

Grao en Bioloxía

Memoria do Traballo de Fin de Grao

Análisis de parámetros nutracéuticos en variedades tradicionales de pimiento de la región Mediterránea

Análise de parámetros nutracéuticos en variedades tradicionais de pemento da rexión Mediterránea

Analysis of nutraceutical parameters in pepper landraces from the Mediterranean region

Paula López Saya

Curso 2019-2020, Julio

Dña. Cristina Silvar Pereiro autoriza la presentación del trabajo de fin de grado “Análisis de parámetros nutracéuticos en variedades tradicionales de pimiento de la región Mediterránea” presentado por Paula López Saya para su defensa ante el tribunal calificador.

A Coruña, a 22 de julio de 2020

Fdo. Cristina Silvar Pereiro

Índice

Resumen

Introducción	1
El pimiento: taxonomía y aspectos botánicos	1
Cultivo, producción y comercialización	1
Origen y domesticación del pimiento	2
Los recursos fitogenéticos y los bancos de germoplasma	3
Propiedades y compuestos nutraceuticos: composición química y valor nutricional del pimiento	5
Objetivos	6
Material y métodos.....	6
Material vegetal.....	6
Preparación de los extractos de pimiento.....	8
Determinación del contenido en sólidos solubles.....	8
Análisis de pH y acidez valorable.....	8
Cuantificación de ácido ascórbico	9
Cuantificación de fenoles totales	9
Determinación de la capacidad antioxidante	10
Análisis de datos	10
Resultados y discusión	11
Análisis de parámetros nutraceuticos.....	11
Análisis de correlación de Pearson	17
Diferencias entre variedades locales y comerciales.....	18
Diferencias entre países para el conjunto de variedades locales	20
Análisis de agrupamiento.....	22
Conclusiones	23
Bibliografía.....	25

Resumen

El alto contenido en compuestos nutraceuticos es común para todas las variedades de *Capsicum annum* (L.), tanto en variedades tradicionales como comerciales. Para este trabajo se analizaron diez variedades tradicionales de pimientos procedentes de diferentes zonas de la región Mediterránea y tres variedades comerciales. Se llevaron a cabo análisis del contenido en sólidos solubles, pH, acidez valorable, ácido ascórbico, fenoles y capacidad antioxidante.

Los resultados manifestaron una alta correlación entre la capacidad antioxidante y el contenido en fenoles y ácido ascórbico, presentando variaciones en su contenido en función de la variedad estudiada.

Palabras clave

Capsicum annum, nutraceutico, sólidos solubles, pH, acidez valorable, ácido ascórbico, fenoles, capacidad antioxidante.

Resumo

O alto contido en compostos nutraceuticos é común para todas as variedades de *Capsicum annum* (L.), tanto en variedades tradicionais como comerciais. Para este traballo analizaráronse dez variedades tradicionais de pementos procedentes de diferentes rexións da rexión Mediterránea e tres variedades comerciais. Leváronse a cabo análises de contido en sólidos solubles, pH, acidez valorable, ácido ascórbico, fenoles e capacidade antioxidante.

Os resultados manifestaron unha alta correlación entre a capacidade antioxidante e o contido en fenoles e ácido ascórbico, presentando variacións no seu contido en función da variedade estudada.

Palabras chave

Capsicum annum, nutraceutico, sólidos solubles, pH, acidez valorable, ácido ascórbico, fenoles, capacidade antioxidante.

Abstract

The high content in nutraceutical compounds is common to all varieties of *Capsicum annuum* (L.), both traditional and commercial ones. For this work, we analysed ten traditional varieties from different areas of the Mediterranean region and three commercial varieties. Analyses of the soluble solids content, pH, titratable acidity, ascorbic acid, phenols, and antioxidant capacity were carried out.

The results manifested in a high correlation between the antioxidant capacity and the content of phenols and ascorbic acid, presenting variations in its content depending on the variety studied.

Keywords:

Capsicum annuum, nutraceutical, soluble solids content, pH, titratable acidity, ascorbic acid, phenols, antioxidant capacity.

Introducción

El pimiento: taxonomía y aspectos botánicos

El pimiento es una planta perteneciente al género *Capsicum*, que se incluye dentro de la familia Solanaceae (Howard et al., 2000). Este género está compuesto por casi 35 especies, de las cuales cinco están domesticadas (*Capsicum annuum* L., *Capsicum baccatum* var. *pendulum* Willd., *Capsicum chinense* Jacq., *Capsicum pubescens* Ruiz & Pavón y *Capsicum frutescens* L.) (Kantar et al., 2016).

C. annuum es la más especie más estudiada y la de mayor importancia económica. Se trata de una planta dicotiledónea, anual (bianual en condiciones especiales) y herbácea o arbustiva, con un tallo que puede alcanzar los dos metros de altura en variedades comerciales. Sus flores son hermafroditas y produce un fruto tipo baya. De acuerdo con la variedad, el fruto puede presentar diferencias en su tamaño y forma, apareciendo figuras cúbicas, cónicas o esféricas. Su interior es hueco y está dividido de dos a cuatro costillas verticales interiores que portan las semillas (Latournerie et al., 2002; Pardey, et al., 2006).

Cultivo, producción y comercialización

Su uso se centra en el consumo humano, tanto en fresco como en especia o condimento (García-Carcía et al., 2014).

Los países asiáticos cuentan con las mayores producciones a nivel mundial, con datos de 24.991.347 toneladas en el año 2018. Sin embargo, España es con diferencia el país que más pimiento produce de la Unión Europea (<http://www.fao.org/faostat/es/#home>).

Origen y domesticación del pimiento

El género *Capsicum* probablemente se originó en regiones áridas montañosas de los Andes, para luego expandirse a zonas de tierras bajas de América. Su domesticación podría haberse producido hace 6.000 o 9.000 años. La combinación de evidencias arqueológicas, análisis genéticos y la distribución actual de las plantas, ha permitido a los investigadores sugerir que *C. annuum* fue domesticado en México o en el Norte de América Central (Kraft et al., 2014). En el año 1493, el pimiento fue traído a Europa en el primero de los viajes de Colón desde América. Su introducción en este continente supuso un importante avance culinario, ya que vino a complementar o incluso a sustituir a otro condimento muy empleado como era la pimienta negra (*Piper nigrum* L.), de gran importancia comercial entre Oriente y Occidente. Los primeros pimientos llegaron a la Península Ibérica, y desde España y Portugal se expandieron al resto del mundo a lo largo de los siglos XVI y XVII. Así, por ejemplo, en el año 1526 se estableció su cultivo en Italia y la región Mediterránea y, unos años más tarde (1548), en Inglaterra. Esta expansión resultó favorecida por la existencia de rutas comerciales entre Europa, Oriente Medio y Asia, iniciándose así su cultivo en la mayoría de las zonas mediterráneas, tropicales y templadas del mundo. *C. annuum* fue el más exitoso en esta conquista, probablemente porque fue la primera especie en llegar a Europa, más que por la presencia de caracteres agronómicos superiores (Andrews, 1993). En estos centros secundarios de diversificación, se originaron miles de variedades locales a lo largo de los siglos como consecuencia de los procesos de selección por parte de los agricultores con el fin obtener variedades mejor adaptadas a unas condiciones agro-climáticas particulares o hábitos de consumo locales (Djian-Caporalino et al., 2007). Por tanto, la Península Ibérica y regiones Mediterráneas constituyen una importante fuente de variabilidad para el pimiento en forma de variedades locales (Pereira-Dias et al., 2020).

Los recursos fitogenéticos y los bancos de germoplasma

Según la FAO se definen los recursos fitogenéticos como *“una diversidad de semillas y materiales para la siembra de materiales tradicionales y de cultivares modernos, de variedades silvestres afines a los cultivos y de otras especies de plantas silvestres necesarios para satisfacer los desafíos ambientales y el cambio climático”* (<http://www.fao.org/agriculture/crops/mapa-tematica-del-sitio/theme/seeds-pgr/es/>).

La domesticación de las plantas supuso la selección de un conjunto de características genéticas en un material silvestre, generando una serie de cambios morfológicos y fisiológicos en determinados caracteres de la planta y adaptándola tanto a las necesidades humanas como a las condiciones ambientales (Carrillo-Becerril et al., 2010). A lo largo del tiempo, los cambios en la sociedad, el avance tecnológico y el crecimiento de la población empujaron a una selección cada vez más intensiva de aquellas variedades más productivas y precoces, fomentándose el uso mayoritario de éstas a nivel global, en detrimento de las variedades locales tradicionales (Carrillo-Becerril et al., 2010). Esto ha llevado a que, a día de hoy, el 90% del alimento sea suministrado por solamente unas cien especies vegetales (Pardey et al., 2006). El problema de estas variedades es la falta de variabilidad genética, lo que implica una mayor vulnerabilidad, siendo más susceptibles a enfermedades, plagas y tensiones ambientales por lo que en muchas ocasiones el aporte externo de fertilizantes químicos y plaguicidas es esencial para que la producción salga adelante.

La conservación de recursos fitogenéticos puede llevarse a cabo mediante procedimientos In situ como la preservación de ecosistemas y la restauración de poblaciones de especies en su hábitat natural o mediante procedimientos Ex situ, como son los bancos de germoplasma (FAO, 2010), de los cuales se obtuvieron las semillas para este trabajo de investigación.

Hay un gran número de bancos de germoplasma, instituciones dónde se almacenan cultivares domesticados y silvestres con el fin de evitar la erosión genética, que permiten obtener los recursos genéticos necesarios para desarrollar nuevas variedades más resistentes. En el caso del pimiento, se estima que la colección de germoplasma mundial de *Capsicum spp.* está cifrada en torno a las 60.000 entradas. Las colecciones más importantes de esta especie se localizan en el Instituto de Investigaciones Agrarias del Egeo en Turquía (AARI), donde se mantienen un total de 9.980 entradas, y en el Centro de Desarrollo e Investigación de Hortalizas Asiáticas de Taiwán (AVRDC), donde se recogen más de 7.000 accesiones de este cultivo. En segundo lugar, se sitúan el banco de germoplasma de la USDA-ARS Plant Genetic Resources Conservation Unit en EE.UU. donde se mantienen más de 4.000 entradas procedentes de 85 países y el del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias en Celaya (México), con 3.290 accesiones. En Europa, el Center for Genetic Resources (CGR) de Wageningen (Holanda), y al banco de germoplasma del Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung gatersleben (IPK) de Gatersleben (Alemania) constituyen dos los bancos más accesibles y con mayor número de entradas de pimiento del continente. A nivel nacional existen tres bancos de hortalizas entre los que contabilizan un total de 4.150 entradas de pimiento, con lo que nuestro país se sitúa como quinto del mundo en tenencia de germoplasma de esta especie. Estas entidades conservantes son el Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV), el Centro de Recursos Fitogenéticos de Madrid y el Banco de Germoplasma de Hortícolas de Zaragoza (BGHZ), siendo este último el más relevante en lo referente al número de entradas (Carravedo et al., 2005).

Propiedades y compuestos nutraceuticos: composición química y valor nutricional del pimiento

La calidad del fruto, en cuanto a su aroma y sabor, viene determinado por el contenido en sólidos solubles, pH y acidez. Además, el pimiento se caracteriza por presentar importantes características a nivel nutricional y físico-químico, que suscita interés por parte de los consumidores, en gran medida debida a su gran capacidad antioxidante, siendo una de las especies hortícolas con mayor superficie de cultivo en invernadero (Toledo-Martín et al., 2014).

El término nutraceutico fue definido por Defelice (1995) como *“cualquier sustancia, ya sea un alimento o parte de este, que proporcione beneficios para la salud, incluida la prevención y/o el tratamiento de enfermedades”*.

Los compuestos nutraceuticos están basados en ingredientes que se encuentran en la naturaleza y se dividen en nutrientes (azúcares y grasas), compuestos químicos (antioxidantes, carotenos, ácidos grasos Omega 3) y probióticos (Pérez, 2006). El pimiento se ha revelado como una fuente importante de compuestos nutraceuticos, entre los que se encuentran los capsaicinoides, carotenoides, compuestos volátiles como los fenólicos y vitaminas como las vitaminas C y A (Rodríguez-Burruezo et al., 2010).

Los capsaicinoides son un grupo de sustancias únicas en el género *Capsicum*, están correlacionadas con la acidez y son responsables del sabor picante en algunos pimientos (Antonio et al., 2018).

Los carotenoides son compuestos con propiedades cromogénicas que proporcionan los colores naranja, amarillo y rojo a los pimientos. Estos compuestos están implicados en la fotosíntesis, fotoprotección y estabilización de radicales libres, es decir, son compuestos que presentan actividad antioxidante. Actúan, además, como precursores de la Vitamina A (Antonio et al., 2018).

Los compuestos volátiles, entre los que se encuentran los fenoles, son los elementos que aportan sabor y aroma al fruto, presentando, además, al igual que los carotenoides, propiedades antioxidantes (Antonio et al., 2018).

Otro compuesto que encontramos en los pimientos es la Vitamina C (ácido ascórbico). El alto contenido en ácido ascórbico le confiere, una vez más, propiedades antioxidantes, ya que tiene el poder de neutralizar los radicales causantes de daños a nivel celular (Hamid et al., 2010).

Según esto, se ha revelado que el pimiento es alimento con un alto poder antioxidante, por encima de otras verduras comunes como pueden ser el brócoli, la zanahoria o las espinacas (Sun et al., 2002). Esta característica tiene importantes efectos biológicos, ya que hay estudios que relacionan la toma de productos antioxidantes con la disminución del riesgo de padecer una enfermedad coronaria. (Rice-Evans et al., 1997).

Las propiedades organolépticas y nutracéuticas del pimiento sufren variaciones en función de la variedad de la que se trate, así como de la zona de cultivo. Esto pone de manifiesto la importancia de evaluar el impacto de la variedad y área geográfica para determinar el contenido en estas sustancias.

Objetivos

En este trabajo de fin de grado se evaluarán los parámetros de calidad y nutracéuticos de diez variedades tradicionales de pimiento (*C. annuum*) en diferentes países de la región Mediterránea, así como de tres variedades comerciales con fines comparativos. Para ello, se llevará a cabo la cuantificación del contenido en sólidos solubles, pH, acidez valorable, ácido ascórbico, fenoles totales y capacidad antioxidante.

Material y métodos

Material vegetal

Las semillas de las diferentes variedades locales de pimiento (Figura 1) se obtuvieron del Center for Genetic Resources (CGR) de Wageningen (Holanda), y del banco de germoplasma del Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung gatersleben (IPK) de Gatersleben (Alemania).

Las semillas germinaron en cámara de cultivo con ciclos de luz de 16 horas a 22° C y de oscuridad de 8 horas a 20° C. A las cuatro semanas eran trasladadas al Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) (Mabegondo, A Coruña) (Mabegondo, A Coruña, España) (43°15'N, 8°18'W) para su cultivo en invernadero. Se pusieron cuatro plantas por variedad y se mantuvieron en invernadero desde mayo a octubre de 2018. Se recogieron frutos maduros de las cuatro plantas de cada variedad de pimiento, se pesaron y se congelaron a -20° C para su posterior análisis. Se tomaron dos réplicas (dos grupos de frutos independientes) por variedad. Las variedades comerciales Morrón, Guindilla e Italiano fueron adquiridas en un supermercado y se prepararon, al igual que las variedades locales, pesando dos grupos independientes de frutos para cada variedad que, posteriormente, serían congelados a -20° C. Para la realización de este trabajo fin de grado se ha partido del material congelado.

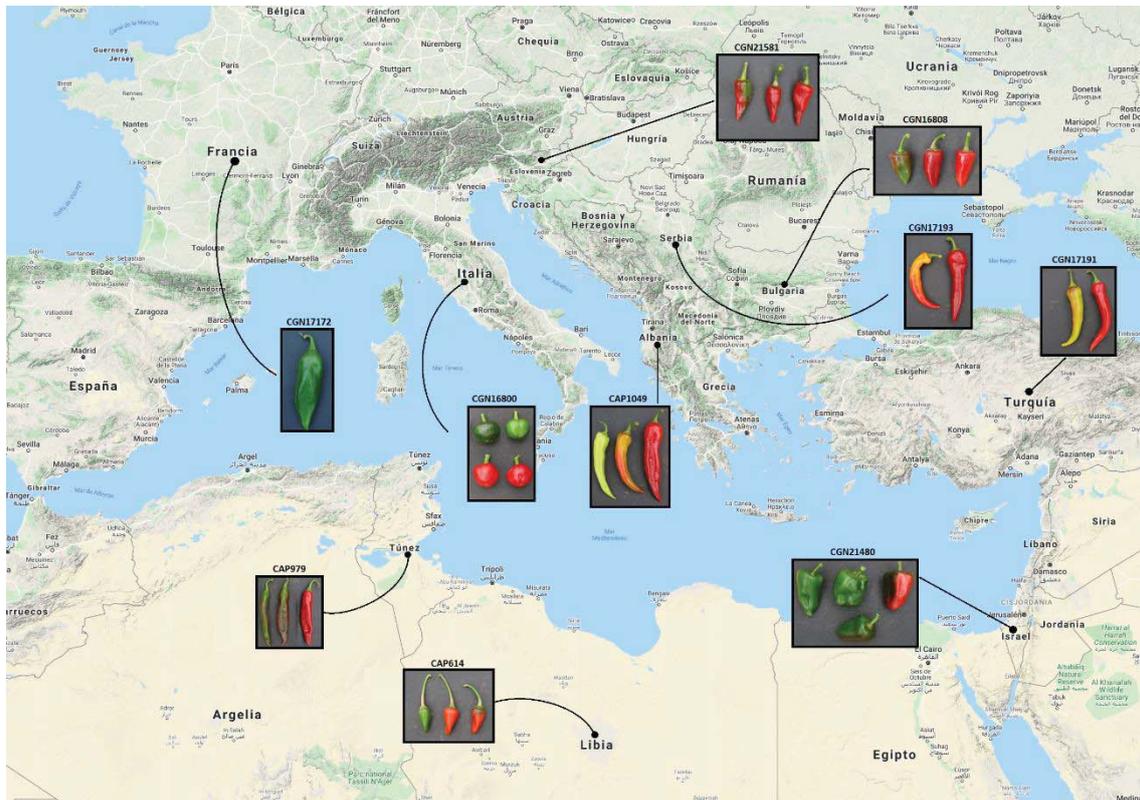


Figura 1: Mapa de las variedades locales de pimiento Empleadas en este trabajo Fuente: Google Maps (s.f.); Fotos de las variedades: Cristina Silvar.

Preparación de los extractos de pimiento

Las muestras de pimientos se descongelaron en nevera a 4° C durante 24 horas. A continuación, se les añadió 100 ml de agua y fueron homogeneizados con una batidora. El extracto resultante se filtró a través de una gasa de Nylon. Los extractos filtrados se almacenaron en tubos a -20 ° C para su posterior análisis.

Las medidas del contenido en sólidos solubles, pH, acidez valorable y vitamina C se realizaron directamente sobre el extracto filtrado. Para la cuantificación de fenoles y capacidad antioxidante se llevó a cabo una centrifugación del extracto durante 5 min, a 4°C y 10.000 rpm.

Determinación del contenido en sólidos solubles

El contenido en sólidos solubles se determinó directamente mediante el uso de un refractómetro de mano (Shibuya Optical co. LTD) que previamente fue calibrado con agua destilada. Todas las muestras fueron analizadas por triplicado y los resultados se expresaron en ° Brix, que hace referencia al porcentaje en peso de la sacarosa que hay en una disolución acuosa.

Análisis de pH y acidez valorable

Las medidas de pH se realizaron sobre 20 ml del extracto filtrado de pimiento con un pHmetro Crison micropH 2.000. La acidez valorable se determinó mediante una volumetría ácido-base, usando como base NaOH 0,05 N. Para ello, se preparó una bureta con una solución de NaOH 0,05 N y se fue dejando caer gota a gota sobre un matraz Erlenmeyer situado sobre un agitador. El punto final de la titulación (pH = 8,1) se determinó mediante el pH-metro.

La acidez valorable se expresó como el porcentaje de ácidos totales en el fruto utilizando la fórmula: % acidez = cantidad de NaOH 0.05 N utilizado (l) * normalidad del NaOH * Peso equivalente en gramos del ácido predominante en el fruto (ácido málico) / peso de la muestra (g).

Cuantificación de ácido ascórbico

El contenido en Vitamina C se determinó mediante una yodimetría. Para ello se prepararon soluciones de yodo, ácido ascórbico y almidón. La solución de yodo se preparó disolviendo un gramo de yoduro potásico (KI) y 0.054 gramos de yodato potásico (KIO₃) en 50 ml de agua. Se añadieron 6 ml de ácido sulfúrico 3M y se enrasó a 100 ml.

Veinte ml de zumo de pimiento se diluyeron con 20 ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer y se le añadieron 20 µl de una solución de almidón al 1% (p:v). A continuación, la solución de yodo se colocó en una bureta y se dejó caer sobre la muestra que se mantuvo en agitación. La valoración concluyó cuando la muestra adquirió un color violeta oscuro persistente. Se realizó una recta estándar con concentraciones conocidas de ácido ascórbico de 0,2 mg/ml, 0,4 mg/ml, 0,6 mg/ml, y 1 mg/ml, que se diluyeron y valoraron de igual manera que las muestras. Las medidas se realizaron por duplicado y los resultados se expresaron en mg de ácido ascórbico/g de peso fresco (PF) de pimiento.

Cuantificación de fenoles totales

La cuantificación de los fenoles totales se realizó siguiendo el método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton y Rossi (1965). Este método se basa en la reacción de oxidación de los polifenoles ante la presencia del reactivo de Folin-Ciocalteu (ácidos fosfomolibdico y fosfowolfrámico) en un medio básico. El complejo azul resultante es proporcional a la cantidad de polifenoles del extracto. (Singleton y Rossi, 1965).

En tubos de vidrio de 10 ml se introdujeron 0.2 ml de la muestra, 0.2 ml del reactivo de Folin-Ciocalteus y 4 ml de una solución de Carbonato sódico anhidro (Na₂CO₃), solución de concentración 75 g/L). Se añadieron 5.6 ml de agua destilada y se dejó en reposo durante exactamente 1 hora. Se midió la absorbancia a 750 nm. Se realizó una recta de calibrado con 6 patrones de ácido gálico a 25, 100, 200; 300, 400 y 500 mg/L. Cada medida se realizó por triplicado.

Los resultados se expresaron en mg de ácido gálico/ g PF.

Determinación de la capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se determinó utilizando el método ABTS descrito por Miller y Rice-Evans (1997). Este método está basado en la capacidad reductora del catión radical ABTS⁺ (2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazoline-6-sulfonato). Este radical se genera por la adición a este compuesto de un agente oxidante como es el persulfato potásico (K₂O₈S₂) en proporción 1:1. La dilución se mantuvo en reposo y en oscuridad 16 horas y transcurrido este tiempo se diluyó con agua miliQ hasta obtener una absorbancia de 0.9 (valor que se consideró como A₀).

Para la determinación de la capacidad antioxidante de las muestras de pimiento, en tubos Eppendorf se añadieron 20 µL de muestra y 980 µL de radical ABTS⁺. El blanco se preparó sustituyendo el reactivo ABTS⁺ por agua miliQ. Se anotaron las absorbancias por cuatriplicado y se anotó el valor del blanco de muestra.

Mediante un compuesto antioxidante estándar (Trolox) se realizó una recta patrón. Para ello se prepararon cinco estándares de 0,1, 0,4, 0,7, 1 y 1,4 mM. Se tomaron los valores por cuatriplicado.

Para el cálculo de la capacidad antioxidante, se aplicó la siguiente fórmula: Diferencia de absorbancias = A₀ - (A_{muestra} - A_{blanco de muestra})” y se expresaron los resultados en µg de Trolox/g PF.

Análisis de datos

Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa Excell y el software R (paquetes Rcmdr y gplots). Se aplicó un análisis estadístico para evaluar el efecto de la variedad sobre cada parámetro por separado (Vitamina C, pH, acidez valorable, fenoles y sólidos solubles). Para ello se utilizó un modelo Anova, seguido de un test post-hoc Tukey HSD. Asimismo, se realizó un análisis de varianza para establecer si había diferencias significativas entre las variedades locales y comerciales, así como entre los distintos países evaluados.

Además, se llevó a cabo un análisis de correlación mediante un test de Pearson para indicar el grado de relación entre las variables. Los p valores se ajustaron con la corrección de Holm (1979).

La similitud entre las variedades se evaluó con un análisis de agrupamiento, acompañado de un heatmap (mapa de calor), que representa los valores estandarizados (valor-media/desviación estándar) de los diferentes parámetros.

Resultados y discusión

Análisis de parámetros nutraceuticos

En la Tabla 1 se muestra el contenido total en sólidos solubles de las diferentes variedades de pimiento. Las variedades comerciales presentaron un contenido bastante uniforme, mientras que en las locales se observó una mayor variación entre las líneas. El contenido medio fue de 3,70° Brix, con rangos de 2,00 a 5,25° Brix. Las variedades estudiadas presentaron un contenido menor al publicado por Jiménez et al., (2010) que obtuvieron rangos de 5,50 a 9,20 ° Brix. Por lo general, las variedades locales tuvieron valores más altos que las comerciales Morrón e Italiano, dos de las variedades más extendidas comercialmente para consumo en fresco.

El test Anova mostró diferencias significativas entre las variedades ($p < 0.05$) y el Test de Tukey permitió establecer que las variedades CAP1049 (2,00 ° Brix), CGN17193 (2,75 ° Brix) y Guindilla (4,00 ° Brix) fueron significativamente distintas al resto de las variedades, sin embargo, no presentaron diferencias relevantes entre ellas.

Tabla 1: Media \pm Desviación Estándar para el contenido en Sólidos Solubles

Código	País	° Brix	Anova*
CGN17172	Francia	3,50 \pm 0,00	bcd
CGN16800	Italia	3,50 \pm 0,00	bcd
CGN17193	Yugoslavia	2,75 \pm 0,35	ab
CGN21581	Eslovenia	3,75 \pm 0,35	bcde
CGN21480	Israel	3,75 \pm 0,35	bcde
CGN17191	Turquía	4,00 \pm 0,00	cde
CAP1049	Albania	2,00 \pm 0,00	a
CAP614	Libia	5,25 \pm 0,35	f
CAP979	Túnez	4,50 \pm 0,71	df
CGN16808	Bulgaria	4,75 \pm 0,35	ef
Morrón	-	3,00 \pm 0,00	cde
Italiano	-	3,25 \pm 0,35	bc
Guindilla	-	4,00 \pm 0,00	ac

*Diferentes letras indican diferencias significativas para el Test de Tukey ($p < 0,05$).

En la Tabla 2 se muestra la cantidad de Vitamina C para cada línea de pimiento, así como los resultados del test Anova. El contenido medio de Vitamina C fue de 487,49 μg de ácido ascórbico por gramo de peso fresco (PF) de pimiento, siendo la variedad comercial Guindilla la de mayor valor (1134,75 μg ácido ascórbico/g PF). La variedad CGN17172 (770,54 μg ácido ascórbico/g PF) presentó un contenido en ácido ascórbico superior a Morrón (560,94 μg ácido ascórbico/g PF), el más consumido habitualmente en Europa y América del Norte. Las distintas variedades presentaron un rango amplio para este parámetro que va desde 166,56 μg ácido ascórbico/g PF de la variedad CGN16800 a los 1134,75 μg ácido ascórbico/g PF en la variedad comercial Guindilla. Este rango fue superior al publicado por Toledo-Martin et al., (2014), con valores de 4.400-10.900 μg ácido ascórbico/g PF. Estas variaciones se deben a que la composición fisicoquímica del pimiento puede variar enormemente dependiendo de la variedad, el estado de madurez del fruto, la zona geográfica y las condiciones ambientales (Tripodi et al., 2018).

El test Anova mostró diferencias significativas entre variedades para la cantidad de Vitamina C ($p < 0.05$). El test de Tukey permitió apreciar que las variedades comerciales Morrón e Italiano fueron significativamente distintas a las otras variedades. La variedad local CGN17172, procedente de Francia, es la que presenta una mayor cantidad de vitamina C dentro de las variedades locales, y tiene más vitamina que la variedad comercial Morrón.

Tabla 2: Media \pm Desviación Estándar para el contenido en Vitamina C

Código	País	$\mu\text{g ácido ascórbico/g PF}$	Anova*
CGN17172	Francia	770,54 \pm 8,95	f
CGN16800	Italia	166,56 \pm 4,94	a
CGN17193	Yugoslavia	241,27 \pm 38,85	abc
CGN21581	Eslovenia	420,32 \pm 62,64	bde
CGN21480	Israel	461,78 \pm 18,33	cde
CGN17191	Turquía	484,19 \pm 26,31	de
CAP1049	Albania	289,21 \pm 29,48	ad
CAP614	Libia	267,18 \pm 32,53	ad
CAP979	Túnez	304,77 \pm 9,35	ad
CGN16808	Bulgaria	233,45 \pm 14,93	abc
Morrón	-	560,94 \pm 173,64	g
Italiano	-	1002,42 \pm 6,05	g
Guindilla	-	1134,75 \pm 60,70	ef

*Diferentes letras indican diferencias significativas para el Test de Tukey ($p < 0,05$).

En las siguientes tablas (Tabla 3 y Tabla 4) se muestran los valores medios de pH y acidez valorable en cada línea de pimiento. Estos análisis se emplean habitualmente en el control de calidad de frutas, zumos y productos de origen vegetal. (Velioglu et al., 1998).

El promedio de los valores de pH fue de 4,31 valores de pH, siendo la línea CGN17193 la que presentó una mayor acidez (3,85), y la variedad comercial Italiano la de mayor alcalinidad. (5,24) (Tabla 3)

El promedio de los valores de acidez fue de 0.56 %. Las líneas tradicionales CGN21581 y CGN16808 (0,98 y 0,97, respectivamente) fueron las que presentaron un mayor porcentaje de acidez, mientras que las variedades comerciales Morrón, Italiano y Guindilla presentaron los valores más bajos (0,13 0,13 y 0,21, respectivamente).

El test Anova muestra diferencias significativas para el pH ($p < 0.05$). Con el posterior test de Tukey se aprecia coincidencia entre las medias de las variedades comerciales, pero presentando diferencias significativas con el resto de variedades locales (Tabla 4).

En el caso de acidez valorable, se mostraron de nuevo diferencias significativas entre las variedades locales ($p < 0.05$) pero no observamos estas diferencias entre las variedades comerciales.

Tabla 3: Media \pm Desviación Estándar para el contenido de pH

Código	País	Valores de pH	Anova*
CGN17172	Francia	3,92 \pm 0,28	cd
CGN16800	Italia	4,08 \pm 0,02	de
CGN17193	Yugoslavia	3,85 \pm 0,38	bd
CGN21581	Eslovenia	4,08 \pm 0,10	de
CGN21480	Israel	4,2 \pm 0,01	bd
CGN17191	Turquía	4,03 \pm 0,07	ef
CAP1049	Albania	4,14 \pm 0,14	bd
CAP614	Libia	4,87 \pm 0,34	bc
CAP979	Túnez	4,08 \pm 0,26	cde
CGN16808	Bulgaria	3,88 \pm 0,04	f
Morrón	-	4,75 \pm 0,62	a
Italiano	-	5,24 \pm 0,08	a
Guindilla	-	4,95 \pm 0,04	a

*Diferentes letras indican diferencias significativas para el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Tabla 4: Media \pm Desviación Estándar para la acidez valorable.

Código	País	% acidez	Anova*
CGN17172	Francia	0,63 \pm 0,02	df
CGN16800	Italia	0,70 \pm 0,05	efg
CGN17193	Yugoslavia	0,57 \pm 0,06	cdf
CGN21581	Eslovenia	0,98 \pm 0,09	h
CGN21480	Israel	0,43 \pm 0,03	bd
CGN17191	Turquía	0,88 \pm 0,12	gh
CAP1049	Albania	0,48 \pm 0,01	cde
CAP614	Libia	0,39 \pm 0,07	bc
CAP979	Túnez	0,72 \pm 0,08	fg
CGN16808	Bulgaria	0,97 \pm 0,06	h
Morrón	-	0,13 \pm 0,02	ab
Italiano	-	0,13 \pm 0,01	a
Guindilla	-	0,21 \pm 0,02	a

*Diferentes letras indican diferencias significativas para el Test de Tukey ($p < 0,05$).

El análisis estadístico para la concentración de fenoles en función de las diferentes líneas de pimiento se representa en la Tabla 5. Las líneas locales presentan una concentración media de 393,78 $\mu\text{g/g}$ PF, siendo la variedad CGN17172 la de mayor valor (601,14 $\mu\text{g/g}$ PF). Las variedades comerciales cuentan con una concentración media de unos 660,50 $\mu\text{g/g}$ PF, en la que la variedad Italiano presenta la concentración más alta (792,04 $\mu\text{g/g}$ PF). Las variedades locales CGN17172 (601,14 $\mu\text{g/g}$ PF), CGN17191 (468,51 $\mu\text{g/g}$ PF), CAP614 (497,57 $\mu\text{g/g}$ PF) y CGN16808 (488,71 $\mu\text{g/g}$ PF) presentaron un mayor contenido en fenoles que la variedad comercial Morrón. Los valores para este parámetro estuvieron comprendidos entre los 153,65 y 792,04 $\mu\text{g/g}$ PF. Toledo Martín et al., (2014) realizó un análisis similar del contenido fenólico en variedades de pimiento obteniendo unos valores muy superiores (10.200 y los 17.600 $\mu\text{g/g}$ peso seco), una posible explicación es que utilizó polvo de pimiento y, al no haber agua, los compuestos aparecieron más concentrados que en nuestro análisis. En cualquier caso, Howard et al. (2000) indicaron que las variaciones en el contenido fenólico están altamente influenciadas por la variedad de pimiento y su grado de maduración.

El test Anova para las diferencias entre variedades resultó significativo y el test de Tukey mostró coincidencias entre las variedades CGN16800, CGN17193, CGN21581, CGN21480, CAP979 y Guindilla. La variedad Italiano mostró diferencias significativas con respecto al resto de las variedades.

Tabla 5: Media \pm Desviación Estándar para concentración de fenoles.

Código	País	$\mu\text{g/g PF}$	Anova*
CGN17172	Francia	601,14 \pm 71,30	de
CGN16800	Italia	349,44 \pm 23,91	bc
CGN17193	Yugoslavia	285,21 \pm 10,69	b
CGN21581	Eslovenia	285,12 \pm 59,20	b
CGN21480	Israel	423,32 \pm 106,53	bd
CGN17191	Turquía	468,51 \pm 72,27	cd
CAP1049	Albania	153,65 \pm 25,53	a
CAP614	Libia	497,57 \pm 44,33	cd
CAP979	Túnez	385,09 \pm 33,48	bc
CGN16808	Bulgaria	488,71 \pm 114,08	cd
Morrón	-	444,54 \pm 126,94	ef
Italiano	-	792,04 \pm 34,52	f
Guindilla	-	744,93 \pm 44,73	bd

*Diferentes letras indican diferencias significativas para el Test de Tukey ($p < 0,05$).

La tabla 6 muestra la capacidad antioxidante de las distintas variedades de pimiento, entre las que observamos una mayor capacidad en las variedades comerciales Guindilla (1541,80 $\mu\text{g/g PF}$), “Morrón” (967,43 $\mu\text{g/g PF}$) e “Italiano” (921,69 $\mu\text{g/g PF}$). La muestra CGN17172 (427,68 $\mu\text{g/g PF}$) es la que presenta una mayor actividad antioxidante de entre las variedades locales. La variedad Albana CAP1049 fue la presentó un menor contenido (149,77 $\mu\text{g/g PF}$) para este parámetro. La capacidad antioxidante media para las variedades comerciales fue 3.6 veces mayor que el contenido presentado por las variedades locales (1143,64 y 320.639 $\mu\text{g/g PF}$, respectivamente).

El test Anova para las diferencias entre variedades resultó significativo y el Test de Tukey apenas muestra diferencias significativas entre las variedades locales, aunque pone en evidencia la desigualdad entre las medias de variedades comerciales y locales.

Tabla 6: Media \pm Desviación Estándar para la capacidad antioxidante.

Código	País	$\mu\text{g/g PF}$	Anova*
CGN17172	Francia	427,68 \pm 44,76	b
CGN16800	Italia	251,53 \pm 23,38	ab
CGN17193	Yugoslavia	306,03 \pm 15,11	ab
CGN21581	Eslovenia	293,96 \pm 17,65	ab
CGN21480	Israel	350,96 \pm 59,03	ab
CGN17191	Turquía	417,28 \pm 61,77	b
CAP1049	Albania	149,77 \pm 92,03	a
CAP614	Libia	339,28 \pm 3,88	ab
CAP979	Túnez	291,32 \pm 19,07	ab
CGN16808	Bulgaria	378,58 \pm 43,62	b
Morrón	-	967,43 \pm 227,93	c
Italiano	-	921,69 \pm 109,99	c
Guindilla	-	1541,80 \pm 18.79	d

*Diferentes letras indican diferencias significativas para el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Análisis de correlación de Pearson

Se aprecia una alta correlación positiva y significativa entre la capacidad antioxidante del fruto y los niveles de ácido ascórbico, el contenido de fenoles y el pH (0.84, 0.72, 0.70, respectivamente) (Tabla 7). Esto es debido a que la capacidad antioxidante del pimiento es debida principalmente al contenido en carotenoides, compuestos fenólicos y ácido ascórbico (Ribes-Moya et al., 2018). Además, el fruto presentará una mayor actividad antioxidante cuando éste alcance la madurez, punto en el que el contenido en fenoles y ácido ascórbico será mayor, tal y como recogen Howard et al., (2000).

A su vez, como era de esperar, se observó una correlación negativa significativa entre el valor de pH y la acidez valorable.

Tabla 7: Matriz de correlación de Pearson

	Capacidad antioxidante	Fenoles totales	pH	Sólidos solubles	Ácido ascórbico
Capacidad antioxidante					
Fenoles totales	0,72***				
pH	0,70**	0,65**			
Sólidos solubles	-0,09	0,24	0,06		
Ácido ascórbico	0,84***	0,80***	0,61**	-0,15	
Acidez valorable	-0,67**	-0,48	-0,76***	0,30	-0,56*

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Diferencias entre variedades locales y comerciales

Se realizó una prueba Anova con el fin de comparar las medias de las variedades comerciales y de las variedades locales y de esta manera observar si existen diferencias significativas para alguno de los parámetros a estudiar (sólidos solubles, pH, acidez valorable, ácido ascórbico, fenoles totales y capacidad antioxidante).

Para representar la distribución de los datos se elaboró un diagrama de cajas para cada parámetro (Figura 2). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre variedades locales y comerciales para todos los parámetros analizados, excepto para el contenido en sólidos solubles dónde no se aprecian diferencias entre las medias.

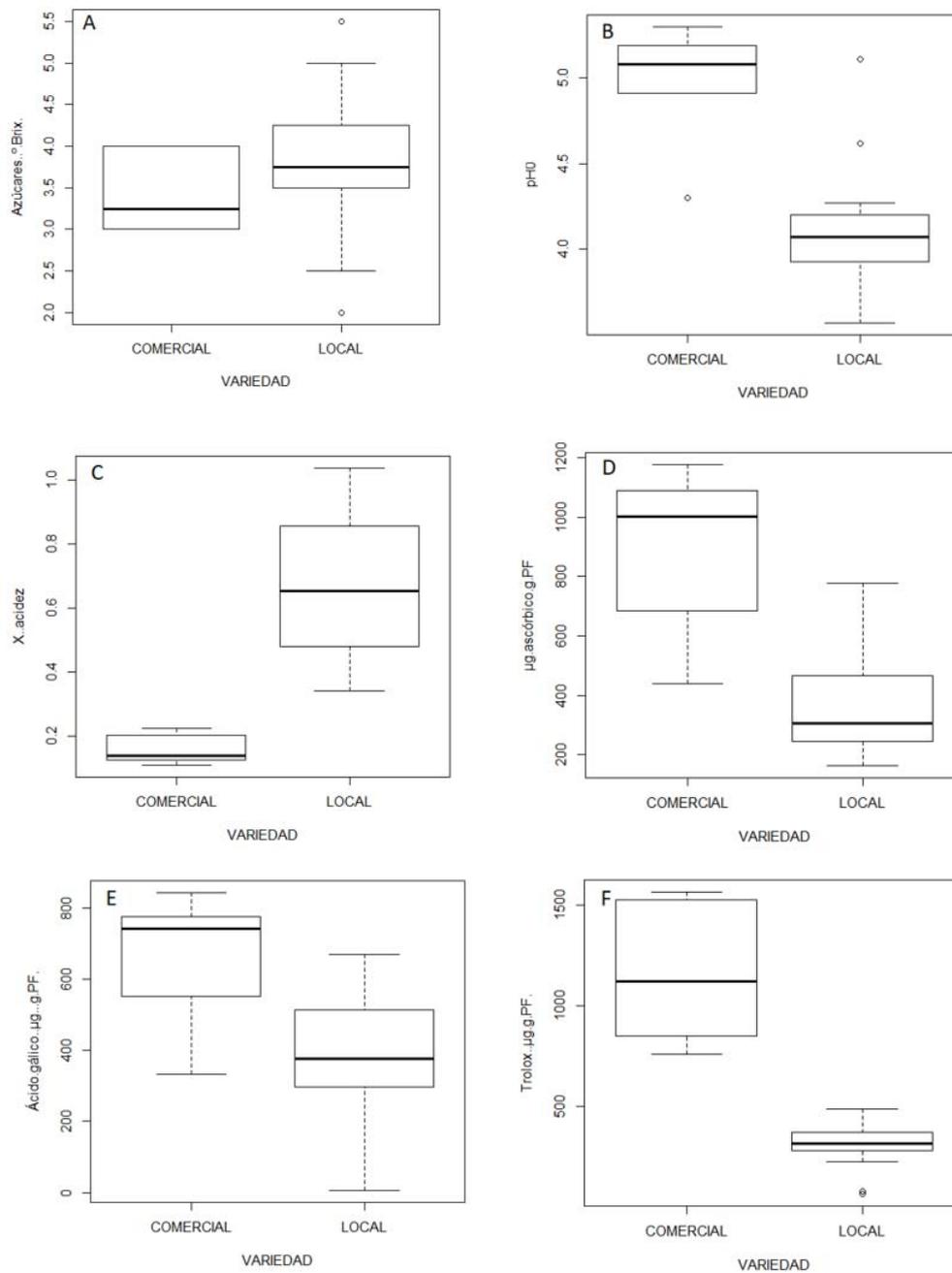


Figura 2: Diagrama de cajas de los diferentes parámetros según sean variedades locales o comerciales. A: sólidos solubles, B: pH, C: acidez valorable D: ácido ascórbico E: fenoles F: capacidad antioxidante.

Diferencias entre países para el conjunto de variedades locales

Mediante un nuevo análisis Anova se comprobó si existían diferencias entre las medias de las variedades locales en función de su origen geográfico. Para ello, se clasificaron en dos grupos: Europa Mediterránea, que incluye aquellas variedades procedentes de Francia, Italia, Serbia, Eslovenia, Albania y Bulgaria; y Mediterráneo meridional, que englobaba los pimientos de Israel, Turquía, Libia y Túnez.

No se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el contenido en vitamina C, fenoles, acidez valorable y capacidad antioxidante. Por el contrario, se observaron diferencias tanto para pH como para el contenido en sólidos solubles (Figura 3). En la zona del Mediterráneo meridional se encuentran las variedades con un mayor contenido en sólidos solubles y por tanto con un mayor pH, ya que, como se explicó con anterioridad, a mayor cantidad de azúcares menor acidez del fruto, y por tanto mayor pH.

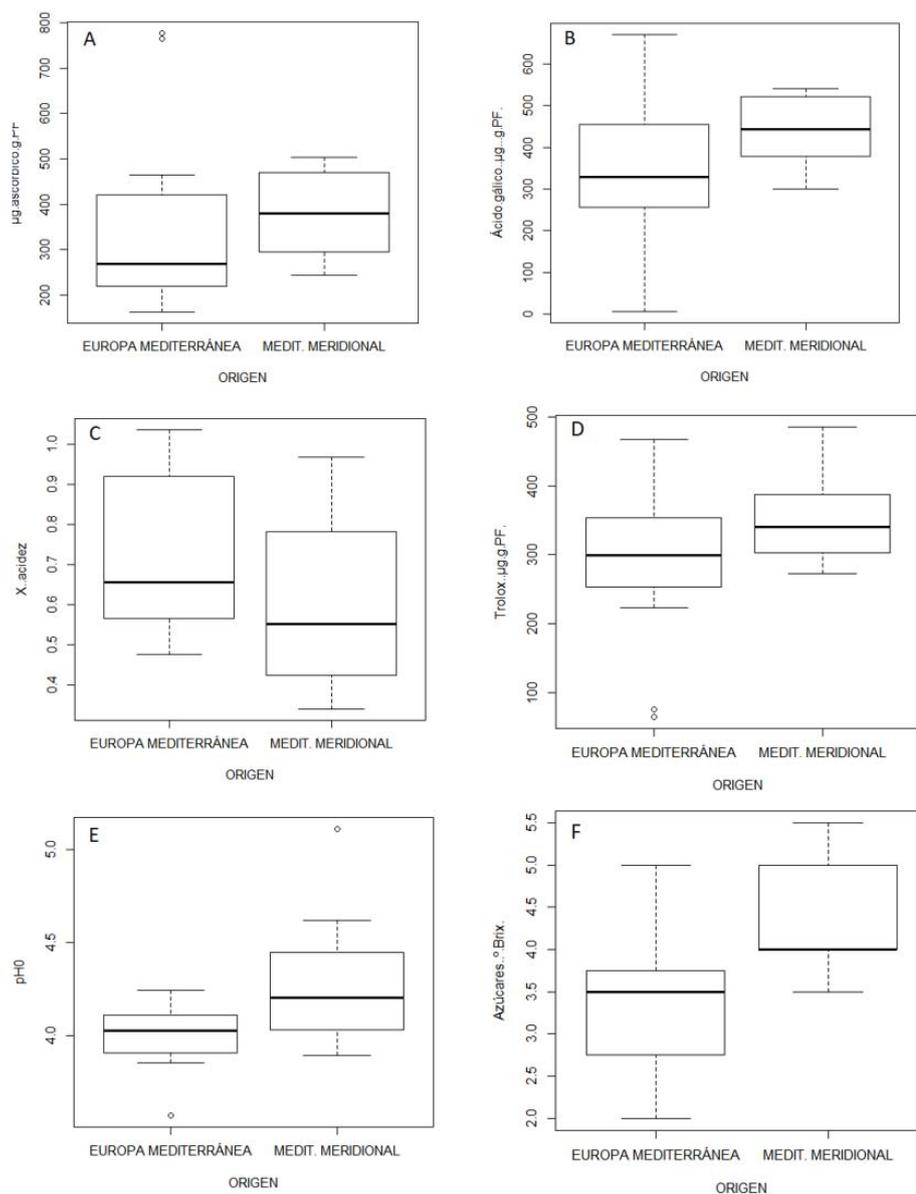


Figura 3: Diagrama de cajas de los diferentes parámetros según el origen geográfico de las variedades locales. A: ácido ascórbico, B: fenoles, C: acidez valorable, D: capacidad antioxidante, E: pH, F: sólidos solubles.

Análisis de agrupamiento

Por último, se llevó a cabo un análisis de agrupamiento para ver la similitud entre las variedades (Figura 4). Las variedades comerciales Guindilla, Italiano y Morrón aparecen formando un grupo único y el mapa de calor indica que estas tienen un mayor contenido en vitamina C, fenoles y capacidad antioxidante. Sin embargo, tienen una menor acidez que las variedades locales y en general menor contenido en sólidos solubles. Las variedades locales CAP1049, CGN16800, CGN17193 forman otro grupo diferenciado, y en general presentan un bajo contenido en sólidos solubles, capacidad antioxidante, vitamina C, fenoles y pH.

El grupo CGN16808, CGN17191 y CAP979 presentan el mayor contenido en sólidos solubles. La línea CAP614 se agrupa independientemente de las otras variedades pero presenta también un contenido alto en estos compuestos.

Las líneas CGN16808, CGN17191, CAP979 y CGN21581 presentan la mayor acidez.

No se observan agrupamientos por país ni por región (Europa Mediterránea Vs. Mediterráneo Meridional).

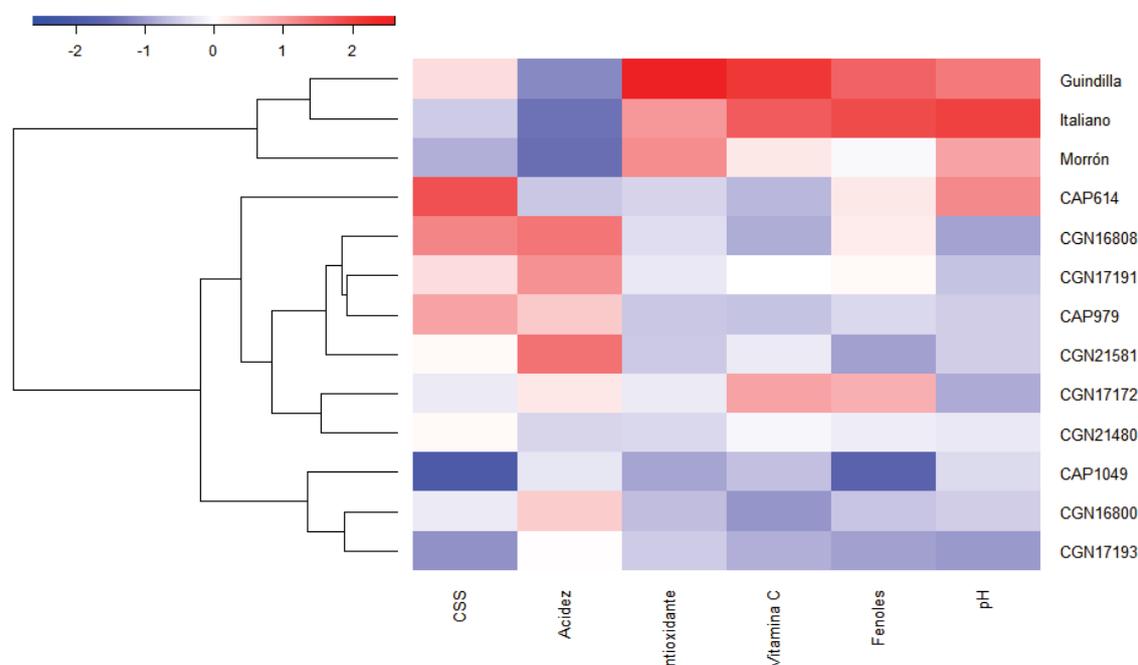


Figura 4: Dendrograma de las líneas de pimienta y heatmap. Este último representa los valores estandarizados de los distintos parámetros.

Conclusiones

Las principales conclusiones de este trabajo son:

Las variedades comerciales Guindilla, Italiano y Morrón fueron en general las líneas con mayor contenido en ácido ascórbico, fenoles y actividad antioxidante. La línea local CGN17172 también presentó altos valores para estos parámetros.

Existe una correlación positiva entre la capacidad antioxidante y el contenido en ácido ascórbico y fenoles.

El contenido en sólidos solubles no varió en función de la variedad de pimiento, pero sí en función del área geográfica (Mediterráneo Meridional vs. Europa Mediterránea).

Las variedades comerciales formaron un grupo diferenciado, mientras que las variedades locales formaron varios grupos. Las comerciales destacaron por presentar una alta capacidad antioxidante, contenido en Vitamina C, fenoles y pH, y un bajo contenido en sólidos solubles y acidez valorable. Las variedades locales CGN16808, CGN17191 y CAP979 presentaron un alto contenido en sólidos solubles y acidez valorable mientras que el grupo formado por CAP1049, CGN16800 y CGN17193 mostró un bajo contenido en todos los parámetros nutracéuticos.

Conclusións

As principais conclusións deste traballo son:

As variedades comerciais Guindilla, Italiano e Morrón foron en xeral as líneas con maior contido en ácido ascórbico, fenoles e actividade antioxidante. A línea local CGN17172 tamén presentou altos valores para estes parámetros.

Existe unha correlación positiva entre a capacidade antioxidante e o contido en ácido ascórbico e fenoles.

O contido en sólidos solubles non variou en función da variedade de pemento, pero sí en función da área xeográfica (Mediterráneo Meridional vs. Europa Mediterránea).

As variedades comerciais formaron un grupo diferenciado, mentres que as variedades locais formaron varios grupos. As comerciais destacaron por presentar unha alta capacidade antioxidante, contido en Vitamina C, fenoles e pH, e un baixo contido en sólidos solubles e acidez valorable. As variedades locais CGN16808, CGN17191 y CAP979 presentaron un alto contido en sólidos solubles e acidez valorable mentres que o grupo formado por CAP1049, CGN16800 y CGN17193 mostrou niveis baixos de todos os parámetros nutracéuticos.

Conclusions

The main conclusions of this work are:

The commercial varieties Guindilla, Italiano and Morrón were in general the lines with the highest content of ascorbic acid, phenols and antioxidant activity. The local variety CGN17172 also presented high values for these parameters.

There is a positive correlation between the antioxidant capacity and the content of ascorbic acid and phenols.

The soluble solids content did not vary depending on the pepper variety, but did it according to the geographical area (Southern Mediterranean vs. European Mediterranean).

Commercial varieties formed a differentiated group, while local varieties formed several groups. The commercials stood out for having a high antioxidant capacity, content of Vitamin C, phenols and pH, and a low content of soluble solids and titratable acidity. Varieties CGN16808, CGN17191 and CAP979 presented a high content of soluble solids and titratable acidity, while the group consisting of CAP1049, CGN16800 and CGN17193 showed a low content of all nutraceutical parameters.

Bibliografía

- Antonio, A. S., Wiedemann, L. S. M., y Veiga Junior, V. F. (2018). The genus *Capsicum*: A phytochemical review of bioactive secondary metabolites. *RSC Advances*, 8(45), 25767–25784. <https://doi.org/10.1039/C8RA02067A>
- Andrews, J. (1993). Diffusion of Mesoamerican food complex to southeastern Europe. *Geographical Review*, 83(2), 194–204. <http://doi.org/10.2307/215257>
- Carravedo Fantova, M., Ochoa Jarauta, M. J., Gil Ortega, R. (2005). *Catálogo genético de pimientos autóctonos: Conservados en el Banco de Germoplasma de Especies Hortícolas de Zaragoza*. Gobierno de Aragón. <http://hdl.handle.net/10532/3617>
- Carrillo Becerril, J. M. (2012). La mejora genética y la diversidad cultivada en trigo. En J. Simó Cruanyes y F. Casañas Artigas (Eds.), *La agrobiodiversidad como fuente de beneficio* (pp. 51–64). Fundació Privada d'Estudis Superiors d'Olot. <http://fundaciomiquelagusti.com/wp-content/uploads/2013/03/Agrobiodiversitat-III.pdf#page=45>
- Defelice, S. L. (1995). The nutraceutical revolution: Its impact on food industry R&D. *Trends in Food Science & Technology*, 6(2), 59–61. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)88944-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)88944-X)
- Djian-Caporalino, C., Fazari, A., Arguel, M. J., Vernie, T., VendeCastele, C., Faure, I., Brunoud, G., Pijarowski, L., Palloix, A., Lefebvre, V., y Abad, P. (2007). Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) Me resistance genes in pepper (*Capsicum annuum* L.) are clustered on the P9 chromosome. *Theoretical and Applied Genetics*, 114(3), 473–486. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0447-3>
- Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. (2010). *El segundo informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en el mundo*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/3/i1500s/i1500s.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2020). *Avance del anuario de estadística 2019*. <https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2019-Avance/avance/AvAE19.pdf>
- García-García, M., Toledo-Martín, E. M., González, A., Moya, M., Font, R., Gómez, P., Moreno-Rojas, J. M., y del Río-Celestino, M. (2014). *Perfil físico-químico y nutricional de distintas tipologías de pimiento*. Junta de Andalucía.

- <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/9218b08c-55b8-4957-88e6-9fd0430d9d5f>
- Hamid, A. A., Aiyelaagbe, O. O., Usman, L. A., Ameen O. M., y Lawal A. (2010). Antioxidants: Its medicinal and pharmacological applications. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 4(8), 142–151. <https://academicjournals.org/journal/AJPAC/article-full-text-pdf/3103CDF2184>
- Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6(2), 65–70. <https://www.jstor.org/stable/4615733>
- Howard, L. R., Talcott, S. T., Brenes, C. H., y Villalon, B. (2000). Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum Species*) as influenced by maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5), 1713–1720. <https://doi.org/10.1021/jf990916t>
- Jiménez, L., López, E., Huez, L., García, L., Soto, O. y Escoboza. G. (2013). Postharvest quality and shelf life of green pepper (*Capsicum annum* L.) grown under open-field and greenhouse conditions. *INDESIA*, 31(4), 35-41.
- Kantar, M. B., Anderson, J. E., Lucht, S. A., Mercer, K., Bernau, V., Case, K. A., Le, N. C., Frederiksen, M. K., DeKeyser, H. C., Wong, Z., Hastings, J. C., y Baumler, D. J. (2016). Vitamin variation in *Capsicum* spp. provides opportunities to improve nutritional value of human diets. *PLOS ONE*, 11(8), e0161464. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161464>
- Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P., Luedeling, E., Luna Ruiz, J. J., d'Eeckenbrugge, G. C., Hijmans, R. J., y Gepts, P. (2014). Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(17), 6165–6170. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308933111>
- Latournerie Moreno, L., Chávez Servia, J. L., Pérez Pérez, M., Castañón Nájera, G., Rodríguez Herrera, S. A., Arias Reyes, L. M., y Ramírez Vallejo, P. (2002). Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(1), 25–33. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61025104>
- Pardey, C., García, M., y Vallejo Cabrera, F. A. (2006). Caracterización morfológica de cien introducciones de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. *Acta Agronómica*, 55(3), 1–10. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/233

- Pereira-Dias, L., Fita, A., Vilanova, S., Sánchez-López, E., y Rodríguez-Burruezo, A. (2020). Phenomics of elite heirlooms of peppers (*Capsicum annuum* L.) from the Spanish centre of diversity: Conventional and high-throughput digital tools towards varietal typification. *Scientia Horticulturae*, 265, 109245. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109245>
- Pérez Leonard, H. (2006). Nutraceuticos: Componente emergente para el beneficio de la salud. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XL(3), 20–28. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120665003>
- Ribes-Moya, A. M., Raigón, M. D., Moreno-Peris, E., Fita, A., Rodríguez-Burruezo, A. (2018). Response to organic cultivation of heirloom *Capsicum* peppers: Variation in the level of bioactive compounds and effect of ripening. *PLOS ONE*, 13(11), 1–24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207888>
- Rice-Evans, C. A., Miller, N., y Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*. 2(4), 152–159. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)01018-2](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)01018-2)
- Rodríguez-Burruezo, A., Kollmannsberger, H., González-Mas, M. C., Nitz, S., y Nuez, F. (2010). HS-SPME comparative analysis of genotypic diversity in the volatile fraction and aroma-contributing compounds of *Capsicum* fruits from the *annuum–chinense–frutescens* complex. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7), 4388–4400. <https://doi.org/10.1021/jf903931t>
- Sun, J., Chu, Y., Wu, X., y Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), 7449–7454. <https://doi.org/10.1021/jf0207530>
- Singleton, V. L., y Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158. <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144>
- Toledo-Martin, E. M., García-García, M. C., Gómez, P., Moreno-Rojas, J. M., González, A., Moya, M., Font, R., y del Río-Celestino, M. (2014). Caracterización físico-química y nutricional de diferentes tipologías de pimiento cultivadas en Almería. En A. Pardo, M. L. Suso, y L. Rivacova (Eds.), *XIII Jornadas del Grupo de Horticultura, I Jornadas del Grupo de Alimentación y Salud* (pp. 119–124). Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. <https://bit.ly/2BmysS9>
- Tripodi, P., Cardi, T., Bianchi, G., Migliori, C. A., Schiavi, M., Rotino, G. L., y Lo Scalzo, R. (2018). Genetic and environmental factors underlying variation in yield

performance and bioactive compound content of hot pepper varieties (*Capsicum annuum*) cultivated in two contrasting Italian locations. *European Food Research and Technology*, 244(9), 1555–1567. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3069-5>

Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., y Oomah, B. D. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113–4117. <https://doi.org/10.1021/jf9801973>