E:** Drusa (dr). **F:** Aquenio.

Figura 3.-



A: Células epidérmicas y pelo tector (pt). **B:** Miembros de vasos espiralados (mv). **C:** Tubos laticíferos anastomosados (tl). **D:** Drusas (cr) en parénquima. **E:** Cristales sometidos a reacción histoquímica (cr). **F:** Células isodiamétricas de la pared del aquenio (pr).

Tabla 1.- Datos de parámetros. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de frutos de *F. carica* L.

	Elementos		
	Pelos tectores	Pelos glandulares	Drusas
Promedio de longitud (μm)	147,55	36,04	10,77
Desvío estándar	87,69	9,88	2,84
C. V.	0,5942	0,2742	0,2634

quima y drusas en cantidad (Figuras 2 D-E y Figura 3 D).

Mediante el raspado se observaron los aquenios enteros (Figura 2 F), los cuales poseen una pared recta y epidermis delgada conformada por células isodiamétricas (Figura 3 F). Se observó cantidad significativa de cristales que en presencia de ácido clorhídrico se disolvieron paulatinamente sin desprendimiento gaseoso (Figura 3 E).

Se calcularon los tamaños promedios (μm) para elementos celulares del fruto de *F. carica* como pelos tectores, pelos glandulares y drusas y se estableció su uniformidad a través de la desviación estándar y coeficiente de variación (Tabla 1).

Los resultados de la medición mostraron variabilidad moderada para los pelos glandulares y las drusas, mientras que los pelos tectores presentaron alta variabilidad. Los tubos laticíferos son de tamaños notablemente diversos por dicha razón no fueron considerados.

Por otro lado, los pelos tectores y tubos laticíferos se encontraron en el 100 % de los preparados transitorios analizados. Los cristales (drusas) se observaron en el 98 % de los preparados. En el caso de los pelos glandulares solo fueron observados en el 25 % de los preparados en baja cantidad (Tabla 2).

Discusión

Los análisis basados en caracteres anatómicos de especies vegetales aportan información relevante para la definición de los elementos de valor diagnóstico que, desde la aplicación de la micrografía, facilitan la identificación taxonómica. Dichos elementos han sido considerados en incontables publicaciones para establecer, en productos alimenticios derivados de las especies analizadas, su condición de genuinidad, contaminación o adulteración, quedando manifiesta su importancia en estudios de esta

índole (Cañigueral y col., 1998; Varela y Ricco, 2012; Rivas, 2015; Acosta y col., 2017; Gimenez y col., 2019).

Las obras de Gassner (1973) y Winton y Winton (1935) reportaron, para frutos de "higo", la presencia de pelos tectores unicelulares, cónicos de base ancha, pelos glandulares pluricelulares, tubos laticíferos y drusas, referencias que pudieron ser verificados en el presente trabajo. Los pelos glandulares, identificados en un bajo porcentaje, no constituyen referencia suficiente para asignarles valor diagnóstico.

Este fruto, debido a la particularidad de su constitución botánica morfológica, se caracteriza por proporcionar su aprovechamiento máximo, es decir del 100 %, ya que tanto cáscara como pulpa y semillas son siempre utilizadas, de modo que todos los caracteres propuestos se encontrarán en dulces y mermeladas.

En concordancia con Vignale y Gurni (2001) estos elementos referenciales resultan indispensables a la hora de realizar controles de calidad botánico.

Conclusiones

El presente trabajo cumplimenta con el objetivo planteado y de esta manera provee los fundamentos básicos para afrontar el control de calidad botánico de productos elaborados con frutos de *Ficus carica*, dado que propone sus caracteres micrográficos específicos. El conjunto de elementos de valor diagnóstico está comprendido por pelos tectores unicelulares, tubos laticíferos y drusas y como elementos sobresalientes los aquenios.

La metodología utilizada para el estudio resulta simple y adecuada para ser llevada a cabo por organismos de control, o en laboratorios de complejidad media como los que poseen las industrias alimenticias.

Tabla 2.- Abundancia porcentual de parámetros en frutos de *F. carica* L.

	Elementos			
	Pelos tectores	Pelos glandulares	Drusas	Tubos laticíferos
Abundancia (%) en los preparados	100	25	98	100

Referencias bibliográficas

- Acosta, M.E.; Ladio, A.; Vignale, N.D. (2017). "Plantas Medicinales Comercializadas en la Ciudad de San Salvador de Jujuy (Argentina) y su Calidad Botánica." *Boletín Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas* 16 (1): 34–52.
- Agudelo, I.J.; Varela, B.; Wagner, M.L.; Ricco, R.A. (2020). "Presencia de *Baccharis spicata* (Lam.) Baill. en Muestras Comerciales Rotuladas Como 'Carqueja' adquiridas en La Ciudad Autónoma de Buenos Aires". *Dominguezia* 36 (1): 25–29.
- Anconatani, L.; Varela, B.; Ricco, R.; Wagner, M.L. (2016). "Parámetros Farmacobotánicos Para El Control de Calidad de *Heteropterys glabra* (Malpighiaceae)". *Lilloa* 53 (2): 1–12.
- Cañigual, S.; Vila, R.; Wichtl, M. (1998). *Plantas Medicinales y Drogas Vegetales Para Infusión y Tisana. 1º Edición Española. (Traducción de Edición Original: Teedrogen: Ein Handbuch für Die Praxis Auf Wissenschaftlicher Grundlage)*. Española. Milán: 606.
- D' Ambrogio de Argüeso, A. (1986). *Manual de Técnicas En Histología Vegetal*. Hemisferio Sur, Buenos Aires: 83.
- FAOSTAT. (2019). Consulta: 5/04/2021. <http://faostat3.fao.org>
- Flores, E. (2013). "Aplicación de La Micrografía Comparativa para el Control de Calidad de Especies Hortícolas y Productos Derivados de La Quebrada de Humahuaca (Jujuy, Argentina). Tesis de Grado." Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy: 85.
- Gassner, G. (1973). *Mikroskopische Untersuchung Pflanzlicher Lebensmittel*. Gustav Fischer Verlag. Vol. 21: 396.
- Gattuso, M.A.; Gattuso, S.J. (1999). *Manual de Procedimientos para el Análisis de Drogas En Polvo. 1º Ed.* Vol. 1. RIPROFITO. Universidad Nacional de Rosario. Rosario: 87.
- Gimenez, L.A.S.; Varela, B.; Vignale, N.D.; Gurni, A.A. (2020). "Caracterización Micrográfica Del Fruto de *Punica granatum* y Su Importancia En El Control de Calidad Botánica". *Dominguezia* 36 (1): 11–15.
- Gimenez, L.A.S.; Vignale, N.D.; Gurni, A.A. (2019). "Micrografía del fruto de Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) y su aplicación en Calidad Botánica Alimentaria." *ASAHO* 38 (96): 6–19.
- Gimenez, L.A.S.; Vignale, N.D.; Gurni, A.A. (2019). "Calidad Botánica de Seis Plantas Andinas, Condimenticias y Medicinales, comercializadas en la ciudad de San Salvador de Jujuy, Argentina". *Dominguezia* 35 (2): 15–22.
- Gurni, A.A. (2014). "Técnicas Histológicas en Investigación. El Microscopio Como Auxiliar En Control de Calidad" en Zarlavsky, G. E. (ed.) *Histología Vegetal. Técnicas Simples y Complejas*. Sociedad Argentina de Botánica, Buenos Aires. Vol. 7: 135–40.
- Hurrell, J.A.; Ulibarri, E.A.; Delucchi, G.; Pochettino, M.L. (2010). *Fruitas frescas, secas y preservadas. 1º edición*. LOLA. Buenos Aires: 304
- Rasband, W.S. (2016). "Image J, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, 1997- 2016." <https://imagej.nih.gov/ij>.
- Rivas, M.A.; Gurni, A.A.; Vignale, N.D. (2009). "Caracterización Micrográfica de *Solanum betaceum* Cav. (SOLANACEAE), Un Cultivo Andino Medicinal". En: Vignale, N.D. y Pochettino, M.L. (Eds.) *Avances Sobre Plantas Medicinales Andinas*, CYTED, S.S. de Jujuy: 205–229.
- Rivas, M.A. (2015). "Estudios Micrográficos, Nutricionales y Funcionales de especies de Cultivos Andinos Pertenecientes a Las Familias Solanaceae y Cucurbitaceae." Universidad Nacional de Tucumán: 219.
- Murillo Rodríguez, F.A.; González Baquerizo, L.X. (2016). "Procesamiento y evaluación de los parámetros de la fruta *Ficus carica* (higo) referido a conserva, troceado, deshidratado, empacado al vacío y congelado." Universidad de Guayaquil: 81.
- Shigler Siles, W.K. (2016). "Evaluación de La Calidad Botánica y Química de Polifenoles de Los Productos Comercializados Como "Yerba Mate Aromatizada" En La Ciudad de Buenos Aires". Tesis de Maestría, Universidad de Buenos Aires: 125.
- Souto da Rosa; Numata, R.; Marovic, M.E.; Montenegro, J.; Gurni, A.A.; Rugna, A.; Bassols, G. (2015). "Análisis Micrográfico y Fitoquímico de Muestras Comerciales de Canela". *Dominguezia* 31 (2): 11–15.
- Varela, B.; Ricco, R. (2012). "Hojas de Olivo (*Olea europaea* –Oleaceae–) como adulterante en Oréganos (*Origanum* spp –Lamiaceae–) comercializados en la ciudad de Buenos Aires, Argentina." *Dominguezia* 28 (2): 5-10.
- Varela, B.G.; Bosco, P.; Ganopol, M.J.; Agostinelli, L.; Gurni, A.A. (2014). "Morpho-Anatomical Analysis for the Quality Evaluation in 'Oregano' Commercial Samples of Buenos Aires City (Argentina)." *Boletín Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas* 13 (1): 20–30.
- Vignale, N.D. (2002). "Relevamiento y Análisis Exomorfológico y Micrográfico de Plantas Medicinales de La Puna y Prepuña Jujeñas, Con Especial Referencia a La Reserva de Biosfera Laguna de Pozuelos". Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires: 118.
- Vignale, N.D.; Gurni, A.A. (2001). "Diferenciación de especies equisetiformes utilizadas en medicina tradicional en la Provincia de Jujuy, Argentina." *Dominguezia* 17: 23–30.
- Winton, A.L.; Winton, K.B. (1935). *The Structure and Composition of Foods. Volume II. Vegetables and Fruits*. Vol. II. John Wiley. New York: 605.