

Potencial antioxidante de tres subproductos de granada (*Punica granatum* L.)

Elia Herminia Valdés Miramontes¹ , Ma. Claudia Castañeda-Saucedo¹ , Ernesto Tapia Campos² , Zyanya Reyes Castillo¹ , Jessica del Pilar Ramírez Anaya¹ , Berenice Sánchez Caballero¹ , Martha Karina Amezcua Luján¹ .

Resumen: Potencial antioxidante de tres subproductos de granada (*Punica granatum* L.) **Introducción:** La granada *Punica granatum* es originaria del sur de Asia es altamente apreciada por su sabor y por los compuestos fitoquímicos que confieren beneficios a la salud. **Objetivo:** Determinar el potencial biológico de arilos deshidratados, mermelada y jugo concentrado elaborados con las variedades *Wonderful*, *Apaseo* y *Tecozautla*. **Materiales y métodos:** Las variables evaluadas fueron: Sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, Contenido de Fenoles Totales [CFT, mg/Equivalentes de Ácido Gálico (GAE)/100g o ml], y Capacidad Antioxidante [CA, mili Molar Equivalentes de Trolox (mMTE)/100g o ml] y Contenido de antocianinas totales [CAT, Equivalente de Cianidin 3-Glucosido (ECn3G) mg/100ml]. **Resultados:** Los resultados muestran que los arilos deshidratados fueron los que presentaron el mayor contenido de fenoles totales (1386,09 mg/GAE/100g) y mayor Capacidad antioxidante (220,12 mMTE/100g); sin embargo, el jugo concentrado mostró el mayor contenido de antocianinas totales (34,97 ECn3G mg/100ml). Con respecto a variedades, la variedad *Wonderful* presentó mayor contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de antocianinas totales con 1248,86 mg/GAE/100 g, 175,07 mMTE/100 g y 41,91 ECn3G mg/100ml, respectivamente. El jugo concentrado tuvo mayores cantidades de compuestos biofuncionales que el jugo natural. **Conclusiones:** En los arilos deshidratados y en los jugos concentrados se incrementaron los compuestos biofuncionales con respecto a los arilos y jugo natural. La variedad *Wonderful* mostró mayor contenido de compuestos biofuncionales y capacidad antioxidante. **Arch Latinoam Nutr 2024; 74(3): 155-164.**

Palabras clave: antocianinas, capacidad antioxidante, fenoles, jugo, mermelada.

Abstract: Antioxidant potential of three pomegranates (*Punica granatum* L.) by-products. **Introduction:** The *Punica granatum* pomegranate is native to South Asia and is highly appreciated for its flavor and phytochemical compounds that confer health benefits. **Objective:** Determine the biological potential of dehydrated arils, jam and concentrated juice made with the *Wonderful*, *Apaseo* and *Tecozautla* varieties. **Materials and methods:** The variables evaluated were: Total soluble solids (TSS, °Brix), pH, Total Phenol Content [TPC, mg /Gallic Acid Equivalents (GAE)/100g or ml], and Antioxidant Capacity [AC, milli Molar Trolox Equivalents (mMTE)/100 g or ml] and content of total anthocyanin [TAC, Cyanidin 3-Glucoside Equivalent (ECn3G) mg/100ml]. **Results:** The results show that the dehydrated arils were those that presented the highest TPC (1386.09 mg/GAE/100g) and highest AC (220.12 mMTE/100g); However, the concentrated juice showed the highest content of total anthocyanin's (34.97 ECn3G mg/100ml). Regarding varieties, the *Wonderful* variety presented higher TPC, AC and TAC with 1248.86 mg/GAE/100 g, 175.07 mMTE/100 g and 41.91 ECn3G mg /100ml, respectively. The concentrated juice had higher amounts of biofunctional compounds than the natural juice. **Conclusions:** In the dehydrated arils and concentrated juices, the biofunctional compounds increased compared to the arils and natural juice. The *Wonderful* variety showed a higher content of biofunctional compounds and antioxidant capacity. **Arch Latinoam Nutr 2024; 74(3): 155-164.**

Palabras clave: antioxidant capacity, anthocyanins, jam, juice, phenols.

Introducción

La granada (*Punica granatum* L.) es una especie vegetal tolerante a la sequía y a la salinidad en el suelo, es nativa del sur de Asia, pero actualmente se produce en todo el mundo, incluyendo a México, con una producción de 700 ton/ año (1). Por su sabor y compuestos biofuncionales,

¹Centro Universitario del Sur (CUSUR), Universidad de Guadalajara (UDG), Av. Enrique Arreola Silva 883, Centro, C.P. 49000, Cd. Guzmán, Jalisco, México. ²Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Av Normalistas 800, Colinas de La Normal, Guadalajara, Jalisco, México. 56230. Autor para la correspondencia: Ma. Claudia Castañeda-Saucedo, e-mail: claudia.saucedo@cusur.udg.mx



la granada se ha utilizado ampliamente en la medicina popular y moderna (2,3). La granada es una especie versátil con alto valor económico, ornamental, nutricional y farmacéutico, la cual, en los últimos años cada vez más investigadores se interesan por sus cualidades terapéuticas y propiedades organolépticas.

El conocimiento sobre las posibles implicaciones de la granada para la salud humana ha promovido una gran demanda de esta fruta y sus productos en todo el mundo (4,5). Prácticamente, todas las partes de la planta (raíces, hojas, fruto y flores) presentan compuestos biofuncionales con efectos antioxidantes, desparasitantes, antimicrobianos, antivirales, antihipertensivos, antiaterosclerótico, hipoglucemiantes, antiinflamatorios, anticancerígenos, analgésicos y con efecto benéfico sobre enfermedades degenerativas relacionadas con la edad (6-8). La fruta también mejora la salud cardiovascular y bucal; estos beneficios terapéuticos también pueden tener aplicaciones preventivas en una variedad de patologías (3). Todas las propiedades farmacéuticas han sido atribuidas a un amplio rango de fitoquímicos como polifenoles, antocianinas, flavonoides y elagitaninos (1-3).

Se han descrito más de 500 fenotipos de granada en todo el mundo, que se caracterizan por una alta diversidad genética de rasgos de calidad morfológicos y bioquímicos (2). La fruta del granado normalmente se consume en fresco, ya sean los arilos o el jugo; sin embargo, tiene la limitante que es una fruta estacional, por lo que en el caso de México solo está disponible de julio a noviembre; no obstante, se pueden elaborar subproductos como mermeladas, jaleas, salsas, granadina, aromatizantes o colorantes y vinos (9,10). Estos productos pueden estar disponibles durante todo el año y además con un valor agregado. Por lo que, el desarrollo de estos productos utilizando tecnología básica puede presentar varias ventajas a productores y consumidores, como lo son el uso fácil y versátil al momento de transportarlo a cualquier lugar y aumentando también su vida de anaquel, factores que potencian oportunidades de negocio en los mercados

con productos seguros para el consumo humano. En algunos productos el contenido de compuestos bioactivos puede aumentar, principalmente debido a la eliminación de agua de los frutos frescos. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar el potencial biológico de arilos deshidratados, mermelada y jugo concentrado elaborados de tres variedades de granada.

Materiales y métodos

Materia vegetal

Se colectaron alrededor de 15 kg de fruta de cada una de las variedades de granada *Wonderful* (agridulce), *Apaseo* (dulce) y *Tecoautla* (dulce), las cuales se obtuvieron del Rancho la Herradura, Ciudad Guzmán Jalisco, México, ubicado a 19°41'52.8"N 103°30'19.1"W. El estudio se realizó entre octubre de 2021 y enero de 2023.

Elaboración y estandarización de mermeladas

Los frutos se lavaron con agua potable y posteriormente se desinfectaron sumergiéndolas en una solución de 2 ppm de hipoclorito de sodio, se utilizaron 3 kg de frutos de cada una de las variedades. Subsiguientemente, y por separado, se desgranaron los frutos y se extrajeron los arilos de cada una de las variedades, los cuales se molieron en una licuadora marca Oster. Seguidamente, los arilos molidos se mezclaron con sacarosa y jarabe de glucosa en proporción 60:20:20 w/w/w respectivamente, a los cuales, se les adicionó 1,50 % de pectina de alto metoxilo, 1 % de ácido cítrico y sorbato de sodio. A la mezcla se les determinaron los sólidos solubles totales disueltos (SST, °Brix) con un refractómetro digital automático *Reichert AR200* y el pH con un potenciómetro *Thermo scientific K06202*; después fueron sometidas a calentamiento utilizando baño maría a 75°C. hasta obtener una concentración final de SST de 64-66°Brix de acuerdo con la norma oficial (11). Finalmente, las mermeladas fueron envasadas al vacío en frascos estériles de 200 ml (Figura 1).

Obtención de arilos deshidratados

Se tomaron 3 kg de arilos de cada una de las tres variedades de granada, los cuales fueron sometidos a deshidratación en un horno deshidratador de acero inoxidable digital, marca *Excalibur*, con circulación de aire, a temperatura de 55°C durante 18 h, los arilos se dejaron a una humedad máxima de 10 % (Tabla 1).



Figura 1. Mermeladas, jugo concentrado y arilos deshidratados estandarizados de las variedades de granada *Apaseo*, *Tecozautla* y *Wonderful*.

Tabla 1. Características fisicoquímicas de tres subproductos obtenidos a partir de tres variedades de granada.

Granada <i>Apaseo</i>				
Producto	pH	SST, °Brix	% MS	(m) o (h)
Jugo natural	3,39	14		
Arilos deshidratados	-	-	97,87	3,13 h
Mermelada	3,00	68	-	-
Jugo concentrado	3,68	29	-	60 m
Granada <i>Tecozautla</i>				
Jugo natural	3,45	15		
Arilos deshidratados	-	-	92,50	7,50 h
Mermelada	3,40	67,1	-	-
Jugo concentrado	2,91	30,8	-	60 m
Granada <i>Wonderful</i>				
Jugo natural	2,89	17		
Arilos deshidratados	-	-	95,02	4,98 h
Mermelada	2,72	66	-	-
Jugo concentrado	2,60	22	-	68 m

Nota: -:no aplica para el producto. MS= materia seca, m= % de merma, h=% de humedad

Obtención del jugo concentrado

Se incluyeron 6 kg de arilos de cada una de las tres variedades de granada, se les extrajo el jugo por medio de prensado manual y filtración, utilizando una tela de algodón. El jugo de cada variedad, fue sometido a un proceso de evaporación a través de baño maría a temperatura de 70°C, hasta obtener una merma cercana al 60% en volumen, permitiendo un incremento de °Brix igual o mayor al 50% respecto al jugo fresco. Al producto final se le determinó el valor de pH con un potenciómetro *Thermo scientific* K06202 y los SST fueron determinados con un refractómetro *Reichert* AR200 de acuerdo con las normas mexicanas NMX-F-317-NORMEX-2013 y NOM-173-SCFI-2009, respectivamente (12,13). Una vez obtenidos los tres productos de cada variedad de granada se determinó en cada uno de ellos el contenido de fenoles totales, contenido de antocianinas totales y capacidad antioxidante total por el método DPPH.

Extracción de compuestos biofuncionales

Para la extracción de compuestos biofuncionales, se pesaron 2 g de mermelada y de arilos deshidratados utilizando una balanza (*Santorius* Te2145) y 2 ml de jugo concentrado. Las muestras se colocaron en tubos *Corning* de plástico de 50 ml con tapa, se incluyeron cuatro repeticiones de cada subproducto en cada una de las tres variedades, se agregaron 4 ml de metanol acidificado a pH de 2, se cubrieron los tubos con aluminio para protegerlas de la luz y se colocaron en un agitador *Benchmark Orbi Shaker* a 200 rpm por 1 h. Posteriormente, se centrifugaron a 4000 rpm durante 15 min a temperatura ambiente, en una centrifuga *Hermle* z326 k. Cada sobrenadante se depositó en un matraz aforado de 10 ml y se cubrió con papel aluminio y se mantuvo a 4°C. Nuevamente, a los tubos se les agregó 4 ml de acetona al 70% y se pusieron en agitación y centrifugación del mismo modo que el paso anterior y el sobrenadante se depositó en el mismo matraz del paso previo, después se aforó a 10 ml con metanol acidificado a pH de 2. Los líquidos de las extracciones se depositaron en tubos *Eppendorf* de 1,5 ml y se almacenaron a -20°C hasta su cuantificación.

Contenido de Fenoles totales

La cuantificación de fenoles totales fue medida por espectrofotometría basándose en una reacción colorimétrica de oxidación, de acuerdo a Herald et al., (2012) (14) con algunas modificaciones, se colocaron 25 µl de la muestra o estándar de la curva, 75 µl de agua doblemente destilada y 25 µl de reactivo de Folin-Ciocalteu, se agitaron por 10 s a velocidad media, se dejó reposar 6 min a temperatura ambiente, durante todo el proceso los tubos se protegieron de la luz, se adicionó 100 µl de carbonato de sodio (Na₂CO₃) al 7,5%, se agitó por 10 s a velocidad media, se dejó reposar por 60 min a temperatura ambiente. Se cargaron en placas de 96 pocillos de fondo curvo, cada una de las 4 repeticiones se cargó por triplicado y se leyó a una absorbancia de 725 nm en un espectrofotómetro *Thermo Scientific Multiskan Go 1510*. Se utilizó ácido gálico (GA) para realizar la curva estándar partiendo de una solución stock de 0,5 mg/ml. Los resultados fueron expresados en mg/ GAE /100 g o ml (14).

Antocianinas totales

El contenido de antocianinas totales (CAT) se determinó según el método de pH diferencial, el cual se basa en el cambio de coloración de las antocianinas de acuerdo al pH en la que se encuentran, quienes presentan más coloración en su forma oxonio a pH 1,0 (KCl 0,025 M) e incoloro en su forma hemiacetal a pH 4,5 (CHCOONa 0,4 M), esta diferencia de color permite la cuantificación de antocianinas mediante sus absorbancias a diferentes longitudes de onda (510 y 700 nm), usando como blanco agua destilada (15). Los cálculos del CAT se realizaron con la siguiente fórmula:

$$\text{CAT (ECN3G mg/L)} = \frac{(A \times \text{MW} \times \text{FD} \times 1000)}{\epsilon \times l}$$

Dónde: CAT es el contenido de antocianinas totales mg equivalente de cianidina-3-glucosido/L, A es el cambio en la absorbancia; expresado en $A = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 1,0} - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 4,5}$; MW masa molecular para Cianidina-3-glucósido (449,2 g/mol), ϵ coeficiente de extinción para cianidina-3-glucósido (26900 L/mol.cm), l es

el camino óptico de celda, (1 cm), FD factor de dilución. Los resultados fueron expresados en equivalente de Cianidina 3- glucosido (ECN3G) mg / 100 ml de producto de granada.

Potencial antioxidante por el método DPPH

Para la cuantificación de la capacidad antioxidante (CA) se preparó una solución de DPPH (150µM). Para la curva de calibración se utilizó Trolox 5mM. Se prepararon concentraciones de 0 a 0,8 mM. Se utilizó Butil Hidroxitolueno (BHT) 0,1 g/ml como control positivo. Cada una de las muestras se colocaron en una placa de 96 pocillos de fondo plano por triplicado, aplicando 20 µl de la muestra + 200 µl DPPH y se leyó a una absorbancia de 520 nm en el Multiskan Go, después de 30 min de la reacción. Los resultados fueron expresados en mili Molar de Equivalentes de Trolox (m MTE) /100 g o ml.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis 2 factorial de 3x3, en donde el primer factor fueron las tres variedades de granada (*Apaseo*, *Tecozautla* y *Wonderful*), el segundo factor fueron los tres subproductos (mermelada, jugo concentrado y arilos deshidratados). Para el análisis de los datos, se utilizó el software *Statics Analysis System* versión 9,1 (16). Se realizó un análisis de varianza y después una comparación de medias Tukey con α 0,05, para las variables CFT, CAT y CA. Para el jugo fresco concentrado en cada variedad, se utilizó la prueba de t de Student.

Resultados

El jugo concentrado de granada de las variedades *Apaseo*, *Tecozautla* y *Wonderful* se envasó por separado en botellas de vidrio de 250 ml; de igual manera, los arilos deshidratados y las mermeladas fueron envasados en frascos de vidrio de 250 y 100 ml, respectivamente (Figura 1).

Características fisicoquímicas de los tres subproductos de granada de cada variedad

Mermeladas de granada

Las mermeladas tuvieron un pH de 2,7, 3 y 3,4, para la variedad *Wonderful*, *Apaseo* y *Tecozautla*,

respectivamente. Los SST para las mermeladas fueron de 66, 67, y 68°Brix para *Wonderful*, *Tecozautila* y *Apaseo*, respectivamente, lo que indica que la mermelada de la variedad *Wonderful* fue la más ácida y menos dulce de todas, debido a que *Wonderful* es una granada agridulce; mientras que, *Apaseo* y *Tecozautila* son dulces (Tabla 1).

Arilos deshidratados de granada

Los arilos deshidratados mostraron una materia seca y un contenido de humedad de 97,87 % y 3,13 % para la variedad *Apaseo*, de 92,5 % y 7,5 % para *Tecozautila* y de 95,02 % y 4,98 % para la variedad *Wonderful*, respectivamente; lo que indica que la variedad *Tecozautila* retiene mayor humedad que el resto de las variedades evaluadas, ya que todas se pusieron en un deshidratador eléctrico a 55°C/18 h (Tabla 1).

Jugo concentrado de granada

En las variedades *Apaseo* y *Tecozautila* se evaporó el 60 % del agua y en la variedad *Wonderful* el 68%. El pH del jugo se modificó al concentrar el jugo en cada variedad mostrando los siguientes valores para jugo fresco vs jugo concentrado en *Apaseo* fue de 3,39 vs 3,68, para *Tecozautila* fue de 3,45 vs 2,9 y para *Wonderful* fue de 2,89 vs 2,0. Los SST de los jugos frescos fueron de 14, 15 y 17°Brix para *Apaseo*, *Tecozautila*, y *Wonderful*, respectivamente; en contraste, en los

jugos concentrados, se incrementaron los SST y se obtuvieron valores de 29, 30,8 y 22,8 °Brix para *Apaseo*, *Tecozautila* y *Wonderful*, respectivamente (Tabla 1).

Compuestos biofuncionales por producto

Los resultados del análisis combinado del contenido de fenoles totales (CFT), capacidad antioxidante (CA) y contenido de antocianinas totales (CAT), mostraron que el CFT de los arilos deshidratados (incluyendo los valores promedios de las tres variedades), fueron estadísticamente superiores con un valor de 1386,09 mg/GAE/100g, seguido de los jugos concentrados con 1271,73 mg/GAE/100g y las mermeladas con 312,70 mg/GAE/100g). De igual forma en CA, también los arilos deshidratados, tuvieron los valores más altos (220,12mMTE /100g), seguido del jugo concentrado y la mermelada fue quien mostró el menor valor (55,79 m MTE /100g) (Tabla 2).

Con relación al CAT, los jugos concentrados de las tres variedades fueron los que presentaron el mayor CAT con un valor de 34,97 ECn3G mg/100ml; a pesar de que, los arilos deshidratados presentaron una mayor cantidad de materia seca. En el caso de la mermelada, tiene adicionados otros compuestos como sacarosa y glucosa en elevadas proporciones y libres de fenoles, lo que redujo su CA, CFT y CAT respecto a los otros productos (Tabla 2).

Compuestos biofuncionales por variedad

Los resultados del CFT y CA y CAT para variedades de granada, incluyen los tres productos (mermelada, jugo concentrado y arilos deshidratados), mostraron que la variedad *Wonderful* fue estadísticamente superior ($p < 0,05$) en CFT con un valor de 1248,86 mg/GAE/100g o ml, CA con 175,07 mMTE/100g y CAT con 41,91 ECn3G mg/100 g o ml, en comparación con las variedades *Apaseo* y *Tecozautila* (Tabla 3).

Tabla 2. Promedio de contenido de fenoles totales (CFT), Capacidad antioxidante (CA) por el método DPPH, Contenido de antocianinas totales (CAT) en los tres productos de las tres variedades de granada

Producto	CFT (mg/GAE/100)	CA, DPPH (mMTE /100g)	CAT (ECn3G mg/100ml)
Mermelada	312,70 ^c	55,79 ^c	1,88 ^c
Jugo concentrado	1271,73 ^b	175,82 ^b	34,97 ^a
Arilos deshidratados	1386,09 ^a	220,12 ^a	27,75 ^b

Medias con la misma letra en la columna no hay diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

Tabla 3. Promedio de contenido de fenoles totales (CFT), Capacidad antioxidante (CA) por el método DPPH, Contenido de antocianinas totales (CAT) en las variedades de granada *Apaseo, Tecozautla y Wonderful*

Variedades	CFT (mg/GAE/100)	CA, DPPH (mMTE / 100g)	CAT (ECn3G mg/100ml)
<i>Apaseo</i>	913,75 ^b	141,946 ^b	12,6944 ^b
<i>Tecozautla</i>	807,91 ^c	134,706 ^b	10,0110 ^c
<i>Wonderful</i>	1248,86 ^a	175,075 ^a	41,9109 ^a

Medias con la misma letra en la columna no hay diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$).

Compuestos biofuncionales por producto y variedad

Al comparar de manera individual por producto y variedad, se encontró que en CFT el jugo concentrado (1821,44 mg/GAE/100 ml) y arilos deshidratados (1701,20 mg/GAE/100 g) de la variedad *Wonderful* son estadísticamente iguales y superiores al resto de las combinaciones. De igual manera, en CA también los arilos deshidratados de la variedad *Wonderful* fueron quienes mostraron mayor CA con un valor de 272,87 m MTE/100 g, seguido del jugo concentrado de la misma variedad, con un valor de 210,89 m MTE/100 ml. Con relación al CAT, el jugo concentrado de la variedad *Wonderful* fue estadísticamente superior con un valor de 71,296 ECn3G mg/100ml, seguido de arilos deshidratados de variedad *Wonderful* con valor de 53, 875 ECn3G mg/100g (Tabla 4).

Tabla 4. Contenido de fenoles totales (CFT), Capacidad antioxidante (CA) por el método DPPH, Contenido de antocianinas totales (CAT) en variedades y subproductos de granada

Variedad	Subproducto de granada	CFT (mg/GAE/100 g o ml)	CA, DPPH (mMTE/100 g o ml)	CAT (ECn3G mg/100 g o ml)
<i>Apaseo</i>	Mermelada	418,89 ^d	79,58 ^d	3,016 ^e
<i>Tecozautla</i>	Mermelada	295,29 ^{de}	46,33 ^d	2,088 ^e
<i>Wonderful</i>	Mermelada	223,93 ^e	41,46 ^d	0,562 ^e
<i>Apaseo</i>	Jugo concentrado	1246,35 ^b	167,85 ^{bc}	18,310 ^c
<i>Tecozautla</i>	Jugo concentrado	867,63 ^c	148,72 ^c	15,311 ^{cd}
<i>Wonderful</i>	Jugo concentrado	1701,20 ^a	210,89 ^b	71,296 ^a
<i>Apaseo</i>	Arilos deshidratados	1076,02 ^b	178,41 ^{bc}	16,757 ^{cd}
<i>Tecozautla</i>	Arilos deshidratados	1260,83 ^b	209,07 ^b	12,635 ^d
<i>Wonderful</i>	Arilos deshidratados	1821,44 ^a	272,87 ^a	53,875 ^b

Medias con la misma letra en la columna no hay diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$).

Estudio comparativo entre jugo fresco y jugo concentrado de granada

El jugo concentrado mostró valores más altos que el jugo natural en CA, CFT y CAT en todas las variedades, excepto en CAT en variedad *Apaseo* donde fueron estadísticamente iguales. La variedad *Wonderful* fue estadísticamente superior tanto en jugo fresco como en concentrado en CFT (422 vs 1701,2 mg/GAE/100) y CAT (54,02 vs 71,29 ECn3G mg/100ml), respectivamente; de igual manera, obtuvo la mayor CA en jugo concentrado (210,89 m MTE /100mg) (Tabla 5).

Tabla 5. Contenido de fenoles totales (CFT), Capacidad antioxidante (CA), Contenido total de antocianinas (CAT) en jugo fresco (Jugo F) y jugo concentrado (Jugo C) de cada variedad

Variedad	CFT			CA DPPH			CAT		
	Jugo F	Jugo C	DS	Jugo F	Jugo C	DS	Jugo F	Jugo C	DS
<i>Apaseo</i>	219	1246,4	0,0	20,2	167,85	0,0	14,51	18.310	0,16
<i>Tecozautla</i>	245,3	867,6	0,0	69,16	148,72	0,0	7,41	15,311	0,00
<i>Wonderful</i>	422	1701,2	0,0	60,20	210,89	0,0	54,02	71,29	0,00

Discusión

Características físicoquímicas de los tressubproductos de granada de cada variedad

Las mermeladas presentaron un pH que oscila entre 2,7 y 3,4 y SST que fluctúan entre 66 y 68°Brix, valores que son acordes a las especificaciones de la Norma Mexicana NMX-F-131-1982 (11 y 12). El contenido de materia seca de los arilos deshidratados estuvo entre 92,5 y 97,87 % y la humedad entre 3,13 y 7,5%. En el jugo concentrado se evaporó entre el 60 y el 68% del agua, lo cual propició un incremento en los SST y una disminución del pH en todas las variedades excepto en *Apaseo*, esto se debe a una alteración en las propiedades químicas a través del procesamiento térmico que se manifiestan en un exceso de acidez total, y una disminución de humedad. Por lo tanto, un aumento de compuestos químicos como resultado del concentrado de jugo (17). En un estudio realizado en granadas de la región mediterránea de Turquía encontraron que el jugo de granada pasteurizado a diferentes tiempos y temperaturas, presentó un pH entre 3,39 y 3,47 (18), resultados similares a los valores obtenidos en este estudio en la variedad *Apaseo*. En otro estudio, determinaron el pH de jugo fresco de granada de la variedad *Wonderful*, reportando un valor de pH de 3,16+ 0,05, (19), valor superior al obtenido en el presente trabajo en jugo fresco para *Wonderful* que fue de 2,89. Respecto a los SST, en jugo concentrado han reportados 75 °Brix en *Wonderful* (17), valor superior al encontrado en este estudio. En cambio, lo SST reportados en jugo naturales de granada, entre 17,2 ± 0,1 y 14,6 ± 0,2 °Brix (18), son similares a este trabajo.

Compuestos biofuncionales por producto

Los arilos deshidratados fueron los que presentaron el mayor CFT y CA con valores de 1386,09 mg/GAE/100g y 220,12 mMTE/100g, seguido de los jugos concentrados con 1271,73 mg/GAE/100g y 175,82 mMTE/100g y las mermeladas con 312,70 mg/GAE/100g y 55,79 mMTE /100g, respectivamente. Los valores obtenidos en este estudio son mayores a los reportados en otra investigación sobre deshidratado de arilos de granada con diferentes métodos de secado a 55 °C, ellos reportaron valores de CFT de 8,22 vs 6,13 mg GAE/g, en CAT valores de 92,87 vs 41,48 mg ECn3G/100g y en CA de 87,246 vs 64,821 %, en arilos sin deshidratar y arilos deshidratados con aire caliente, respectivamente (20);

por lo que se, observa un deterioro en 55 y 25 % en CAT y CFT con secado con aire caliente. De igual manera, se ha reportado que los compuestos biofuncionales en jugo de granada son afectados por la pasteurización a 95 °C por 3 min, disminuyendo en 27, 31, 13 y 49% CFT, CA, CAT y vitamina C, respectivamente comparado con el jugo tratado con pulsos de luz a 2988 J·cm⁻² (21).

El CAT fue mayor en los jugos concentrados que en arilos deshidratados y mermeladas; esto se debe a que el jugo concentrado está libre de la semilla de los arilos y las antocianinas están presentes en el líquido del grano (2, 19). Se ha reportado una concentración de antocianinas totales entre 28,1 y 55,6 mg/100 mL en jugos de granada obtenidos con presiones de 0 -1,8 bares, estos valores obtenidos son similares a los obtenidos en jugos concentrados y arilos deshidratados de este estudio (22). Es importante recalcar que las mermeladas mostraron los más bajos contenidos de compuestos biofuncionales y esto puede atribuirse a la adición de (sacarosa y glucosa) 40 % sin fenoles o debido al proceso térmico al que es sometida para la elaboración del producto, ya que se ha reportado que el CFT, CAT y la CA en mermelada de frutillas disminuye en una forma lineal con relación a la temperatura (80, 85 y 90 °C) y al tiempo (1 -60 min) (23). Además, se ha reportado que el procesamiento térmico en mermelada degrada parcial o totalmente el CFT (24), a causa de a una disminución del ácido elágico o por alteraciones en la estructura celular (25). De igual manera, en jugo concentrado se reporta una degradación de antocianinas para la variedad *Wonderful* de 19,503 a 14,713 mg/100g, pero no en CFT (17).

Compuestos biofuncionales por variedad

La variedad *Wonderful* fue la que presentó el mayor CFT, CA y CAT en comparación con las variedades *Apaseo* y *Tecozautila*. Otros autores también han reportado diferencias de compuestos biofuncionales entre variedades reportando valores en CFT entre 0,81 y 1,52 mg GAE/ml, y CA entre 3,44 y 6,81 mg TE/ml (26).

Compuestos biofuncionales por producto y variedad

El CFT y la CA y CAT del jugo concentrado y arilos deshidratados de la variedad *Wonderful* fueron los que obtuvieron los valores más altos. Por lo anterior, se puede notar que, bajo las condiciones evaluadas, la variedad *Wonderful* tanto en arilos deshidratados como en jugo concentrado es líder en valores de los compuestos biofuncionales, esto puede deberse a que los arilos de variedad *Wonderful* son de una coloración tinto y las variedades *Apaseo* y *Tecoautla* sus colores son rojos claros y el color más oscuro está relacionado con mayor cantidad de algunos compuestos biofuncionales (2). En este estudio se encontraron diferencias significativas para CFT, CA y CAT; caso contrario, en otra investigación donde cuantificaron CAT en jugos de granada pasteurizados, reportaron valores entre 44,86 a 45,08 mg/l, sin diferencias significativa ($p = 0,127$) (18).

Estudio comparativo entre jugo fresco y jugo concentrado de granada

El jugo concentrado mostró valores más altos en comparación con jugo fresco en CA, CFT y CAT, excepto en CAT en variedad *Apaseo*, donde fueron estadísticamente iguales. En otros estudios han reportado una concentración de antocianinas totales en jugo fresco de granada de la variedad *Bedana* de 5,4 mg/100 ml, el cual es un valor menor al obtenido en jugo fresco de las tres variedades estudiadas (10,01 a 41,91 mg/100 ml) en el presente trabajo (18). El contenido de compuestos biofuncionales del jugo de granada puede variar según la variedad, el área de cultivo, el clima y el estado de madurez (28-30). La granada se caracteriza por tener gran concentración de polifenoles y actividad antioxidante en todas las partes del fruto, lo que los convierte en candidatos potenciales para el empleo en la industria alimentaria y farmacéutica (28, 30). Sin embargo, otros autores han reportado un alto porcentaje (52,21 %) de degradación de antocianinas en el jugo cuando fue sometido a una temperatura de 75°C por 30 m (31). También se coincide con los autores

previamente citados, en que también en este estudio hubo degradación del CAT en jugo concentrado atribuido al tratamiento térmico (70°C) ya que se obtuvieron los siguientes valores para jugo fresco vs concentrado para las variedades de *Apaseo* (14,51 vs 18,31), *Tecoautla* (7,41 vs 5,31) y *Wonderful* (54,02 vs 71,29 EC3G mg/100ml), y si se considera la merma en el jugo concentrado fue de 60, 60 y 68% para *Apaseo*, *Tecoautla* y *Wonderful*, respectivamente; representaría que el jugo concentrado tendría que haber obtenido valores de 2,5, 2,5 y 3,125 veces más que, el jugo fresco, pero no pasó; por lo que, la degradación de CAT fue de 49, 17 y 58% para el jugo concentrado de las variedades *Apaseo*, *Tecoautla* y *Wonderful*, respectivamente. Sin embargo, no hubo degradación del CFT y por lo tanto no se afectó la CA, estos resultados coinciden con otros investigadores que no encontraron diferencias al agregar extracto de cáscara de granada a un platillo mexicano y aplicar cocción (32).

La CA en jugo fresco para *Apaseo* fue de 20,2, para *Tecoautla* fue 69,16 y para *Wonderful* fue de 60,2 mMTE/l, los valores obtenidos en este estudio son más altos que los reportados en granadas de la región del mediterráneo en Turquía (5,60 y 7,35 mMTE/l) (18).

En este estudio en el análisis por factor, variedad, subproducto y en el análisis individual se observa que existe una relación positiva entre el CFT, CA y CAT, lo que coincide con otros estudios en donde reportan también esta relación (33). Se considera que este trabajo es importante ya que no se encontraron estudios sobre compuestos biofuncionales en subproductos de arilos deshidratados, jugo concentrado y mermelada con algunas de estas variedades.

Conclusiones

Los arilos deshidratados, jugo concentrado muestran gran potencial en compuestos biofuncionales expresados en el caso de los arilos deshidratados en contenido de fenoles totales (1386,09 mg/GAE/100g) y mayor capacidad antioxidante (220,12 mMTE/100g), en cambio, en el jugo concentrado en el contenido de antocianinas (34,97 ECn3G mg/100ml).

Los subproductos de granada se caracterizaron por tener un pH muy ácido en mermelada entre 3,40 y 3,72 y en jugo concentrado entre 2,60 y 3,68). En cambio,

los SST se incrementaron en la mermelada tuvieron valores entre 66 y 68 °Brix, y el jugo concentrado fluctuó entre 22,8 y 30,8 °Brix.

De las variedades evaluadas sobresale la variedad *Wonderful* en compuestos biofuncionales.

El jugo concentrado mostró mayor contenido de compuestos biofuncionales expresados en contenido de antocianinas y polifenoles totales y mayor capacidad antioxidante con respecto al jugo natural.

Agradecimientos

Al Centro Universitario del Sur (CUSUR) de la Universidad de Guadalajara por el financiamiento de esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflictos de interés.

Referencias

1. Valero-Mendoza AG, Meléndez-Rentería NP, Chávez-González ML, et al. The whole pomegranate (*Punica granatum* L), biological properties and important findings: A review. *Food Chem Adv*. 2023;2(100153):100153. <http://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100153>
2. Zhao X, Yuan Z. Anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum* L.) and their role in antioxidant capacities in vitro. *Chem Biodivers*. 2021;18(10): e2100399. <http://doi.org/10.1002/cbdv.202100399>
3. Viuda-Martos M, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JA. Pomegranate and its many functional components as related to human health: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2010;9(6):635–654. <http://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00131.x>
4. Teixeira da Silva JA, Rana TS, Narzary D, Verma N, Meshram DT, Ranade SA. Pomegranate biology and biotechnology: A review. *Sci Hortic* 2013; 160:85–107. <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.017>
5. Khoo HE, Azlan A, Tang ST, Lim SM. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr Res*. 2017; 61:1361779. <http://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>
6. Guerrero-Solano JA, Jaramillo-Morales OA, Velázquez-González C, et al. Pomegranate as a potential alternative of pain management: A review. *Plants (Basel)* 2020;9(4):419. <http://doi.org/10.3390/plants9040419>
7. Pirzadeh M, Caporaso N, Rauf A, Shariati MA, Yessimbekov Z, Khan MU, et al. Pomegranate as a source of bioactive constituents: a review on their characterization, properties and applications. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2021;61(6):982–999. <http://doi.org/10.1080/10408398.2020.1749825>
8. Virgen-Carrillo C, Valdés E, Martínez A, Mojica L, Castañeda-Saucedo M.C. Consumo de jugo de granada (*Punica granatum*) y su efecto sobre la glucemia, perfil lipídico e histología del páncreas en un modelo de hiperglucemia inducida mediante estreptozotocina. *Arch Latinoam Nutr* 2018; 61(1) 21-40. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2018/1/art-3/>
9. Cardinale M, Trinchera R, Natrella G, et al. Dynamics of the fermentation process and chemical profiling of pomegranate (*Punica granatum* L.) wines obtained by different Cultivar×Yeast combinations. *Foods*. 2021;10(8):1913. <http://doi.org/10.3390/foods10081913>
10. Al-Said FA, Opara LU, Al-Yahyai RA. Physico-chemical and textural quality attributes of pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in the Sultanate of Oman. *J Food Eng*. 2009;90(1):129–134. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.012>
11. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NMX-F-131-1982. Alimentos para Humanos-Frutas y Derivados-Mermelada de fresa. Secretaría de Economía.1982. <http://www.economía-nmx.gob.mx/normas/nmx/1982/nmx-f-131-1982.pdf>
12. Secretaría de Economía. Norma Oficial Mexicana NOM-173-SCFI-2009, Jugos de frutas preenvasados-Denominaciones, Especificaciones físico químicas, información comercial y métodos de prueba. DOF.2009. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5107330
13. Secretaría de Economía. NMX-F-317-NORMEX-2013 Alimentos-Determinación de pH en alimentos y bebidas no alcohólicas-método potenciométrico de prueba. Diario Oficial de la Federación. 2013. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4704689&fecha=23/05/1978#gsc.tab=014
14. Herald TJ, Gadgil P, Tilley M. High-throughput micro plate assays for screening flavonoid content and DPPH-scavenging activity in sorghum bran and flour: High-throughput microplate assays for screening sorghum. *J Sci Food Agric*. 2012;92(11):2326–2331. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5633>
15. Barragán Condori M, Aro Aro JM, Huamaní Meléndez VJ, Cartagena Cutipa R. Antocianinas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del mio-mio (*Coriaria ruscifolia* L.). *Rev Investig Altoandin* 2018;20(4):419–428. <https://huajsapata.unap.edu.pe/index.php/ria/article/view/105>

16. Software académico SAS. Sas.com. 2022 https://www.sas.com/es_mx/learn/academic-programs/software.html.
17. Abdulrahman ABM, Mhamad HJ, Talb SS, Aljabary AMA. Physicochemical properties and phenolic contents of fresh and concentrated juice of four pomegranate cultivars in Iraq. IOP Conf Series.: Earth Environ Sci. 2021; 910:012093. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/910/1/012093>
18. Ozgen M, Durgaç C, Serçe S, Kaya C. Chemical and antioxidant properties of pomegranate cultivars grown in the Mediterranean region of Turkey. Food Chem. 2008;111(3):703–706. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.043>
19. Fischer UA, Carle R, Kammerer DR. Thermal stability of anthocyanins and colour less phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) juices and model solutions. Food Chem. 2013;138(2–3):1800–1809. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.072>
20. Ozay-Arancioğlu I, Bekiroğlu H, Karadağ A, Saroğlu O, Tekin-Çakmak ZH, Karasu S. Effect of different drying methods on the bioactive, microstructural, and in-vitro bioaccessibility of bioactive compounds of the pomegranate arils. Food Sci Technol 2021; 42: e06221 <https://doi.org/10.1590/fst.06221>.
21. Pravallika K, Shaik L, Chakraborty S. Changes in the quality attributes of pulsed light and thermally pasteurized pomegranate (*Punica granatum*) juice stored at refrigerated condition (4° C). Journal of Food Measurement and Characterization 2023;17(6):6620-6638. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02132-y>
22. Catania P, Comparetti A, De Pasquale C, Morello G, Vallone M. Effects of the extraction technology on pomegranate juice quality. Agronomy. 2020;10(10): 1483. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101483>
23. Ticona Huanca OR, Quiroga Sossa BM. Comportamiento cinético de compuestos fenólicos, antocianinas y actividad antioxidante bajo tratamiento térmico en la elaboración de mermelada de frutilla (*Fragaria* sp.). CIBUM SCIENTIA 2022; 1(2): 98-104. <http://doi.org/10.53287/ikjf6985ym26w>
24. Da Silva Pinto M, Lajolo FM, Genovese MI. Bioactive compounds and antioxidant capacity of strawberry jams. Plant Foods Hum Nutr. 2007;62(3):127-131. doi: 10.1007/s11130-007-0052-x. <https://doi.org/10.1007/s11130-007-0052-x>
25. Rababah TM, Al-Mahasneh MA, Kilani, I et al. Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. J Sci Food Agric 2011; 91(6), 1096-1102. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4289>
26. Hooks T, Niu G, Masabni J, Sun Y, Ganjegunte G. Performance and Phytochemical Content of 22 Pomegranate (*Punica granatum*) Varieties. HortScience. 2021;56(2):217–225. <http://doi.org/10.21273/hortsci15551-20>
27. Ambigaipalan P, de Camargo AC, Shahidi F. Identification of phenolic antioxidants and bioactives of pomegranate seeds following juice extraction using HPLC-DAD-ESI-MSn. Food Chem. 2017; 221:1883–1894. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.058>
28. Fanali C, Belluomo MG, Cirilli M, et al. Antioxidant activity evaluation and HPLC-photodiode array/MS polyphenols analysis of pomegranate juice from selected Italian cultivars: A comparative study. Electrophoresis. 2016;37(13):1947–1955. <https://doi.org/10.1002/elps.201500501>
29. Ghasemi-Soloklui AA, Kordrostami M, Gharaghani A. Environmental and geographical conditions influence color, physical properties, and physicochemical composition of pomegranate fruits. Sci Rep 2023;13(1), 15447. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42749-z>
30. Jalili S, Tabatabaee Naini A, Ashrafi M, Aminlari M. Antioxidant activity of pericarp extract from different varieties of pomegranate fruit. J Agri Sci Technol 2020; 22(1), 95-107. <https://jast.modares.ac.ir/article-23-22267-en.html>.
31. Ludeña Campos V. Obtención y caracterización del extracto de antocianina a partir de la granada para alimentos (*Punica granatum* L.). Tesis de grado. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga 2017. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/782b61eb-3c86-43e7-ad4b-b8cb5e186ebe/content>
32. Ochoa-Reyes E., Guevara-Aguilar A., Tirado-Gallegos JM. et al. Adición de extracto de cáscara de granada en un alimento tradicional mexicano y evaluación de la estabilidad al procesado. Universitas Agri 2022; 1(1):18. <https://doi.org/10.59741/agri.v1i1.3>
33. Yan L, Zhou X, Shi L, Shalimu D, Ma C, Liu Y. Phenolic profiles and antioxidant activities of six Chinese pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. Int J Food Prop 2017. 20(Sup1), S94-S107. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1289960>

Recibido: 17/01/2024
Aceptado: 26/08/2024