

**Características nutricionales y nutracéuticas de segregantes de capulín (*Prunus serotina*)
fresco y procesado**

Omar Castillo-García¹

María del Rosario García-Mateos^{2*}

Ana María Castillo²

Ma. Carmen Ybarra Moncada¹

Lyzbeth Hernandez Ramos²

¹Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, km 38.5, Carretera México-Texcoco C. P. 56230, Chapingo, Estado de México, México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, km 38.5, Carretera México-Texcoco C. P. 56230, Chapingo, Estado de México, México.

*Corresponding author: rosgar08@hotmail.com

Resumen

El fruto del capulín (*Prunus serótina*; Familia *Rosacea*) es valorado desde la época prehispánica por sus propiedades medicinales, utilizadas en el tratamiento de algunas enfermedades. Aunque México forma parte del centro de origen del capulín, la producción y el consumo de esta fruta ha disminuido en los últimos años, convirtiéndose en un fruto subutilizado. Son pocas las

27 investigaciones sobre sus propiedades nutricionales y nutraceuticas. El objetivo de esta investigación
28 fue evaluar las propiedades fisico-químicas, componentes nutricionales y nutraceuticos de frutos de
29 capulín, frescos y procesados de cuatro segregantes. Se determinó el diámetro polar y ecuatorial, el
30 color de la cáscara mediante la evaluación de *L* (luminosidad), el ángulo de tono (*hue*) y la pureza de
31 color o índice de cromaticidad (*chroma*), pH, y SST; así como, el contenido de carbohidratos, cenizas, humedad,
32 fibra cruda, proteína y lípidos de acuerdo con lo establecido por la AOAC. Se cuantificó el contenido de
33 minerales por espectrofotometría de emisión atómica, compuestos fenólicos por el método de Folin-Ciocalteu,
34 antocianinas por el método diferencial de pH y la actividad antioxidante por el método de ABTS. Los frutos
35 presentaron altos contenidos de proteína y fibra. Se encontraron diferencias significativas del contenido
36 de nutraceuticos entre los cuatro tipos de segregantes. El proceso térmico no disminuyó la calidad
37 nutraceutica (excepción de las antocianinas) de los cuatro tipos de segregantes, éste únicamente
38 afectó los atributos nutricionales. Por lo tanto, los segregantes de mayor valor nutraceutico fueron
39 Puebla 5-28F y Puebla 5-3F, por sus elevados contenidos de compuestos fenólicos y antocianinas.
40 En conclusión, los frutos de capulín contienen una gran variedad de compuestos antioxidantes y
41 nutricionales, que su consumo podría generar beneficios en la salud humana.

42 **Palabras clave:** Antioxidantes, minerales, proximal, segregación genética.

43

44 **Nutraceutical and nutritional characteristics of capulin segregants (*Prunus serotina*) fresh**
45 **and processed**

46 **Abstract**

47 **Keywords:** Antioxidants, minerals, proximal, genetic segregation

48

49 **Fecha de recibido:** 7 diciembre, 2024.

50 **Fecha de aceptado:** 6 de marzo, 2025.

51

52

53

Introducción

54

56 Recientemente, en México se ha generado un creciente interés por el conocimiento y manejo de
57 frutas subutilizadas, también conocidas como frutas menores, secundarias o alternativas, como es
58 el caso del capulín (*Prunus serotina*). El capulín pertenece a la familia Rosaceae y al género
59 *Prunus*, donde se encuentran más de 200 especies de importancia comercial como la cereza,
60 durazno, ciruela, entre otras, denominadas frutas de hueso (Potter, 2011). En 1951, McVaugh
61 describió cinco subespecies de la especie *Prunus serotina*, las subespecies *capuli*, *serotina* y *virens*,
62 coexisten en varios estados de México (Guzmán et al., 2020).

63 *Prunus serotina* es un árbol caducifolio nativo de América que crece en diversas regiones en
64 condiciones silvestres o cultivado, en climas semifríos frescos, húmedos y templados. Su distribución
65 incluye el sureste de Canadá, noreste de Estados Unidos, Ecuador, Colombia, Guatemala y las Sierras
66 Madre Oriental, Occidental y el eje Neovolcánico de México, (López-Hernández et al., 2024;
67 Pathania et al., 2022). Actualmente, esta especie se encuentra naturalizada en varios países del
68 mundo, incluyendo en diversas regiones de Europa (Alemania, Dinamarca, Francia, Inglaterra,
69 Lituania, Países Bajos, Polonia, Rumania, Suiza, entre otros) (Petitpierre et al., 2009). En Estados
70 Unidos el capulín es conocido como cereza silvestre o negra, en Europa como cereza mexicana
71 (Petitpierre et al., 2009). En 2023, México reportó el cultivo formal de capulín solo en Veracruz,
72 Ciudad de México, Puebla, Estado de México y Jalisco, con una superficie cosechada de 37 ha con
73 una producción de 114.28 t de este fruto (SIAP, 2024).

74 Los frutos de capulín son drupas carnosas globosas, de color rojizo a negro según su estado de
75 madurez, de naturaleza climatérica y de sabor agridulce; además contienen comúnmente glucósidos
76 cianogénicos (prunazina y amigdalina), el consumo excesivo, sin tratamiento térmico, puede tener
77 efectos adversos para la salud (Telichowska et al., 2020). De acuerdo con Swain et al. (1992), la
78 presencia de glucósidos cianogénicos en algunos miembros del género *Prunus* se considera un
79 mecanismo de defensa de la planta contra herbívoros y patógenos mediante la liberación de cianuro
80 de hidrógeno (HCN) y benzaldehído. En el caso particular de *P. serotina*, se reporta que acumula
81 altos niveles de glucósidos cianogénicos en la fruta madura; sin embargo, carece de las enzimas
82 amigdalina hidrolasa (AH), prunasina hidrolasa (PH) y mandelonitrilo liasa (MDL) que por hidrólisis
83 liberarían HCN, por lo que estos solo contribuyen al sabor amargo que es compensado con la
84 acumulación de azúcares en madurez de consumo, en contraste, las semillas durante el proceso de
85 tostado se destruyen por la temperatura los glicósidos cianogénicos (Telichowska et al., 2020).

86 En general, los frutos de *P. serotina* son comercializados en fresco, seco o en mermelada, licores o
87 almibares, las semillas se consumen tostadas con sal como botana (Ordaz-Galindo et al., 1999).
88 Desde la época prehispánica sus frutos han sido utilizados tradicionalmente para el tratamiento de
89 algunas enfermedades (respiratorias, cardíacas, estomacales e hipertensión) (García-Aguilar et al.,
90 2015; Luna-Vázquez et al., 2013). Además, el fruto del capulín ha llamado la atención como una
91 fuente potencial de nutrimentos y antioxidantes. Ordaz-Galindo et al. (1999) reportaron la presencia
92 de antocianinas (cianidin-3-glucósido y cianidin-3-rutósido) en la cáscara del fruto de *P. serotina*
93 subsp. *capuli*. Asimismo, Ibarra-Alvarado et al. (2009) señalan la presencia de compuestos
94 antihipertensivos como algunos compuestos fenólicos (ácido clorogénico) en el fruto, metabolitos
95 que podrían justificar en parte sus propiedades medicinales. Hernández Rodríguez et al. (2019)
96 reportan que el contenido de flavonoides y compuestos fenólicos disminuye en las últimas etapas de
97 maduración del fruto, con un aumento considerable de antocianinas totales de hasta 1.4 mg
98 cianidina-3-glucósido·g⁻¹ en peso seco. El alto contenido de compuestos fenólicos (ácidos
99 fenólicos), flavonoides (antocianinas, proantocianidinas, catequinas), aceites esenciales y taninos
100 (Jiménez et al., 2011; Luna-Vázquez et al., 2013) explican su uso como terapia natural para el
101 tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, como algunos tipos de cáncer, problemas del
102 sistema inmunológico y enfermedades cardiovasculares (Potì et al., 2019; Telichowska et al.,
103 2020). Además, la semilla de capulín es una fuente significativa de minerales, ácidos grasos
104 insaturados (oleico, linoleico y α -eleosteárico) y proteínas de alta calidad, altamente biodisponibles
105 (García-Aguilar et al., 2015).

106 Por otra parte, los estudios genéticos de *P. serotina* han reportado el fenómeno de alopoliploidía
107 (unión de genomas de especies diferentes), por lo que se dispone de híbridos intraespecíficos de
108 capulín en México con características de diferentes subespecies (Fresnedo-Ramírez et al., 2011;
109 Pairon & Jacquemart, 2005). Además, la variabilidad morfológica del capulín en el centro-occidente
110 de México es producto de la selección humana, dirigida a caracteres de interés antropocéntricos, por
111 lo que se encuentran frutos de diversos tamaños, grado de dulzor, con epicarpio de coloraciones
112 rojizas hasta casi negras, en poblaciones silvestres, en manejo *in situ* y cultivadas (Fresnedo-Ramírez
113 et al., 2011; Guzmán et al., 2020).

114 En este contexto, la variabilidad morfológica del capulín es útil para el mejoramiento genético de esta
115 especie, dirigido a la obtención de selecciones con mejor calidad de fruto, semilla o valor nutrimental
116 y nutraceutico. En este sentido el Colegio de Posgraduados cuenta con una colección de capulín

117 donde se tiene diversos lotes segregantes derivados de individuos sobresalientes del estado de
118 Puebla, principalmente por sus características físico-químicas. El término segregante utilizado en
119 esta investigación, denomina a individuos que nacieron por cultivo de semillas de un mismo árbol
120 (reproducción sexual). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar las características
121 físico-químicas, contenido de compuestos nutraceuticos, capacidad antioxidante y composición
122 nutricional en los frutos de cuatro segregantes de capulín, frescos y procesados.

123

124

125 **Materiales y Métodos**

126

127

128 **Material vegetal**

129

130

131 Los frutos se recolectaron en etapa de madurez comercial de cuatro segregantes (individuos que
132 nacieron de diferentes semillas de un mismo árbol) de capulín (*Prunus serotina*) cultivados en el
133 Huerto de Fruticultura del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, municipio de Texcoco,
134 Estado de México, México (19°27' N, 98°54' O, 2 245 msnm): Puebla 5-1 (P5-1F), Puebla 5-3 (P5-
135 3F), Puebla 5-18 (P5-18F) y Puebla 5-28 (P5-28F). Los cuatro segregantes fueron seleccionados
136 porque son hijos del mismo árbol, bajo las mismas condiciones edafoclimáticas.

137

138

139 **Diseño experimental**

140

141

142 La caracterización físico-química de los frutos de cuatro segregantes de capulín se realizó bajo un

143 diseño experimental completamente al azar con 25 repeticiones, la unidad experimental consistió en
 144 un fruto fresco con semilla. El contenido de minerales en la pulpa de frutos frescos de cuatro
 145 segregantes de capulín se efectuó bajo diseño completamente al azar con tres repeticiones,
 146 considerando 100 g de frutos con piel y sin semilla de cada segregante fresco como la unidad
 147 experimental. El efecto del tratamiento térmico en las características proximales y nutracéuticas de
 148 los frutos de capulín se evaluó mediante un diseño experimental factorial asimétrico con asignación
 149 completamente al azar para el estudio de los factores: capulín segregante (cuatro segregantes) y
 150 grado de procesamiento (fresco y procesado). Un total de ocho tratamientos fueron evaluados con
 151 tres repeticiones. La unidad experimental fue 100 g de frutos de capulín con piel y sin semilla de cada
 152 segregante, frescos o procesados (**Cuadro 1**).

153 **Cuadro 1.** Atributos físicos de frutos y semillas de cuatro segregantes de capulín (*Prunus serotina*).

Variable	Segregante			
	P5-1F	P5-3F	P5-18F	P5-28F
<i>Fruto fresco con semilla</i>				
Peso (g)	3.04 ± 0.53 b	3.39 ± 0.32 a	2.18 ± 0.28 d	2.73 ± 0.26 c
Diámetro ecuatorial (mm)	17.58 ± 1.27 b	18.83 ± 0.78 a	16.51 ± 0.86 c	16.74 ± 0.57 c
Diámetro polar (mm)	15.69 ± 0.78 b	16.29 ± 0.45 a	14.76 ± 0.60 c	15.07 ± 0.52 c
<i>Semilla</i>				
Peso (g)	0.38 ± 0.03 b	0.51 ± 0.06 a	0.32 ± 0.02 c	0.38 ± 0.02 b
Diámetro ecuatorial (mm)	9.57 ± 0.26 b	10.72 ± 0.29 a	9.09 ± 0.28 c	9.48 ± 0.26 b
Diámetro polar (mm)	10.84 ± 0.40 c	12.38 ± 0.45 a	10.08 ± 0.32 d	11.77 ± 0.38 b

154 Los valores representan la media de 25 repeticiones ± desviación estándar. Medias con la misma letra, en una misma
 155 fila, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

156

157

158 **Análisis estadístico**

159

160

161 Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y a la prueba de comparación de medias
 162 de Tukey ($P < 0.05$), mediante el programa Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 2002).

163 Los resultados de las variables evaluadas fueron expresados como la media de desviación estándar.

164 **Preparación de la muestra**

165 Para el procesamiento, el fruto en agua se mantuvo a 40 °C por 5 min en una parrilla eléctrica
166 (Corning, modelo PC-620D, USA). Los frutos procesados y frescos fueron congelados con nitrógeno
167 líquido y almacenados a -18 °C, hasta su análisis.

168 **Caracterización físico-química**

169 Se midieron los diámetros polar y ecuatorial de 25 frutos frescos con cáscara y semilla de cada
170 segregante mediante un pie de rey electrónico (Truper, modelo CALDI-6MP, Jilotepec, México).
171 El peso de los frutos se determinó en una balanza analítica (Adventurer Pro AV64C, Ohaus
172 Corporation, Nueva Jersey, USA). Del mismo modo, estas variables fueron medidas en la semilla
173 del capulín libre de pulpa.

174 El color de la cáscara de los frutos de cada segregante se determinó mediante la evaluación
175 de *L* (luminosidad), el ángulo de tono (*hue*) y la pureza de color o índice de cromaticidad (*chroma*)
176 con un colorímetro digital (Chroma Meter CR-400, modelo B8210363, Konica Minolta Sensing,
177 Inc., Tokyo, Japón) según lo descrito por McGuire (1992).

178 Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron mediante un refractómetro (Hand-Held
179 Refractometer, N-1E, ATAGO, Tokyo, Japón) y el pH mediante un potenciómetro (HI2211 pH/ORP
180 Meter, Hanna Instruments, Woonsocket, RI, USA) según lo establecido por la AOAC (2005).

181 **Cuantificación de minerales**

182 El fruto de capulín con cáscara y sin semilla de cada segregante se deshidrató en un horno de
183 aire por convección forzada (Binder®, modelo KB115 Tuttlingen, Alemania) a 60 °C por 48 h.
184 Las muestra secas y molidas fueron sometidas a digestión húmeda diácida ($H_2SO_4:HClO_4$, 4:1 v/v
185 y H_2O_2) en un Digestor™ (Tecator Kjeltex FOSS, modelo DT 220, Hoeganaes, Suecia). La
186 determinación de B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, y Zn se realizó de acuerdo con la metodología
187 descrita por Alcántar-González & Sandoval-Villa (1999) en un Espectrofotómetro de Emisión
188 Atómica de Plasma por Inducción Acoplada (ICP-AES, Instrument Varian Liberty serie II, Sydney,
189 Australia).

190 **Análisis proximal**

191 El contenido de carbohidratos, cenizas, humedad, fibra cruda, proteína y lípidos se determinó de

192 acuerdo con lo establecido por la AOAC (2005). Los resultados se expresaron como porcentaje en
193 peso fresco.

194

195

196 **Cuantificación de nutraceuticos**

197

198

199 **Preparación de extracto metanólico.** A 1 g de pulpa de fruto con cáscara de cada segregante (fresco
200 y procesado) se le adicionaron 10 mL de MeOH acuoso a 80 % (v/v), la mezcla se homogeneizó
201 mediante agitación en un vortex (Barnstead International, modelo M16715, Iowa, USA).
202 Posteriormente, se sonicó (Cole Parmer 8892, Illinois, USA) por 15 min a temperatura ambiente y
203 se dejó reposar por 24 h. Por último, se centrifugó (Cole-Parmer Instrument Company, modelo 8892,
204 Vernon Hills, IL, USA) a 1 409 g (10 min) para la cuantificación de nutraceuticos (Román-Cortés
205 et al., 2018).

206 **Determinación de compuestos fenólicos.** Se tomaron 0.5 mL del extracto metanólico y se le agregó
207 0.5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu (0.2 N) y 4 mL de 0.7 M de Na₂CO₃, la mezcla se incubó a
208 temperatura ambiente en oscuridad por 2 h. Se tomaron lecturas en un espectrofotómetro UV/Vis
209 (Thermoscientific, Genesys 10s, Florida, USA) a 765 nm. La concentración se calculó a partir de una
210 curva estándar ($y = 0.0068x - 0.0003$; $R^2 = 0.995$) a base de ácido gálico (Waterman & Mole, 1994).
211 El contenido total de fenólicos se expresó en mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de peso
212 fresco (mg EAG·100 g⁻¹ p.f.).

213 **Cuantificación de flavonoides.** Se realizó siguiendo el método reportado por Chang et al. (2002).
214 A 0.5 mL del extracto metanólico se le adicionó 1.5 mL de metanol (95 %), 0.1 mL de AlCl₃ (10 %
215 p/v), 0.1 mL de solución 1 M de CH₃COOK y 2.8 mL de agua destilada. La mezcla se homogeneizó
216 y se incubó por 30 min a temperatura ambiente en oscuridad. Se leyó la absorbancia a 415 nm
217 en un espectrofotómetro UV/Vis. La curva estándar ($y = 0.007x - 0.0051$; $R^2 = 0.999$) se construyó
218 a base de quercetina. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de quercetina en 100 g de peso
219 fresco (mg EQ·100 g⁻¹ p.f.).

220 **Cuantificación de antocianinas.** Se realizó mediante el método de pH diferencial descrito por Giusti
221 & Wrolstad (2001). Se tomaron dos muestras de 0.2 mL de extracto metanólico; a la primera se le
222 adicionó 1.8 mL de una solución amortiguadora pH = 1.0 (KCl), a la segunda se le agregó una solución
223 amortiguadora pH = 4.5 (CH₃COOH/CH₃COONa·3H₂O). A las dos muestras se les midió la
224 absorbancia a 510 y 700 nm. La absorbancia total (A_T) se calculó a partir de la fórmula: $A_t = [(A_{510}$
225 $- A_{700})_{pH = 1.0}] - [(A_{510} - A_{700})_{pH = 4.5}]$. La concentración de antocianinas se calculó mediante la
226 ecuación: Antocianinas (mg·L⁻¹) = (A_T * PM * FD * 1000) / (ε * 1); donde: A_T = absorbancia total,
227 PM = peso molecular (449.2 g·mol⁻¹) de Cianidina-3-glucósido, FD = factor de dilución (10), ε =
228 absortividad molar del estándar (26 900). La concentración se expresó en mg de cianidina-3-glucósido
229 por 100 g de peso fresco de capulín.

230 **Cuantificación de vitamina C (ácido ascórbico).** Se determinó en pulpa con cáscara de los frutos
231 frescos y procesados de los cuatro segregantes, siguiendo la metodología descrita por Dürüst et al.
232 (1997). Para la preparación del extracto se colocó 1 g de material vegetal en 10 mL de ácido oxálico
233 al 0.4 % (p/v). La mezcla se sonicó por 15 min a temperatura ambiente, después se filtró. Un mL
234 del extracto se mezcló con 1 mL de solución amortiguadora de acetato pH = 3 (3 g de acetato anhidro
235 de sodio en 7 mL de agua y 10 mL de ácido acético glacial) y 8 mL de dicloroindofenol (de una
236 solución acuosa de 12 mg·L⁻¹), después de 15 s, se midió la absorbancia a 520 nm en un
237 espectrofotómetro. Los resultados se expresaron en mg de ácido ascórbico por cada 100 g de peso
238 fresco (mg EAA·100⁻¹ p.f.), utilizando una curva estándar de ácido ascórbico ($y = 0.004x +$
239 0.0011 ; $R^2 = 0.997$).

240 **Evaluación de capacidad antioxidante.** A 10 mL de una solución 7 mM del radical ABTS^{•+} (ácido
241 2,2'-azinobis (3-etilben-zotiazolin)-6-sulfónico), se le agregaron 6.61 mg de K₂S₂O₄, la mezcla se dejó
242 reposar a temperatura ambiente en oscuridad por 16 h (Re et al., 1999). Se tomó 1 mL del radical
243 ABTS y se le agregó etanol absoluto hasta obtener una absorbancia de 0.7 ± 0.01 a una longitud de
244 onda de 734 nm. A 1 mL del radical ABTS se le adicionaron 10 µL del extracto a analizar y se
245 incubó la mezcla a 30 °C en oscuridad por 7 min. Finalmente, se tomó la lectura de la absorbancia
246 a 734 nm. Se preparó una curva estándar ($y = -0.2895 x + 0.7583$; $R^2 = 0.9956$) a base de trolox. Los
247 resultados se expresaron en mg equivalentes de trolox por cada 100 g de peso fresco (mg ET·100 g
248 ⁻¹ p.f.). Para calcular el porcentaje de inhibición del radical libre ABTS^{•+} se empleó la fórmula: % de
249 inhibición = $[(A_0 - A_F) / A_0] \cdot 100$, donde: A₀ = absorbancia inicial del radical libre a 734 nm, A_F =
250 absorbancia final de la reacción con la muestra.

251

252

253

Resultados y Discusión

254

255

256

Propiedades físico – químicas

257

258

259 Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las características físico-químicas de los
260 frutos de los cuatro segregantes. El segregante P5-3F presentó los frutos en peso y tamaño
261 significativamente superiores, los frutos más pequeños y de menor peso fueron encontrados en el
262 segregante P5-18F. La misma tendencia se encontró en el peso y tamaño de la semilla (Cuadro
263 1). Es limitada la información sobre las características morfológicas del fruto de capulín mexicano;
264 sin embargo, Hernández Rodríguez et al. (2019) refieren menores valores de peso, diámetros polar y
265 ecuatorial (< 2.8 g, 1.1 cm y 1.2 cm, respectivamente) de frutos en madurez de consumo de *P. serotina*
266 recolectados en Zacatlán, Puebla, México, las diferencias se deben probablemente a su naturaleza
267 silvestre.

268 Los frutos del segregante P5-1F obtuvieron los valores significativamente más altos de sólidos
269 solubles totales (SST, °Brix) y pH, por lo tanto, fueron los frutos de menor acidez y probablemente
270 los más dulces. Los frutos de los segregantes P5-3F, P5-18F y P5-28F no mostraron diferencias
271 significativas en el contenido de SST, mientras que los frutos del segregante P5-3 obtuvieron los
272 valores más bajos de pH y SST (Cuadro 2). De acuerdo con Baxter et al. (2005), el aumento en la
273 capacidad de absorber sacarosa descargada del floema es el principal factor que ocasiona diferencias
274 en el contenido de sólidos solubles (SST) entre frutos de varias plantas de una misma especie. Lo
275 anterior, podría explicar el mayor contenido de SST en el segregante P5-1F. Por otra parte, los valores
276 de pH obtenidos en el presente estudio fueron superiores a los reportados por Ordaz-Galindo et al.
277 (1999) (pH 3.96) y Jiménez et al. (2011) (pH 4.20) en la pulpa fresca de la misma especie (*Prunus*
278 *serotina* subsp *capuli*), esto podría deberse a la variabilidad genética (Ballistreri et al., 2013).

279 Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en los parámetros de color (ángulo de tono o *hue*,
 280 índice de saturación o *chroma* y luminosidad) de la cáscara de los frutos (Cuadro 2). Los frutos del
 281 segregante P5-1F mostraron los valores significativamente más altos de *chroma* y ángulo de tono
 282 *hue* (17.16 y 28.35, respectivamente), que los identificó como frutos de mayor intensidad de color
 283 anaranjado. Los frutos del segregante P5-28F mostraron los valores estadísticamente más bajos
 284 de *chroma* y *hue* (6.18 y 20.95, respectivamente), que los identificó como frutos más rojos y
 285 de menor intensidad de color. Los valores de luminosidad permitieron dividir los frutos de los
 286 cuatro segregantes en dos grupos, los frutos significativamente más claros (P5-1F y P5-3F) y los
 287 frutos más oscuros (P5-18F y P5-28F). El color de la cáscara es el atributo más importante de calidad
 288 y madurez en los frutos de capulín, asociados con la presencia de antocianinas (Hernández
 289 Rodríguez et al., 2019; Jimenez et al., 2011).

290 **Cuadro 2.** Contenido de sólidos solubles totales (°Brix), pH y atributos de color en frutos
 291 frescos de cuatro segregantes de capulín (*Prunus serotina*).

Segregante	Sólidos solubles	pH	Luminosidad	Ángulo de tono	<i>Chroma</i>
	totales (°Brix)		(%)	<i>Hue</i> (°)	
P5-1F	15.88 ± 0.97 a	5.40 ± 0.18 a	23.34 ± 1.46	28.35 ± 3.82 a	17.16 ±
P5-3F	14.84 ± 1.43 b	4.21 ± 0.16 d	22.75 ± 1.69	19.38 ± 3.95 b	11.64 ±
P5-18F	14.92 ± 0.88 b	4.78 ± 0.16 b	21.22 ± 0.89	18.02 ± 2.93 b	9.44 ± 3.17
P5-28F	15.37 ± 0.88 ab	4.42 ± 0.20 c	20.95 ± 0.63	17.68 ± 2.68 b	6.18 ± 1.91
			b		c

292 Los valores reportados son la media de 25 repeticiones ± desviación estándar. Medias con la misma letra, en una misma
 293 columna, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

294
 295 **Contenido de minerales**

296 Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) del contenido de minerales entre los frutos
 297 frescos de los cuatro segregantes (Cuadro 4). El segregante P5-1F presentó las concentraciones
 298 estadísticamente superiores de P, K y Mg, en contraste, los frutos del segregante P5-28F
 299 mostraron significativamente mayores contenidos de Na, Ca, Fe y Cu; los segregantes P5-1F, P5-
 300 28F y P5-3F obtuvieron los mayores contenidos de B (Cuadro 3). Luna-Vázquez et al. (2013)
 301 reportaron valores mayores de K ($184.30 \pm 3.50 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$) y Na ($22.40 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$) en
 302 frutos de capulín cosechados en Huejotzingo, Puebla, México; así como, contenidos menores de P

303 (28.10 ± 0.40 mg·100 g⁻¹ p.f.) y Ca (12.90 ± 1.90 mg·100 g⁻¹ p.f.); sin embargo, el contenido de Mg
 304 (21.20 ± 0.40 mg·100 g⁻¹ p.f.) fue similar al obtenido en el presente estudio. Las diferencias
 305 encontradas respecto a los valores reportados en otras investigaciones se deben principalmente a
 306 factores edafoclimáticos del lugar de origen de cosecha del capulín. Respecto a las diferencias
 307 encontradas en las concentraciones de minerales entre los cuatro segregantes, se podrían atribuir
 308 nuevamente a diferencias genéticas como se ha reportado en otros frutos y algunas hortalizas
 309 (Reynoso-Camacho et al., 2006). No existen estudios realizados sobre la variación del contenido de
 310 minerales en los frutos de capulín en relación con estos factores, la presente investigación es una
 311 contribución del contenido de minerales en segregantes. Por lo tanto, los resultados obtenidos
 312 sugieren que el consumo de los frutos de capulín podría ser una alternativa de ingesta de minerales
 313 económica en la población.

314 **Cuadro 3.** Contenido de minerales (mg·100 g⁻¹ p.f.) en la pulpa de frutos frescos de cuatro
 315 segregantes de capulín (*Prunus serotina*).

Mineral	Segregante			
	P5-1F	P5-3F	P5-18F	P5-28F
P	40.28 ± 0.34 a	35.87 ± 0.24 c	35.85 ± 0.39 c	37.13 ± 0.41 b
K	106.72 ± 0.38 a	100.46 ± 0.46 c	104.99 ± 0.26 b	96.31 ± 0.17 d
Ca	22.63 ± 0.36 b	21.19 ± 0.25 c	16.43 ± 0.32 d	23.82 ± 0.43 a
Mg	24.57 ± 0.07 a	22.34 ± 0.21 b	16.97 ± 0.12 d	19.67 ± 0.42 c
Na	21.03 ± 0.39 ab	20.19 ± 0.42 b	17.45 ± 0.42 c	21.63 ± 0.05 a
Fe	0.67 ± 0.08 b	0.63 ± 0.00 b	0.53 ± 0.00 b	0.88 ± 0.04 a
Mn	0.16 ± 0.00 b	0.17 ± 0.00 b	0.20 ± 0.00 a	0.20 ± 0.01 a
Zn	0.28 ± 0.00 b	0.34 ± 0.00 a	0.30 ± 0.00 b	0.32 ± 0.00 a
Cu	0.02 ± 0.00 d	0.04 ± 0.00 b	0.03 ± 0.00 c	0.07 ± 0.00 a
B	0.99 ± 0.03 a	1.04 ± 0.00 a	0.90 ± 0.01 b	1.01 ± 0.02 a

316 Los valores representan la media de 3 repeticiones; ± desviación estándar. Medias con la misma letra, en una misma
 317 fila, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

318

319 **Análisis proximal**

320 Después del procesamiento de los frutos (40 °C por 5 min), el contenido de cenizas (minerales en el
 321 alimento) disminuyó solo en tres segregantes P5-1P y P5-28P, así como el contenido de humedad
 322 (Cuadro 4), por lo tanto, hubo pérdida de minerales (lixiviados) por transferencia al agua de
 323 cocción. De acuerdo con Yagmur & Taskin (2011), la mayoría de los minerales de frutas y verduras
 324 son solubles en agua, por lo cual es común que estos nutrientes pasen del tejido al agua de proceso; la

325 difusión externa de los minerales durante la cocción depende del nivel de daño físico de los tejidos
326 vegetales y aumenta con el tratamiento térmico en el agua de cocción; factores como el nivel de pH,
327 temperatura, relación agua-nutrientes, área de la superficie expuesta, entre otros factores afectan las
328 pérdidas de minerales en el producto final.

329 Por otra parte, los frutos frescos de los cuatro segregantes de capulín son importante fuente de
330 carbohidratos, fibra cruda y proteína (Cuadro 4). No se encontraron significativas en el contenido de
331 lípidos fresco (F). El contenido de lípidos en todos los segregantes fue menor a 0.03 % por l que no se
332 reportó en el Cuadro 5.

333 Los frutos P5-1F presentaron las mayores concentraciones de carbohidratos y fibra cruda entre los
334 segregantes estudiados. Los frutos del segregante P5-3F fueron los de mayor concentración de proteína
335 cruda. Al respecto, Luna-Vázquez et al. (2013) reportaron valores menores de carbohidratos,
336 similares de fibra cruda y mayores de proteína en frutos de capulín (*P. serotina* subssp. *capuli*) (12.23,
337 3.58 y 2.10 %, respectivamente); pero, el fruto de los segregantes estudiados presentaron valores
338 superiores de carbohidratos y proteína en comparación con lo reportado en cereza (*Prunus domestica*)
339 (8.28 y 0.49 %, respectivamente) y uva (*Vitis vinifera*) (13.96 y 0.46 %, respectivamente).
340 Por tanto, esta fruta es fuente de nutrientes a bajo costo. Es importante destacar que el valor de fibra
341 cruda encontrado en capulín de los segregantes estudiados, entre 18.36 a 19.41 % en peso seco,
342 superior a lo reportado por Blejan et al. (2023) en algunos subproductos (mezcla seca de cáscaras,
343 semillas y pulpa residual después de la eliminación de jugo) de arándanos silvestres (*Vaccinium*
344 *myrtilus* L.) y grosellas negras (*Ribes nigrum* L.) (11.84 y 15.50 % en peso seco, respectivamente).
345 Los alimentos ricos en fibra proveen beneficios a la salud para la prevención y reducción del riesgo
346 de enfermedades crónicas; el consumo de fibra cruda tiene un efecto laxante, por lo que es
347 recomendada por especialistas a personas que sufren de estreñimiento (Ioniță-Mîndrican et al., 2022).

348 Respecto al efecto del tratamiento térmico en los contenidos de carbohidratos y fibra cruda, los frutos
349 procesados (P) presentaron mayores concentraciones en comparación con el fruto fresco (F) (Cuadro
350 4), debido a la concentración de estos nutrimentos por pérdida de agua del fruto durante el tratamiento
351 térmico. De acuerdo con Ramalakshmi et al. (2021), la pérdida de nutrientes durante la cocción
352 depende de la temperatura, duración del tratamiento y el nutriente involucrado; la pérdida de
353 carbohidratos durante la cocción es generalmente pequeña y solo después de varios minutos de cocción
354 y a temperaturas cercanas a los 100° C.

355 Por último, es importante referir que se observó una reducción de hasta el 25 % en el contenido de

356 proteínas en los frutos procesados (P) con respecto al capulín fresco (Cuadro 4), a excepción del
 357 segregante fresco y procesado (P5-1F y P5-1P) cuyo contenido fue estadísticamente igual en las dos
 358 condiciones. Es común la pérdida considerable de sustancias nutritivas solubles al disolverse o
 359 lixiviarse en el agua de cocción, como proteínas, minerales solubles en agua y vitaminas (Deng et al.,
 360 2019).

361 **Cuadro 4.** Análisis proximal (%) de los frutos frescos (F) y procesados (P) de cuatro
 362 segregantes de capulín (*Prunus serotina*).

Segregant	Cenizas	Humedad	Proteína	Carbohidratos	Fibra cruda
P5-1 F	0.771 ± 0.016 d	79.45 ± 0.26 b	1.79 ± 0.46 b	17.95 ± 0.25 ab	3.99 ± 0.06 ab
P 5-3 F	0.954 ± 0.004 a	81.21 ± 0.26 a	2.37 ± 0.01 a	15.52 ± 0.11 d	3.45 ± 0.06 d
P 5-18 F	0.911 ± 0.008 b	80.98 ± 0.66 a	1.82 ± 0.09 b	16.33 ± 0.76 cd	3.63 ± 0.17 cd
P5-28 F	0.912 ± 0.011 b	79.92 ± 0.02 b	1.83 ± 0.01 b	17.31 ± 0.10 bc	3.85 ± 0.01bc
P5-1 P	0.684 ± 0.008 e	79.26 ± 0.11 b	1.82 ± 0.01 b	18.21 ± 0.11 ab	4.04 ± 0.02 ab
P 5-3 P	0.856 ± 0.013 c	81.33 ± 0.09 a	1.17 ± 0.02 d	16.52 ± 0.09 cd	3.67 ± 0.02 cd
P5-18 P	0.841 ± 0.015 c	81.24 ± 0.16 a	1.40 ± 0.02 c	16.42 ± 0.13 cd	3.64 ± 0.03 cd
P5-28 P	0.821 ± 0.011c	78.95 ± 0.16 b	1.47 ± 0.02 c	18.74 ± 0.17 a	4.16 ± 0.04 a

363 Los valores representan la media de 3 repeticiones; ± desviación estándar. Medias con la misma letra, en una misma
 364 fila, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

365

366 **Contenido de nutraceuticos**

367 Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la concentración de compuestos fenólicos,
 368 antocianinas, flavonoides y vitamina C entre los frutos frescos de los cuatro segregantes. Los
 369 frutos frescos (F) de los segregantes P5-28F y P5-3F fueron los que presentaron las concentraciones
 370 mayores de antocianinas y compuestos fenólicos. En relación con las concentraciones de
 371 flavonoides totales y vitamina C, los valores fueron similares entre todos los segregantes, a excepción de
 372 P5-1F que presentó las menores concentraciones de estos metabolitos (Cuadro 5). Anttonen &
 373 Karjalainen, (2005) refieren que el contenido de compuestos fenólicos puede variar
 374 significativamente entre cultivares de una especie debido a la expresión génica relacionada con la
 375 biosíntesis de algunos metabolitos en respuesta a los cambios en el entorno del cultivo. Los
 376 compuestos fenólicos además de su capacidad antioxidante poseen otros mecanismos de acción
 377 que explican sus diversos efectos benéficos en los consumidores (Poti et al., 2019).

378 Los estudios fitoquímicos de los cultivares, variedades o segregantes de una especie permiten

379 planificar estrategias de mejoramiento, así como, seleccionar individuos con alto contenido de
380 principios activos o de interés comercial como colorantes naturales, ingredientes nutraceuticos y
381 antioxidantes para la industria alimentaria o para mejorar el contenido de compuestos saludables en
382 frutos de capulín.

383 Es importante señalar que los valores de compuestos fenólicos y flavonoides (4.69-17.64 mg EAG
384 $\cdot g^{-1}$ y 1.38-2.68 mg EQ $\cdot g^{-1}$ p.s., respectivamente) encontrados en los cuatro segregantes estudiados
385 y transformados en las mismas unidades de concentración fueron inferiores a lo reportado por
386 Hernández Rodríguez et al. (2019) en capulín silvestre colectado en Zacatlán, Puebla, México
387 (14.40-26.96 mg EAG $\cdot g^{-1}$ p.s., 16.56-9.23 mg EQ $\cdot g^{-1}$ p.s. y 0.04-0.66 mg cianidina-3-glucósido (C-
388 3-G) $\cdot g^{-1}$ p.s.); en contraste, se encontraron mayores concentraciones de antocianinas (0.44-1.05 mg
389 equivalentes de C-3-G por g, en peso seco) en todos los segregantes estudiados. Ordaz-Galindo et al.
390 (1999) reportaron valores de antocianinas en los frutos de capulín (*Prunus serotina*) (31.7 mg
391 equivalentes de cianidin-3-glicósido $\cdot 100 g^{-1}$ p.f.) similares a los reportados en el presente estudio.

392 Por otra parte, la concentración de flavonoides encontrada en todos los segregantes fue menor a la
393 de compuestos fenólicos totales, posiblemente porque algunos flavonoides se podrían encontrar
394 formando procianidinas (taninos condensados) como en otros frutos (Cui et al., 2006).

395 El contenido de vitamina C fue estadísticamente igual entre los frutos frescos de los segregantes P5-
396 3F, P5-18F y P5-28F, el valor más bajo de este metabolito lo presentaron los frutos frescos del
397 segregante P5-1F. No existen estudios sobre el contenido de esta vitamina en capulín.

398 Por otra parte, el tratamiento térmico tuvo un efecto significativo en el contenido de compuestos
399 nutraceuticos entre los frutos de los cuatro segregantes. El contenido de compuestos fenólicos
400 obtuvo un incremento significativo en los frutos de los cuatro segregantes posterior al
401 tratamiento térmico (17 %), que podría deberse a la concentración de estos nutrimentos por la
402 pérdida de agua del fruto durante el tratamiento térmico, como se observó en carbohidratos.

403 Los segregantes P5-3F y P5-18F no mostraron diferencias significativas en el contenido de
404 flavonoides después del tratamiento térmico, por el contrario del segregante P5-28P mostró la
405 mayor disminución de estos metabolitos. Los flavonoides son también compuestos fenólicos con
406 potencial antioxidante presentes en hortalizas y frutas; en las últimas dos décadas los estudios
407 epidemiológicos han demostrado una relación entre el consumo de flavonoides y la baja incidencia
408 de padecimientos degenerativos (Toh et al., 2013). Los mecanismos de acción de cada grupo de

409 fitoquímicos en capulín se desconocen, pero el efecto sinérgico de estos bioactivos lo convierten en
 410 un alimento con propiedades funcionales notables, principalmente los frutos de los segregantes
 411 P5-3F y P5-28F.

412 El efecto del tratamiento térmico también provocó una disminución significativa promedio de 16
 413 % del contenido de antocianinas en los segregantes P5-3F y P5-18F (Cuadro 5). Los niveles de
 414 antocianinas pueden verse afectados por la temperatura del proceso. Oliveira et al. (2010) observaron
 415 una reducción en el contenido de antocianinas en arándanos entre 12 y 42 % durante un
 416 calentamiento progresivo de 12° hasta 99 °C por 60 min, el mismo fenómeno se encontró en el
 417 capulín con tratamiento térmico estudiado en la presente investigación.

418 **Cuadro 5.** Contenido de compuestos nutraceuticos en frutos fresco (F) y procesado (P) de cuatro
 419 segregantes de capulín (*Prunus serotina*) por cada 100 g de peso fresco.

Segregante	Compuestos Fenólicos (mg EAG)	Flavonoides (mg EQ)	Antocianinas (mg ECyd-3-Gli)	Vitamina C (mg EAA)
P5-1 F	96.42 ± 3.09 e	28.39 ± 0.18 e	9.05 ± 0.20 e	33.87 ± 0.24 c
P5-3 F	331.57 ± 4.09 b	50.49 ± 0.83 a	19.69 ± 0.19a	40.06 ± 0.55 a
P5-18 F	228.84 ± 5.95 d	48.68 ± 1.47 ab	16.46 ± 0.61 c	42.01 ± 0.93 a
P5-28 F	341.27 ± 3.09 b	50.25 ± 0.44 a	18.54 ± 0.32 ab	40.46 ± 0.77 a
P5-1 P	104.6 ± 2.14 e	31.30 ± 0.31d	8.44 ± 0.24 e	33.52 ± 0.34 c
P5-3 P	390.69 ± 3.24 a	49.58 ± 0.53 a	16.57 ± 0.34 c	40.06 ± 0.62 a
P5-18 P	305.27 ± 2.14 c	46.44 ± 0.53 b	10.77 ± 0.24 d	36.61 ± 0.40 b
P5-28 P	388.84 ± 0.86 a	42.01 ± 0.12 c	17.48 ± 0.29 bc	36.69 ± 0.54 b

420 Los valores representan la media de 3 repeticiones; ± desviación estándar. Medias con la misma letra, en una misma
 421 fila, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). EAG: equivalentes de ácido gálico, EQ: equivalentes de quercetina,
 422 ECyd-3-Gli: cianidina-3-glucósido, EAA: equivalentes de ácido ascórbico.

423 El contenido de vitamina C (Cuadro 6) mostró diferencias significativas únicamente entre los frutos
 424 frescos y procesados de los segregantes P5-18F y P5-28F, donde se generó una disminución de su
 425 contenido (12.8 y 9.3 %, respectivamente). El contenido de vitamina C en los frutos frescos de
 426 capulín de los cuatro segregantes analizados fue mayor al reportado por García et al. (2006) en
 427 plátano (8 – 16 mg·100 g⁻¹) y en manzana verde (3-30 mg·100 g⁻¹). La vitamina C juega un papel
 428 muy importante en el metabolismo humano, es fundamental para el desarrollo y función del
 429 sistema nervioso, forma parte de los mecanismos de cicatrización, biosíntesis de colágeno y
 430 diferentes neurotransmisores (Kükürt & Gelen, 2024).

431 Por último, es importante señalar que los frutos frescos del segregante P5-3F fueron en los que se

432 afectaron menos los compuestos nutraceuticos debido al tratamiento térmico (a excepción de la
 433 concentración de antocianinas), que correspondió con mayor actividad antioxidante (Cuadro 6), por
 434 esta razón se recomienda como un segregante con potencial para ser procesado.

435

436 **Capacidad antioxidante**

437 La capacidad antioxidante de los frutos frescos y procesados de los cuatro segregantes presentó
 438 diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 6). Los valores más altos de capacidad antioxidantes se
 439 observaron en los frutos frescos del segregante P5-28F, seguido de P5-3F. Los frutos frescos de
 440 estos segregantes fueron los que presentaron el mayor contenido de antocianidinas, compuestos
 441 fenólicos, flavonoides y vitamina C. Los frutos procesados de los cuatro segregantes mostraron
 442 un aumento promedio de 28 % en el contenido de capacidad antioxidante; así como, de su
 443 capacidad inhibidora promedio de radicales libres (34 %), lo cual podría explicarse por el aumento
 444 de compuestos fenólicos (17 %) como se mencionó anteriormente en el presente estudio. La
 445 capacidad antioxidante obtenida en los frutos frescos y procesados de los cuatro segregantes de
 446 capulín ($1326.08 \pm 47.27 - 2252.06 \pm 22.22 \mu\text{mol ET} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$) fue similar a los valores
 447 reportados por Luna-Vázquez et al. (2013) ($1455.2 \pm 92.5 - 2056.7 \pm 108.0 \mu\text{mol ET} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$)
 448 en frutos frescos de la misma especie. Por otra parte, investigaciones similares realizadas por
 449 García-Mateos et al. (2013) en 20 diferentes genotipos de tejocote y Ballistreri et al. (2013) en
 450 24 variedades de cereza dulce (*P. avium*), mostraron que el factor genético podría explicar las
 451 variaciones en las características nutraceuticas de los segregantes de capulín.

452 **Cuadro 6.** Capacidad antioxidante en frutos frescos (F) y procesados (P) de cuatro segregantes de
 453 capulín (*Prunus serotina*).

Segregante	Capacidad Antioxidante ($\mu\text{mol} \cdot \text{ET} 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$)	Inhibición (%)
P5-1 F	$1326.084 \pm 47.27 \text{ c}$	$54.17 \pm 2.17 \text{ b}$
P5-3 F	$1800.81 \pm 23.23 \text{ b}$	$92.25 \pm 3.28 \text{ a}$
P5-18 F	$1390.40 \pm 2.88 \text{ c}$	$57.13 \pm 0.13 \text{ b}$
P5-28 F	$2154.05 \pm 71.48 \text{ a}$	$95.77 \pm 1.13 \text{ a}$
P5-1 P	$1816.94 \pm 8.81 \text{ b}$	$91.36 \pm 0.40 \text{ a}$
P5-3 P	$2252.06 \pm 22.22 \text{ a}$	$96.76 \pm 1.02 \text{ a}$
P5-18 P	$2145.89 \pm 76.11 \text{ a}$	$91.87 \pm 3.50 \text{ a}$
P5-28 P	$2134.66 \pm 8.78 \text{ a}$	$97.84 \pm 0.43 \text{ a}$

454 Los valores representan la media de 3 repeticiones; \pm desviación estándar. Medias con la misma letra, en una misma
 455 fila, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). ET: equivalentes de trolox.

456

457

458

Conclusiones

459

460

461 El fruto de capulín de los cuatro segregantes estudiados es fuente de nutrientes (proteínas, fibra,
462 carbohidratos, P, K, Ca, Mg y Fe) y de compuestos antioxidantes (fenólicos, antocianinas y vitamina
463 C) a bajo costo. El fruto del segregante P5-1F fue el que presentó el mayor contenido de carbohidratos,
464 sólidos solubles totales y pH, atributos de calidad importantes para comercializar un fruto; sin
465 embargo, fue el de menor valor nutracéutico en estado fresco y procesado. En contraste, los frutos del
466 segregante P5-3 fueron los de mayores valores de proteínas y potencial nutracéutico por sus altas
467 concentraciones de compuestos fenólicos, flavonoides, antocianinas, vitamina C y actividad
468 antioxidante en fresco (P5-3F) y procesado (P5-3P). Los frutos frescos de los segregantes P5-3F y
469 P5-28F fueron estadísticamente superiores en contenido de antocianinas y flavonoides,
470 compartiendo esta superioridad en el contenido de vitamina C con los frutos frescos del segregante
471 P5-18F. Los frutos frescos del segregante P5-28F mostraron la mayor capacidad antioxidante,
472 asociado a su alta concentración de compuestos nutracéuticos. Los factores tratamiento térmico (40
473 °C por 5 min) y segregante de capulín tuvieron un efecto significativo conjunto en el valor nutricional
474 y nutracéutico de los frutos frescos y procesados. Los frutos de segregante P5-3P toleraron
475 mayormente el tratamiento térmico, por lo que los frutos presentaron las menores afectaciones en los
476 componentes nutracéuticos y el mayor valor de actividad antioxidante, por esta razón se recomienda
477 como un segregante con potencial para ser procesado con el fin de generar valor agregado.

478

479

Agradecimientos

480 Al Dr. Crescenciano Saucedo Veloz (QEPD) y al M. C. Alfonso Muratalla Lúa, Profesores
481 Investigadores del Posgrado de Fruticultura del Colegio de Postgraduados, por la donación del
482 material biológico para la presente investigación. Al IBQ. Félix Esparza Torres del Departamento de
483 Ingeniería Agroindustrial de la UACH por el apoyo en la realización del Análisis Proximal.

484

485

486

Referencias

487

488

489 Alcántar-González, G., & Sandoval-Villa, M. (1999). Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal.
490 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. 1999. Chapingo, México.

491 Anttonen, M. J., & Karjalainen, R. O. (2005). Environmental and genetic variation of phenolic
492 compounds in red raspberry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(8), 759–769.
493 <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.11.003>

494 AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis*. (18th Ed.). Association of Official Analytical Chemist.

495 Ballistreri, G., Continella, A., Gentile, A., Amenta, M., Fabroni, S., & Rapisarda, P. (2013). Fruit
496 quality and bioactive compounds relevant to human health of sweet cherry (*Prunus avium* L.)
497 cultivars grown in Italy. *Food Chemistry*, 140(4), 630–638.
498 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.024>

499 Baxter, C. J., Carrari, F., Bauke, A., Overy, S., Hill, S. A., Quick, P. W., Fernie, A. R., & Sweetlove,
500 L. J. (2005). Fruit Carbohydrate Metabolism in an Introgression Line of Tomato with Increased Fruit
501 Soluble Solids. *Plant and Cell Physiology*, 46(3), 425–437. <https://doi.org/10.1093/pcp/pci040>

502 Blejan, A. M., Nour, V., Păcularu-Burada, B., & Popescu, S. M. (2023). Wild bilberry, blackcurrant,
503 and blackberry by-products as a source of nutritional and bioactive compounds. *International Journal*
504 *of Food Properties*, 26(1), 1579–1595. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2224530>

505 Cui, T., Nakamura, K., Tian, S., Kayahara, H., & Tian, Y.-L. (2006). Polyphenolic Content and
506 Physiological Activities of Chinese Hawthorn Extracts. *Bioscience, Biotechnology, and*
507 *Biochemistry*, 70(12), 2948–2956. <https://doi.org/10.1271/bbb.60361>

508 Chang, C.-C., Yang, M.-H., Wen, H.-M., & Chern, J.-C. (2002). Estimation of total flavonoid content
509 in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3),
510 178-182. <https://doi.org/10.3821/2224-6614.2748>

511 Deng, L.-Z., Mujumdar, A. S., Zhang, Q., Yang, X.-H., Wang, J., Zheng, Z.-A., Gao, Z.-J., & Xiao,

512 H.-W. (2019). Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying
513 characteristics and quality attributes – a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and*
514 *Nutrition*, 59(9), 1408–1432. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1409192>

515 Dürüst, N., Sümengen, D., & Dürüst, Y. (1997). Ascorbic Acid and Element Contents of Foods of
516 Trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(6), 2085–2087.
517 <https://doi.org/10.1021/jf9606159>

518 Fresnedo-Ramírez, J., Segura, S., & Muratalla-Lúa, A. (2011). Morphovariability of capulín (*Prunus*
519 *serotina* Ehrh.) in the central-western region of Mexico from a plant genetic resources perspective.
520 *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(4), 481–495. <https://doi.org/10.1007/s10722-010-9592-2>

521 García, G., García, A., Mejía, Ó., Clavijo, D., Hernández, S., Báez, S., & Cobos, C. (2006). Aspectos
522 bioclínicos y patobiológicos de la vitamina C en la especie humana. *CES Medicina*, 20(2), 3479-
523 3495. <https://doi.org/10.3390/molecules20023479>

524 García-Mateos, R., Ibarra-Estrada, E., & Nieto-Angel, R. (2013). Antioxidant compounds in
525 hawthorn fruits (*Crataegus* spp.) of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(4), 1298–1304.
526 <https://doi.org/10.7550/rmb.35675>

527 García-Aguilar, L., Rojas-Molina, A., Ibarra-Alvarado, C., Rojas-Molina, J., Vázquez-Landaverde,
528 P., Luna-Vázquez, F., & Zavala-Sánchez, M. (2015). Nutritional Value and Volatile Compounds of
529 Black Cherry (*Prunus serotina*) Seeds. *Molecules*, 20(2), 3479–3495.
530 <https://doi.org/10.3390/molecules20023479>

531 Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-
532 Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 00(1).
533 <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>

534 Guzmán, F. A., Segura-Ledesma, S. D., & Almaguer-Vargas, G. (2020). El capulín (*Prunus serotina*
535 Ehrh.): Árbol multipropósito con potencial forestal en México. *Madera y Bosques*, 26(1).
536 <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611866>

537 Hernández Rodríguez, G., Espinosa- Solares, T., Perez-Lopez, A., Salgado-Escobar, I., & Guerra-
538 Ramírez, D. (2019). Antioxidant capacity of capulin (*Prunus serotina* subsp. Capuli (Cav).
539 McVaugh) fruit at different stages of ripening. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), 35–44.
540 <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1947>

541 Ibarra-Alvarado, C., Rojas, A., Luna, F., Rojas, J., Rivero-Cruz, B., & Rivero-Cruz, J. (2009).
542 Vasorelaxant constituents of the leaves of *Prunus serotina* “Capulín”. *Revista Latinoamericana de*
543 *Química*. [https://www.semanticscholar.org/paper/Vasorelaxant-constituents-of-the-leaves-of-](https://www.semanticscholar.org/paper/Vasorelaxant-constituents-of-the-leaves-of-Prunus-Ibarra-Alvarado-Rojas/ad6ce32ea8c6eba2a9e8adeeb937e23764d52be)
544 *Prunus-Ibarra-Alvarado-Rojas/ad6ce32ea8c6eba2a9e8adeeb937e23764d52be*

545 Ioniță-Mîndrican, C.-B., Ziani, K., Mititelu, M., Oprea, E., Neacșu, S. M., Moroșan, E., Dumitrescu,
546 D.-E., Roșca, A. C., Drăgănescu, D., & Negrei, C. (2022). Therapeutic Benefits and Dietary
547 Restrictions of Fiber Intake: A State of the Art. Review. *Nutrients*, *14*(13), 2641.
548 <https://doi.org/10.3390/nu14132641>

549 Jimenez, M., Castillo, I., Azuara, E., & Beristain, C. I. (2011). Actividad antioxidante y
550 antimicrobiana de extractos de capulín (*Prunus serotina* subsp capuli). *Revista mexicana de*
551 *ingeniería química*, *10*(1), 29–37.

552 Kükürt, A., & Gelen, V. (2024). Understanding Vitamin C: Comprehensive Examination of Its
553 Biological Significance and Antioxidant Properties. En A. Kükürt & V. Gelen (Eds.), *Ascorbic Acid—*
554 *Biochemistry and Functions*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.114122>

555 López-Hernández, E. F., Santiago-Mejía, H., & Ortiz, Y. G. (2024). Conocimiento etnobotánico
556 asociado al árbol de capulín (*Prunus serotina* Ehrh.) en comunidades mazahua de Jocotitlán, Estado
557 de México, México. *Etnobiología*, *22*(1), Article 1.

558 Luna-Vázquez, F., Ibarra-Alvarado, C., Rojas-Molina, A., Rojas-Molina, J., Yahia, E., Rivera-
559 Pastrana, D., Rojas-Molina, A., & Zavala-Sánchez, Á. M. (2013). Nutraceutical Value of Black
560 Cherry *Prunus serotina* Ehrh. Fruits: Antioxidant and Antihypertensive Properties. *Molecules*, *18*(12),
561 14597–14612. <https://doi.org/10.3390/molecules181214597>

562 McGuire, R. G. (1992). Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, *27*(12), 1254–
563 1255. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.12.1254>

564 Oliveira, C., Amaro, L. F., Pinho, O., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2010). Cooked blueberries:
565 Anthocyanin and anthocyanidin degradation and their radical-scavenging activity. *Journal of*
566 *Agricultural and Food Chemistry*, *58*(16), 9006–9012. <https://doi.org/10.1021/jf101923w>

567 Ordaz-Galindo, A., Wesche-Ebeling, P., Wrolstad, R. E., Rodriguez-Saona, L., & Argaiz-Jamet, A.
568 (1999). Purification and identification of Capulin (*Prunus serotina* Ehrh) anthocyanins. *Food*
569 *Chemistry*, *65*(2), 201–206. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00196-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00196-4)

570 Pairon, M. C., & Jacquemart, A.-L. (2005). Disomic Segregation of Microsatellites in the Tetraploid
571 *Prunus serotina* Ehrh. (Rosaceae). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(5),
572 729–734. <https://doi.org/10.21273/JASHS.130.5.729>

573 Pathania, S., Itle, R. A., Chávez, C. R., Lema, L. F., Caballero-Serrano, V., Carrasco, J. C., & Chavez,
574 D. J. (2022). Fruit Characterization of *Prunus serotina* subsp. Capuli. *Horticulturae*, 8(9), 838.
575 <https://doi.org/10.3390/horticulturae8090838>

576 Petitpierre, B., Pairon, M., Broennimann, O., Jacquemart, A. L., Guisan, A., & Besnard, G. (2009).
577 Plastid DNA variation in *Prunus serotina* var. *Serotina* (Rosaceae), a North American tree invading
578 Europe. *European Journal of Forest Research*, 128(5), 431–436. [https://doi.org/10.1007/s10342-](https://doi.org/10.1007/s10342-009-0287-1)
579 009-0287-1

580 Poti, F., Santi, D., Spaggiari, G., Zimetti, F., & Zanotti, I. (2019). Polyphenol Health Effects on
581 Cardiovascular and Neurodegenerative Disorders: A Review and Meta-Analysis. *International*
582 *Journal of Molecular Sciences*, 20(2), 351. <https://doi.org/10.3390/ijms20020351>

583 Potter, D. (2011). *Prunus*. En C. Kole (Ed.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*
584 (pp. 129–145). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16057-8_7

585 Ramalakshmi, K., Subhapiya, P., Ananthavalli, K., Sarada, K., & Shanmugapriya, D. (2021). Impact
586 of cooking on nutrients in selected vegetables. *International Journal of Engineering Research and*
587 *Application*, 11(2), 31-35, <https://doi.org/10.9790/9622-1102023135>].

588 Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant
589 activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and*
590 *Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)

591 Reynoso-Camacho, R., Ramos-Gómez, M., Loarca-Piña, G., Guevara-González, R., & Torres-
592 Pacheco, I. (2006). Bioactive components in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.).
593 [https://www.semanticscholar.org/paper/Bioactive-components-in-common-beans-\(Phaseolus-](https://www.semanticscholar.org/paper/Bioactive-components-in-common-beans-(Phaseolus-Reynoso-Camacho-Ramos-G%C3%B3mez/6f298346344c2ea4b0c585e7c7b3c1df9f23f2ab)
594 [Reynoso-Camacho-Ramos-G%
595 Román-Cortés, N. R., García-Mateos, Ma. del R., Castillo-González, A. Ma., Sahagún-Castellanos,
596 J., & Jiménez-Arellanes, Ma. A. \(2018\). Características nutricionales y nutraceuticas de hortalizas de
597 uso ancestral en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41\(3\), 245–253.
598 <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.3.245-253>](https://www.semanticscholar.org/paper/Bioactive-components-in-common-beans-(Phaseolus-Reynoso-Camacho-Ramos-G%C3%B3mez/6f298346344c2ea4b0c585e7c7b3c1df9f23f2ab)

599 SAS Institute Inc. (2002). *SAS/STAT Software, Version 9.00* [Statistical Analysis System 9.0 for
600 Windows].

601 SIAP. (2024). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (Versión 2024)* [Software].
602 Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

603 Swain, E., Li, C. P., & Poulton, J. E. (1992). Development of the Potential for Cyanogenesis in
604 Maturing Black Cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) Fruits. *Plant Physiology*, *98*(4), 1423–1428.
605 <https://doi.org/10.1104/pp.98.4.1423>

606 Telichowska, A., Kobus-Cisowska, J., & Szulc, P. (2020). Phytopharmacological Possibilities of Bird
607 Cherry *Prunus padus* L. and *Prunus serotina* L. Species and Their Bioactive Phytochemicals.
608 *Nutrients*, *12*(7), 1966. <https://doi.org/10.3390/nu12071966>

609 Toh, J. Y., Tan, V. M. H., Lim, P. C. Y., Lim, S. T., & Chong, M. F. F. (2013). Flavonoids from Fruit
610 and Vegetables: A Focus on Cardiovascular Risk Factors. *Current Atherosclerosis Reports*, *15*(12),
611 368. <https://doi.org/10.1007/s11883-013-0368-y>

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

614 Yagmur, C., & Taskin, M. (2011). Study on changes in mineral content of plum (*Prunus domestica*)
615 and strawberry (*Fragaria*—*ananassa*) during canning. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*,
616 *81*(8), Article 8. <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJAgS/article/view/8424>