

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TIPIFICACIÓN NUTRICIONAL DE FRUTOS DE SORBUS DOMESTICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA E
INGENIERÍA DE ALIMENTOS

AUTOR: GRACE ARACELY CHICAIZA RUIZ

TUTORA ACADEMICA: M^a DOLORES ORTOLÁ ORTOLÁ
COTUTORA: M^a DOLORES RAIGÓN JIMÉNEZ

Curso Académico: 2019-2020

VALENCIA, NOVIEMBRE DE 2020

TIPIFICACIÓN NUTRICIONAL DE FRUTOS DE *SORBUS DOMESTICA*

Chicaiza, G., Ortolá, M.D.¹, Raigón, M.D.²

RESUMEN

Se ha realizado la caracterización nutricional de dos ecotipos de frutos de *Sorbus domestica*, conocidos como jervas o serbas, diferenciados morfológicamente por la similitud a formas de manzanas y peras pequeñas. Para las determinaciones analíticas se utilizaron los métodos oficiales de análisis AOAC y la evaluación de todos los parámetros se realizaron por triplicado en los frutos sobremaduros. Los resultados de la composición nutricional indican que los frutos de *S. domestica* tipo "manzana" tienen mayores contenidos de grasa, Fe, Zn, capacidad antioxidante total, azúcares totales, glucosa y acidez que los frutos de *S. domestica* tipo "pera". Los frutos de *S. domestica* son una buena fuente de K y Ca, presentan una cantidad adecuada de Cr y una gran capacidad antioxidante total. Estos resultados indican que los frutos de *Sorbus domestica* pueden servir como una fuente importante de elementos minerales y antioxidantes en la dieta humana, por lo cual se debería conducir a su mejor protección y difusión, así como a su uso más frecuente.

Los frutos de *Sorbus domestica* podrían usarse como fuentes de calidad de diferentes nutrientes y antioxidantes importantes para la dieta humana. El conocimiento sobre el valor nutricional de esta especie infrautilizada pone de relieve la necesidad de su protección y difusión.

PALABRAS CLAVE: jervas, antioxidante, alimento infrautilizado, sobremaduro.

ABSTRACT

The nutritional characterization of two ecotypes of *Sorbus domestica* fruits, known as jervas or rowanberries, differentiated morphologically by their similarity to the shapes of apples and small pears, has been carried out. For the analytical determinations the official AOAC analysis methods were used and the evaluation of all the parameters were carried out in triplicate in the overripe fruits. The results of the nutritional composition indicate that the fruits of *S. domestica* type "apple" have higher content of fat, Fe, Zn, total antioxidant capacity, total sugars, glucose and acidity than the fruits of *S. domestica* type "pear". The fruits of *S. domestica* are a good source of K and Ca, have an adequate amount of Cr and a great total antioxidant capacity. These results

¹ Universidad Politécnica de Valencia, Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IUIAD), Departamento de Tecnología de Alimentos, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, España.

² Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Química, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, España.

indicate that *Sorbus domestica* fruits can serve as an important source of mineral elements and antioxidants in the human diet, which should lead to their better protection and diffusion, as well as their more frequent use.

The *Sorbus domestica* fruits could be used as quality sources of different nutrients and antioxidants important for the human diet. Knowledge about the nutritional value of this underutilized species highlights the need for its protection and dissemination.

KEYWORDS: jervas, antioxidant, underused food, overripe food.

RESUM

S'ha realitzat la caracterització nutricional de dos ecotipus de fruits de *Sorbus domestica*, coneguts com jervas o serves, diferenciats morfològicament per la similitud a formes de pomes i peres petites. Per a les determinacions analítiques es van utilitzar els mètodes oficials d'anàlisi AOAC i l'avaluació de tots els paràmetres es van realitzar per triplicat en els fruits sobremaduros. Els resultats de la composició nutricional indiquen que els fruits de *S. domestica* tipus "poma" tenen majors continguts de greix, Fe, Zn, capacitat antioxidant total, sucres totals, glucosa i acidesa que els fruits de *S. domestica* tipus "pera". Els fruits de *S. domestica* són una bona font de K i Ca, presenten una quantitat adequada de Cr i una gran capacitat antioxidant total. Aquests resultats indiquen que els fruits de *Sorbus domestica* poden servir com una font important d'elements minerals i antioxidants en la dieta humana, per la qual cosa s'hauria de conduir al seu millor protecció i difusió, així com al seu ús més freqüent.

Els fruits de *Sorbus domestica* podrien usar-se com a fonts de qualitat de diferents nutrients i antioxidants importants per a la dieta humana. El coneixement sobre el valor nutricional d'aquesta espècie infrautilitzada posa en relleu la necessitat de la seva protecció i difusió.

PARAULES CLAU: jervas, antioxidant, aliment infrautilitzat, sobremaduro.

INTRODUCCIÓN

Sorbus domestica es una especie perteneciente a la familia de las Rosaceae, originaria de la cuenca mediterránea y de Europa central que se cultiva como planta frutal y ornamental (Matczak *et al.*, 2018). Es un árbol poco abundante, de mediano-gran tamaño, de cultivo localizado y actualmente en riesgo de desaparición. Aparece en los catálogos de flora protegida o amenazada de las comunidades de Castilla-La Mancha, Extremadura y Murcia. Se cree que la distribución de *Sorbus domestica* en Europa está limitada por las altas temperaturas del verano. Sin embargo, es capaz de tolerar altas temperaturas, siempre que no vaya acompañado de estrés hídrico (McAllister, 1996). Esta especie está adaptada para completar su ciclo de crecimiento dentro de las temporadas de crecimiento cortas que ocurren en zonas bajas y medias, sobre todo desde 300 hasta 1500 m de altitud. Según Lim (2012) y Majić *et al.* (2015), varias partes del árbol tienen un alto

valor nutricional, ya que contienen cantidades importantes de vitaminas, proteínas y minerales. Sin embargo, a finales de 1980, los frutos dejaron de consumirse y los árboles se dejaron de cuidar e incluso se cortaron porque estaban dentro de fincas de cereal, pasando a ser una especie infravalorada.

La posibilidad de hibridación entre individuos apomícticos y sexuales, o bien apomícticos entre sí, dentro del género *Sorbus*, hace que se mantengan líneas clonales, perdurando los caracteres y multiplicando el número de microespecies (Warburg y Kárpáti, 1996). Además, las especies de *Sorbus* son árboles de fruto carnoso cuyas semillas se dispersan por animales, especialmente aves, apareciendo las distintas especies en lugares muy variados y alejados de sus parentales.

El fruto del *Sorbus domestica* llamado jervas o serbas son pomos carnosos, piriformes redondeados, de jóvenes son verdes, pero al madurar adquieren un color rojo-castaño. Su sabor es muy astringente, por ello, para su consumo, es recomendable dejar sobremadurar o autofermentar la pulpa. Cada fruto lo hace a su ritmo, algunos tardan dos o tres días y otros hasta dos semanas en fermentar. La fermentación se acelera colocándolos en paja o calor. Una vez fermentados duran otras tres o cuatro semanas antes de quedarse secos. De forma natural, los frutos van cayendo verdes y duros al suelo durante los meses septiembre, octubre y noviembre. Poco a poco se les va poniendo la piel marrón y la pulpa se vuelve blanda con un color claro, al abrirlas se oxidan enseguida (Oria de Rueda *et al.*, 2006).

El valor nutricional de los alimentos es una información cada vez más valiosa tanto para el sector de la industria alimentaria, como para los consumidores, cada vez más exigentes con la alimentación, y concienciados de que la dieta racional y acorde a sus necesidades nutricionales, está basada en alimentos nutricionalmente equilibrados. Actualmente, varios estudios coinciden en que los antioxidantes alimentarios, consumidos a diario, contribuyen a la conservación de la buena salud. El consumo de frutas es indispensable para la salud y bienestar, por el aporte de fibra, vitaminas, minerales y sustancias de acción antioxidante, sin embargo, en España el consumo de fruta fresca tuvo un descenso desde 1987 hasta 1997 y ya a partir del año 2000 empezó a aumentar de nuevo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) una dieta equilibrada se consigue al consumir aproximadamente 400 g/día.

Existe poca información sobre la composición nutricional de los frutos de *Sorbus*, pero se indica que contienen diversos ácidos y vitaminas (ARBOLAPP, 2020). En la comunidad de Xanthi, la población usa esta fruta, no solo como alimento, sino también como un agente astringente, diarreico y antidiabético tradicional en forma de pulpa (Termentzi *et al.*, 2006).

Se han recomendado los frutos del *Sorbus domestica* como fuentes antioxidantes para varias aplicaciones alimentarias y farmacológicas, donde se vincula sus efectos biológicos con el contenido de polifenoles, como flavonoles, ésteres de ácido quínico y proantocianidinas (Majić *et al.*, 2015, Termentzi *et al.*, 2008a). Se consumen en fresco y como materia prima para elaborar sucedáneos de sidra o licores, con fines aperitivo-medicinales, mermeladas, gelatinas y confituras y también al consumirlos en verde son antidiarreicos debido a los taninos que contienen.

El objetivo de esta investigación es realizar un estudio nutricional de frutos de *Sorbus domestica* y evaluar su valor como fruta de temporada. Evaluando las diferencias en la composición entre el ecotipo manzana y el ecotipo pera. El conocimiento sobre el valor nutricional de esta especie infrutilizada debería conducir a su mejor protección y difusión, así como a su uso más frecuente en la dieta humana como una valiosa fuente nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se han empleado dos ecotipos de frutos de *Sorbus domestica*, uno con formas similares a manzanas (Figura 1) y otros con formas similares a peras (Figura 2), de 3 a 4 cm de largo, procedentes de la zona de Valladolid. Los frutos llegaron verdes al laboratorio y fueron sobremadurando hasta llegar al punto del consumo, momento en el que fueron analizados, tomando para el análisis tanto la piel como la pulpa de los frutos, ya que la ingesta de este fruto tradicionalmente se realizaba de forma íntegra.

Los parámetros estudiados en la tipificación nutricional son la humedad, el contenido en materia seca, minerales totales, fibra, grasa, proteína, hidratos de carbono, azúcares totales, contenido en glucosa, el valor del pH, el contenido en sólidos solubles, la acidez total valorable, la capacidad antioxidante total, el contenido en polifenoles totales, el contenido en Na, K, P, Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Cr, Se, Hg y Pb.

En las determinaciones se utilizaron los métodos oficiales de análisis (AOAC, 2011; Horwitz, 2000). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado para cada uno de los ecotipos estudiados.



FIGURA 1. Variedad de *Sorbus domestica* tipo manzana



FIGURA 2. Variedad de *Sorbus domestica* tipo pera

CONTENIDO EN HUMEDAD Y MATERIA SECA

El método experimental utilizado consiste en pesar 10 g de muestra en una cápsula de porcelana empleando la balanza analítica Mettler-Toledo modelo AB204. Llevando la muestra a estufa con aire forzado a $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ durante 24 h o hasta peso constante. Después se enfría la muestra en un desecador y por último se determina el peso de la muestra desecada o materia seca.

Se calcula el contenido de humedad por diferencia del peso de la muestra inicial y la muestra seca, con respecto al total. El resultado se expresa en porcentaje (ecuación 1). La materia seca (expresada en porcentaje) es el resultado de eliminar el contenido en humedad al peso de la muestra integra.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(P_1 - P_2)}{P_0} \times 100 \quad (1)$$

P_0 = peso de la muestra inicial (g); P_1 = peso cápsula con la muestra seca y P_2 = peso de la cápsula.

CONTENIDO EN PROTEÍNA

El método Kjeldahl es el usado en la determinación de la proteína. Para ello, se pesan 0,5 g de muestra y se introducen en tubos de digestión. Se añaden 4 g de mezcla de catalizadores Kjeldahl y 10 mL de mezcla de ácidos. Después se colocan los tubos en el bloque digestor a 400 °C por 30 minutos. Al cabo de los 30 minutos de digestión, se añaden con precaución 50 mL de agua destilada y se realiza la destilación en una unidad Foss Tecator 2100 Kjelttec Distillation Unit. Recogiendo entre 100 y 125 mL de destilado en 15 mL de la mezcla de ácido bórico + indicador al 2%. Por último, el amoniaco de la muestra se neutraliza directamente con una disolución de H_2SO_4 0,05 N, hasta el viraje de verde a rojo pálido.

Además, se realiza una prueba en blanco y a partir de la ecuación 2, se calcula el nitrógeno total expresado en porcentaje.

$$N_{Total} (\%) = \frac{(V_m - V_b) \times N \times 100}{P} \times 14 \quad (2)$$

P = peso de la muestra (mg); V_m = volumen (mL) de H_2SO_4 consumido en la valoración; V_b = volumen (mL) de H_2SO_4 del blanco, N = normalidad de H_2SO_4 .

La cantidad de proteína (%) se obtiene mediante la ecuación 3. Ya que el contenido de nitrógeno de las proteínas varía sólo entre unos límites muy estrechos (15 a 18% y como promedio 16%), lo que se traduce en multiplicar el porcentaje del nitrógeno por el factor de 6.25.

$$Proteína (\%) = \%N_{Total} \times f \quad (3)$$

Donde: f = factor de 6,25 (contenido promedio del nitrógeno en la proteína).

CONTENIDO EN GRASA

Para la determinación de la grasa se utilizan 2 g de muestra previamente seca, triturada y homogeneizada y se extrae con éter de petróleo en un equipo Soxhlet de Foss (modelo ST243 Soxtec™ de Labtec™ line. El contenido (%) de grasa bruta sobre sustancia seca se cuantifica a partir de la ecuación 4.

$$Grasa (\%) = \frac{(P_1 - P_2)}{P_0} \times 100 \quad (4)$$

P_0 = peso de la muestra inicial; P_1 = peso del recipiente con el extracto etéreo y P_2 = peso del recipiente vacío.

CONTENIDO EN FIBRA

La determinación del contenido en fibra de los alimentos de origen vegetal, se determina por el residuo que persiste después de dos hidrólisis sucesivas, una ácida y otra alcalina (García *et al.*, 2018).

Para ello se pesan 3,5 g de muestra en y se adiciona H_2SO_4 0,13 M hasta el volumen indicado y se lleva a ebullición por 30 minutos. Después de este tiempo se deja drenar el líquido y se adiciona H_2O a 80 °C, lavando tres veces, se seca a 105 °C por 30 minutos. A continuación, se realiza una extracción similar, pero con KOH 0,23 M, finalmente se realizan dos lavados, uno con HCl 0,5 M y otro con H_2O a 80 °C.

Finalmente, la muestra se seca a 105 °C por 24 h y se calcina en la mufla a 600 °C por 4 h. El resultado del contenido en fibra se expresa en porcentaje sobre la materia seca a partir de la ecuación 5.

$$Fibra (\%) = \frac{P_3 - (P_1 \times C) - (P_5 - P_4 - D)}{P_2} \times 100 \quad (5)$$

P_1 = peso cápsula vacía (mg); P_2 = peso muestra (mg); P_3 = peso cápsulas con muestra digerida y secada (mg); P_4 = peso crisol vacío y seco (mg); P_5 =

peso crisol con cenizas de la cápsula y la muestra (mg); C = valor del blanco establecido y D = peso de las cenizas del blanco (mg).

CONTENIDO EN MINERALES TOTALES O CENIZAS

Se pesan 2 g de muestra en un crisol de porcelana seco y tarado y se introduce en la mufla a 450 °C por 4 h. Después de la incineración se debe obtener un residuo blanquecino, libre de partículas carbonosas (color negro). Se pesa en una balanza analítica. El resultado se expresó en porcentaje a partir de la ecuación 6.

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{(P_1 - P_2)}{P_0} \times 100 \quad (6)$$

P_1 = peso del crisol con cenizas; P_2 = peso del crisol vacío; P_0 = peso de la muestra.

CONTENIDO EN HIDRATOS DE CARBONO

Los carbohidratos se calculan por diferencia porcentual entre el peso de la muestra y la suma de los porcentajes de proteína, fibra, grasa, cenizas y agua a partir de la ecuación 7.

$$\text{Carbohidratos (\%)} = 100 - [\text{proteína (\%)} + \text{fibra (\%)} + \text{grasa (\%)} + \text{ceniza (\%)} + \text{H}_2\text{O (\%)}] \quad (7)$$

CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO MINERAL

Una vez determinado el contenido de cenizas o minerales totales, se cuantifica los minerales individuales que posee la muestra. Para su determinación se mineraliza la muestra, al 2% en HCl.

La determinación de cada elemento mineral se realiza por técnicas de espectroscopía de emisión con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-EOS). El equipo empleado ha sido de Agilent ICP-EOS 710 (700 series ICP-OES). Made in Australia, Product No: G8465A Serial number No: AU13040030. Los resultados se expresan en mg del elemento sobre 100 g materia fresca.

CONTENIDO EN POLIFENOLES TOTALES

El conjunto de los compuestos fenólicos presentes en el material vegetal se oxida por el reactivo de Folin-Ciocalteu (Ahmad *et al.*, 2015). En la determinación, se introducen 0,1 g de muestra con 1 mL de extractante de polifenoles. Después se mezclan 50 µL de la disolución acuosa del extracto con 1,5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu, se homogeniza y se deja en reposo durante tres minutos. A continuación, se añaden 1,5 mL de Na_2CO_3 a 60 g L⁻¹ y se coloca la muestra en la oscuridad.

Para realizar la recta de calibrado se emplea ácido gálico como patrón y se preparan disoluciones de 25, 50, 100, 200 y 300 ppm a partir de una

disolución madre de 1000 mg L⁻¹. Las mediciones fueron realizadas a una longitud de onda de 750 nm en un espectrofotómetro marca Jenway modelo 6715 UV/V. Los resultados se expresaron en mg de ácido gálico por 100 g de materia fresca.

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL

El método de análisis de la capacidad antioxidante se realiza por captación de radicales DPPH (Kuskoski *et al.*, 2005). En el procedimiento se introducen 2 g de muestra en tubos Falcon de 10 mL y se añade 5 mL de metanol al 50%; se agita por 1 h y se centrifuga durante 20 minutos a 1600 rpm. Se realiza otra extracción para ello se añade 5 mL de acetona al 70% a los sólidos que quedaron en los tubos, se agita por 1 h y se centrifuga durante 20 minutos. Después se filtra la segunda extracción sobre la primera muestra y se afora con agua destilada.

Para la disolución DPPH se diluyen 0,0025 g de DPPH en 100 mL de metanol. Además, se prepara una curva patrón de Trolox en etanol desde 0 a 1,8 mM. Por último, se mide la absorbancia en un espectrofotómetro UV/V Schott Instruments modelo UViline 940, a una longitud de onda de 515 nm del contenido de 0,1 mL de patrón o muestra más 3,9 mL de disolución DPPH. Los resultados se relacionaron con una curva de calibración y se expresa en μ mol de equivalentes trolox por gramos de materia fresca.

CONTENIDO EN AZÚCARES TOTALES

Se pesó 30 g de muestra junto con 75 mL de agua destilada, dejando agitar por 1 h sobre una placa agitadora. Luego se filtró y se aforó a 100 mL. Para la cuantificación se tomó 1,25 mL de muestra y se colocó en un baño de hielo, se adicionó 2,5 mL de reactivo de antrona, se agitó y colocaron los tubos en un baño de agua a ebullición por 10 minutos. Por último, se colocaron los tubos en un baño de hielo por 10 minutos, se agitó y se procedió a leer la absorbancia a 625 nm.

CONTENIDO EN GLUCOSA

Para determinar el contenido de glucosa se utiliza un kit de glucosa oxidasa y un espectrofotómetro UV/V a la longitud de onda 505 nm. Para llevar a cabo la determinación se realiza un extracto del material vegetal y se coloca en tubos de ensayo, después se centrifuga por 5 minutos a 4000 rpm. Luego se incubó durante 25 minutos a baño María a 25 °C y se mide la absorbancia en el espectrofotómetro.

OTRAS DETERMINACIONES ANALÍTICAS MENORES

Para evaluar el pH, los sólidos solubles totales y la acidez total valorable se realiza un extracto acuoso por trituración manual y posterior filtrado con la ayuda de un filtro de tela (Pearson, 1993).

El pH es una medición del grado de acidez de un alimento. Se determina al introducir el electrodo del pH-metro digital en aproximadamente 30 mL del jugo filtrado. Cuando se estabiliza la señal de pH se anota el valor del mismo.

Para determinar el contenido de sólidos solubles totales se colocan dos gotas del extracto filtrado en un refractómetro. Las medidas se expresaron en °Brix.

Para evaluar la acidez total valorable se toman 5 mL del extracto vegetal filtrado y se diluyen con 50 mL de agua destilada. Esta muestra se valora con una disolución de NaOH 0,1 N hasta un pH de 8,1. El resultado se expresa como porcentaje de ácido málico, a través de la ecuación 8.

$$A(\%) = \frac{f_a \times V_{NaOH} \times N_{NaOH} \times f}{V_o} \times 100 \quad (8)$$

fa = Factor del ácido málico; V_{NaOH} = Volumen empleado de NaOH (mL); N_{NaOH} = Normalidad NaOH (0,1 N); f = Factor de corrección de NaOH y Vo = Volumen de la muestra (mL).

Análisis estadístico

Las muestras llegaron al laboratorio tres días después de su recolección. Los frutos se encontraban clasificados en tres lotes diferentes y morfológicamente diferenciados los dos ecotipos.

Al disponer de pocos datos se realizó una prueba t emparejada, “t” de Student, ya que es útil para el tratamiento estadístico de estudios de datos reducidos y no es necesario conocer la desviación estándar de la población, contrastando las posibles diferencias entre ambos ecotipos. Se evaluó la significancia estadística y los datos se sometieron a una separación de medias (p<0,05). La variable dependiente está representada por cada uno de los parámetros nutricionales, mientras que la variable independiente corresponde al tipo de fruto con dos niveles (tipo manzana, tipo pera). Se hizo la comparación entre el *estadístico t* y el *valor crítico de t*. Los datos se analizaron mediante el software Statgraphics Centurion XV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados promedio de los parámetros analizados, junto con la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad (%), para los frutos de los ecotipos estudiados de *Sorbus domestica*. Para cada parámetro analizado se muestra el valor de t experimental y la probabilidad de ocurrencia, es decir, la proporción de veces que se produciría la concentración, si se repitiese el experimento bajo condiciones similares, obtenidos de la prueba t para medias de dos muestras emparejadas, teniendo en cuenta que cuando t experimental (en valor absoluto) < t crítico (4,3026), no existen diferencias significativas, entre los dos ecotipos.

En general se observa que las concentraciones de los parámetros estudiados difieren poco entre los dos ecotipos, con algunas variaciones que serán analizadas individualmente. En cuanto a la variabilidad de los parámetros, se observa que para los frutos “tipo pera”, los parámetros en

general son más variables, mientras que en el caso de los de “tipo manzana” los valores son más estables. Destaca que el pH es la variable de composición más estable, mientras que el valor de algún elemento mineral y la concentración en fibra son de los parámetros con mayor coeficiente de variabilidad. Los metales pesados también muestran una alta variabilidad, pero siendo su concentración muy baja en ambos ecotipos de fruta.

El agua es el componente mayoritario presente en los alimentos. La cuantificación del contenido en humedad es una de las técnicas más empleadas en el control, procesado y conservación de los alimentos (Belitz *et al.*, 2011). Además, se considera como un índice de estabilidad del producto, conocer su valor permite mantener la textura y consistencia de los alimentos (Madrid Vicente y Madrid Cenzano, 2001).

En la Tabla 1, se presentan los resultados del contenido de humedad de los frutos de *S. domestica* para los dos ecotipos analizados. De acuerdo al análisis estadístico se obtuvo que $t_{\text{experimental}} < t_{\text{crítico}}$, por tanto, no existe diferencia significativa entre el contenido en humedad de los dos tipos.

Aunque se han encontrado trabajos donde se evalúan la capacidad antioxidante de *S. domestica*, no se han encontrado estudios que evalúen la composición nutricional, por lo que se comparan los resultados frente a otras frutas más comunes. El contenido en agua de las frutas es bajo, alrededor del 65,5%, en comparación con otras frutas como manzana, pera, membrillo o ciruela, donde los contenidos en humedad oscilan entre el 82 y el 86% (BEDCA, 2020; USDA, 2018; APRIFEL, 2018).

Al ser frutos que presentan bajo contenido en agua, el contenido en materia seca es relativamente alto (34,5%), para el caso de una fruta fresca. Este alto valor en materia seca es un atributo positivo en las elaboraciones de mermelada, por lo que el rendimiento de la fruta en este tipo de elaboraciones podría ser muy elevado. Al igual que para el contenido en humedad, no se encuentran diferencias significativas entre los niveles de materia seca entre los dos ecotipos.

El contenido en cenizas de un alimento se considera como el contenido de minerales totales o el residuo inorgánico resultante después de que la materia orgánica se ha incinerado a temperaturas superiores a 450 °C. La cantidad de cenizas en los alimentos puede considerarse como una medida general de calidad al detectar el total de minerales presentes en el alimento. Estas cenizas están constituidas por óxidos, carbonatos, fosfatos y sustancias minerales en general.

El contenido en cenizas ha sido de 0,51% para el ecotipo “manzana” y de 0,60% para el ecotipo “pera” en los frutos de *S. domestica* sin existir diferencias estadísticamente significativas entre los valores encontrados en los dos tipos de frutos.

El estudio estadístico muestra que, para el contenido en fibra de los frutos, el valor de $t_{\text{experimental}} < t_{\text{crítico}}$, por tanto, no existen diferencias significativas entre el contenido en fibra de los dos tipos de frutos *S. domestica*, aunque para el ecotipo “manzana”, los niveles casi alcanzan el 5% (4,91%).

TABLA 1. Valores promedios, desviación estándar (DE), coeficiente de variabilidad (CV), valor de t experimental y probabilidad* en la caracterización nutricional de los dos ecotipos de *Sorbus domestica*.

Parámetro	Tipo manzana			Tipo pera			t experimental	Probabilidad* de ocurrencia
	Valor	DE	CV (%)	Valor	DE	CV (%)		
Humedad (%)	65,46	0,31	0,47	65,63	1,19	1,81	0,3377	0,7678
Materia seca (%)	34,54	0,31	0,90	34,37	1,19	3,46	0,3377	0,7678
Cenizas (%)	0,51	0,04	7,07	0,60	0,06	9,53	1,6748	0,2359
Fibra (%)	4,91	1,51	30,79	2,52	0,11	4,29	2,9456	0,0985
Grasa (%)	0,67	0,07	10,45	0,43	0,09	21,44	6,1565	0,0254
Proteína (%)	0,54	0,06	10,51	0,68	0,12	18,13	2,6701	0,1163
Hidratos de carbono (%)	27,91	1,08	3,88	30,13	1,31	4,33	1,7003	0,2312
Azúcares totales (%)	14,19	0,55	3,88	11,42	0,49	4,32	4,8562	0,0399
Glucosa (%)	6,42	0,25	3,88	5,41	0,17	3,18	4,3785	0,0484
Sólidos solubles (°Brix)	16,57	0,48	2,90	16,29	1,74	10,70	0,2514	0,8249
pH	3,56	0,03	0,81	3,98	0,01	0,25	19,3673	0,0026
Acidez total (g málico/kg)	11,73	0,27	2,33	7,86	0,11	1,38	28,1166	0,0013
Na (mg/100 g mf)	7,35	0,14	1,95	6,85	0,72	10,53	1,3385	0,3126
K (mg/100 g mf)	185,56	7,75	4,18	221,19	7,76	3,51	6,3468	0,0120
P (mg/100 g mf)	18,16	4,10	22,59	17,19	4,69	27,27	0,3957	0,7306
Mg (mg/100 g mf)	9,81	0,09	0,92	11,12	0,46	4,11	5,5668	0,0308
Ca (mg/100 g mf)	44,59	1,84	4,13	43,93	3,58	8,14	0,2352	0,8359
Mn (mg/100 g mf)	0,06	0,10	35,83	0,09	0,01	15,25	0,7011	0,5558
Fe (mg/100 g mf)	1,42	0,23	16,45	0,47	0,10	20,68	11,8124	0,0071
Cu (mg/100 g mf)	0,081	0,009	11,52	0,063	0,004	5,72	2,4318	0,1355
Zn (mg/100 g mf)	0,109	0,014	12,49	0,061	0,009	13,87	6,2817	0,0244
Cr (mg/100 g mf)	0,010	0,142	34,32	0,004	0,001	26,65	1,1649	0,3642
Se (mg/100 g mf)	0,027	0,001	45,45	0,004	0,002	35,25	1,3390	0,3124
Hg (mg/100 g mf)	0,004	0,001	25,00	0,002	0,002	65,46	1,9756	0,1868
Pb (mg/100 g mf)	0,002	0,001	69,2820	0,002	0,002	86,60	1,4411	0,2862
Polifenoles (mg ac gálico/100 g)	93,67	19,99	21,34	107,4	7,32	6,81	1,4636	0,2809
Capacidad antioxidante total (µmoles ET/g mf)	283,67	66,16	23,32	170,58	42,08	24,67	4,7323	0,0209

*En negrita los parámetros que han presentado diferencias significativas.

El contenido en fibra en las frutas es altamente variable, estando condicionado a la evaluación con o sin piel de las frutas (Gorinstein *et al.*, 2001). Para el caso de los frutos *S. domestica* tipo “pera” estudiados en el presente trabajo, los valores están próximos a los que algunos organismos indican para los frutos de ciruela, manzana, o pera enteros y frescos, mientras que el contenido en fibra de los frutos tipo “manzana” están más próximos a

los valores que se encuentran para el membrillo fresco (BEDCA, 2020; USDA, 2018; APRIFEL, 2018), que se caracteriza por un alto contenido en fibra tanto insoluble como soluble, por su alto nivel en pectinas.

En general, los frutos frescos son alimentos de muy bajo contenido en grasa total. Los resultados del contenido en grasa de los dos ecotipos de frutos de *S. domestica* muestran diferencias estadísticamente significativas (t experimental $>$ t crítico), siendo las concentraciones superiores para el caso del ecotipo “manzana” (0,67%) frente al 0,43% que alcanzan los frutos del ecotipo “pera” de los frutos *S. domestica*. Los contenidos en grasa para los frutos analizados son ligeramente superiores a los valores que muestran los frutos frescos de ciruelas, manzanas, membrillo y peras (BEDCA, 2020; USDA, 2018; APRIFEL, 2018), lo que puede influir en que los frutos de *S. domestica* sean ligeramente más untuosos que otros frutos frescos.

El contenido de proteína fue ligeramente mayor en los frutos de *Sorbus domestica* tipo “pera”, que en los frutos tipo “manzana”, pero las diferencias no fueron estadísticamente significativas entre el valor en proteína de los dos ecotipos. Los valores de proteína en los frutos en general son muy bajos, según las bases de datos consultadas (BEDCA, 2020; USDA, 2018; APRIFEL, 2018) para manzana, membrillo y pera las concentraciones varían del 0,3 al 0,4%, mientras para la ciruela los valores son ligeramente superiores (0,75%). Comparando los valores con los obtenidos para los frutos de *Sorbus domestica*, se observa que los contenidos de la fruta estudiada están más próximos a los de ciruela, siendo valores considerados para el caso de las frutas frescas.

Los hidratos de carbono aportan energía al organismo, tienen un efecto ahorrador de proteínas y son el centro del metabolismo respiratorio en poscosecha en muchas frutas, siendo la base material más importante para obtener buenas características de almacenamiento de frutas (Yingjie *et al.*, 2021).

Los valores porcentuales de hidratos de carbono han sido de 27,91% para el ecotipo “manzana” y de 30,13% para el ecotipo “pera”. De acuerdo al análisis estadístico se obtuvo que t experimental $<$ t crítico, por tanto, no existen diferencias significativas entre el contenido en hidratos de carbono de los dos tipos de *S. domestica*.

Los niveles en hidratos de carbono son variables, así para el caso de la manzana y ciruela, pueden ser del 12,5%, para la pera varían del 10,6 al 11,40%, mientras que, para el membrillo, los valores son ligeramente más bajos (6,3-6,5%) (BEDCA, 2020; USDA, 2018; APRIFEL, 2018), en cualquier caso, se trata de valores muy por debajo a los que presentan los frutos de *S. domestica*. Los altos valores de hidratos de carbono, podría ser un criterio muy considerable para esta fruta, sobre todo si el objetivo es la posible elaboración de mermeladas, ya que el azúcar externo podría reducirse, aportando mayor valor añadido al producto final.

Los niveles en hidratos de carbono están directamente relacionados con otros parámetros, como el contenido en azúcares totales. Estos azúcares pueden variar por las diferentes condiciones de cultivo, las condiciones de horas luz y temperatura de la zona productora, los periodos de cosecha, el grado de madurez, etc. (Róth *et al.*, 2007).

El contenido en azúcares totales de los frutos de *Sorbus domestica* es de 14,19% para el caso de los frutos tipo “manzana” y de 11,42% para los de tipo “pera”, siendo las diferencias estadísticamente significativas entre los contenidos presentes en los dos ecotipos. Estos valores son ligeramente superiores a los que se muestran en la base de datos de USDA (2018), para los frutos frescos similares. Los valores altos en azúcares totales de los frutos de *S. domestica* son un atributo positivo ya que puede tener un impacto sobre la aceptación del consumidor, ya que se trata de uno de los atributos organolépticos más valorados en la fruta fresca.

Los principales azúcares de las frutas son la fructosa, glucosa y sacarosa. La fructosa es el azúcar más dominante en los diferentes cultivares de manzana y las manzanas se caracterizan por que tienen el mayor contenido de este azúcar en comparación con otras frutas (Sanz *et al.*, 2004; Wu *et al.*, 2007). Después de la fructosa, la sacarosa es el segundo azúcar mayoritario en las frutas, mientras que la glucosa es el azúcar de menor concentración.

Los contenidos en glucosa de los frutos de *S. domestica* tipo “manzana” (6,42%) son superiores a los contenidos en este azúcar para los de tipo “pera”. (5,41%). Del análisis estadístico se obtuvo que t experimental $>$ t crítico, por tanto, existen diferencias estadísticamente significativas entre el contenido de glucosa de los dos ecotipos.

Al comparar con los resultados de glucosa expuestos por Thavarajah y Low (2006) para manzanas frescas, se observa que los niveles de glucosa en los frutos de *S. domestica* son superiores a los de manzana. Esto podría explicarse porque el contenido de glucosa de los frutos se incrementa con el tiempo. Para el caso de los frutos del presente estudio, el tiempo desde la recolección hasta el momento del consumo aumenta, conforme se va dando el proceso de fermentación, por lo que podría influir en la acción de los microorganismos en la degradación de los hidratos de carbono y el incremento de este monosacárido.

En cualquier caso, todos los hidratos de carbono evaluados para los frutos de *S. domestica* de este estudio han sido elevados, como así se deduce del contenido en sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), ya que estos varían con el cambio en el metabolismo del almidón. De forma que, si se reduce la respiración, se reduce la síntesis y el uso de metabolitos, lo cual provocaría una hidrólisis lenta de carbohidratos a azúcares (Yingjie *et al.*, 2021), incrementándose los azúcares en las frutas.

Los resultados de los sólidos solubles totales de los frutos de *S. domestica* tipo “manzana” y tipo “pera” son de 16,57 $^{\circ}$ Brix y 16,29 $^{\circ}$ Brix, respectivamente, sin apreciarse diferencias estadísticamente significativas, entre ambos valores.

Los valores de azúcares se complementan con los de acidez, para establecer el nivel de madurez de los frutos, aunque en el caso de los frutos de *S. domestica*, y tras su recolección son altamente astringentes por ello, el consumo se realiza después de la sobremaduración natural (no inducida), donde la pulpa los frutos adquieren tonos pardos que indican la transformación de sus ácidos en azúcares, es en este momento donde resultan dulces y aptos tanto para consumir en fresco o para la elaboración y transformación en mermeladas.

La acidez de los frutos en el momento de sobremaduración se ha determinado tanto con el valor del pH como con la determinación de la acidez total valorable. En ambos casos se han encontrado diferencias estadísticas respecto a los valores obtenidos para los frutos de los ecotipos “manzana” frente a los frutos de los ecotipos “pera”, siendo los frutos del ecotipo “pera” los menos ácidos, con un valor de pH= 3,98 y una acidez total (g málico/kg) de 7,86, frente a un valor de pH= 3,56 y acidez total de 11,73 g málico/kg de los frutos del ecotipo “manzana”, que resulta significativamente más ácidos ($t_{\text{experimental}} > t_{\text{crítico}}$).

En general, el aumento de pH se relaciona con el proceso de maduración de los frutos, al existir concentraciones más altas de ácidos orgánicos, como así se observa para el caso concreto de la manzana (Shao *et al.*, 2012). Los cambios de acidez titulable se relacionan con la maduración de los frutos, por lo que una disminución de la acidez da lugar a una senescencia más rápida. Aunque en el caso concreto de los frutos de *S. domestica* las diferencias encontradas entre ambos ecotipos deben ser debidas a las diferencias morfológicas, ya que ambos frutos fueron recolectados en el mismo momento de la misma zona y se sometieron al mismo proceso de sobremaduración.

Los principales ácidos orgánicos en frutas y jugos de manzana son el ácido málico y el ácido cítrico (Chinnici *et al.*, 2005). En el caso de los frutos de *S. domestica* también es el ácido málico, el ácido característico en estos frutos y, por tanto, es el principal responsable de la sensación ácida de los frutos.

El contenido en componentes inorgánicos o elementos minerales es un carácter que influye muy positivamente en el valor nutricional de los frutos (Szentmihályi *et al.*, 1998). El contenido de minerales en los frutos puede variar de acuerdo al cultivo de la planta, las condiciones del suelo, el uso de fertilizantes y el estado de madurez de la planta en la cosecha (Ekholm *et al.*, 2007).

Una descripción general de la literatura revela que existen pocos datos sobre la composición de elementos minerales de los frutos de árboles de *Sorbus domestica*. En concreto, Majić *et al.* (2015) realizan un estudio con el fin de caracterizar químicamente, los macro y los microelementos, de la corteza del árbol de *S. domestica*, de los frutos (tanto el mesocarpio, como incluyendo el exocarpio, en los frutos inmaduros y maduros) y de las semillas de frutos recolectados en Croacia.

Los macro y microelementos son necesarios para la integridad estructural y funcional de células, tejidos y organismos. Un desequilibrio de estos elementos en un organismo puede provocar trastornos metabólicos y problemas de salud. Según Steinnes (2011) algunos de los problemas de salud más graves que afectan a millones de personas están relacionados con un suministro inadecuado de oligoelementos, yodo, selenio y/o zinc. Debido a que, los oligoelementos son componentes esenciales de los sistemas enzimáticos, sus deficiencias también tienen efectos profundos sobre el metabolismo y la estructura de los tejidos (Soetan *et al.*, 2010).

Los resultados de Na, K, Fe, Mn, Zn, Cu, Mg y Ca obtenidos en este estudio fueron superiores a los reportados por Gorinstein *et al.* (2001) para manzanas.

El contenido en Na no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los dos ecotipos, siendo los valores ligeramente superiores a los reportados para el caso del membrillo (BEDCA, 2020).

De todos los elementos minerales el potasio es el mayoritario, un macroelemento importante para mantener la presión arterial y la transmisión de los impulsos nerviosos a los músculos, por lo cual es importante para la salud humana. Las concentraciones son mayores para el caso del ecotipo “pera”, aunque las diferencias encontradas, entre ambos ecotipos no difieren estadísticamente.

Las concentraciones encontradas en este estudio son equivalentes a 5,37 mg de K/g de materia seca para el caso del ecotipo “manzana” y de 6,43 mg de K/g de materia seca para el caso del ecotipo “pera”, siendo los valores similares a los encontrados por Majić *et al.* (2015) en los frutos de *S. domestica*, independientemente del estado de madurez o de la inclusión del exocarpo en la determinación, aunque la mayor concentración de este macronutriente se alcanza en las semillas de estos frutos.

Las concentraciones de potasio en los frutos de *S. domestica* del presente estudio muestra valores similares a los contenidos en el fruto de membrillo (BEDCA, 2020; APRIFEL, 2018).

El contenido en fósforo en los dos ecotipos de frutos de *S. domestica*, no presenta diferencias estadísticamente significativas, siendo sus concentraciones similares a las que muestran los frutos frescos de membrillo (BEDCA, 2020; APRIFEL, 2018). El trabajo de Majić *et al.* (2015) no presenta resultados sobre el contenido en fósforo.

Los contenidos en magnesio de los frutos de *S. domestica* presentan diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de frutos, siendo superior para los de tipo “pera”. Estas concentraciones son superiores a las que se encuentran en los frutos frescos de membrillo (BEDCA, 2020). Se sabe que la deficiencia de magnesio en el cuerpo humano causa enfermedades cardiovasculares e irregularidades en el crecimiento de los huesos (Cappuccio, 2000).

Las concentraciones encontradas en este estudio son equivalentes a 0,284 mg de Mg/g de materia seca para el caso del ecotipo “manzana” y de 0,323 mg de Mg/g de materia seca para el caso del ecotipo “pera”, siendo los valores similares a los encontrados por Majić *et al.* (2015) en los frutos de *S. domestica*. Según los estudios de estos autores, los extractos de semillas y corteza de árboles de *S. domestica* son las fuentes más ricas en Mg.

El calcio es el segundo elemento mineral en importancia para los frutos de *S. domestica*. No existen diferencias significativas entre los contenidos de este elemento entre los dos ecotipos estudiados, siendo ligeramente mayores para el tipo “manzana”. Los resultados obtenidos son superiores a los que se reportan en literatura para el caso del membrillo (BEDCA, 2020). Las concentraciones encontradas en este estudio son equivalentes a 1,29 mg de Ca/g de materia seca para el caso del ecotipo “manzana” y de 1,27 mg de Ca/g de materia seca para el caso del ecotipo “pera”, siendo los valores similares a los encontrados por Majić *et al.* (2015) en los frutos de *S. domestica*. Según los estudios de estos autores, los extractos de semillas y corteza de árboles de *S. domestica* son las fuentes más ricas en Ca.

Una ingesta alta de K, Ca y Mg junto con bajos niveles de Na se asocia con la protección contra la desmineralización ósea, la hipertensión arterial y el riesgo cardiovascular general (Cappuccio, 2000), los resultados del presente estudio muestran un adecuado potencial de los macronutrientes en los dos ecotipos de frutos de *S. domestica*. Además, el nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en particular tienen efectos pronunciados sobre la textura de las frutas (Róth *et al.*, 2007).

Los resultados del contenido de microelementos esenciales (Mn, Fe, Cu, Zn, Cr y Se) muestran concentraciones mayores para los frutos de *S. domestica* tipo “manzana” frente a los de tipo “pera”, excepto para el Mn. Para este elemento, el valor de t experimental $<$ t crítico, por tanto, no existen diferencias significativas entre el Mn de los dos tipos. Las concentraciones encontradas en este estudio son equivalentes a 1,737 μg de Mn/g de materia seca para el caso del ecotipo “manzana” y de 2,618 μg de Mn/g de materia seca para el caso del ecotipo “pera”, siendo los valores superiores a los encontrados por Majić *et al.* (2015) en los frutos de *S. domestica*, pero similares a los encontrados en sus semillas.

Las concentraciones en Fe son significativamente superiores en los frutos de tipo “manzana”. Aunque los dos ecotipos presentan concentraciones importantes de este elemento, siendo superiores a las que se encuentran para los frutos frescos de membrillo (BEDCA, 2020) y superiores a los encontrados en frutos de *S. domestica* por Majić *et al.* (2015). Según los estudios de estos autores, los extractos de semillas y corteza de árboles de *S. domestica* son las fuentes más ricas en Fe. Las variaciones pueden ser debidas a las concentraciones del suelo y a la capacidad de absorción de este elemento mineral por la planta.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas en los niveles de Cu para los dos ecotipos estudiados. Las concentraciones encontradas en este estudio son equivalentes a 2,34 μg de Cu/g de materia seca para el caso del ecotipo “manzana” y de 1,83 μg de Cu/g de materia seca para el caso del ecotipo “pera”, siendo los valores superiores a los reportados por Majić *et al.* (2015) en los frutos de *S. domestica*, pero similares a los encontrados en sus semillas.

Al igual que el Cu, el Zn es un elemento fundamental para numerosos procesos fisiológicos de carácter enzimático (Bhowmik *et al.*, 2010). Los resultados del contenido en Zn de los dos ecotipos de frutos de *S. domestica* muestran diferencias estadísticamente significativas (t experimental $>$ t crítico), siendo las concentraciones superiores para el caso del ecotipo “manzana”. Los niveles de Zn de este estudio son equivalentes a 3,156 μg de Zn/g de materia seca para el caso del ecotipo “manzana” y de 1,775 μg de Zn/g de materia seca para el caso del ecotipo “pera”, siendo los valores superiores a los reportados por Majić *et al.* (2015) en los frutos de *S. domestica*, pero similares a los encontrados en sus semillas. Estas concentraciones de Zn de los frutos de *S. domestica* son similares a las que se encuentran en los frutos del peral (BEDCA, 2020).

Para el contenido en Cr se concluye que no existen diferencias significativas entre los valores de los dos ecotipos de *S. domestica*. Este microelemento es importante para la mejora nutricional del metabolismo de la

glucosa, metabolismo de la glándula tiroides y del receptor de insulina. La Academia Nacional de Ciencias de EE.UU. estableció las cantidades diarias recomendadas de cromo de 50 a 200 $\mu\text{g}/\text{día}$ para adultos (Cefalu y Hu, 2004), siendo concentraciones que se alcanzan con 100 g de los frutos de *S. domestica*.

Para el contenido en Se no existen diferencias significativas entre los valores de los dos ecotipos de *S. domestica*.

Las concentraciones en los metales pesados (Hg y Pb) son muy bajas. En los análisis estadísticos realizados para estos minerales se concluyó que $t_{\text{experimental}} < t_{\text{crítico}}$, por tanto, no existen diferencias significativas entre el contenido en Hg y Pb en los dos tipos de frutos de *S. domestica*.

En este estudio los contenidos fenólicos determinados por el método de Folin-Ciocalteu fueron superiores en los frutos de *S. domestica* tipo “pera” (107,4 mg ac gálico/100 g fruto), pero no difieren estadísticamente ($t_{\text{experimental}} < t_{\text{crítico}}$) de los niveles polifenólicos del tipo “manzana” (93,67 mg ac gálico/100 g fruto). Los resultados concuerdan con lo expresado por Feliciano *et al.* (2010) para manzanas, con valores que oscilan entre 86,00 y 164,70 mg y la variabilidad existente, se observa también en los registros de APRIFEL (2018) para polifenoles totales en manzanas, membrillo y peras. Esto puede ser debido a las variaciones en función de la campaña de cultivo, la diversidad de las prácticas de cultivo y con la maduración de los frutos (Lata *et al.*, 2005).

Ya se han establecido los efectos beneficiosos de la corteza, los frutos y las hojas de los árboles de *S. domestica* sobre la salud humana (Kültür, 2007; Labuda *et al.*, 2005; Termentzi *et al.*, 2006). Termentzi *et al.* (2008b) sugirieron que la cantidad de fenoles totales podría ser responsable de una gran cantidad de estos efectos beneficiosos para la salud.

La actividad antioxidante es la capacidad que tiene un compuesto para eliminar los radicales libres reactivos generados por el estrés oxidativo. Existen varios estudios que indican que las frutas ayudan a prevenir las enfermedades causadas por el estrés oxidativo (Park *et al.*, 2017).

Los resultados de la capacidad antioxidante total de los frutos de *S. domestica* muestran que existen diferencias significativas entre los valores encontrados de los dos ecotipos, siendo los valores significativamente superiores en los frutos del ecotipo “manzana” (283,67 $\mu\text{moles ET/g mf}$), frente a los del tipo “pera” (170,58 $\mu\text{moles ET/g mf}$). Al comparar los resultados con los expuestos por Majić *et al.* (2015), se observa que hay variaciones, las cuales pueden ser debidas al método de extracción y solvente, lo cual causa distintos rendimientos de fenoles totales y, por lo tanto, una variación en la actividad antioxidante (Termentzi *et al.*, 2006).

Los perfiles fenólicos y antioxidantes dependen en gran medida de las especies específicas de frutos de *Sorbus* (Raudonis *et al.*, 2014) y del estado de madurez. Termentzi *et al.* (2008b) demostraron que las frutas amarillas frescas (inmaduras) de *S. domestica*, tienen la mayor actividad antioxidante y las marrones bien maduras, las que están listas para consumir, muestran menor actividad antioxidante, posiblemente debido a que los frutos sobremadurados han perdido la astringencia, relacionada con la presencia en taninos, sustancias que contribuyen positivamente a la actividad antioxidante.

CONCLUSIONES

El conocimiento sobre el valor nutricional de esta especie infrautilizada debería conducir a su mejor protección y difusión, así como a su uso más frecuente en la dieta humana como una valiosa fuente de nutrientes y antioxidantes.

Los frutos de *S. domestica* tipo “manzana” muestran valores superiores para el contenido en grasa, azúcares totales, glucosa, acidez total, contenido en Fe, Zn y en la capacidad antioxidante total.

Aunque los niveles de hidratos de carbono son superiores en el tipo “pera”, los azúcares individuales son mayores para el tipo “manzana”. La cantidad de azúcares y ácido total determina el equilibrio de dulzura y acidez en la fruta. Cuanta más acidez y menos azúcares presentes, más pungente es el sabor. En general estos frutos sobremaduros resultan dulces y con un sabor agradable.

Los frutos de *S. domestica* resultaron ser una buena fuente de fibra, potasio, calcio y magnesio. El conocimiento sobre el valor nutricional de esta especie infrautilizada debería conducir a su mejor protección y difusión, así como a su uso más frecuente en la dieta humana como una valiosa fuente nutritiva. Además, el consumo de frutos de *S. domestica* es una fuente natural de antioxidantes proporcionando beneficios para la salud.

REFERENCIAS

- Ahmad, A., Husain, A., Mujeeb, M., Khan, S., Anber, A., Bhandari, A. (2015). Quantification of total phenol, flavonoid content and pharmacognostical evaluation including HPTLC fingerprinting for the standardization of Piper nigrum Linn fruits. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(2): 101-107.
- APRIFEL. (2018). APRIFEL, Agence en Fruits et Légumes. Fiches nutritionnelles. Dirección URL: <https://www.aprifel.com/fr/fiche-nutritionnelle/>. [Consulta: 5 Ago. 2020].
- AOAC. (2011). Official Methods of Analysis of AOAC International (18 Ed. Revisión 4). Maryland, USA.
- ARBOLAPP. (2020). “*Sorbus domestica*”. Dirección URL: <http://www.arbolapp.es/especies/ficha/sorbus-domestica/>. [Consulta: 10 Sept. 2020].
- Base de Datos Española de Composición de Alimentos (BEDCA). Base de datos de composición de alimentos construida con los estándares europeos desarrollados por la Red de Excelencia Europea EuroFIR. <https://www.bedca.net/bdpub/>. [Consulta: 15 Sept. 2020].
- Belitz, H., Grosch, W., Schieberle, P. (2011). Química de los alimentos. Editorial Acirbia (3^{er} ed.). Zaragoza, España.
- Bhowmik, D., Chiranjib, K., Kumar, S. (2010). A potential medicinal importance of zinc in human health and chronic disease. *Int J Pharm Biomed Sci*, 1(1): 5-11.
- Cappuccio, F. (2000). Sodium, potassium, calcium and magnesium and cardiovascular risk. *Journal of Cardiovascular Risk*, 7: 1-3.
- Cefalu, W., Hu, F. (2004). Role of Chromium in Human Health and in Diabetes. *Diabetes Care*, 27(11): 2741–51.

- Chinnici, F., Spinabelli, U., Riponi, C., Amati, A. (2005). Optimization of the determination of organic acids and sugars in fruit juices by ion-exclusion liquid chromatography. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18 (2-3): 121-130.
- Ekholm, P., Reinivuo, H., Mattila, P., Pakkala, H., Koponen, J., Happonen, A., Hellström, J., Ovaskainen, M. (2007). Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20 (6): 487-495.
- Feliciano, R., Antunes, C., Ramos, A., Serra, A., Figueira, M., Duarte, C., Carvalho, A., Bronze, M. (2010). Characterization of traditional and exotic apple varieties from Portugal. Part 1. Nutritional, phytochemical and sensory evaluation. *Journal of Functional Foods*, 2(1), 35-45.
- García, L., Tejada, V., Heredia, E., Serna, S., Welti, J. (2018). Differences in the dietary fiber content of fruits and their by-products quantified by conventional and integrated AOAC official methodologies. *Journal of Food Composition and Analysis*, 67: 77-85.
- Gorinstein, S., Zachwieja, Z., Folta, M., Barton, H., Piotrowicz, J., Zemser, M., Weisz, M., Trakhtenberg, S., Martín-Belloso, O. (2001). Comparative contents of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (2): 952-957.
- Horwitz, W. (2000). Official methods of analysis of the AOAC international. Maryland, U.S.A. Published by Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists (17th edition).
- Kültür, S. (2007). Medicinal plants used in Kırklareli Province (Turkey). *J. Ethnopharmacol.*, 111: 341-364.
- Kuskoski, E., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J., Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25(4): 726-732.
- Labuda, R., Krivánek, L., Tančinová, D., Mátéová, S., Hrubcová, S. (2005). Mycological survey of ripped service tree fruits (*Sorbus domestica* L.) with an emphasis on toxinogenic fungi. *International Journal of Food Microbiology*, 99 (2): 215-223.
- Lata, B., Pzeradzka, M., Bińkowska, M. (2005). Great differences in antioxidant properties exist between 56 apple cultivars and vegetation seasons. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (23): 8970-8978.
- Lim, T.K. (2012). Fruits *In*: Edible medicinal and non-medicinal plants. (1^a ed.) Springer, Dordrecht. The Netherlands. 590-593 pp.
- Madrid Vicente, A., Madrid Cenzano, J. (2001). Normas de Calidad de Alimentos y Bebidas. Ed. Mundi-Prensa. 550 pp.
- Majić, B., Šola, I., Likić, S., Cindrić, I., Rusak, G. (2015). Characterization of *Sorbus domestica* L. Bark, Fruits and Seeds: Nutrient Composition and Antioxidant Activity. *Food Technology and Biotechnology*, 53(4): 463-471.
- Matczak, M., Marchelak, A., Michel, P., Owczarek, A., Piszczan, A., Kolodziejczyk-Czepas, J., Nowak, P., Olszewska, M. (2018). *Sorbus domestica* L. leaf extracts as functional products: phytochemical profiling, cellular safety, pro-inflammatory enzymes inhibition and protective effects against oxidative stress in vitro. *Journal of Functional Foods*, 40: 207-218.
- McAllister, H.A. (1996). *Sorbus*: mountain as hits relatives. *The Garden, Journal of the Royal Horticultural Society*, 121: 561-567.
- Oria de Rueda, J., Martínez de Azagra, A., Álvarez, A. (2006). Botánica forestal del género *Sorbus* en España. *Invest Agrar: Sist Recur For*, 166-186.
- Park, S., Kim, M., Kim, J., Jeong, S., Kim, M., Yang, S., Lee, H. (2017). Antioxidant Activities of Functional Beverage Concentrates Containing Herbal Medicine Extracts. *Preventive Nutrition and Food Science*, 22(1): 16-20.

- Pearson. D. (1993). Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Ed. Acribia.
- Raudonis, R., Raudone, L., Gaivelyte, K., Viškelis, P., Janulis, V. (2014). Phenolic and antioxidant profiles of rowan (*Sorbus L.*) fruits. *Natural Product Research*, 28(16), 1231-1240.
- Róth, E., Berna, A., Beullens, K., Yarramraju, S., Lammertyn, J., Schenk, A., Nicolaí, B. (2007). Postharvest quality of integrated and organically produced apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 45(1): 11-19.
- Sanz, M., Villamiel, M., Martínez-Castro, I. (2004). Inositols and carbohydrates in different fresh fruit juices. *Food Chemistry*, 87(3): 325-328.
- Shao, X., Tu, K., Tu, S., Tu, J. (2012). A combination of heat treatment and chitosan coating delays ripening and reduces decay in “gala” apple fruit. *Journal of Food Quality*, 35(2): 83-92.
- Soetan, K., Olaiya, C., Oyewole, O. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: a review. *Afr Journal of Food Science*, 4: 200-222.
- Steinnes, E. (2011). Soil and Human Health. En: Sauer, T., Norman, J., Sivakumar, M. (eds). *Sustaining Soil Productivity in Response to Global Climate Change: Science, Policy, and Ethics*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 214–239.
- Szentmihályi, K., Kéry, Á., Then, M., Lakatos, B., Sándor, Z., Vinkler, P. (1998). Potassium–sodium ratio for the characterization of medicinal plant extracts with diuretic activity. *Phytotherapy Research*, 12(3): 163-176.
- Termentzi, A., Kefalas, P., Kokkalou, E. (2006). Antioxidant activities of various extracts and fractions of *Sorbus domestica* fruits at different maturity stages. *Food Chemistry*, 98(4): 599-608.
- Termentzi, A., Alexiou, P., Demopoulos, V., Kokkalou, E. (2008a). The aldose reductase inhibitory capacity of *Sorbus domestica* fruit extracts depends on their phenolic content and may be useful for the control of diabetic complications. *Pharmazie*, 63(9): 693-696.
- Termentzi, A., Kefalas, P., Kokkalou, E. (2008b). LC–DAD–MS (ESI+) analysis of the phenolic content of *Sorbus domestica* fruits in relation to their maturity stage. *Food Chemistry*, 106(3): 1234-1245.
- Thavarajah, P., Low, N. (2006). Adulteration of apple with pear juice: emphasis on major carbohydrates, proline, and arbutin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(13): 4861-4867.
- U.S. Department of Agriculture (USDA). (2018). Nutrient Lists from Standard Reference Legacy (2018). Dirección URL: <https://www.nal.usda.gov/fnic/nutrient-lists-standard-reference-legacy-2018>. [Consulta: 10 Ago. 2020].
- Warburg, E.F., Kárpáti, Z.E. (1996). *Sorbus*. En: Flora Europaea. Tomo 2. pp.67-71. Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A. (eds). Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Wu, J., Gao, H., Zhao, L., Liao, X., Chen, F., Wang, Z., Hu, X. (2007). Chemical compositional characterization of some apple cultivars. *Food Chemistry*, 103(1): 88-93.
- Yingjie, S., Zedong, S., Yaping, J., Xinhua, Z., Xiaoan, L., Fujun, L. (2021). Effects of preharvest regulation of ethylene on carbohydrate metabolism of apple (*Malus domestica* Borkh cv. Starkrimson) fruit at harvest and during storage. *Scientia Horticulturae*, 276: 109748.