



Universidad de Jaén

Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Revisión de la composición química de piel de una selección de frutos secos

Alumna: Vanessa Luján Dávalos Galeano

Junio, 2022



Universidad de Jaén



Facultad de
Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Revisión de la composición química de piel de una selección de frutos secos

Vanessa Galeano

Fdo. Vanessa Luján Dávalos Galeano

Alumna: Vanessa Luján Dávalos Galeano

Jaén, junio, 2022

ÍNDICE

1. RESUMEN y ABSTRACT	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. OBJETIVOS	3
4. METODOLOGÍA	3
5. DESCRIPTIVA GENERAL	4
5.1. Almendro (<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D. A. Webb)	4
5.1.1. Clasificación botánica del almendro	
5.1.2. Cultivo y variedades del almendro	
5.1.3. Actividades biológicas y aplicaciones de la almendra	
5.2. Cacahuete (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	5
5.2.1. Clasificación botánica del cacahuete	
5.2.2. Cultivo y variedades del cacahuete	
5.2.3. Actividades biológicas y aplicaciones del cacahuete	
5.3. Avellano (<i>Corylus avellana</i> L.)	6
5.3.1. Clasificación botánica del avellano	
5.3.2. Cultivo y variedades del avellano	
5.3.3. Actividades biológicas y aplicaciones de la avellana	
6. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIEL DE ALMENDRA (<i>Prunus dulcis</i> Mill.)	8
6.1. Ácidos fenólicos	8
6.2. Flavonoides	9
6.3. Ácidos diferúlicos	12
6.4. Proantocianidinas	12
6.5. Estilbenos	13

6.6. Taninos hidrolizables	13
7. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIEL DE CACAHUETE (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	14
7.1. Ácidos fenólicos	15
7.2. Fenoles	17
7.3. Ácidos carboxílicos	17
7.4. Flavonoides	18
7.5. Proantocianidinas	25
7.6. Estilbenos	29
7.7. Cumarinas	30
7.8. Chalconas	31
8. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIEL DE AVELLANA (<i>Corylus avellana</i> L.)	32
8.1. Ácidos fenólicos	32
8.2. Fenoles	33
8.3. Flavonoides	34
8.4. Proantocianidinas	36
8.5. Estilbenos	37
8.6. Taninos hidrolizables	37
8.7. Chalconas	38
9. CONCLUSIONES	38
10. BIBLIOGRAFÍA	39

1. RESUMEN y ABSTRACT

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) aborda la búsqueda de información bibliográfica sobre la composición química de la piel de almendra (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb), de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) y de avellana (*Corylus avellana* L.), prestando especial atención a los compuestos de naturaleza fenólica de potencial interés biomédico. La mayoría de los trabajos sobre composición química de estos frutos (secos) se centran en el propio fruto y comparativamente menos en la composición de la piel que los protege y que se desecha durante el proceso de pelado de los mismos. La piel de estos frutos constituye un residuo de la industria agroalimentaria de gran interés por tratarse de una fuente natural, abundante y renovable de compuestos bioactivos, que podrían ser de aplicación por parte de empresas farmacéuticas, nutracéuticas y cosméticas.

De la revisión realizada se deduce que, si bien existen numerosos trabajos de composición química de estas pieles, sigue siendo necesario profundizar en la caracterización completa de alguna de las familias descritas, como podrían ser las proantocianidinas.

*This Final Degree Project (TFG) addresses a literature search on the chemical composition of the skin of almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb), peanut (*Arachis hypogaea* L.) and hazelnut (*Corylus avellana* L.), paying special attention to the phenolic compounds of potential biomedical interest. Most of the works on the chemical composition of these (dry) fruits focus on the fruit itself and comparatively less on the composition of the skin that protects them and is discarded during the peeling process. The skin of these fruits constitutes a waste from the agri-food industry of great interest because it is a natural, abundant and renewable source of bioactive compounds, which could be applied by pharmaceutical, nutraceutical and cosmetic companies.*

From the review carried out, it can be deduced that, although there are numerous works on the chemical composition of these skins, it is still necessary to work on the complete characterization of some of the families reported, such as the proanthocyanidins

2. INTRODUCCIÓN

La Química de los Productos Naturales se encarga del aislamiento e identificación de moléculas orgánicas (metabolitos secundarios), presentes en plantas, microorganismos y animales.

El conocimiento químico y biológico de los metabolitos secundarios permite determinar su uso potencial con fines farmacéuticos (Martínez, 2020), alimentario (Campêlo *et al.*, 2019) o cosmético (Kanlayavattanakul *et al.*, 2018).

De entre todas las fuentes naturales de compuestos bioactivos, los residuos agro-industriales son de especial interés, ya que presentan un bajo valor, son abundantes y sostenibles y su aprovechamiento genera menor impacto medioambiental, lo cual los ha convertido en foco de la atención científica y empresarial (Zuin *et al.*, 2018).

En los últimos años, la población mundial ha incrementado la ingesta de frutos secos, no sólo por placer, sino también por los beneficios que aportan a la salud. Además de su composición baja en azúcar, rica en ácidos grasos insaturados, vitaminas y minerales, presentan una gran variedad de metabolitos secundarios, a los que en ocasiones se les llama también “fitoquímicos” (Taş y Gökmen, 2017).

La mayoría de los trabajos sobre composición química de frutos secos se centran en el fruto como tal y, en menor grado, sobre la piel que los protege. Es por ello, que este trabajo tiene como finalidad encontrar toda la información publicada hasta nuestros días sobre la composición química de la piel, concretamente de 3 frutos secos que se comercializan en nuestro país, como son la almendra (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb), el cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) y la avellana (*Corylus avellana* L.), prestando especial atención a los compuestos de naturaleza fenólica. Cabe destacar que también se ha revisado la composición química de la piel de castaña y de nuez, pero no se ha incluido en este TFG por motivo de extensión de la Memoria.

Los compuestos fenólicos son moléculas orgánicas que presentan uno o varios anillos bencénicos sustituidos por al menos un grupo hidroxilo (OH). Estos son considerados importantes antioxidantes, los cuales son de gran utilidad para estabilizar alimentos y bebidas, al igual que para prevenir o tratar ciertas dolencias relacionadas con el estrés oxidativo.

La estructura química de estos compuestos deriva de la unidad base de fenol (Figura 2.1) (Peñarrieta *et al.*, 2014).

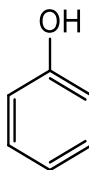


Figura 2.1. Estructura química del fenol (C₆H₅OH).

Dependiendo de la cantidad de grupos hidroxilo presentes en el anillo o anillos aromáticos, los compuestos fenólicos pueden ser simples o polifenoles.

3. OBJETIVOS

Este TFG tiene como objetivo recopilar toda la información publicada hasta el momento sobre la composición química de la piel de tres frutos secos comercializados en España, como son la almendra ((*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb), el cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) y la avellana (*Corylus avellana* L.), prestando especial interés a aquellos compuestos de naturaleza fenólica de potencial interés biomédico.

La finalidad de este TFG era la de saber si alguna de las pieles mencionadas está aún poco estudiada desde un punto de vista químico y podría ser objeto de futuros trabajos académicos de tipo experimental.

4. METODOLOGÍA

La revisión bibliográfica referente a la composición química de las pieles de los frutos mencionados se hizo con ayuda de las bases de datos incluidas en *SciFinder*ⁿ, disponible en la Universidad de Jaén.

Para comenzar se realizaron tres búsquedas, escribiendo en el apartado “Research”: ‘*Prunus dulcis*’, ‘*Arachis hypogaea*’ y ‘*Corylus avellana*’. De los resultados disponibles, se ordenaron por año de publicación y se refinaron por documento de tipo “review”, además de por las palabras clave ‘skins’, ‘phenols’, ‘chemical composition’, etc.

Aparte de los artículos obtenidos de esta manera, se consiguieron más artículos teniendo en cuenta las referencias incluidas en los artículos de revisión encontrados, y empleando el buscador de “Google Académico”.

5. DESCRIPTIVA GENERAL

En este apartado se recoge información de tipo general sobre los tres frutos secos cuya composición química se va a revisar y presentar más adelante.

5.1. *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb

5.1.1. Clasificación botánica del almendro



El género *Prunus* pertenece a la familia de las rosáceas (tabla 5.1). Este género consta de 430 especies aproximadamente, de las cuales la mayoría se distribuyen en lugares templados del hemisferio norte y muy pocas crecen en zonas tropicales y subtropicales (Chen et al., 2013; Zhang

et al., 2019). En España es abundante, especialmente en la mitad oriental y en zonas de Andalucía y Baleares.

Tabla 5.1. Clasificación botánica de *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb.

Reino	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Plantae	Magnoliophyta	Magnolipsida	Rosales	Rosaceae	<i>Prunus</i>	<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D. A. Webb

La almendra es la semilla de *Prunus dulcis*, un árbol caducifolio de 4 a 10 m de altura. El fruto consta de una piel (exocarpo), una cáscara carnosa (mesocarpo) y una cáscara dura (endocarpo) (Gradziel, 2009; Mirrahimi et al., 2011).

5.1.2. Cultivo y variedades del almendro

España es el segundo productor de almendra a nivel mundial, después de Estados Unidos (García-Pérez et al., 2021). Andalucía es el territorio con mayor implantación de este cultivo en España, donde Almería destaca con una superficie dedicada al cultivo del almendro de 2.500 a 5.000 ha.

En España, la almendra cultivada es de cáscara dura, la cual se caracteriza por tener buenas propiedades organolépticas. Las principales variedades de almendro cultivadas son ‘Desmayo Largueta’ y ‘Marcona’ [Gobierno de España, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022].

5.1.3. Actividad biológica y aplicaciones de la almendra

A nivel intestinal se ha visto que los polifenoles de la piel de almendra se absorben durante la digestión (Bartolomé *et al.*, 2010; Mandalari *et al.*, 2010).

Ésta a su vez, presenta actividad antimicrobiana, además de efectos antiinflamatorios, fotoprotectores y prebióticos, propiedades antitumorales y actividad antiviral (Prgomet *et al.*, 2017).

Por otro lado, hay estudios que muestran el interés de añadir piel de almendra a determinados alimentos para mejorar su perfil nutricional, consiguiendo al mismo tiempo reutilizar el subproducto y aumentar la sostenibilidad de la industria alimentaria (Pasqualone *et al.*, 2020).

También se ha trabajado sobre el potencial fenólico de la piel de almendra como biomarcadores, empleando enfoques metabolómicos (Bartolomé *et al.*, 2010).

5.2. *Arachis hypogaea* L.

5.2.1. Clasificación botánica del cacahuete



El género *Arachis* pertenece a la familia de las fabáceas o leguminosas (Tabla 5.2). Este género consta de 70 especies, siendo *hypogaea* la más relevante. Es originaria de Sudamérica, pero hoy en día se cultiva prácticamente en todo el mundo (Aguilera *et al.*, 2013).

Tabla 5.2. Clasificación botánica de *Arachis hypogaea* L.

Reino	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Plantae	Magnoliophyta	Magnolipsida	Fabales	Fabaceae	<i>Arachis</i>	<i>Arachis hypogaea</i> L.

La planta alcanza los 30-50 cm de altura, siendo el cacahuete la semilla comestible. El fruto está envuelto por una piel delgada y se encuentra protegido por una cáscara dura y seca (Botanical, 2022).

5.2.2. Cultivo y variedades del cacahuete

El mayor productor de cacahuete a nivel mundial es China, seguido de India, Nigeria y Estados Unidos. En España, la producción de cacahuete era escasa. En 2010, se disponían únicamente de 4 ha cultivadas, situadas en la Comunidad Valenciana,

según muestran los datos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. Por ello, con objeto de autoabastecer al mercado europeo, se inició en España el cultivo de más de 1.800 ha en provincias como Badajoz, Cáceres, Sevilla, Córdoba y Cádiz, con la intención de llegar a alcanzar las 10.000 ha de superficie cultivada (ABC Economía, 2012).

Se conocen cuatro variedades principales de cacahuete, también denominado maní, entre las que se encuentran las variedades ‘Española’, ‘Virginia’, ‘Valenciana’ y ‘Peruviana’ (Botanical, 2021).

5.2.3. Actividad biológica y aplicaciones del cacahuete

Se ha comprobado que el cacahuete puede ser preventivo del cáncer y que contrarresta el impacto mutagénico (Yu *et al.*, 2005). La piel del cacahuete contiene una gran cantidad de fitoquímicos que promueven la salud y se han probado sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antifúngicas, antialérgicas, antiinflamatorias y vasodilatadoras (Oldoni *et al.*, 2016).

Además, la piel del maní presenta diversas aplicaciones, tales como su uso en alimentación animal o como fuente de antioxidantes naturales de interés para las industrias alimentaria y nutracéutica (Lewis *et al.*, 2013), y para la obtención de energía (Oldoni *et al.*, 2016).

5.3. *Corylus avellana* L.

5.3.1. Clasificación botánica del avellano



El género *Corylus* pertenece a la familia de las betuláceas (Tabla 5.3). Este género consta de 15 especies aproximadamente (Contini *et al.*, 2011). Es originario de Asia, expandiéndose posteriormente por Europa, convirtiéndose lo que se conoce como ‘avellana europea’ (en España, también se llama ‘avellana cordobesa’) en la más consumida.

Tabla 5.3. Clasificación botánica de *Corylus avellana* L.

Reino	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fagales	Betulaceae	<i>Corylus</i>	<i>Corylus avellana</i> L.

El avellano es un arbusto que puede llegar a medir los 6 m de altura. La avellana es la semilla comestible, que se encuentra envuelta por una piel de color marrón oscuro. Ésta se encuentra protegida por una cáscara externa robusta [Gobierno de España, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022].

5.3.2. Cultivo y variedades del avellano

Turquía es el principal productor de avellana a nivel mundial, seguida por la Unión Europea y Estados Unidos (Ivanović *et al.*, 2020).

En España, el 90% del avellano cultivado se localiza en Cataluña (Almendrave, Agrupación de Exportadores de Almendra y Avellana de España, 2022), destacando la provincia de Tarragona con el 92% de la producción. También se da este cultivo en diferentes puntos de la cornisa cantábrica.

En España se cultivan de 8 a 10 variedades de avellana, como ‘Negret’, ‘Pauetet’, ‘Tonda di Giffoni’, ‘San Giovanni’, ‘Gironell’, ‘Culplà’, ‘Grifoll’, ‘Morell’ y ‘Ribet’, siendo la Negret la más valorada por el sector industrial (Ignasis, 2021).

5.3.3. Actividad biológica y aplicaciones de la avellana

La administración americana de alimentos y medicamentos (FDA) ha otorgado recientemente a las avellanas el reconocimiento de alimento “saludable para el corazón”, debido a la existencia de numerosos compuestos bioactivos (Ozyurt y Otles, 2018). Así, se ha demostrado que consumir avellanas con piel, por ejemplo, mejora el metabolismo del colon, disminuye el colesterol total y LDL, triacilglicerol y los ácidos grasos no esterificados (Caimari *et al.*, 2015). Además, su consumo reduce el riesgo de padecer cáncer, enfermedades cardíacas y múltiples enfermedades neurodegenerativas, entre otras (Bottone *et al.*, 2019).

Respecto a las aplicaciones asociadas a la piel de avellana, se ha propuesto su uso como ingrediente funcional para estabilizar y enriquecer los alimentos (Lainas *et al.*, 2016), o como sustituto de la remolacha, consiguiendo de esta manera mejorar la alimentación de los rumiantes, y al mismo tiempo aumentar la calidad de su carne y leche (Campione *et al.*, 2020).

6. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIEL DE ALMENDRA (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb.)

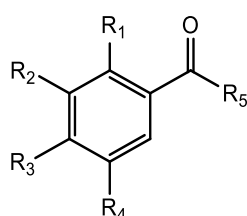
La piel de la almendra constituye el 4% de su peso y contiene una alta concentración de polifenoles. A continuación, se describirán los compuestos polifenólicos identificados en la piel de almendra organizados por familia de compuestos.

6.1. Ácidos fenólicos

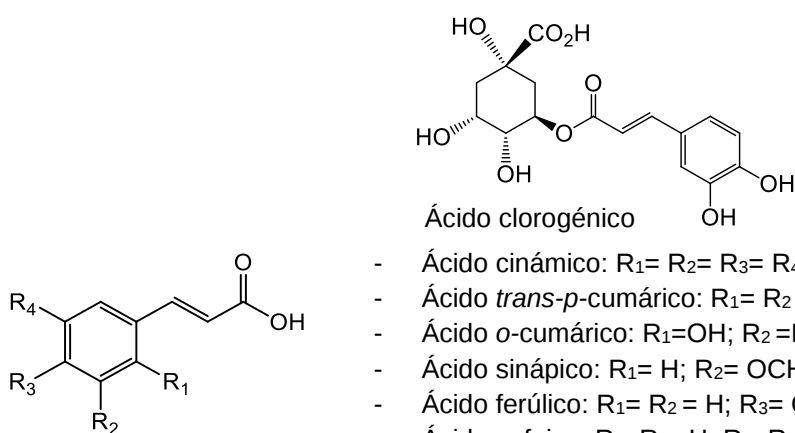
Se han identificado un total de 14 compuestos de este tipo en la piel de almendra (Tabla 6.4).

Tabla 6.4. Ácidos fenólicos identificados en *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb.

Compuestos	Referencia
Ácidos hidroxibenzoicos	
Ácido <i>p</i> -hidroxibenzoico	Arráez-Román <i>et al.</i> (2010); Bartolomé <i>et al.</i> (2010); Smeriglio <i>et al.</i> (2016)
Ácido protocatéquico	Arráez-Román <i>et al.</i> (2010); Mandalari <i>et al.</i> (2010); Smeriglio <i>et al.</i> (2016)
Ácido vanílico	Arráez-Román <i>et al.</i> (2010); Mandalari <i>et al.</i> (2010); Smeriglio <i>et al.</i> (2016)
Ácido siríngico	Pasqualone <i>et al.</i> (2020)
Ácido 5-hidroxibenzoico	Bolling (2017); Mandalari <i>et al.</i> (2010)
Benzaldehídos	
<i>p</i> -hidroxibenzaldehído	Bolling (2017)
Vainillina	Bolling (2017)
Aldehído protocatéquico	Bolling (2017); Garrido <i>et al.</i> (2008)
Ácidos hidroxicinámicos	
Ácido clorogénico	Bartolomé <i>et al.</i> (2010); Mandalari <i>et al.</i> (2010); Smeriglio <i>et al.</i> (2016)
Ácido <i>trans-p</i> -cumárico	Mandalari <i>et al.</i> (2010); Smeriglio <i>et al.</i> (2016)
Ácido <i>o</i> -cumárico	Bolling (2017)
Ácido sinápico	Pasqualone <i>et al.</i> (2020)
Ácido ferúlico	Pasqualone <i>et al.</i> (2020)
Ácido cafeico	Bolling (2017)



- Ácido *p*-hidroxibenzoico: R₁ = R₂ = H; R₃ = OH; R₄ = H; R₅ = OH.
- Ácido protocatéquico: R₁ = H; R₂ = R₃ = OH; R₄ = H; R₅ = OH.
- Ácido vanílico: R₁ = H; R₂ = OCH₃; R₃ = OH; R₄ = H; R₅ = OH.
- Ácido siríngico: R₁ = H; R₂ = OCH₃; R₃ = OH; R₄ = OCH₃; R₅ = OH.
- Ácido 5-hidroxibenzoico: R₁ = R₂ = R₃ = H; R₄ = H; R₅ = OH.
- *p*-hidroxibenzaldehído: R₁ = H; R₂ = H; R₃ = OH; R₄ = R₅ = H.
- Vanillina: R₁ = H; R₂ = OCH₃; R₃ = OH; R₄ = R₅ = H.
- Aldehído protocatéquico: R₁ = H; R₂ = R₃ = OH; R₄ = R₅ = H.



- Ácido cinámico: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = H$.
- Ácido *trans*-*p*-cumárico: $R_1 = R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$.
- Ácido *o*-cumárico: $R_1 = OH$; $R_2 = R_3 = R_4 = H$.
- Ácido sinápico: $R_1 = H$; $R_2 = OCH_3$; $R_3 = OH$; $R_4 = OCH_3$.
- Ácido ferúlico: $R_1 = R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = OCH_3$.
- Ácido cafeico: $R_1 = R_2 = H$; $R_3 = R_4 = OH$.

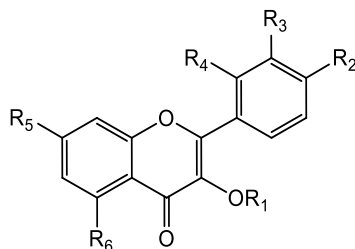
6.2. Flavonoides

En la piel de almendra, los flavonoides aparecen en forma libre o combinados con azúcares, siendo las agliconas más eficaces con respecto a la actividad de eliminación de radicales que las especies glicosiladas (Wijeratne *et al.*, 2006).

Flavonoles: Se han identificado 13 compuestos de este tipo (tabla 6.5).

Tabla 6.5. Flavonoles identificados en la piel de *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb.

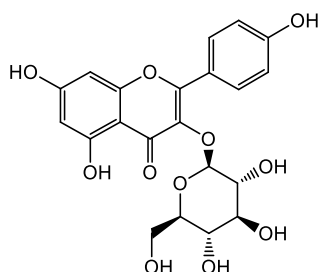
Compuestos	Referencia
Glicósidos de flavonol	
Kaempferol-3- <i>O</i> -rutinósido	Monagas <i>et al.</i> (2007)
Kaempferol-3- <i>O</i> -glucósido	Musarra-Pizzo <i>et al.</i> (2019)
Kaempferol-3- <i>O</i> -galactósido	Barral-Martínez <i>et al.</i> (2021)
Isoramnetina-3- <i>O</i> -rutinósido	Musarra-Pizzo <i>et al.</i> (2019)
Isoramnetina-3- <i>O</i> -glucósido	Monagas <i>et al.</i> (2007)
Quercetina-3- <i>O</i> -glucósido	Monagas <i>et al.</i> (2007); Mandalari <i>et al.</i> (2010)
Quercetina-3- <i>O</i> -rutinósido	Mandalari <i>et al.</i> (2010)
Quercetina-3- <i>O</i> -galactósido	Mandalari <i>et al.</i> (2010)
Quercetina-3- <i>O</i> -ramnósido (quercitrina)	Monagas <i>et al.</i> (2007); Esfahlan <i>et al.</i> (2010); Arráez-Román <i>et al.</i> (2010)
Agliconas de flavonol	
Morina	Wijeratne <i>et al.</i> (2006); Shaihidi <i>et al.</i> (2008); Prgomet <i>et al.</i> (2019); Mandalari <i>et al.</i> (2010)
Isoramnetina	Mandalari <i>et al.</i> (2010)
Quercetina	Bolling (2017)
Kaempferol	Barral-Martínez <i>et al.</i> (2021)



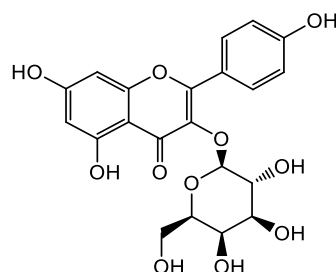
- Kaempferol-3-*O*-rutinósido: $R_1 = C_{12}H_{21}O_9$; $R_2 = OH$; $R_3 = R_4 = H$; $R_5 = R_6 = OH$.
- Isoramnetina-3-*O*-rutinósido: $R_1 = C_{12}H_{21}O_9$; $R_2 = OH$; $R_3 = OCH_3$; $R_4 = H$; $R_5 = R_6 = OH$.

- Isoramnetina-3-O-glucósido: $R_1 = C_6H_{11}O_5$; $R_2 = OH$; $R_3 = OCH_3$; $R_4 = H$; $R_5 = R_6 = OH$.
- Quercetina-3-O-glucósido: $R_1 = C_6H_{11}O_5$; $R_2 = OH$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$; $R_5 = R_6 = OH$.
- Quercetina-3-O-rutinósido: $R_1 = C_{12}H_{21}O_9$; $R_2 = R_3 = OH$; $R_4 = H$; $R_5 = R_6 = OH$.
- Quercetina-3-O-galactósido: $R_1 = C_6H_{11}O_5$; $R_2 = R_3 = OH$; $R_4 = H$; $R_5 = R_6 = OH$.
- Quercetina-3-O-ramnósido: $R_1 = C_6H_{11}O_4$; $R_2 = R_3 = OH$; $R_4 = H$; $R_5 = R_6 = OH$.
- Morina: $R_1 = H$; $R_2 = OH$; $R_3 = H$; $R_4 = OH$; $R_5 = R_6 = OH$.
- Isoramnetina: $R_1 = H$; $R_2 = OH$; $R_3 = OCH_3$; $R_4 = H$; $R_5 = R_6 = OH$.
- Quercetina: $R_1 = H$; $R_2 = OH$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$; $R_5 = R_6 = OH$.
- Kaempferol: $R_1 = H$; $R_2 = OH$; $R_3 = R_4 = H$; $R_5 = R_6 = OH$.

El kaempferol-3-O-glucósido y el kaempferol-3-O-galactósido se diferencian por la unidad de azúcar que contienen. La primera es una glucosa y la segunda una galactosa, los cuales son estereoisómeros entre sí, ya que presentan la misma fórmula molecular, pero distinta orientación espacial de sus átomos.



Kaempferol-3-O-glucósido

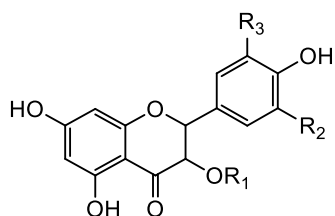


Kaempferol-3-O-galactósido

Dihydroflavonoles: Se han identificado 5 compuestos de este tipo (tabla 6.6).

Tabla 6.6. Dihydroflavonoles identificados en la piel de *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb.

Compuestos	Referencia
Dihidroquercetina	Bartolomé <i>et al.</i> (2010); Arráez-Román <i>et al.</i> (2010); Barral-Martínez <i>et al.</i> (2021)
Dihidroquercetina-3-O-glucósido	Monagas <i>et al.</i> (2017)
Dihidroquercetina-3-O-rutinósido	Monagas <i>et al.</i> (2017)
Dihidrokaempferol	Monagas <i>et al.</i> (2017); Arráez-Román <i>et al.</i> (2010); Milbury <i>et al.</i> (2006)
Dihidrokaempferol-3-O-glucósido	Monagas <i>et al.</i> (2017); Arráez-Román <i>et al.</i> (2010)

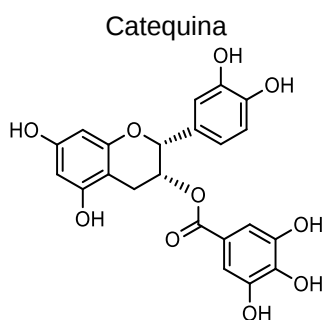
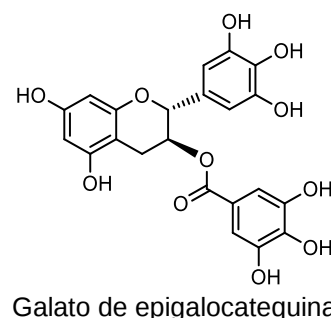
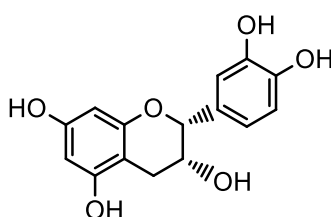
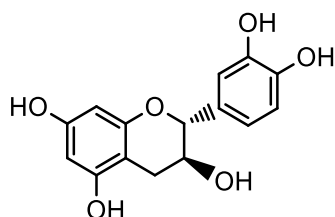


- Dihidroquercetina: $R_1 = R_2 = H$; $R_3 = OH$.
- Dihidroquercetina-3-O-glucósido: $R_1 = C_6H_{11}O_5$; $R_2 = H$; $R_3 = OH$.
- Dihidroquercetina-3-O-rutinósido: $R_1 = C_{12}H_{21}O_9$; $R_2 = H$; $R_3 = OH$.
- Dihidrokaempferol: $R_1 = R_2 = R_3 = H$.
- Dihidrokaempferol-3-O-glucósido: $R_1 = C_6H_{11}O_5$; $R_2 = R_3 = H$.

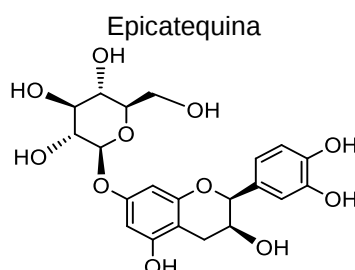
Flavan-3-oles: Se han aislado 5 compuestos de este tipo (tabla 6.7).

Tabla 6.7. Flavan-3-oles identificados en la piel de *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb.

Compuestos	Referencia
(+)-Catequina	Bisignano <i>et al.</i> (2017); Mandalari <i>et al.</i> (2010); Pasqualone <i>et al.</i> (2020)
(-)-Epicatequina	Mandalari <i>et al.</i> (2010); Pasqualone <i>et al.</i> (2020); Valdés <i>et al.</i> (2015)
Galato de epicatequina	Bolling (2017); Karimi <i>et al.</i> (2021)
Epicatequina-7-O-glucósido	Bolling (2017)
Galato de epigallocatequina	Bolling (2017); Barreca <i>et al.</i> (2020)



Galato de epicatequina



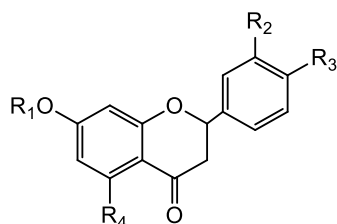
Epicatequina-7-O-glucósido

Galato de epigallocatequina

Flavanonas: Se han identificado 4 compuestos de este tipo (tabla 6.8).

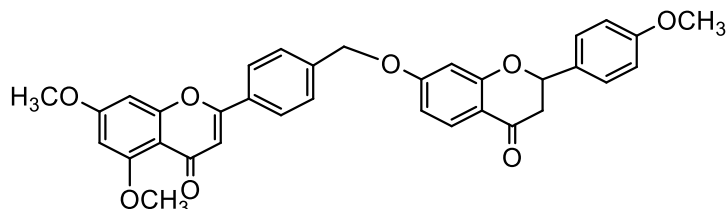
Tabla 6.8. Flavanonas identificadas en la piel de *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb.

Compuestos	Referencia
Aglicona de flavanona	
Naringenina	Monagas <i>et al.</i> (2007); Bisignano <i>et al.</i> (2017); Qureshi <i>et al.</i> (2016); Arráez-Román <i>et al.</i> (2010); Bodoira <i>et al.</i> (2020)
Eriodictiol	Mandalari <i>et al.</i> (2010); Garrido <i>et al.</i> (2008); Shaihidi <i>et al.</i> (2008); Qureshi <i>et al.</i> (2016)
Glucósido de flavanona	
Naringenina-7-O-glucósido	Musarra-Pizzo <i>et al.</i> (2019); Smeriglio <i>et al.</i> (2016); Bartolomé <i>et al.</i> (2010)
Eriodictiol-7-O-glucósido	Mandalari <i>et al.</i> (2010); Bisignano <i>et al.</i> (2017); Smeriglio <i>et al.</i> (2016)



- Naringenina: R₁= H; R₂= H; R₃= OH; R₄=OH.
- Eriodictiol: R₁= H; R₂=R₃= OH; R₄=OH.
- Naringenina-7-O-glucósido: R₁= C₆H₁₁O₅; R₂=H; R₃= OH; R₄=OH.
- Eriodictiol-7-O-glucósido: R₁= C₆H₁₁O₅; R₂=R₃=R₄=OH.

Flavonas: Se ha aislado un compuesto de este tipo por primera vez en la piel de almendra. Se trata de la biflavona: 4-metoxi-2,3-dihidroflavonol-4,4-hexametil-5,7-dimetoxiflavona (Bolling, 2017; Joshi *et al.*, 1987).



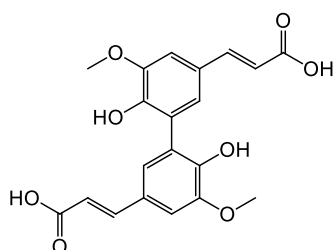
4-metoxi-2,3-dihidroflavonol-4,4-hexametil-5,7-dimetoxiflavona

6.3. Ácidos diferúlicos

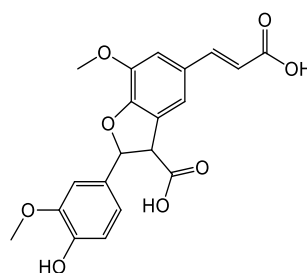
Se han identificado tentativamente 2 compuestos de este tipo (tabla 6.9).

Tabla 6.9. Ácidos diferúlicos aislados en la piel de *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb.

Compuestos	Referencia
5,5-diferulato	Mandalari <i>et al.</i> (2010); Bolling (2017)
8,5-diferulato	Mandalari <i>et al.</i> (2010); Bolling (2017)



5,5-diferulato



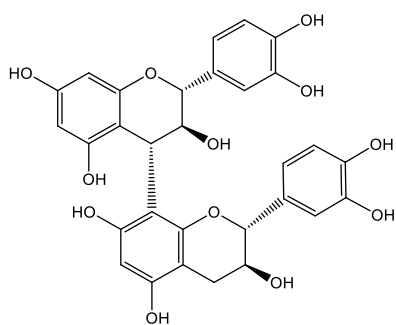
8,5-diferulato

6.4. Proantocianidinas

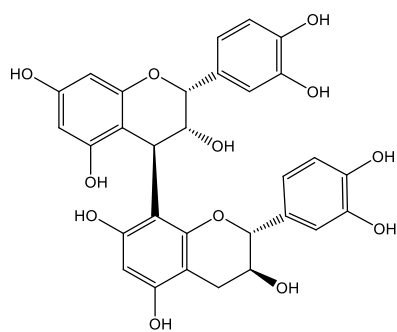
Se han identificado 11 compuestos de este tipo en la piel de almendra mediante la técnica de HPLC-DAD/ESI-MS. En la tabla 6.10. se pueden apreciar las proantocianidinas identificadas tentativamente, habiendo muchos más que se identificaron genéricamente como dímeros y trímeros de proantocianidinas y prodelfinidinas (Esfahlan *et al.*, 2010; Monagas *et al.*, 2007).

Tabla 6.10. Proantocianidinas identificadas en la piel de *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb.

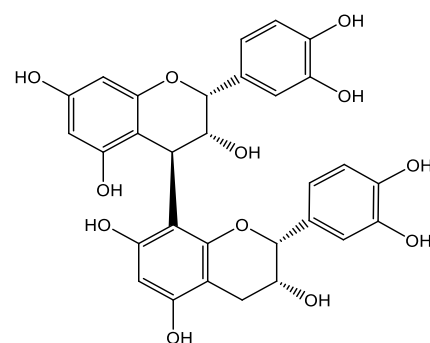
Compuestos	Referencia
Proantocianidina B ₃ + B ₁	Monagas <i>et al.</i> (2007); Bolling (2017); Bartolomé <i>et al.</i> (2010)
Proantocianidina B ₂	Esfahlan <i>et al.</i> (2010); Garrido <i>et al.</i> (2008); Bartolomé <i>et al.</i> (2010)
Proantocianidina B ₇	Monagas <i>et al.</i> (2007); Bolling (2017); Bartolomé <i>et al.</i> (2010)
Proantocianidina B ₅	Esfahlan <i>et al.</i> (2010); Garrido <i>et al.</i> (2008); Bartolomé <i>et al.</i> (2010)
Proantocianidina C ₁	Monagas <i>et al.</i> (2007); Bolling (2017); Bartolomé <i>et al.</i> (2010)



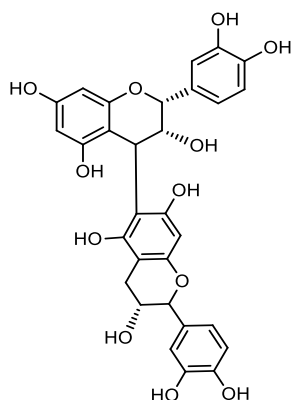
Proantocianidina B₃



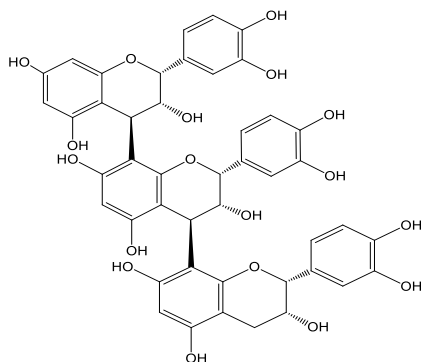
Proantocianidina B₁



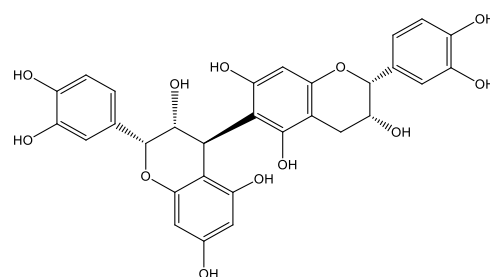
Proantocianidina B₂



Proantocianidina B₇



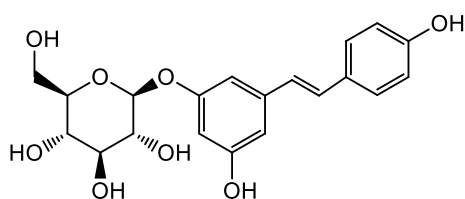
Proantocianidina B₅



Proantocianidina C₁

6.5. Estilbenos

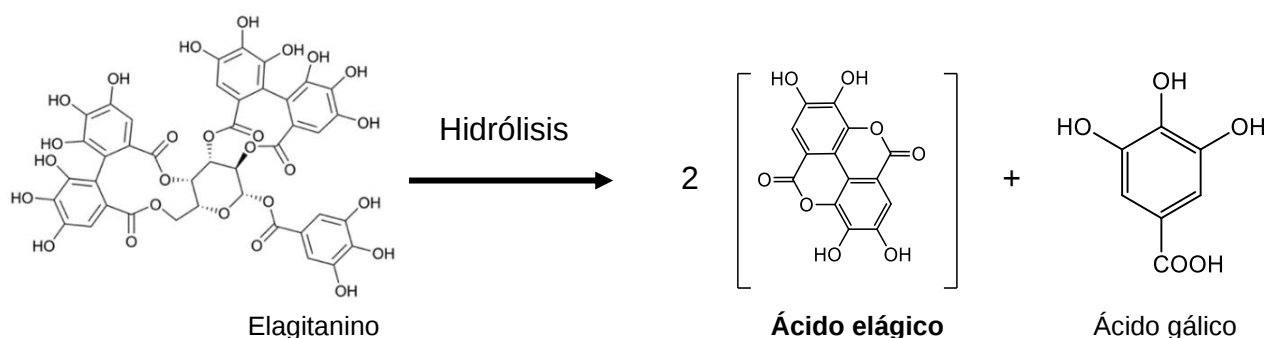
Se ha aislado un compuesto de este tipo, concretamente el resveratrol-3- β -glucósido (polidatina), de la piel de almendra (Barral-Martínez *et al.*, 2021; Xie *et al.*, 2014).



Polidatina

6.6. Taninos hidrolizables

Se ha identificado en piel de almendra el elagitanino, que se convierte en ácido elágico y ácido gálico, por hidrólisis (Urpi-Sarda *et al.*, 2009).



Del análisis de la información recogida en las tablas previas se puede concluir que se han identificado alrededor de 57 compuestos en la piel de almendra. De todos ellos, 14 son ácidos fenólicos, 13 flavonoles, 5 dihidroflavonoles, 5 flavan-3-oles, 4 flavanonas, 1 flavona, 2 ácidos diferúlicos, 11 proantocianidinas, 1 estilbeno y 1 tanino hidrolizable.

Se puede deducir también que la piel de almendra es rica en flavonoides, destacando la (+)-catequina y el isorhamnetina-3-O-rutinósido, que aparecen en altas concentraciones, aunque ello depende de factores diversos, como las condiciones medioambientales, el cultivo y la variedad, así como, el método de extracción de la piel (Bartolomé *et al.*, 2010).

Dado el interés por la recuperación de los fitoquímicos de la piel de almendra se ha comprobado que la piel obtenida a partir de almendra tostada tiene mayor actividad antioxidante que la obtenida a partir de almendra escaldada. Ello es consecuencia de que el tratamiento térmico del tostado produce la despolimerización de las proantocianidinas, lo que provoca un incremento de la capacidad antioxidante del extracto. Por otro lado, se ha visto que el escaldado es menos eficaz en ese sentido, ya que muchos de los polifenoles de la piel se solubilizan y se pierden en el proceso (Garrido *et al.*, 2008; Mandalari *et al.*, 2010; Prgomet *et al.*, 2017).

7. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIEL DE CACAHUETE (*Arachis hypogaea* L.)

La piel de cacahuete constituye el 2,6% del peso total del fruto sin cáscara, y contiene más fenoles totales que el cacahuete entero, además de tener una mayor capacidad de captura de radicales libres (Chang *et al.*, 2020; de Camargo *et al.*, 2015a). A

continuación, se describen los compuestos polifenólicos identificados en la piel del cacahuete, organizados por familia de compuestos.

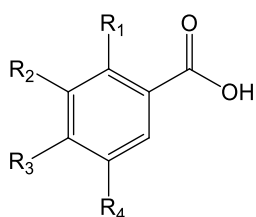
7.1. Ácidos fenólicos

Se han identificado 31 compuestos de este tipo en la piel del cacahuete (tabla 7.11).

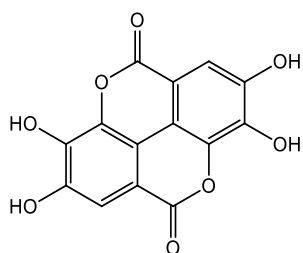
Tabla 7.11. Ácidos fenólicos identificados en la piel de *Arachis hypogaea* L.

Compuestos	Referencia
Ácidos Hidroxibenzoicos	
Ácido benzoico	Elsorady y Ali (2018); Hamed <i>et al.</i> (2021)
Ácido protocatéquico	de Camargo <i>et al.</i> (2015); Elsorady y Ali (2018); Francisco y Resurreccion (2009); Munekata <i>et al.</i> (2017); Taş y Gökmen (2017)
Ácido vanílico	Elsorady y Ali (2018)
Ácido <i>p</i> -hidroxibenzoico	Elsorady y Ali (2018)
Ácido siríngico	Hamed <i>et al.</i> (2021)
Ácido gálico	Elsorady y Ali (2018); Kim <i>et al.</i> (2021); Larrauri <i>et al.</i> (2016); Munekata <i>et al.</i> (2017); Taş y Gökmen (2017)
Ácido elágico	Dean. (2020)
Ácido resorcílico	Reed <i>et al.</i> (2009); Toomer (2020)
Ácido salicílico	Reed <i>et al.</i> (2009); Toomer (2020)
Éster metílico del ácido protocatéquico	Francisco y Resurrección (2009)
Protocatecato de etilo	Huang <i>et al.</i> (2003)
Benzaldehídos	
Vainillina	Meng <i>et al.</i> (2020)
Mumefural	Meng <i>et al.</i> (2020)
Ácidos Hidroxicinámicos	
Ácido cinámico	Hamed <i>et al.</i> (2021); Reed <i>et al.</i> (2009)
Ácido cafeico	Bodoira <i>et al.</i> (2017); de Camargo <i>et al.</i> (2015); Francisco y Resurreccion (2009)
Ácido <i>p</i> -cumárico	Albergamo <i>et al.</i> (2021); Francisco y Resurreccion (2009); Larrauri <i>et al.</i> (2016); Meng <i>et al.</i> (2020)
Ácido <i>o</i> -cumárico	Hamed <i>et al.</i> (2021)
Ácido <i>cis</i> -cutárico ^a	de Camargo <i>et al.</i> (2017); Dean (2020)
Ácido <i>trans</i> -cutárico ^a	de Camargo <i>et al.</i> (2017); Dean (2020)
Ácido clorogénico (3-O-cafeolquínico)	Albergamo <i>et al.</i> (2021); Elsorady y Ali (2018)
Ácido 4-O-cafeolquínico	Meng <i>et al.</i> (2020)
Ácido ferúlico	Albergamo <i>et al.</i> (2021); de Camargo <i>et al.</i> (2015); Elsorady y Ali (2018); Kim <i>et al.</i> (2021)
Ácido sinápico	de Camargo <i>et al.</i> (2015a)
Ácido caftárico	de Camargo <i>et al.</i> (2015); Dean (2020)
Ácido cicórico	Dean (2020)
Ácido <i>p</i> -cumaroil sinapoil tartárico ^a	Dean (2020)
Ácido <i>p</i> -cumaroil feruloil tartárico ^a	Dean (2020)
Ácido rosmarínico	Hamed <i>et al.</i> (2021)
Ácido cumaroil cafeoil tartárico ^a	Kyei <i>et al.</i> (2021); Ma <i>et al.</i> (2014)
Ácido fertárico ^a	Kyei <i>et al.</i> (2021); Ma <i>et al.</i> (2014)
Ácido di- <i>p</i> -cumaroiltartárico ^a	Ma <i>et al.</i> (2014)

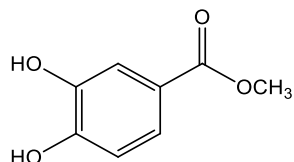
^a Identificación tentativa mediante HPLC-MS.



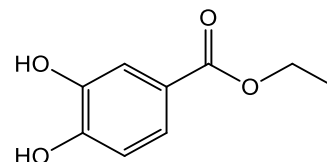
- Ácido benzoico: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = H$.
- Ácido protocatéquico: $R_1 = H$; $R_2 = R_3 = OH$; $R_4 = H$.
- Ácido vanílico: $R_1 = H$; $R_2 = OCH_3$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$.
- Ácido *p*-hidroxibenzoico: $R_1 = R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$.
- Ácido siríngico: $R_1 = H$; $R_2 = OCH_3$; $R_3 = OH$; $R_4 = OCH_3$.
- Ácido gálico: $R_1 = H$; $R_2 = R_3 = R_4 = OH$.
- Ácido resorcílico: $R_1 = OH$; $R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$.
- Ácido salicílico: $R_1 = OH$; $R_2 = R_3 = R_4 = H$.



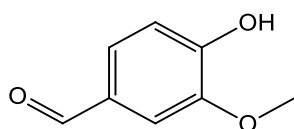
Ácido elágico



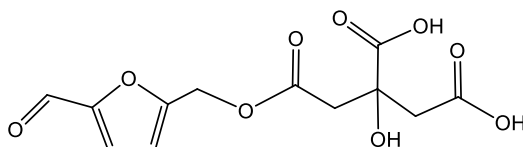
Éster metílico del ácido protocatéquico



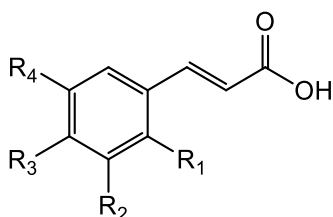
Protocatecato de etilo



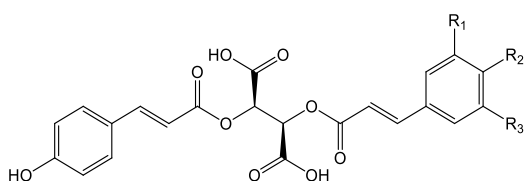
Vainillina



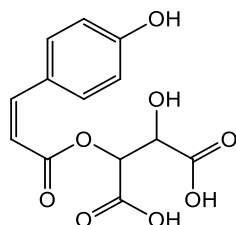
Mumefural



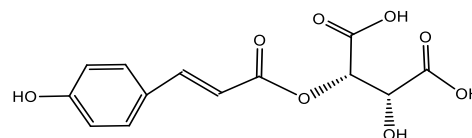
- Ácido cinámico: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = H$.
- Ácido cafeico: $R_1 = R_2 = H$; $R_3 = R_4 = OH$.
- Ácido *p*-cumárico: $R_1 = R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$.
- Ácido *o*-cumárico: $R_1 = OH$; $R_2 = R_3 = R_4 = H$.
- Ácido ferúlico: $R_1 = R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = OCH_3$.
- Ácido sinápico: $R_1 = H$; $R_2 = OCH_3$; $R_3 = OH$; $R_4 = OCH_3$.



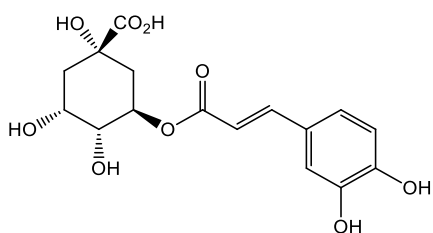
- Ácido cumaroil cafeoil tartárico: $R_1 = H$; $R_2 = R_3 = OH$.
- Ácido di-*p*-cumaroiltartárico: $R_1 = H$; $R_2 = OH$; $R_3 = H$.
- Ácido *p*-cumaroil sinapoil tartárico: $R_1 = OCH_3$; $R_2 = OH$; $R_3 = OCH_3$.
- Ácido *p*-cumaroil feruloil tartárico: $R_1 = H$; $R_2 = OH$; $R_3 = OCH_3$.



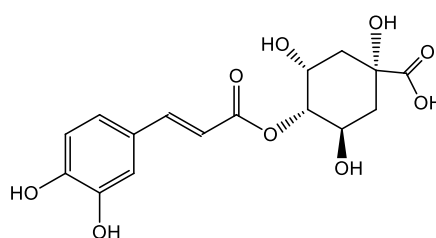
Ácido *cis*-cutárico



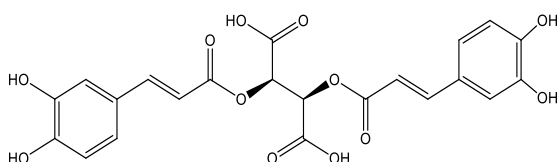
Ácido *trans*-cutárico



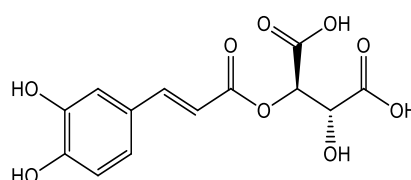
Ácido 3-O-cafeolquínico



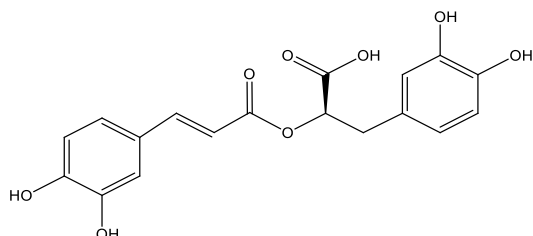
Ácido 4-O-cafeolquínico



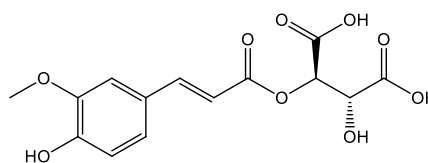
Ácido cicórico



Ácido caftárico



Ácido rosmarínico



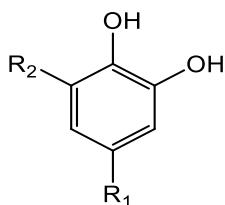
Ácido fertárico

7.2. Fenoles

Se han identificado 3 compuestos de este tipo (tabla 7.12).

Tabla 7.12. Fenoles identificados en *Arachis hypogaea* L.

Compuestos	Referencia
Pirogalol	Elsorady y Ali (2018); Hamed <i>et al.</i> (2021)
Catecol	Hamed <i>et al.</i> (2021)
3-hidroxitirosol	Elsorady y Ali (2018)



- Pirogalol (benceno-1,2,3-triol): $R_1 = H$; $R_2 = OH$.
- Catecol (1,2-dihidroxibenceno): $R_1 = H$; $R_2 = H$.
- 3-Hidroxitirosol: $R_1 = -CH_2CH_2OH$; $R_2 = H$.

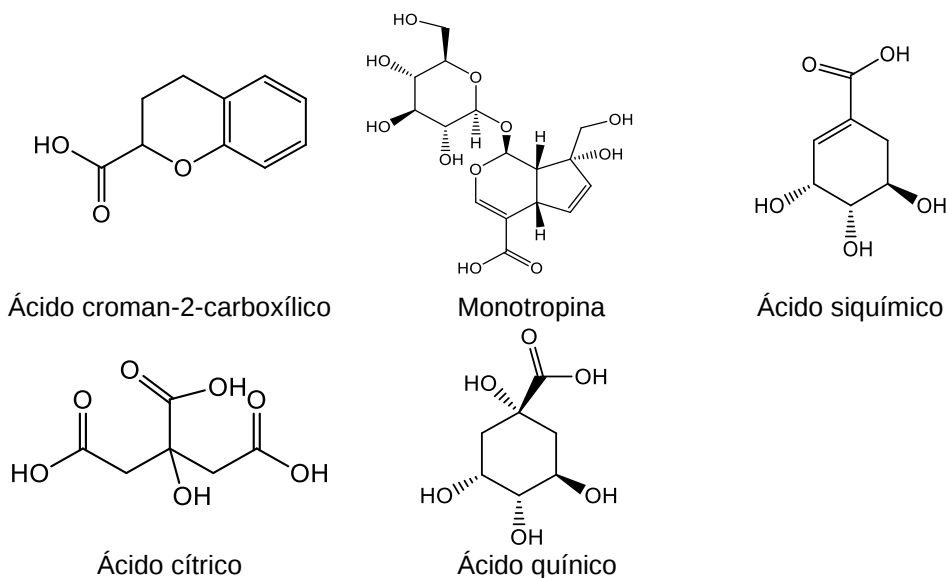
7.3. Ácidos carboxílicos

Se han identificado 5 compuestos de este tipo (tabla 7.13).

Tabla 7.13. Ácidos carboxílicos identificados en la piel de *Arachis hypogaea* L.

Compuestos	Referencia
Ácido croman-2-carboxílico	Reed <i>et al.</i> (2009); Toomer (2020)
Monotropina	Reed <i>et al.</i> (2009); Toomer (2020)
Ácido siquímico	Meng <i>et al.</i> (2020)
Ácido cítrico	Meng <i>et al.</i> (2020)

Ácido quínico Larrauri *et al.* (2016)

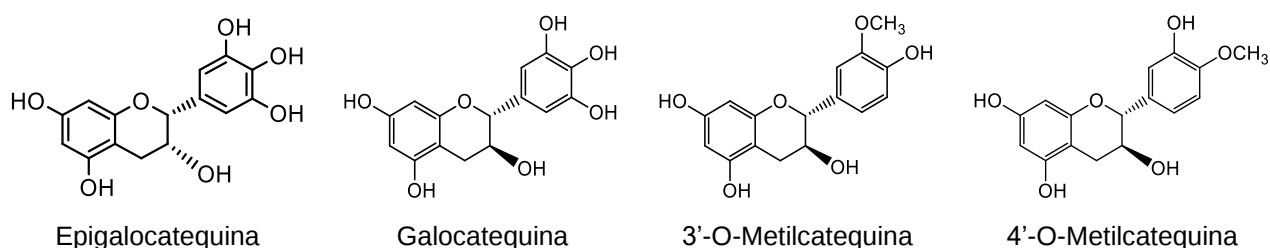


7.4. Flavonoides

Flavan-3-oles: Se han identificado 7 compuestos de este tipo (tabla 7.14).

Tabla 7.14. Flavan-3-oles identificados en la piel de *Arachis hypogaea* L.

Compuestos	Referencia
(+)-Catequina	de Camargo <i>et al.</i> (2017); Francisco y Resurreccion (2009); Yu <i>et al.</i> (2006); Zhang <i>et al.</i> (2013)
(-)-Epicatequina	Zhang <i>et al.</i> (2013); de Camargo <i>et al.</i> (2017); Francisco y Resurrección (2009); Larrauri <i>et al.</i> (2016); Taş y Gökmen (2017)
Epigallocatequina	Albergamo <i>et al.</i> (2021); Francisco y Resurrección (2009)
Galato de epicatequina	Albergamo <i>et al.</i> (2021); Lorenzo <i>et al.</i> (2018)
Galocatequina	de Camargo <i>et al.</i> (2015a); Larrauri <i>et al.</i> (2016)
3'-O-Metilcatequina	Reed <i>et al.</i> (2009)
4'-O-Metilcatequina	Reed <i>et al.</i> (2009)



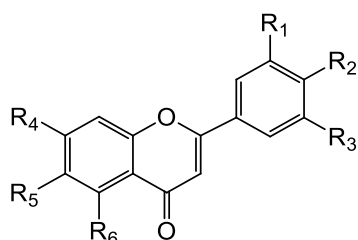
El resto de estructuras se pueden consultar en la sección 6.2.

Flavonas: Se han identificado 11 compuestos de este tipo (tabla 7.15).

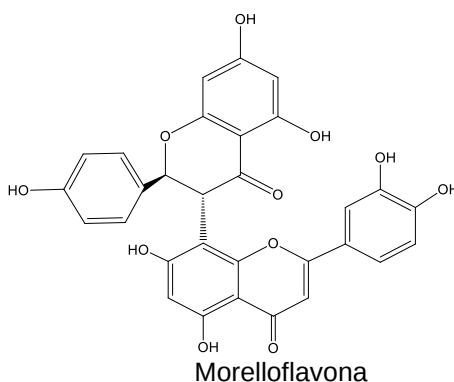
Tabla 7.15. Flavonas identificadas en la piel de *Arachis hypogaea* L.

Compuestos	Referencia
Luteolina	Bodoira <i>et al.</i> (2017); Meng <i>et al.</i> (2020); Reed <i>et al.</i> (2009)
Diosmetina	Bodoira <i>et al.</i> (2017); Ma <i>et al.</i> (2014)

Apigenina	Larrauri <i>et al.</i> (2016)
Crisina	Bodoira <i>et al.</i> (2017); Larrauri <i>et al.</i> (2016)
Cirsiliol	Ma <i>et al.</i> (2014a)
Morelloflavona	Ma <i>et al.</i> (2014a); Reed <i>et al.</i> (2009)
Acacetina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Crisoeriol	Reed <i>et al.</i> (2009)
Primuletina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Tricetina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Luteolina metil éter	Munekata <i>et al.</i> (2016)



- Luteolina: R₁=OH; R₂=OH; R₃=H; R₅=H; R₄=R₆=OH.
- Diosmetina: R₁=OH; R₂=OCH₃; R₃=H; R₅=H; R₄=R₆=OH.
- Apigenina: R₁=H; R₂=OH; R₃=H; R₅=H; R₄=R₆=OH.
- Crisina: R₁=H; R₂=H; R₃=H; R₅=H; R₄=R₆=OH.
- Acacetina: R₁=H; R₂=OCH₃; R₃=H; R₅=H; R₄=R₆=OH.
- Crisoeriol: R₁=H; R₂=OH; R₃=OCH₃; R₅=H; R₄=R₆=OH.
- Tricetina: R₁=OH; R₂=OH; R₃=OH; R₅=H; R₄=R₆=OH.
- Cirsiliol: R₁=R₂=OH; R₃=H; R₄=R₅=OCH₃; R₆=OH.
- Primuletina: R₁=R₂=R₃=R₄=R₅=H; R₆=OH.
- Luteolina metil éter: R₁=R₂=OH; R₃=H; R₄=OH; R₅=H; R₆=OCH₃.

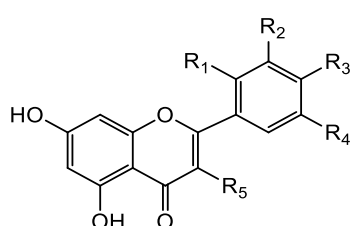


Flavonoles: Se han identificado 19 compuestos de este tipo, encontrándose tanto en su forma libre como glicosilada (tabla 7.16).

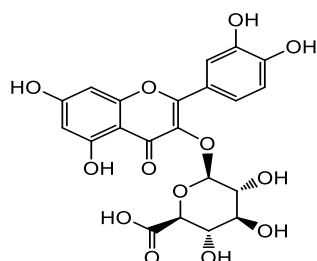
7.16. Flavonoles identificados en la piel de *Arachis hypogaea* L.

Compuestos	Referencia
Glicósidos de flavonol	
Quercetina glucurónido	de Camargo <i>et al.</i> (2015a)
Isoramnetina glucósido	de Camargo <i>et al.</i> (2015a)
Isoquercetina	Larrauri <i>et al.</i> (2016); Meng <i>et al.</i> (2020)
Quercetina-3-O-robinobiósido	Meng <i>et al.</i> (2020)
Prudomenina	Meng <i>et al.</i> (2020)
Rutina	Hamed <i>et al.</i> (2021); Meng <i>et al.</i> (2020); Lou <i>et al.</i> (2001)
Isoramnetina-3-O-(2-O- β -glucopiranosil-6-O- α -ramnopiranosil)- β -glucopiranosido	Lou <i>et al.</i> (2001)
Quercetina-3-O-(2-O- β -xilopiranosil-6-O- α -ramnopiranosil)- β -glucopiranosido	Lou <i>et al.</i> (2001)

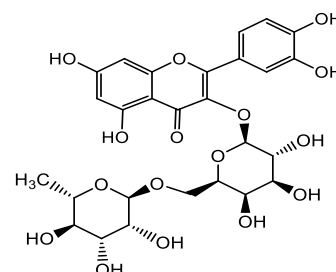
Isoramnetina-3-O-(2-O- β -xilopiranosil-6-O- α -ramnopiranosil)- β -glucopiranosido	Lou <i>et al.</i> (2001)
Agliconas de flavonol	
Quercetina	Albergamo <i>et al.</i> (2021); Elsorady y Ali (2018)
Isoramnetina	Larrauri <i>et al.</i> (2016); Ma <i>et al.</i> (2014b); Meng <i>et al.</i> (2020)
Kaempferol	Hamed <i>et al.</i> (2021)
Miricetina	Hamed <i>et al.</i> (2021)
Morina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Ramnetina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Siringetina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Tamarixetina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Robinetina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Gospina	Reed <i>et al.</i> (2009)



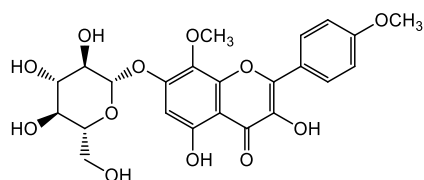
- Isoramnetina glucósido: $R_1=H$; $R_2=OCH_3$; $R_3=OH$; $R_4=H$; $R_5=O$ -glucosa ($O-C_6H_{11}O_5$).
- Isoquercetina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=OH$; $R_4=H$; $R_5=O$ -glucosa ($O-C_6H_{11}O_5$).
- Quercetina: $R_1=H$; $R_2=R_3=OH$; $R_4=H$; $R_5=OH$.
- Isoramnetina: $R_1=H$; $R_2=OCH_3$; $R_3=OH$; $R_4=H$; $R_5=OH$.
- Kaempferol: $R_1=H$; $R_2=H$; $R_3=OH$; $R_4=H$; $R_5=OH$.
- Miricetina: $R_1=H$; $R_2=R_3=R_4=R_5=OH$.
- Morina: $R_1=OH$; $R_2=H$; $R_3=OH$; $R_4=H$; $R_5=OH$.
- Siringetina: $R_1=H$; $R_2=OCH_3$; $R_3=OH$; $R_4=OCH_3$; $R_5=OH$.
- Tamarixetina: $R_1=R_2=H$; $R_3=OCH_3$; $R_4=OH$; $R_5=OH$.



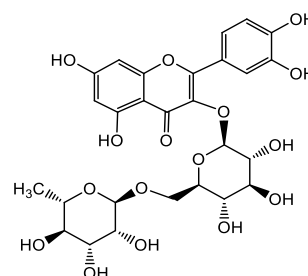
Quercetina glucurónido



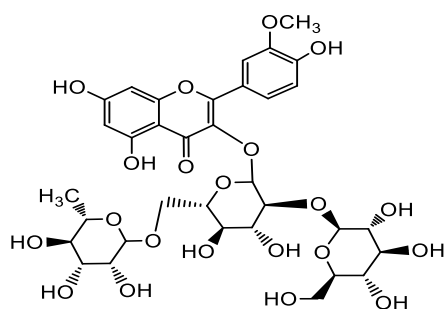
Quercetina-3-O-robinobiósido



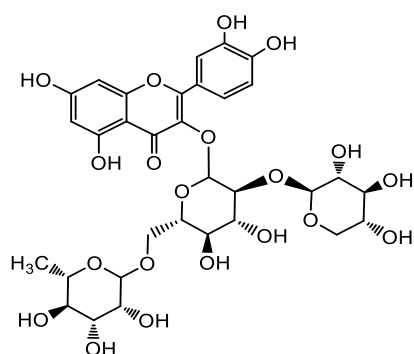
Prudomenina



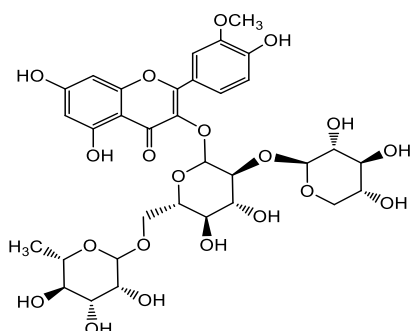
Rutina



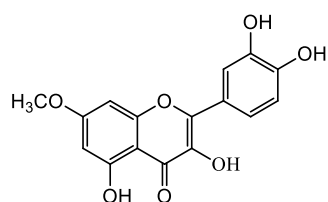
Isoramnetina-3-O-(2-O- β -glucopiranosil-6-O- α -ramnopiranosil)- β -glucopiranosido



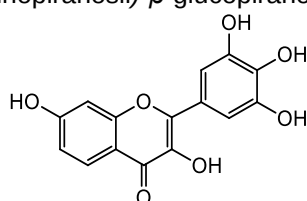
Quercetina-3-O-(2-O- β -xilopiranosil-6-O- α -ramnopiranosil)- β -glucopiranosido



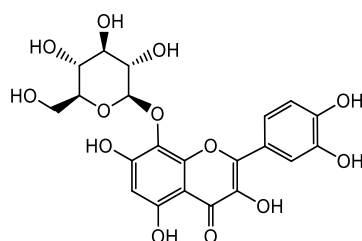
Isoramnetina-3-O-(2-O- β -xilopiranosil-6-O- α -ramnopiranosil)- β -glucopiranosido



Ramnetina



Robinetina



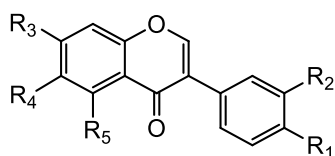
Gosipina

Isoflavonas: Se han identificado 10 compuestos de este tipo (tabla 7.17).

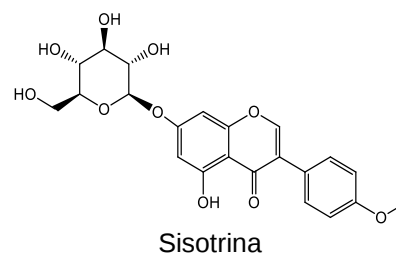
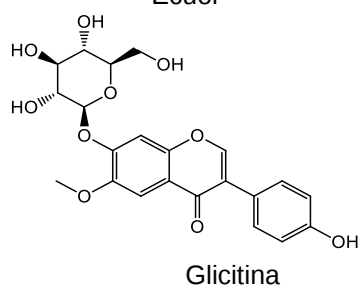
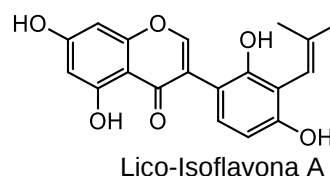
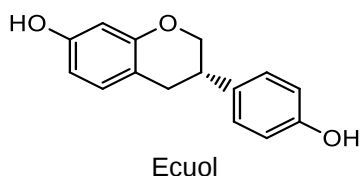
Tabla 7.17. Isoflavonas identificadas en la piel de *Arachis hypogaea* L.

Compuestos	Referencia
Isoflavona	Reed (2009)
Genisteína	Larrauri <i>et al.</i> (2016)
3,5,7-Trihidroxiisoflavona-4-metoxi-3-O- β -glucopiranosido	Lou <i>et al.</i> (2001); Ma <i>et al.</i> (2014)
Biochanina A	Bodoira <i>et al.</i> (2017); Reed (2009)
Ecuol ^a	Reed (2009)
Daidzeína	Reed (2009);
Gliciteína	Reed (2009)
Glicina	Reed (2009)
Lico-Isoflavona A	Reed (2009)
Sisotrina	Reed (2009)

^aEl ecuol presenta un esqueleto diferente de las isoflavonas, como puede verse en la figura, no contiene el grupo carbonilo C=O y el doble enlace (anillo C).



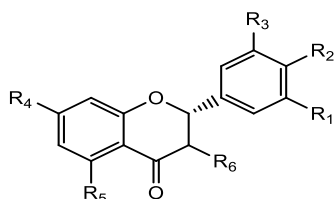
- Isoflavona: $R_1 = H$; $R_2 = H$; $R_3 = H$; $R_4 = R_5 = H$.
- Genisteína: $R_1 = OH$; $R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$; $R_5 = OH$.
- 3,5,7-Trihidroxiisoflavona-4-metoxi-3-O- β -glucopiranosido: $R_1 = OCH_3$; $R_2 = O$ -Glucosa ($C_6H_{11}O_5$); $R_3 = OH$; $R_4 = H$; $R_5 = OH$.
- Biochanina A: $R_1 = OCH_3$; $R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$; $R_5 = OH$.
- Daidzeína: $R_1 = OH$; $R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = R_5 = H$.
- Gliciteína: $R_1 = OH$; $R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = OCH_3$; $R_5 = H$.



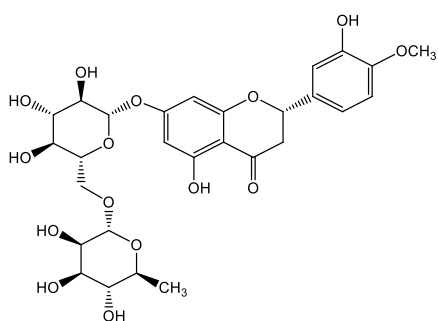
Flavanonas: Se han identificado 19 compuestos de este tipo (tabla 7.18).

Tabla 7.18. Flavanonas identificadas en la piel de *Arachis hypogaea* L.

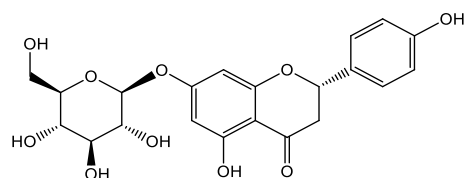
Compuestos	Referencia
Naringenina	Toomer (2020).
Naringenina-7-O- β -D-glucopiranosido	Meng <i>et al.</i> (2020)
Hesperidina	Reed (2009); Meng <i>et al.</i> (2020); Toomer (2020).
Eriodictiol	Ma <i>et al.</i> (2014a); Reed <i>et al.</i> (2009)
Homoeriodictiol	Ma <i>et al.</i> (2014a)
Cudraflavanona B	Reed (2009)
Dihidromiricetina	Reed (2009)
Eriocitrina	Reed (2009)
Euchresta Flavanona B	Reed (2009)
Fustín	Reed (2009)
Isosacuranetina	Reed (2009)
Neoeriocitrina	Reed (2009)
Remangiflavanona B	Reed (2009)
Sacuranetina	Reed (2009)
Soforaflavanona G	Reed (2009)
Colaflavanona	Reed (2009)
Maniflavanona	Reed (2009)
Pectolinarigenina	Reed (2009)
Taxifolina	Reed (2009)



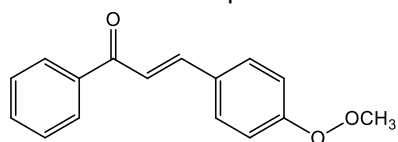
- Naringenina: $R_1 = H$; $R_2 = OH$; $R_3 = H$; $R_4 = OH$; $R_5 = OH$; $R_6 = H$.
- Homoeriodictiol: $R_1 = H$; $R_2 = OH$; $R_3 = OCH_3$; $R_4 = OH$; $R_5 = OH$; $R_6 = H$.
- Dihidromiricetina: $R_1 = OH$; $R_2 = OH$; $R_3 = OH$; $R_4 = OH$; $R_5 = OH$; $R_6 = OH$.
- Fustín: $R_1 = H$; $R_2 = OH$; $R_3 = OH$; $R_4 = OH$; $R_5 = H$; $R_6 = OH$.
- Isosacuranetina: $R_1 = H$; $R_2 = OCH_3$; $R_3 = H$; $R_4 = OH$; $R_5 = OH$; $R_6 = H$.
- Sacuranetina: $R_1 = H$; $R_2 = OH$; $R_3 = H$; $R_4 = OCH_3$; $R_5 = OH$; $R_6 = H$.
- Taxifolina: $R_1 = R_2 = OH$; $R_3 = H$; $R_4 = R_5 = R_6 = OH$.



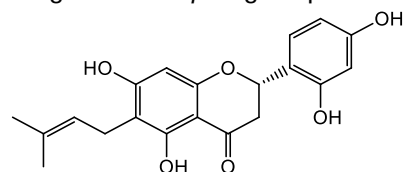
Hesperidina



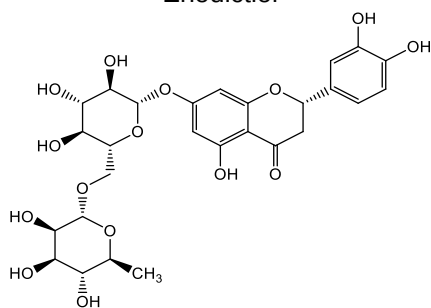
Naringenina-7-O- β -D-glucopiranosido



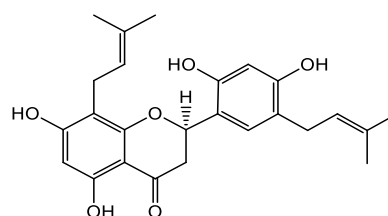
Eriodictiol



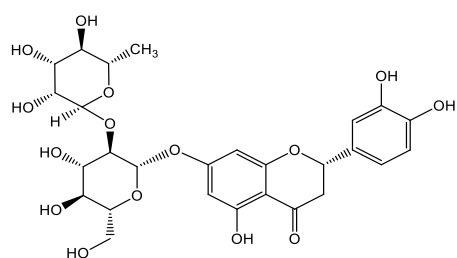
Cudraflavanona B



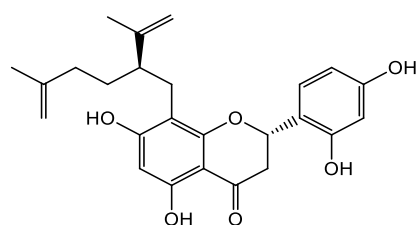
Eriocitrina



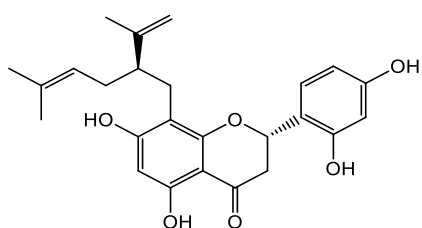
Euchresta Flavanona B



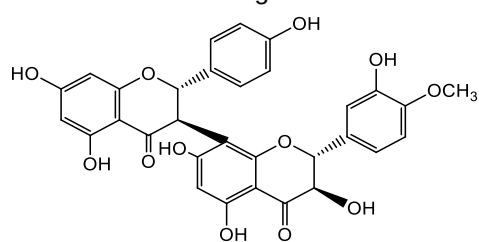
Neoeriocitrina



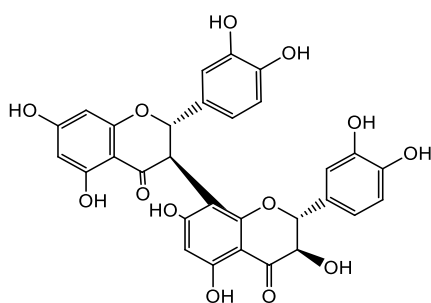
Remangiflavanona B



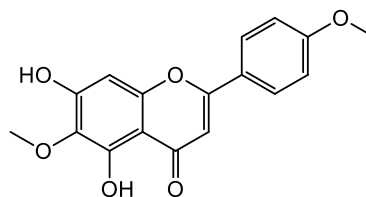
Soforaflavanona G



Colaflavanona



Maniflavanona

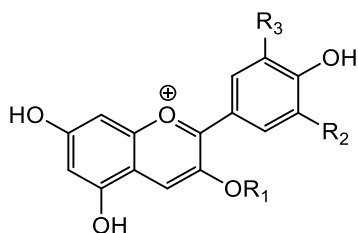


Pectolinarigenina

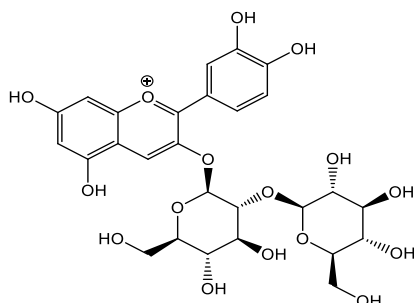
Antocianidinas: Se han identificado 7 compuestos de este tipo (tabla 7.19).

Tabla 7.19. Antocianidinas identificadas en la piel de *Arachis hypogaea* L.

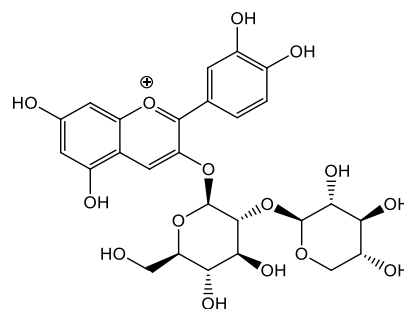
Compuestos	Referencia
Cianidina	Kim <i>et al.</i> (2021)
Peonidina	Kim <i>et al.</i> (2021)
Cianidina-3-O-soforósido	Peng <i>et al.</i> (2019); Zhao <i>et al.</i> (2017)
Cianidina-3-O-sambubiósido	Peng <i>et al.</i> (2019); Zhao <i>et al.</i> (2017)
Cianidina-3-O-glucosilrutinósido	Kim <i>et al.</i> (2021); Peng <i>et al.</i> (2019); Dean (2020); Zhao <i>et al.</i> (2017)
Cianidina-3-O-xilosilrutinósido	Kim <i>et al.</i> (2021); Peng <i>et al.</i> (2019); Dean (2020); Zhao <i>et al.</i> (2017)
Delfinidina-3-glucósido	Kim <i>et al.</i> (2021)



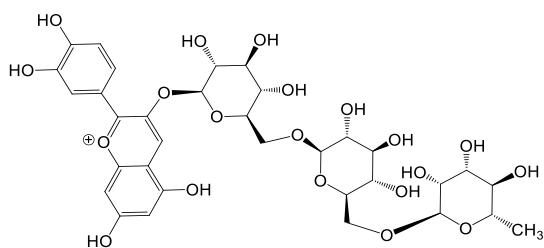
- Cianidina: $R_1=H$; $R_2=H$; $R_3=OH$.
- Peonidina: $R_1=H$; $R_2=H$; $R_3=OCH_3$.



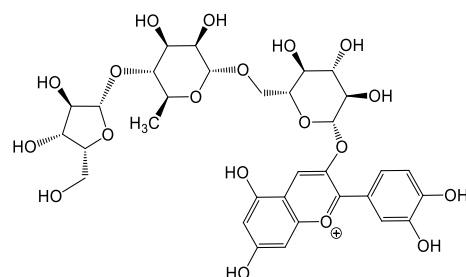
Cianidina-3-O-soforósido



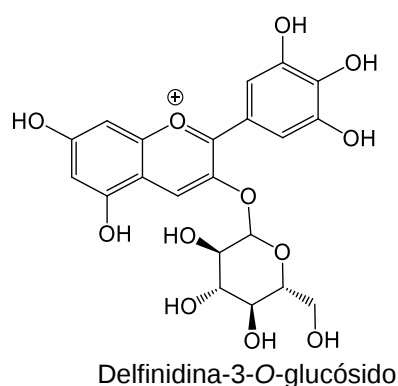
Cianidina-3-O-sambubiósido



Cianidina-3-O-glucosilrutinósido



Cianidina-3-O-xilosilrutinósido



Algunos estudios realizados mostraron que cianidina-3-O-soforósido y cianidina-3-O-sambubiósido predominan en la piel del maní negro (Peng *et al.*, 2019). Se ha comprobado que la presencia de cianidinas en la piel del cacahuete varía en función del color del fruto y de la variedad concreta de cacahuete (Kim *et al.*, 2021).

7.5. Proantocianidinas

Se han aislado y determinado estructuralmente, mediante resonancia magnética nuclear (RMN), 25 compuestos de este tipo (tabla 7.20).

Tabla 7.20. Proantocianidinas identificadas en la piel de *Arachis hypogaea* L.

Compuestos	Referencia
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)-catequina (A1)	Dudek <i>et al.</i> (2017); Wang <i>et al.</i> (2022); Zhang <i>et al.</i> (2013)
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)-epicatequina (A2)	Wang <i>et al.</i> (2022); Zhang <i>et al.</i> (2013); Dudek <i>et al.</i> (2017)
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →6)- epicatequina-(4 β →8)-catequina	Lou <i>et al.</i> (2004); Tatsuno <i>et al.</i> (2012)
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)-epicatequina-(4 β →8)-catequina-(4 α →8)-epicatequina	Lou <i>et al.</i> (2004); Tatsuno <i>et al.</i> (2012)
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)- <i>ent</i> -epicatequina	Zhang <i>et al.</i> (2013); Lou <i>et al.</i> (1998); Wang <i>et al.</i> (2022); Tatsuno <i>et al.</i> (2012)
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →6)-catequina	Appeldoorn <i>et al.</i> (2009); Lou <i>et al.</i> (1998); Zhang <i>et al.</i> (2013)
Cinnamtanina D-1	Zhang <i>et al.</i> (2013)
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)-catequina-(6→4 β)-epicatequina	Zhang <i>et al.</i> (2013)
Epicatequina-(4 β →8)-epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)-catequina	Zhang <i>et al.</i> (2013)
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →6)- <i>ent</i> -catequina	Lou <i>et al.</i> (1998)
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →6)- <i>ent</i> -epicatequina	Lou <i>et al.</i> (1998); Wang <i>et al.</i> (2022);
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)- <i>ent</i> -catequina	Wang <i>et al.</i> (2022); Appeldoorn <i>et al.</i> (2009)
Epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7) epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-catequina	Dudek <i>et al.</i> (2017)
Epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-epicatequina-(4 β →6)-catequina	Dudek <i>et al.</i> (2017)
Epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-epicatequina-(4 β →6)-epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-catequina	Dudek <i>et al.</i> (2017)

Epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-epicatequina-
(4 β →6)-epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-
epicatequina

Dudek *et al.* (2017)

Ent-epicatequina-(4 β →6)-epicatequina-
(4 β →8,2 β →O→7)-catequina

Dudek *et al.* (2017)

Epicatequina-(4 β →8)-epicatequina-
(4 β →8,2 β →O→7)-catequina

Dudek *et al.* (2017)

Epicatequina-(2 β →O→7, 4 β →8)-catequina-
(4 α →6)- epicatequina-(4 β →8)-catequina

Tatsuno *et al.* (2012)

Cinnamtanina D-2

Tatsuno *et al.* (2012)

Procianidina B₂

Lou *et al.* (2004); Francisco y Resurrección (2009)

Procianidina B₃

Lou *et al.* (2004); Tatsuno *et al.* (2012)

Procianidina B₄

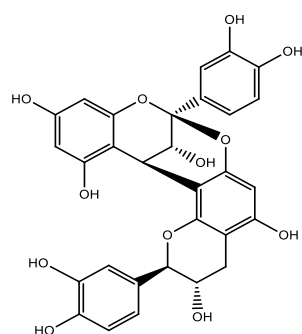
Lou *et al.* (2004)

Procianidina B₇

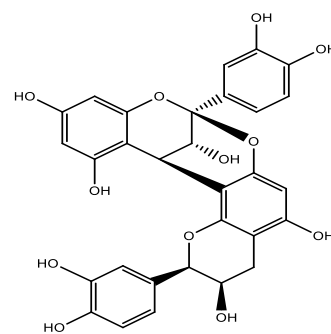
Appeldoorn *et al.* (2009)

Rodonidina A

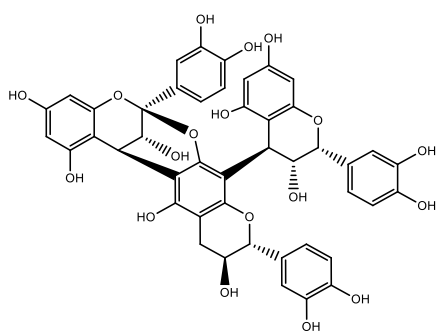
Mingrou *et al.* (2022)



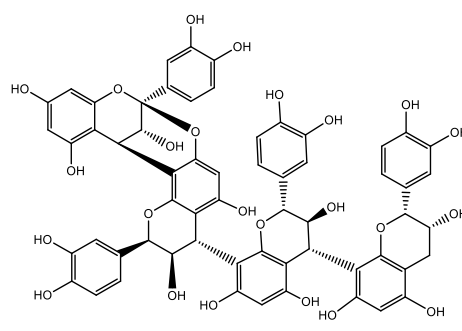
Procianidina A1



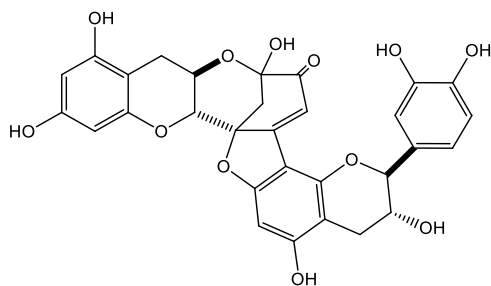
Procianidina A2



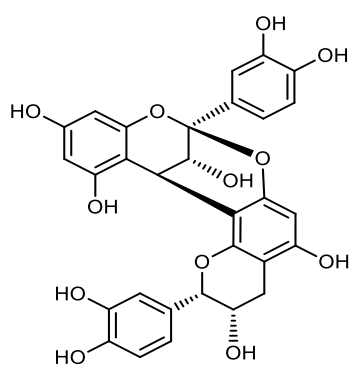
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →6)- [epicatequina-
(4 β →8)]-catequina



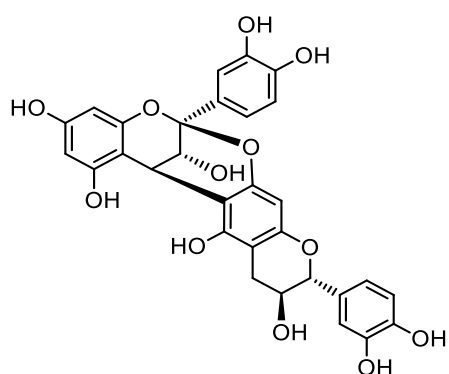
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)-epicatequina-
(4 β →8)-catequina-(4 α →8)-epicatequina



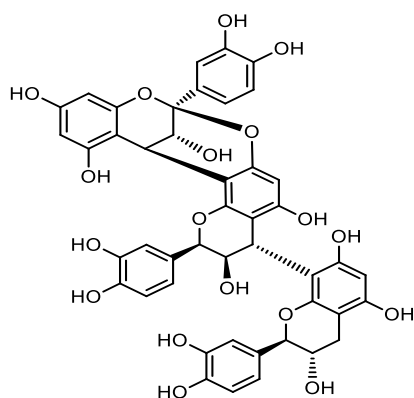
Rodonidina A



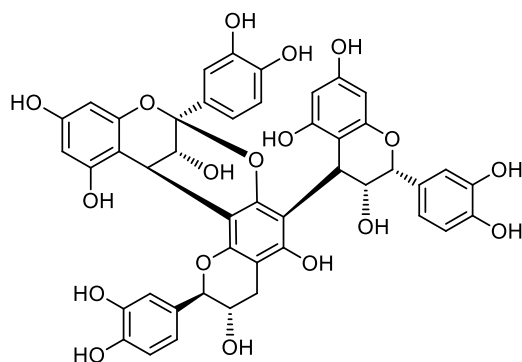
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)-epicatequina



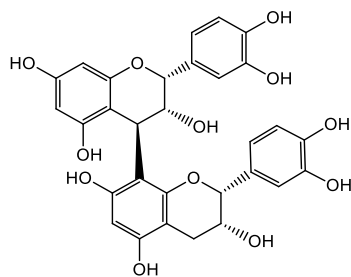
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →6)-catequina



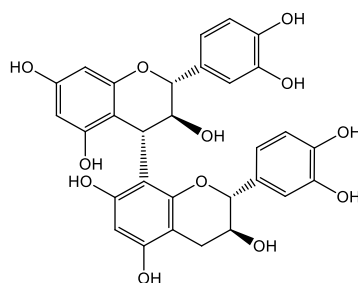
Cinnamtanina D-1



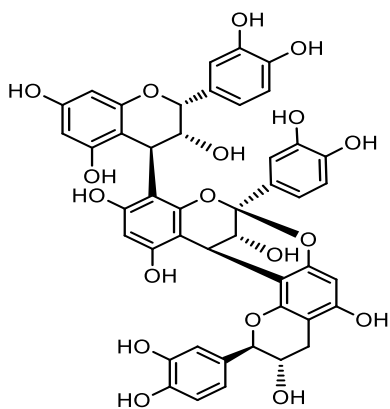
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)-[catequina-(6→4 β)]-epicatequina



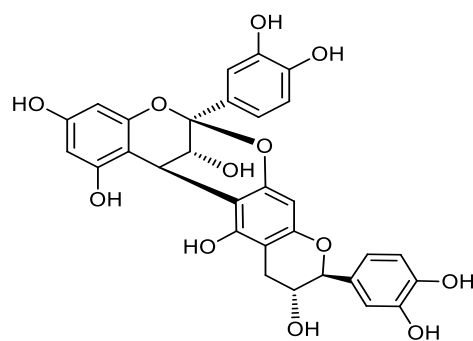
Procianidina B₂



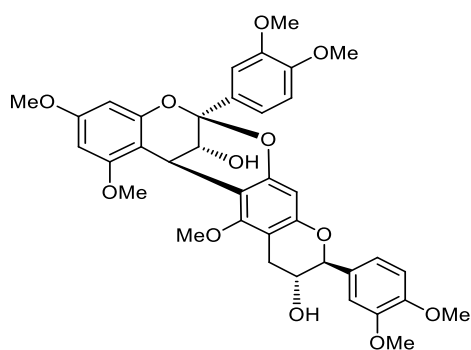
Procianidina B₃



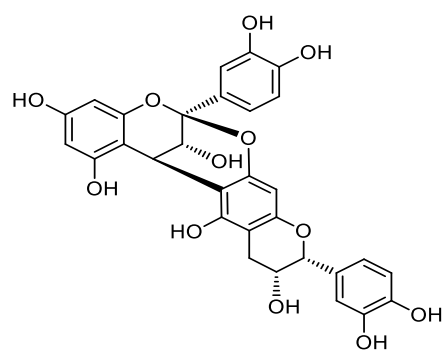
Epicatequina-(4 β →8)-epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)-catequina



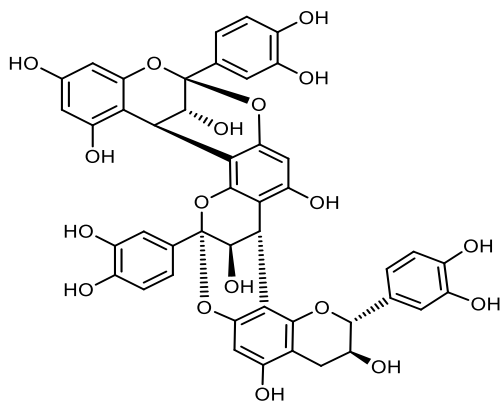
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →6)-ent-catequina



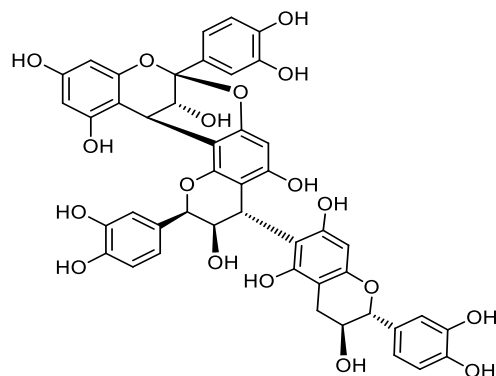
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →6)-ent-epicatequina



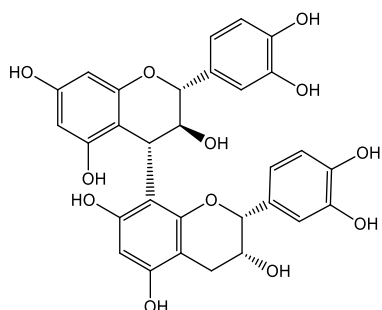
Epicatequina-(2 β →O→7,4 β →8)-ent-catequina



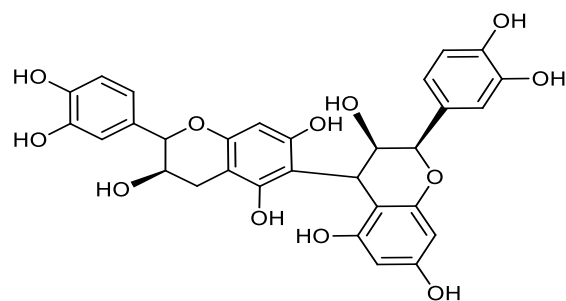
Epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7) epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-catequina



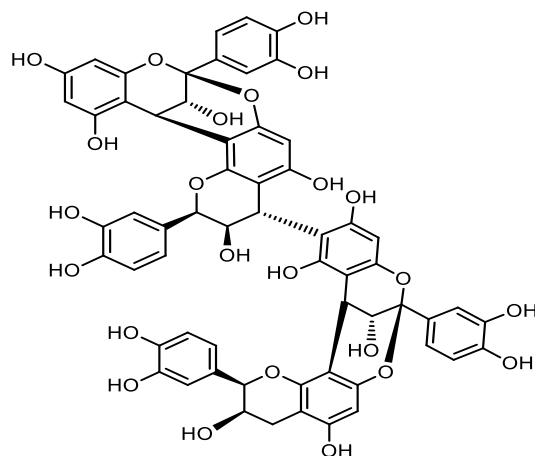
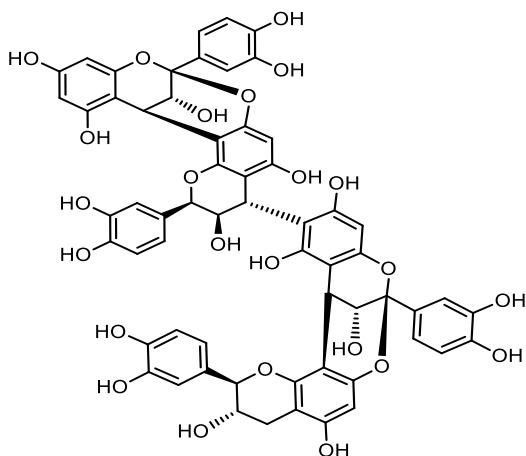
Epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-epicatequina-(4 β →6)-catequina



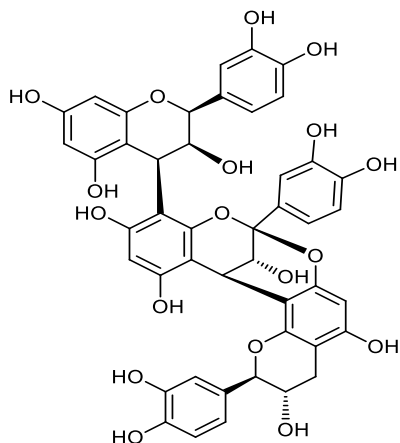
Procianidina B₄



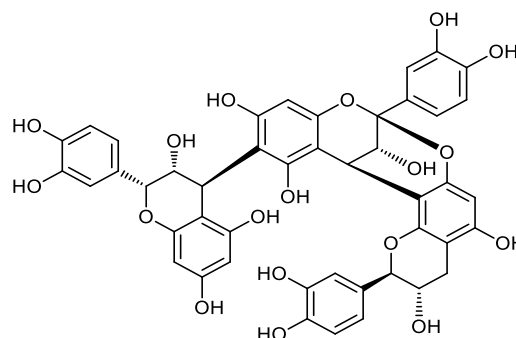
Procianidina B₇



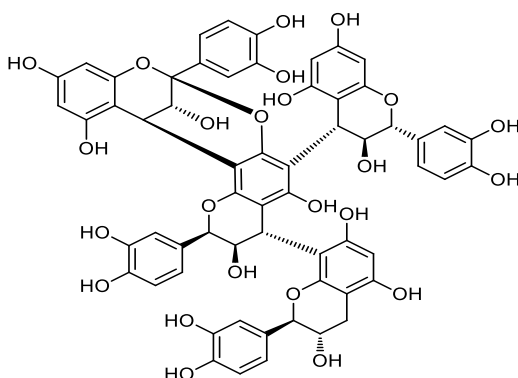
Epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-epicatequina-
(4 β →6)-epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-catequina



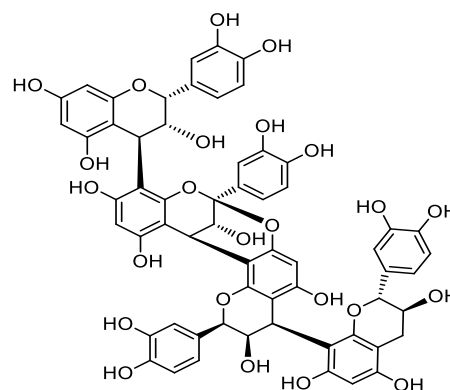
Epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-epicatequina-
(4 β →6)-epicatequina-(4 β →8,2 β →O→7)-
epicatequina



Ent-epicatequina-(4 β →6)-epicatequina-
(4 β →8,2 β →O→7)-catequina



Epicatequina-(4 β →8)-epicatequina-
(4 β →8,2 β →O→7)-catequina



Epicatequina-(2 β →O→7, 4 β →8)-catequina-(4 α →6)-
epicatequina-(4 β →8)-catequina

Cinnamtanina D-2

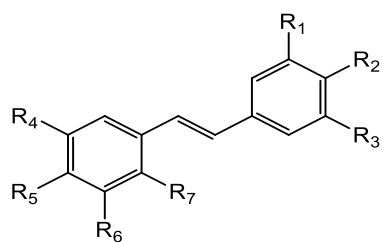
Además de los compuestos indicados en la tabla se han identificado tentativamente otras proantocianidinas oligoméricas (Francisco y Resurrección, 2009; Ma *et al.*, 2014b).

7.6. Estilbenos

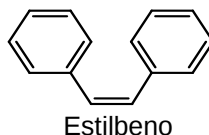
Se han identificado 4 compuestos de este tipo (tabla 7.21).

7.21. Estilbenos identificados en la piel de *Arachis hypogaea* L.

Compuestos	Referencia
Resveratrol	Elsorady y Ali (2018); Francisco y Resurrección (2009); Toomer <i>et al.</i> (2019)
Oxiresveratrol	Reed <i>et al.</i> (2009)
Estilbeno	Reed <i>et al.</i> (2009)
<i>trans</i> -Piceatanol	Ma <i>et al.</i> (2014a)



- Resveratrol: R₁=H; R₂=OH; R₃=H; R₄=OH; R₅=H; R₆=OH; R₇=H.
- Oxiresveratrol: R₁=OH; R₂=H; R₃=OH; R₄=H; R₅=OH; R₆=H; R₇=OH.
- *trans*-Piceatanol: R₁=H; R₂=R₃=R₄=OH; R₅=H; R₆=OH; R₇=H

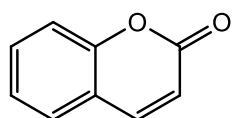


7.7. Cumarinas

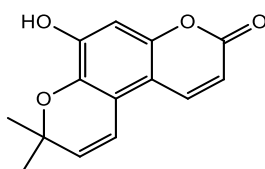
Se han identificado 11 compuestos de este tipo (tabla 7.22).

Tabla 7.22. Cumarinas identificadas en la piel de *Arachis hypogaea* L.

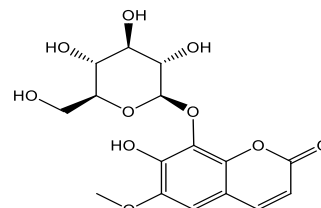
Compuestos	Referencia
Dihidroxycumarina	Ma <i>et al.</i> (2014)
Cedrecumarina A	Reed <i>et al.</i> (2009)
Fraxina/Fraxosida	Reed <i>et al.</i> (2009)
Glicicumarina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Osthol	Reed <i>et al.</i> (2009)
Suberosina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Umbeliferona	Reed <i>et al.</i> (2009)
Xantotoxol	Reed <i>et al.</i> (2009)
Dafnoretina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Dicumarina	Reed <i>et al.</i> (2009)
Dicoumoxilo	Reed <i>et al.</i> (2009)



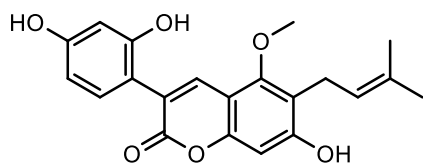
Dihidroxycumarina



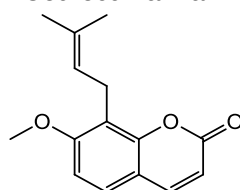
Cedrecumarina A



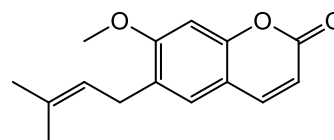
Fraxosida



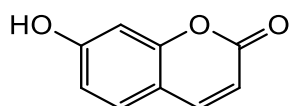
Glicicumarina



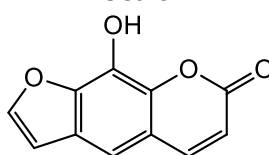
Osthol



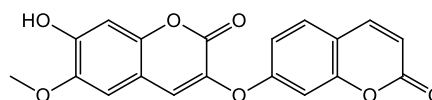
Suberosina



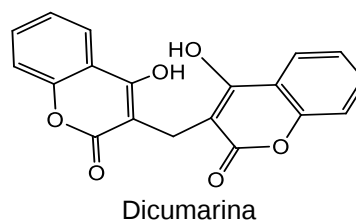
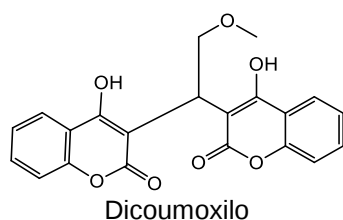
Umbeliferona



Xantotoxol



Dafnoretina

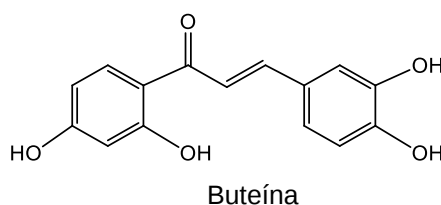
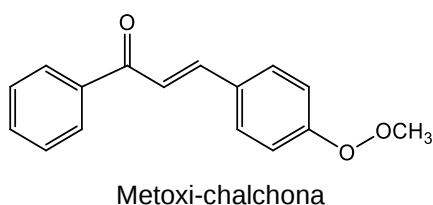


7.8. Chalconas

Se han identificado 2 compuestos de este tipo (tabla 7.23).

Tabla 7.23. Chalconas identificadas en la piel de *Arachis hypogaea* L.

Compuestos	Referencia
Metoxi-chalcona	Reed <i>et al.</i> (2009)
Buteína	Reed <i>et al.</i> (2009)



Del análisis de todo lo recopilado arriba se puede concluir que se han identificado del orden de 154 compuestos en la piel de cacahuate. De entre ellos, se han descrito 31 ácidos fenólicos, 3 fenoles, 5 ácidos carboxílicos, 7 flavan-3-oles, 11 flavonas, 19 flavonoles, 10 isoflavonas, 19 flavanonas, 7 antocianidinas, 25 proantocianidinas (teniendo en cuenta únicamente aquellas determinadas mediante RMN), 4 estilbenos, 11 cumarinas y 2 chalconas.

La composición de la piel de cacahuate, así como la concentración de los compuestos presentes, depende de la variedad, el proceso de extracción y la temperatura, entre otros factores, predominando con frecuencia los ácidos fenólicos, flavonoides, proantocianidinas y estilbenos. Hamed *et al.* (2021) encontró principalmente rutina y ácido elágico en la piel, mientras que Elsorady y Ali (2018) encontraron que el compuesto predominante es el ácido cafeico.

Por otro lado, se ha visto que el color de la piel de cacahuate varía en función de los compuestos fenólicos que contiene. En un estudio realizado con pieles de cacahuate de diferente color, desde marrón claro hasta rojo oscuro, no se dedujo que los flavonoides sean los responsables directos del color de la piel del cacahuate, sino que estaría más relacionado con el lugar del cultivo. Además, se pudo apreciar que las

proantocianidinas eran estadísticamente los principales flavonoides presentes en la piel (Dean,2020).

En cuanto a la influencia del tostado del cacahuete, se ha demostrado que los extractos de piel de cacahuete tostado presentan una mayor actividad de eliminación de radicales libres que las pieles de cacahuete sin tostar (Elsorady y Ali, 2018; Francisco y Resurrección, 2009).

8. REVISIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIEL DE AVELLANA (*Corylus avellana* L.)

La piel de avellana es el principal subproducto generado en la industria después del tostado, representando el 2,5% del peso total del fruto. Se ha mostrado que la piel es una fuente rica en polifenoles y fibra dietética, por lo cual podría emplearse como antioxidante natural e ingrediente alimentario (Alasalvar *et al.*, 2009; Ivanović *et al.*, 2020).

A continuación, se describen los compuestos fenólicos identificados en la piel de avellana, organizados por familias de compuestos.

8.1. Ácidos fenólicos

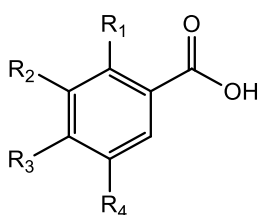
Se han identificado 18 compuestos de este tipo en la piel de avellana (tabla 8.24).

Tabla 8.24. Ácidos fenólicos identificados en la piel de *Corylus avellana* L.

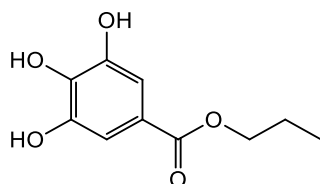
Compuestos	Referencia
Ácidos hidroxibenzoicos	
Ácido gálico (forma libre)	del Rio <i>et al.</i> (2011); Fanali <i>et al.</i> (2021); Król <i>et al.</i> (2020)
Ácido protocatéquico	del Rio <i>et al.</i> (2011); Fanali <i>et al.</i> (2021); Ozyurt y Otles (2018)
Ácido <i>p</i> -hidroxibenzoico	Ivanović <i>et al.</i> (2020); Pelvan <i>et al.</i> (2018); Shahidi <i>et al.</i> (2007)
Ácido vanílico	Ozyurt y Otles. (2018); Pelvan <i>et al.</i> (2018); Shahidi <i>et al.</i> (2007)
Ácido salicílico	Pelvan <i>et al.</i> (2018); Lelli <i>et al.</i> (2021)
Ácido sirínico	Pelvan <i>et al.</i> (2018); Shahidi <i>et al.</i> (2007)
Galato de propilo	Lelli <i>et al.</i> (2021)
Benzaldehídos	
Aldehído salicílico	Lelli <i>et al.</i> (2021)
Ácidos hidroxicinámicos	
Ácido ferúlico	Ivanović <i>et al.</i> (2020); Król <i>et al.</i> (2020); Pelvan <i>et al.</i> (2018); Shahidi <i>et al.</i> (2007)
Ácido <i>p</i> -cumárico	Król <i>et al.</i> (2020); Lelli <i>et al.</i> (2021); Ozyurt y Otles (2018)
Ácido sinápico	Ozyurt y Otles (2018); Pelvan <i>et al.</i> (2018); Shahidi <i>et al.</i> (2007)
Ácido clorogénico	Ozyurt y Otles (2018)
Ácido fertárico	Pelvan <i>et al.</i> (2018)
Ácido cafeico-3-glucósido	Lelli <i>et al.</i> (2021)
Ácido neoclorogénico	Lelli <i>et al.</i> (2021)
Ácido <i>p</i> -cumaroilquinico	Lelli <i>et al.</i> (2021)

Ácido *o*-cumárico
Cafeato de metilo

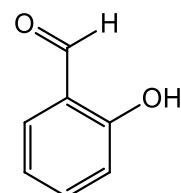
Pelvan *et al.* (2018)
Lelli *et al.* (2021)



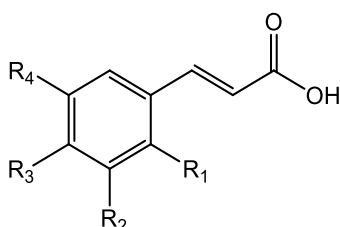
- Ácido gálico: $R_1 = H$; $R_2 = R_3 = R_4 = OH$.
- Ácido protocatéquico: $R_1 = H$; $R_2 = R_3 = OH$; $R_4 = H$.
- Ácido *p*-hidroxibenzoico: $R_1 = R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$.
- Ácido vanílico: $R_1 = H$; $R_2 = OCH_3$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$.
- Ácido salicílico: $R_1 = OH$; $R_2 = R_3 = R_4 = H$.
- Ácido sirínico: $R_1 = H$; $R_2 = OCH_3$; $R_3 = OH$; $R_4 = OCH_3$.



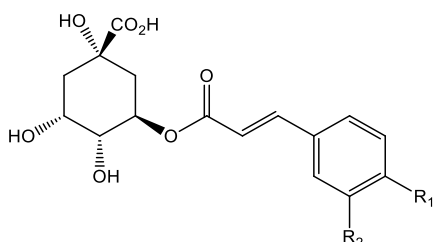
Galato de propilo



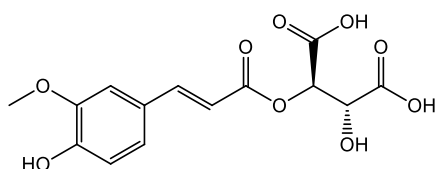
Aldehído salicílico



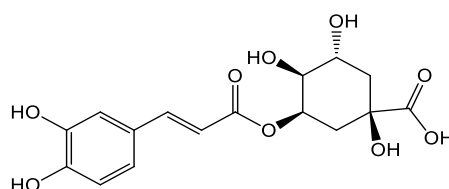
- Ácido ferúlico: $R_1 = R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = OCH_3$.
- Ácido *p*-cumárico: $R_1 = R_2 = H$; $R_3 = OH$; $R_4 = H$.
- Ácido sinápico: $R_1 = H$; $R_2 = OCH_3$; $R_3 = OH$; $R_4 = OCH_3$.
- Ácido *o*-cumárico: $R_1 = OH$; $R_2 = R_3 = R_4 = H$.



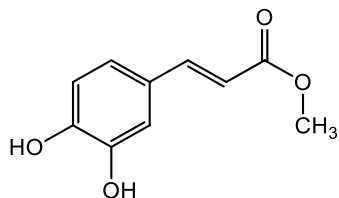
- Ácido clorogénico: $R_1 = R_2 = OH$.
- Ácido *p*-cumaroilquínico: $R_1 = OH$; $R_2 = H$.



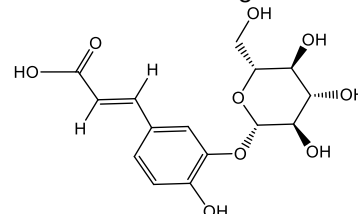
Ácido fertárico



Ácido neoclorogénico



Cafeato de metilo



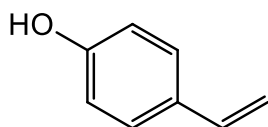
Ácido cafeico-3-glucósido

8.2. Fenoles

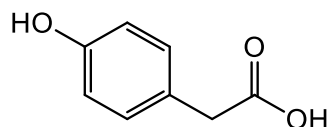
Se han identificado 2 compuestos de este tipo (tabla 8.25).

Tabla 8.25. Fenoles identificados en la piel de *Corylus avellana* L.

Compuestos	Referencia
4-hidroxiestireno	Lelli <i>et al.</i> (2021)
Ácido hidroxifenilacético	Shahidi <i>et al.</i> (2007)



4-hidroxiestireno



Ácido hidroxifenilacético

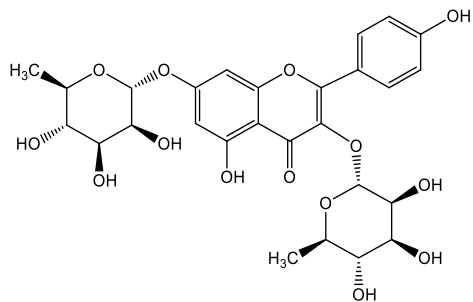
8.3. Flavonoides

La piel de avellana contiene una gran cantidad de flavonoides, siendo los flavan-3-oles, en su forma monomérica y polimérica, la subclase más abundante (del Rio *et al.*, 2011).

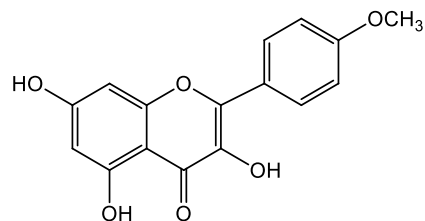
Flavonoles: Se han identificado 17 compuestos de este tipo (tabla 8.26).

Tabla 8.26. Flavonoles identificados en la piel de *Corylus avellana* L.

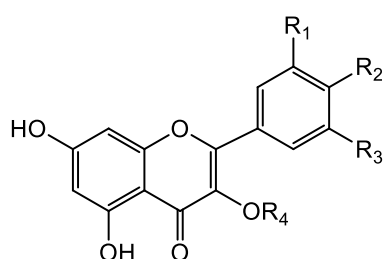
Compuestos	Referencia
Glucósidos de flavonol	
Quercetina-3-O-rutinósido (rutina)	del Rio <i>et al.</i> (2011); Ivanović <i>et al.</i> (2020); Ozyurt y Otles (2018)
Quercetina-3-O-ramnósido (quercitrina)	del Rio <i>et al.</i> (2011); Fanali <i>et al.</i> (2021); Król <i>et al.</i> (2020)
Quercetina-3-O-glucósido (isoquercitrina)	del Rio <i>et al.</i> (2011); Ozyurt y Otles (2018)
Quercetina-3-O-galactósido	Ozyurt y Otles (2018)
Isoramnetina rutinósido	del Rio <i>et al.</i> (2011); Ozyurt y Otles (2018); Pelvan <i>et al.</i> (2018)
Isoramnetina-3-O-glucósido	Ozyurt y Otles (2018)
Miricetina ramnósido	del Rio <i>et al.</i> (2011); Fanali <i>et al.</i> (2021)
Kaempferol-3-O-glucósido	Król <i>et al.</i> (2020); Lelli <i>et al.</i> (2021); Ozyurt y Otles (2018)
Kaempferol-3-O-rutinósido	Ozyurt y Otles (2018)
Kaempferitrina	Lelli <i>et al.</i> (2021)
Kaempferida	Lelli <i>et al.</i> (2021)
Agliconas de flavonol	
Miricetina	del Rio <i>et al.</i> (2011); Lelli <i>et al.</i> (2021)
Quercetina	del Rio <i>et al.</i> (2011); Fanali <i>et al.</i> (2021); Ivanović <i>et al.</i> (2020); Król <i>et al.</i> (2020)
Kaempferol	Lelli <i>et al.</i> (2021); Ozyurt y Otles (2018)
Isoramnetina	Ozyurt y Otles (2018)
Laricitrina	Lelli <i>et al.</i> (2021)
Siringetina	Lelli <i>et al.</i> (2021)



Kaempferitrina



Kaempferida

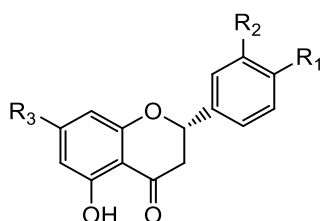


- Rutina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=OH$; R_4 = diglucósido.
- Quercitrina: $R_1=H$; $R_2=R_3=OH$; R_4 = O-ramnosa.
- Isoquercitrina: $R_1=OH$; $R_2=OH$; $R_3=H$; R_4 = O-glucosa ($C_6H_{11}O_5$).
- Quercetina-3-O-galactósido: $R_1=R_2=OH$; $R_3=H$; R_4 = O-galactósido ($C_6H_{11}O_5$).
- Isoramnetina rutinósido: $R_1=OCH_3$; $R_2=OH$; $R_3=H$; R_4 = $C_{12}H_{21}O_9$.
- Isoramnetina-3-O-glucósido: $R_1=OCH_3$; $R_2=OH$; $R_3=H$; R_4 = $C_6H_{11}O_5$.
- Miricetina ramnósido: $R_1=OH$; $R_2=OH$; $R_3=OH$; R_4 = O-ramnosa.
- Kaempferol-3-O-glucósido: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; R_4 = $C_6H_{11}O_5$.
- Kaempferol-3-O-rutinósido: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; R_4 = $C_{12}H_{21}O_9$.
- Miricetina: $R_1=OH$; $R_2=OH$; $R_3=OH$; $R_4=H$.
- Quercetina: $R_1=OH$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=H$.
- Kaempferol: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=H$.
- Isoramnetina: $R_1=OCH_3$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=H$.
- Laricitrina: $R_1=OCH_3$; $R_2=OH$; $R_3=OH$; $R_4=H$.
- Siringetina: $R_1=OCH_3$; $R_2=OH$; $R_3=OCH_3$; $R_4=H$.

Flavanonas: Se han identificado 3 compuestos de este tipo (tabla 8.27).

Tabla 8.27. Flavanonas identificados en la piel de *Corylus avellana* L.

Compuestos	Referencia
Naringenina	Ivanović <i>et al.</i> (2020); Lelli <i>et al.</i> (2021); Ozyurt y Otles (2018)
Naringenina-7-O-glucopiranósido	Lelli <i>et al.</i> (2021)
Eriodictiol	Lelli <i>et al.</i> (2021); Pelvan <i>et al.</i> (2018)

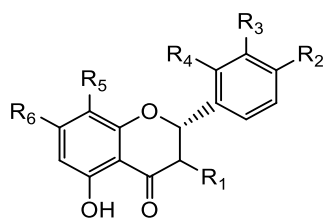


- Naringenina: $R_1=OH$; $R_2=H$; $R_3=OH$.
- Naringenina-7-O-glucopiranósido: $R_1=OH$; $R_2=H$; $R_3=O-C_6H_{11}O_5$.
- Eriodictiol: $R_1=OH$; $R_2=OH$; $R_3=OH$.

Flavonas: Se han identificado 3 compuestos de este tipo (tabla 8.28).

Tabla 8.28. Flavonas identificadas en la piel de *Corylus avellana* L.

Compuestos	Referencia
Cloroflavonina	Lelli <i>et al.</i> (2021)
Apigenina	Lelli <i>et al.</i> (2021); Król <i>et al.</i> (2020)
Vitexina	Lelli <i>et al.</i> (2021)

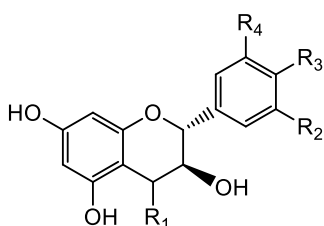


- Cloroflavonina: $R_1=OCH_3$; $R_2=H$; $R_3=Cl$; $R_4=OH$; $R_5=OCH_3$; $R_6=OCH_3$.
- Apigenina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=H$; $R_5=H$; $R_6=OH$.
- Vitexina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=H$; $R_4=H$; $R_5=C_6H_{11}O_5$; $R_6=OH$.

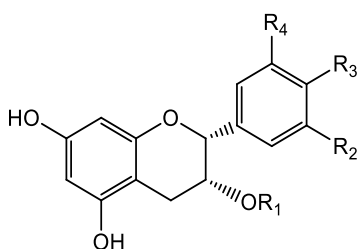
Flavan-3-oles: Se han identificado 6 compuestos de este tipo (tabla 8.29).

Tabla 8.29. Flavan-3-oles identificados en la piel de *Corylus avellana* L.

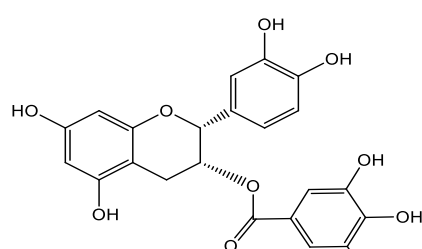
Compuestos	Referencia
(+)-Catequina	del Rio <i>et al.</i> (2011); Fanali <i>et al.</i> (2021); Lelli <i>et al.</i> (2021); Özdemir <i>et al.</i> (2014)
(-)-Epicatequina	del Rio <i>et al.</i> (2011); Fanali <i>et al.</i> (2021); Özdemir <i>et al.</i> (2014); Ozyurt y Otles (2018)
(-)-Epicatequina-3-O-galato	del Rio <i>et al.</i> (2011); Fanali <i>et al.</i> (2021); Özdemir <i>et al.</i> (2014)
(+)-Galocatequina	del Rio <i>et al.</i> (2011); Özdemir <i>et al.</i> (2014)
(-)-Epigallocatequina	del Rio <i>et al.</i> (2011); Król <i>et al.</i> (2020); Özdemir <i>et al.</i> (2014)
Leucocianidina	Lelli <i>et al.</i> (2021)



- (+) -Catequina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=OH$; $R_4=H$.
- Galocatequina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=OH$; $R_4=OH$.
- Leucocianidina: $R_1=OH$; $R_2=H$; $R_3=OH$; $R_4=OH$.



- (-) -Epicatequina: $R_1=H$; $R_2=H$; $R_3=OH$; $R_4=OH$.
- Epigallocatequina: $R_1=H$; $R_2=OH$; $R_3=OH$; $R_4=OH$.



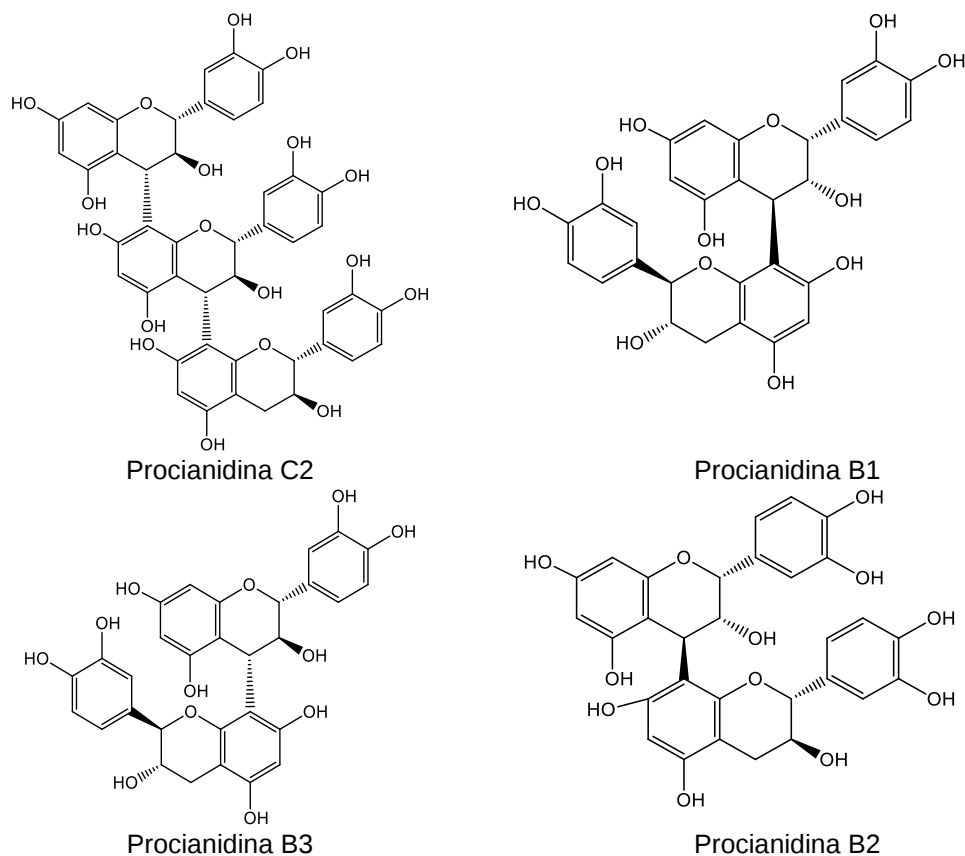
(-) -Epicatequina-3-O-galato

8.4. Proantocianidinas

Se han identificado 28 compuestos de este tipo en la piel de la avellana en forma de proantocianidinas y prodelfinidinas.

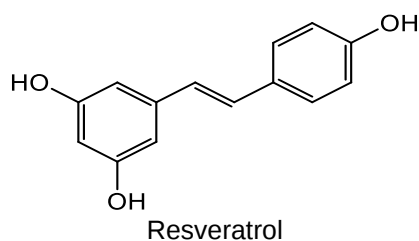
Del Rio *et al.* (2011) han identificado 9 dímeros de procianidinas tipo B, entre las que se encontraban las procianidinas B1, B2 y B3, además de 3 dímeros de galato de procianidinas y 5 trímeros de procianidinas. Un trímero fue identificado tentativamente como procianidina C2.

Fanali *et al.* (2021) han descrito la presencia de 3 trímeros de procianidinas, 1 dímero de procianidina, 3 prodelfinidinas y un dímero de galato de procianidina, en la misma línea que Del Río *et al.* (2011).



8.5. Estilbenos

Dentro de este grupo se ha identificado un sólo compuesto: resveratrol (Ivanović *et al.*, 2020).

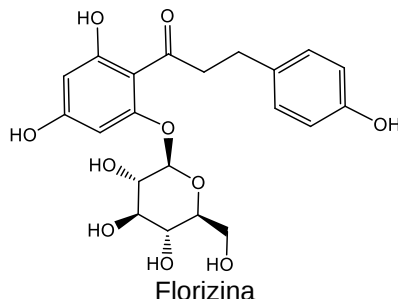


8.6. Taninos hidrolizables

Se han identificado tentativamente 10 compuestos de este tipo (Daghio *et al.*, 2021; del Río *et al.*, 2011; Pelvan *et al.*, 2018).

8.7. Chalconas

Se ha identificado una dihidrochalcona denominada floretina-2-O-glucósido, también conocida como florizina (del Rio *et al.*, 2011; Fanali *et al.*, 2021).



Del análisis de la información descrita anteriormente se puede concluir que se han identificado del orden de 89 compuestos en la piel de avellana, entre los que se encuentran: 18 ácidos fenólicos, 2 fenoles, 17 flavonoles, 3 flavanonas, 3 flavonas, 6 flavan-3-oles, 28 proantocianidinas, 1 estilbeno, 10 taninos hidrolizables y 1 chalcona., abundando los ácidos fenólicos y las proantocianidinas

Dependiendo de la variedad de avellana, entre otros factores, se ha descrito que el ácido fenólico mayoritario en la piel puede ser el ácido gálico o el ácido protocatéquico (Król *et al.*, 2020). Además, la piel de la avellana tostada contiene más ácidos fenólicos, debido a que éstos son eliminados de la piel natural durante el proceso de tostado (Pelvan *et al.*, 2018).

En cuanto al grupo de las proantocianidinas, parece claro que es necesario llevar a cabo estudios más completos de determinación estructural, que incluyan RMN, para conocer la estructura molecular de los dímeros y trímeros de procianidinas y prodelfinidinas identificados tentativamente. Precisamente, hay bastante interés en caracterizar mejor las proantocianidinas de la piel de avellana, dado que ciertos estudios epidemiológicos proponen que estos compuestos podrían reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, presentando a su vez, muchas otras propiedades beneficiosas para la salud (del Rio *et al.*, 2011).

9. CONCLUSIONES

En definitiva, como resultado de lo expuesto en las tablas de composición de las pieles de almendra, cacahuete y avellana (capítulos 6, 7 y 8) se puede concluir que la piel de la almendra es rica en flavonoides, mientras que las pieles de cacahuete y de

avellana son más ricas en ácidos fenólicos y proantocianidinas. También se puede deducir que la piel de cacahuete está comparativamente más estudiada, mientras que la piel de avellana es la menos estudiada de las tres.

También habría que indicar que, a pesar de que la piel de un fruto seco representa en peso una mínima parte del mismo, en ella se localizan gran parte de los compuestos fenólicos, convirtiendo a este subproducto agroalimentario en una materia prima de interés.

Hay que indicar también que un buen porcentaje de los trabajos publicados sobre piel de almendra, cacahuete y avellana identifican los componentes presentes de forma tentativa, siendo aconsejable profundizar en la caracterización completa de alguna de las familias descritas, entre las que podemos destacar las proantocianidinas, cuya bioactividad está siendo objeto de estudio y de interés en los últimos años.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Alasalvar, C., Karamać, M., Kosińska, A., Rybarczyk, A., Shahidi, F., & Amarowicz, R. (2009). Antioxidant activity of hazelnut skin phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(11), 4645–4650. <https://doi.org/10.1021/jf900489d>
- Albergamo, A., Salvo, A., Carabetta, S., Arrigo, S., di Sanzo, R., Costa, R., Dugo, G., & Russo, M. (2021). Development of an antioxidant formula based on peanut by-products and effects on sensory properties and aroma stability of fortified peanut snacks during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(2), 638–647. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10676>
- Appeldoorn, M. M., Sanders, M., Vincken, J. P., Cheynier, V., le Guernevé, C., Hollman, P. C. H., & Gruppen, H. (2009). Efficient isolation of major procyanidin A-type dimers from peanut skins and B-type dimers from grape seeds. *Food Chemistry*, 117(4), 713–720. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.047>
- Arráez-Román, D., Fu, S., Sawalha, S. M. S., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2010). HPLC/CE-ESI-TOF-MS methods for the characterization of polyphenols in almond-skin extracts. *Electrophoresis*, 31(13), 2289–2296. <https://doi.org/10.1002/elps.200900679>
- Aguilera, Y., Benítez, V., Esteban, R., López-Andréu, F., Mollá, E. and Martín-Cabrejas, M. (2022). *An Overview of Peanuts and Their By-Products: Production*

- and Chemical Composition. En I.L. Expósito & A.B. Blazquez (Eds.), Peanuts Bioactivities and Allergies (pp. 3-20). Nova Science Publishers, Inc.*
- Almendrave, Agrupación de Exportadores de Almendra y Avellana de España.
<https://www.almendrave.com/el-sector/la-avellana-espanola> (consultado el 22-05-2022).
- Barral-Martinez, M., Fraga-Corral, M., Garcia-Perez, P., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. (2021). Almond by-products: Valorization for sustainability and competitiveness of the industry. In *Foods* (Vol. 10, Issue 8). MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/foods10081793>
- Barreca, D., Nabavi, S. M., Sureda, A., Rasekhian, M., Raciti, R., Silva, A. S., Annunziata, G., Arnone, A., Tenore, G. C., Süntar, İ., & Mandalari, G. (2020). Almonds (*Prunus dulcis* Mill. D. A. webb): A source of nutrients and health-promoting compounds. In *Nutrients* (Vol. 12, Issue 3). MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/nu12030672>
- Bartolomé, B., Monagas, M., Garrido, I., Gómez-Cordovés, C., Martín-Álvarez, P. J., Lebrón-Aguilar, R., Urpí-Sardà, M., Llorach, R., & Andrés-Lacueva, C. (2010). Almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb) polyphenols: From chemical characterization to targeted analysis of phenolic metabolites in humans. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 501(1), 124–133.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.abb.2010.03.020>
- Bisignano, C., Mandalari, G., Smeriglio, A., Trombetta, D., Pizzo, M. M., Pennisi, R., & Sciortino, M. T. (2017). Almond skin extracts abrogate HSV-1 replication by blocking virus binding to the cell. *Viruses*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/v9070178>
- Bodoira, R., & Maestri, D. (2020). Phenolic Compounds from Nuts: Extraction, Chemical Profiles, and Bioactivity. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 68, Issue 4, pp. 927–942). American Chemical Society.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07160>
- Bodoira, R., Rossi, Y., Montenegro, M., Maestri, D., & Velez, A. (2017). Extraction of antioxidant polyphenolic compounds from peanut skin using water-ethanol at high pressure and temperature conditions. *Journal of Supercritical Fluids*, 128, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.05.011>

- Bolling, B. W. (2017). Almond Polyphenols: Methods of Analysis, Contribution to Food Quality, and Health Promotion. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 16, Issue 3, pp. 346–368). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12260>
- Bottone, A., Cerulli, A., Durso, G., Masullo, M., Montoro, P., Napolitano, A., & Piacente, S. (2019). Plant Specialized Metabolites in Hazelnut (*Corylus avellana*) Kernel and Byproducts: An Update on Chemistry, Biological Activity, and Analytical Aspects. *Planta Medica*, 85(11–12), 840–855. <https://doi.org/10.1055/a-0947-5725>
- Botanical. Características de los cacahuetes. <https://www.botanical-online.com/alimentos/cacahuetes-caracteristicas> (consultado el 22-05-2022)
- Caimari, A., Puiggròs, F., Suárez, M., Crescenti, A., Laos, S., Ruiz, J. A., Alonso, V., Moragas, J., del Bas, J. M., & Arola, L. (2015). The intake of a hazelnut skin extract improves the plasma lipid profile and reduces the lithocholic/deoxycholic bile acid faecal ratio, a risk factor for colon cancer, in hamsters fed a high-fat diet. *Food Chemistry*, 167, 138–144. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.072>
- Campione, A., Natalello, A., Valenti, B., Luciano, G., Rufino-Moya, P. J., Avondo, M., Morbidini, L., Pomente, C., Krol, B., Wilk, M., Migdal, P., & Pauselli, M. (2020). Effect of feeding hazelnut skin on animal performance, milk quality, and rumen fatty acids in lactating ewes. *Animals*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/ani10040588>
- Chang, M., Sun, X., Guo, X., Bai, H., Liu, R., Jin, Q., & Wang, X. (2020). Composition and antioxidant study of procyanidins from peanut skins. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(5), 2781–2789. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00523-z>
- Chen, Z. L., Chen, W. J., Chen, H., Zhou, Y. Y., Tang, M. Q., Fu, M. Q., & Jin, X. F. (2013). *Prunus pananensis* (Rosaceae), a New Species from Pan'an of Central Zhejiang, China. *PLoS ONE*, 8(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054030>
- Contini, M., Frangipane, M. T., & Massantini, R. (2011). Antioxidants in Hazelnuts (*Corylus avellana* L.). In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 611–625). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10072-6>

- Campêlo, *, & Silva. (2019). Natural products in food preservation. In *International Food Research Journal* (Vol. 26, Issue 1).
- Daghio, M., Viti, C., Mannelli, F., Pauselli, M., Natalello, A., Luciano, G., Valenti, B., & Buccioni, A. (2021). A diet supplemented with hazelnut skin changes the microbial community composition and the biohydrogenation pattern of linoleic acid in the rumen of growing lambs. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 1256–1263. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1955020>
- de Camargo, A. C., Regitano-d'Arce, M. A. B., Gallo, C. R., & Shahidi, F. (2015a). Gamma-irradiation induced changes in microbiological status, phenolic profile and antioxidant activity of peanut skin. *Journal of Functional Foods*, 12, 129–143. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.10.034>
- de Camargo, A. C., Regitano-d'Arce, M. A. B., Gallo, C. R., & Shahidi, F. (2015b). Gamma-irradiation induced changes in microbiological status, phenolic profile and antioxidant activity of peanut skin. *Journal of Functional Foods*, 12, 129–143. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.10.034>
- de Camargo, A. C., Regitano-d'Arce, M. A. B., Rasera, G. B., Canniatti-Brazaca, S. G., do Prado-Silva, L., Alvarenga, V. O., Sant'Ana, A. S., & Shahidi, F. (2017). Phenolic acids and flavonoids of peanut by-products: Antioxidant capacity and antimicrobial effects. *Food Chemistry*, 237, 538–544. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.046>
- Dean, L. L. (2020). Extracts of peanut skins as a source of bioactive compounds: Methodology and applications. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 23, pp. 1–26). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app10238546>
- del Rio, D., Calani, L., Dall'Asta, M., & Brighenti, F. (2011). Polyphenolic Composition of Hazelnut Skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(18), 9935–9941. <https://doi.org/10.1021/jf202449z>
- Dudek, M. K., Gliński, V. B., Davey, M. H., Sliva, D., Kaźmierski, S., & Gliński, J. A. (2017). Trimeric and Tetrameric A-Type Procyanidins from Peanut Skins. *Journal of Natural Products*, 80(2), 415–426. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.6b00946>
- Elsorady, *, & Ali. (2018). Antioxidant activity of roasted and unroasted peanut skin extracts. In *International Food Research Journal* (Vol. 25, Issue 1).

- Esfahlan, A. J., Jamei, R., & Esfahlan, R. J. (2010). The importance of almond (*Prunus amygdalus* L.) and its by-products. In *Food Chemistry* (Vol. 120, Issue 2, pp. 349–360). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.063>
- España abastecerá de cacahuètes a Europa. (04/10/2012). *ABC*. Recuperado de https://www.abc.es/economia/abci-cacahuètes-espana-201210050000_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Feconomia%2Fabci-cacahuètes-espana-201210050000_noticia.html
- Fanali, C., Gallo, V., Posta, S. della, Dugo, L., Mazzeo, L., Cocchi, M., Piemonte, V., & de Gara, L. (2021). Choline chloride–lactic acid-based NADES as an extraction medium in a response surface methodology-optimized method for the extraction of phenolic compounds from hazelnut skin. *Molecules*, 26(9). <https://doi.org/10.3390/molecules26092652>
- Francisco, M. L. d. L., & Resurreccion, A. V. A. (2009). Development of a reversed-phase high performance liquid chromatography (RP-HPLC) procedure for the simultaneous determination of phenolic compounds in peanut skin extracts. *Food Chemistry*, 117(2), 356–363. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.110>
- Garcia-Perez, P., Xiao, J., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Rajoka, M. S. R., Barros, L., Mascoloti Sprea, R., Amaral, J. S., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2021). Revalorization of almond by-products for the design of novel functional foods: An updated review. In *Foods* (Vol. 10, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/foods10081823>
- Garrido, I., Monagas, M., Gómez-Cordovés, C., & Bartolomé, B. (2008). Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: Influence of industrial processing. *Journal of Food Science*, 73(2). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00637.x>
- Gradziel, T. M. (2009). Almond (*Prunus dulcis*) breeding. In *Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species* (pp. 1–31). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71203-1_1
- Hamed, A. M., Taha, S. H., Darwish, A. A., & Aly, E. (2021). Antioxidant activity and some quality characteristics of buffalo yoghurt fortified with peanut skin extract

- powder. *Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 2431–2440.
<https://doi.org/10.1007/s13197-020-04835-2>
- Huang, S. C., Yen, G. C., Chang, L. W., Yen, W. J., & Duh, P. der. (2003). Identification of an antioxidant, ethyl protocatechuate, in peanut seed testa. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2380–2383.
<https://doi.org/10.1021/jf0210019>
- Ivanović, S., Avramović, N., Dojčinović, B., Trifunović, S., Novaković, M., Tešević, V., & Mandić, B. (2020). Chemical composition, total phenols and flavonoids contents and antioxidant activity as nutritive potential of roasted hazelnut skins (*Corylus avellana* L.). *Foods*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040430>
- Ignasis, I. (28/01/2021). La situación del avellano en España. Agromillora.
<https://www.agromillora.com/olint/la-situacion-del-cultivo-del-avellano-en-espana/>
- Joseph J. Karchesy, & Richard W. Hemingway. (1986). *Condensed Tannins in Arachis hypogaea*.
- Kanlayavattanakul, M., & Lourith, N. (2018). Plants and Natural Products for the Treatment of Skin Hyperpigmentation - A Review. In *Planta Medica* (Vol. 84, Issue 14, pp. 988–1006). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/a-0583-0410>
- Karimi, Z., Firouzi, M., Dadmehr, M., Javad-Mousavi, S. A., Bagheriani, N., & Sadeghpour, O. (2021). Almond as a nutraceutical and therapeutic agent in Persian medicine and modern phytotherapy: A narrative review. In *Phytotherapy Research* (Vol. 35, Issue 6, pp. 2997–3012). John Wiley and Sons Ltd.
<https://doi.org/10.1002/ptr.7006>
- Kim, M. Y., Kim, H. J., Lee, Y. Y., Kim, M. H., Lee, J. Y., Kang, M. S., Koo, B. C., & Lee, B. W. (2021). Antioxidant and anti-inflammatory effects of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) skin extracts of various cultivars in oxidative-damaged HepG2 cells and LPS-induced raw 264.7 macrophages. *Food Science and Nutrition*, 9(2), 973–984. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2064>
- Król, K., Gantner, M., Piotrowska, A., & Hallman, E. (2020). Effect of climate and roasting on polyphenols and tocopherols in the kernels and skin of six hazelnut

- cultivars (*Corylus avellana* L.). *Agriculture (Switzerland)*, 10(2).
<https://doi.org/10.3390/agriculture10020036>
- Kyei, S. K., Eke, W. I., Abdul-Karim, H., Darko, G., & Akaranta, O. (2021). Phytochemicals from Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Skin Extract with Potential for Pharmacological Activity. *Current Bioactive Compounds*, 17(9).
<https://doi.org/10.2174/1573407217666210202092052>
- Lainas, K., Alasalvar, C., & Bolling, B. W. (2016). Effects of roasting on proanthocyanidin contents of Turkish Tombul hazelnut and its skin. *Journal of Functional Foods*, 23, 647–653. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.03.029>
- Larrauri, M., Zunino, M. P., Zygodlo, J. A., Grosso, N. R., & Nepote, V. (2016). Chemical characterization and antioxidant properties of fractions separated from extract of peanut skin derived from different industrial processes. *Industrial Crops and Products*, 94, 964–971. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.066>
- Lelli, V., Molinari, R., Merendino, N., & Timperio, A. M. (2021). Detection and comparison of bioactive compounds in different extracts of two hazelnut skin varieties, tonda gentile romana and tonda di giffoni, using a metabolomics approach. *Metabolites*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/metabo11050296>
- Lewis, W. E., Harris, G. K., Sanders, T. H., White, B. L., & Dean, L. L. (2013). Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects of Peanut Skin Extracts. *Food and Nutrition Sciences*, 04(08), 22–32. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.48a003>
- Lorenzo, J. M., Muneke, P. E. S., Sant'Ana, A. S., Carvalho, R. B., Barba, F. J., Toldrá, F., Mora, L., & Trindade, M. A. (2018). Main characteristics of peanut skin and its role for the preservation of meat products. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 77, pp. 1–10). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.007>
- Lou H. (2001). *Alkaloids and Flavonoids from peanut skin*.
- Lou, H., Yamazaki, Y., Sasaki, T., Uchida, M., Tanaka, H., & Oka, S. (1998). A-type proanthocyanidins from peanut skins.
- Lou, H., Yuan, H., Ma, B., Ren, D., Ji, M., & Oka, S. (2004). Polyphenols from peanut skins and their free radical-scavenging effects. *Phytochemistry*, 65(16), 2391–2399. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.06.026>
- Martínez, A. (2020). *Química de Productos Naturales*. <https://pxhere.com/>

- Ma, Y., Kosińska-Cagnazzo, A., Kerr, W. L., Amarowicz, R., Swanson, R. B., & Pegg, R. B. (2014a). Separation and characterization of phenolic compounds from dry-blanching peanut skins by liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1356, 64–81.
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.06.027>
- Ma, Y., Kosińska-Cagnazzo, A., Kerr, W. L., Amarowicz, R., Swanson, R. B., & Pegg, R. B. (2014b). Separation and characterization of phenolic compounds from dry-blanching peanut skins by liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1356, 64–81.
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.06.027>
- Mandalari, G., Tomaino, A., Arcoraci, T., Martorana, M., Turco, V. Io, Cacciola, F., Rich, G. T., Bisignano, C., Saija, A., Dugo, P., Cross, K. L., Parker, M. L., Waldron, K. W., & Wickham, M. S. J. (2010). Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from almond skins (*Amygdalus communis* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(2), 166–174.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.015>
- Meng, W., Shi, J., Zhang, X., Lian, H., Wang, Q., & Peng, Y. (2020). Effects of peanut shell and skin extracts on the antioxidant ability, physical and structure properties of starch-chitosan active packaging films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 152, 137–146.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.235>
- Mingrou, L., Guo, S., Ho, C. T., & Bai, N. (2022). Review on chemical compositions and biological activities of peanut (*Arachis hypogaea* L.). In *Journal of Food Biochemistry*. John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14119>
- Mirrahimi, A., Srichaikul, K., Esfahani, A., Banach, M. S., Sievenpiper, J. L., Kendall, C. W. C., & Jenkins, D. J. A. (2011). Almond (*Prunus dulcis*) Seeds and Oxidative Stress. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 161–166). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10018-0>
- Monagas, M., Garrido, I., Lebrón-Aguilar, R., Bartolome, B., & Gómez-Cordovés, C. (2007). Almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb) Skins as a Potential Source of Bioactive Polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8498–8507. <https://doi.org/10.1021/jf071780z>

- Munekata, P. E. S., Domínguez, R., Campagnol, P. C. B., Franco, D., Trindade, M. A., & Lorenzo, J. M. (2017). Effect of natural antioxidants on physicochemical properties and lipid stability of pork liver pâté manufactured with healthy oils during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*, 54(13), 4324–4334. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2903-2>
- Munekata, P. E. S., Paseto Fernandes, R. de P., de Melo, M. P., Trindade, M. A., & Lorenzo, J. M. (2016). Influence of peanut skin extract on shelf-life of sheep patties. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(7), 586–596. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.05.002>
- Musarra-Pizzo, M., Ginestra, G., Smeriglio, A., Pennisi, R., Sciortino, M. T., & Mandalari, G. (2019). The Antimicrobial and Antiviral Activity of Polyphenols from Almond (*Prunus dulcis* L.) Skin. *Nutrients*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/nu11102355>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
<https://www.mapa.gob.es/es/buscador/> (consultado el 21/05/2022)
- Oldoni, T. L. C., Melo, P. S., Massarioli, A. P., Moreno, I. A. M., Bezerra, R. M. N., Rosalen, P. L., da Silva, G. V. J., Nascimento, A. M., & Alencar, S. M. (2016). Bioassay-guided isolation of proanthocyanidins with antioxidant activity from peanut (*Arachis hypogaea*) skin by combination of chromatography techniques. *Food Chemistry*, 192, 306–312. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.004>
- Özdemir, K. S., Yilmaz, C., Durmaz, G., & Gokmen, V. (2014). Hazelnut skin powder: A new brown colored functional ingredient. *Food Research International*, 65(PB), 291–297. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.060>
- Ozyurt, V. H., & Otles, S. (2018). Hazelnut testa as a by-product: Nutritional composition, antioxidant activity, phenolic compound profile and dietary fiber content. *Ankara Universitesi Eczacilik Fakultesi Dergisi*, 42(3), 38–57. https://doi.org/10.1501/Eczfak_0000000611
- Pasqualone, A., Laddomada, B., Boukid, F., de Angelis, D., & Summo, C. (2020). Use of almond skins to improve nutritional and functional properties of biscuits: An example of upcycling. *Foods*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/foods9111705>
- Pelvan, E., Olgun, E. Ö., Karadağ, A., & Alasalvar, C. (2018). Phenolic profiles and antioxidant activity of Turkish Tombul hazelnut samples (natural, roasted, and

- roasted hazelnut skin). *Food Chemistry*, 244, 102–108.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.011>
- Peng, J., Jia, Y., Du, X., Wang, Y., Yang, Z., & Li, K. (2019). Study of physicochemical stability of anthocyanin extracts from black peanut skin and their digestion enzyme and adipogenesis inhibitory activities. *LWT*, 107, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.016>
- Prgomet, I., Goncalves, B., Domínguez-Perles, R., Pascual-Seva, N., & Barros, A. I. R. N. A. (2017). Valorization challenges to almond residues: Phytochemical composition and functional application. In *Molecules* (Vol. 22, Issue 10). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules22101774>
- Peñarrieta, J. M., Tejada, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014). PHENOLIC COMPOUNDS IN FOOD ‡. In *Bolivian Journal of Chemistry* (Vol. 31, Issue 2).
<http://www.bolivianchemistryjournal.org>, <http://www.scribd.com/bolivianjournalofchemistry>
- Qureshi, M. N., Numonov, S., Abudurexiti, A., & Aisa, H. A. (2016). Phytochemical investigations and evaluation of antidiabetic potential of *Prunus dulcis* nuts. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 311–317.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.076>
- Reed, K. A., Duncan, S., Mallikarjunan, K., & Marcy, J. (2009). *Identification of Phenolic Compounds from Peanut Skin using HPLC-MS n*.
- Shahidi, F., Alasalvar, C., & Liyana-Pathirana, C. M. (2007). Antioxidant Phytochemicals in Hazelnut Kernel (*Corylus avellana* L.) and Hazelnut Byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(4), 1212–1220.
<https://doi.org/10.1021/jf062472o>
- Smeriglio, A., Mandalari, G., Bisignano, C., Filocamo, A., Barreca, D., Bellocco, E., & Trombetta, D. (2016). Polyphenolic content and biological properties of Avola almond (*Prunus dulcis* Mill. D.A. Webb) skin and its industrial byproducts. *Industrial Crops and Products*, 83, 283–293.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.089>

- Taş, N. G., & Gökmen, V. (2017). Phenolic compounds in natural and roasted nuts and their skins: a brief review. In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 14, pp. 103–109). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.03.001>
- Tatsuno, T., Jinno, M., Arima, Y., Kawabata, T., Hasegawa, T., Yahagi, N., Takano, F., & Ohta, T. (2012). Anti-inflammatory and Anti-melanogenic Proanthocyanidin Oligomers from Peanut Skin. In *Biol. Pharm. Bull* (Vol. 35, Issue 6).
- Toomer, O. T. (2020). A comprehensive review of the value-added uses of peanut (*Arachis hypogaea*) skins and by-products. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 60, Issue 2, pp. 341–350). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1538101>
- Urpi-Sarda, M., Garrido, I., Monagas, M., Gómez-Cordovés, C., Medina-Remón, A., Andres-Lacueva, I., & Bartolomé, B. (2009). Profile of plasma and urine metabolites after the intake of almond [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb] polyphenols in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(21), 10134–10142. <https://doi.org/10.1021/jf901450z>
- Valdés, A., Vidal, L., Beltrán, A., Canals, A., & Garrigós, M. C. (2015). Microwave-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Almond Skin Byproducts (*Prunus amygdalus*): A Multivariate Analysis Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(22), 5395–5402. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01011>
- Wijeratne, S. S. K., Abou-Zaid, M. M., & Shahidi, F. (2006). Antioxidant polyphenols in almond and its coproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(2), 312–318. <https://doi.org/10.1021/jf051692j>
- Xie, L., & Bolling, B. W. (2014). Characterisation of stilbenes in California almonds (*Prunus dulcis*) by UHPLC-MS. *Food Chemistry*, 148, 300–306. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.057>
- Yu, J., Ahmedna, M., & Goktepe, I. (2005). Effects of processing methods and extraction solvents on concentration and antioxidant activity of peanut skin phenolics. *Food Chemistry*, 90(1–2), 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.048>

- Yu, J., Ahmedna, M., & Goktepe, I. (2007). Peanut skin phenolics: Extraction, identification, antioxidant activity, and potential applications. *ACS Symposium Series*, 956, 226–241. <https://doi.org/10.1021/bk-2007-0956.ch016>
- Yu, J., Ahmedna, M., Goktepe, I., & Dai, J. (2006). Peanut skin procyanidins: Composition and antioxidant activities as affected by processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(4), 364–371. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.08.003>
- Yurttas, H. C., Schafer, H. W., & Warthesen, J. J. (2000). Antioxidant Activity of Nontocopherol Hazelnut (*Corylus* spp.) Phenolics. In 276 *JOURNAL OF FOOD SCIENCE* (Vol. 65, Issue 2).
- Zhang, H., Yerigui, Yang, Y., & Ma, C. (2013). Structures and antioxidant and intestinal disaccharidase inhibitory activities of A-type proanthocyanidins from peanut skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(37), 8814–8820. <https://doi.org/10.1021/jf402518k>
- Zhang, X., Jiang, Z., Yusupov, Z., Zhang, M., Zhang, D., Tojibaev, K., Meng, Y., & Deng, T. (2019). *Prunus sunhangii*: A new species of *Prunus* from central China. *Plant Diversity*, 41(1), 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2019.01.003>
- Zhao, Z., Wu, M., Zhan, Y., Zhan, K., Chang, X., Yang, H., & Li, Z. (2017). Characterization and purification of anthocyanins from black peanut (*Arachis hypogaea* L.) skin by combined column chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1519, 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2017.08.078>