

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA, PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS, TECNO Y FISIOFUNCIONALES Y ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE DE LOS COPRODUCTOS PROCEDENTES DEL
PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TURRÓN**

TRABAJO FIN DE GRADO

Marzo 2018

Autor: Jose Manuel Lorente Mento

Tutor: Manuel Viuda Martos

DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA, PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS, TECNO Y FISIOFUNCIONALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS COPRODUCTOS PROCEDENTES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TURRÓN

RESUMEN

Actualmente ha incrementado de manera notable la cantidad de coproductos que se generan en las industrias agroalimentarias. En el presente trabajo, los coproductos, procedentes de la industrialización de la almendra, serán evaluados mediante distintas determinaciones, con el fin de conocer su composición, propiedades y actividad antioxidante y de esta forma darles un uso secundario para que puedan ser aprovechados.

La materia prima utilizada será la piel de dos variedades distintas de almendras; Fritz y Comuna.

Palabras clave: piel de almendra, composición química, propiedades físicofuncionales, propiedades tecnofuncionales, propiedades fisiofuncionales, compuestos bioactivos y actividad antioxidante.

PHYSICO-CHEMICAL, TECHNOFUNCTIONAL, PHYSIOFUNCTIONAL AND ACTIVITY ANTIOXIDANT COPRODUCTS OBTAINED FROM TURRON ELABORATION

ABSTRACT

At present, the co-products that are produced in Agri-food industries have significantly increased. In the present work, the co-products, coming from the industrialization of the almond, will be evaluated by means of different determinations, in order to know their composition, properties and antioxidant activity. Doing this will give it a secondary form of usage so that it can be taken advantage of. The raw material used will be the skin of two different varieties of almonds; Fritz and Comuna.

Key words: almond skin, chemical composition, physical-functional properties, techno-functional properties, physiofunctional properties, bioactive compounds and antioxidant activity.

Índice general

	Página
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 Cultivo de la almendra	9
1.1.1 Definición	9
1.1.2 Origen, mitología y tradición	10
1.1.3 Variedades	12
1.1.4 Producción	13
1.1.5 Importación y exportación	19
1.1.6 La almendra en la industria alimentaria	21
1.2 Valor nutricional	22
1.3 La almendra en proceso de elaboración del turrón	24
1.4 Recuperación y uso de coproductos procedentes del procesado de alimentos	26
1.5 Fibra dietética total	29
1.6 Polifenoles	31
1.7 Actividad antioxidante	34
2. OBJETIVOS	36
3. MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1 Material vegetal	39
3.2 Composición química	39
3.2.1 Proteínas	39
3.2.2 Grasas	40
3.2.3 Contenido de humedad	40
3.2.4 Cenizas	40
3.2.5 Fibra dietética total	40
3.3 Propiedades fisicoquímicas	42
3.3.1 pH	42
3.3.2 Actividad de agua	42
3.3.3 Color	42
3.4 Propiedades tecnofuncionales	43
3.4.1 Capacidad de retención de agua	43
3.4.2 Capacidad de retención de aceite	44
3.4.3 Capacidad de hinchamiento	44
3.4.4 Capacidad emulsificante	45
3.4.5 Estabilidad de la emulsión	46

3.5 Propiedades fisiofuncionales	46
3.5.1 Capacidad de retención de bilis	46
3.5.2 Capacidad de retención de aceites y grasas	47
3.6 Determinación de compuestos bioactivos	48
3.6.1 Extracción	48
3.6.2 Contenido en fenoles totales	48
3.6.3 Contenido en flavonoides totales	49
3.6.4 Contenido de taninos totales	50
3.6.5 Perfil de ácidos orgánicos y azúcares	51
3.6.5.1 Obtención de las muestras procedentes de las pieles de almendras	51
3.6.5.2 Análisis mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)	52
3.7 Actividad antioxidante	52
3.7.1 DPPH	52
3.7.2 FRAP	53
3.7.3 FIC	54
3.7.4 ABTS	55
3.7.5 RANCIMAT	56
3.7.6 Análisis estadístico	57
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
4.1 Composición química	59
4.2 Propiedades fisicoquímicas	63
4.3 Propiedades tecnofuncionales	65
4.4 Perfil de ácidos orgánicos y azúcares	70
4.5 Propiedades fisiofuncionales	71
4.6 Contenido en fenoles, flavonoides y taninos totales	73
4.7 Actividad antioxidante	76
5. CONCLUSIONES	80
6. BIBLIOGRAFÍA	83

Índice de tablas

	Página
Tabla 1: Principales variedades de almendras con cáscara cultivadas en el mundo	12
Tabla 2: Composición nutricional de la almendra cruda con piel	23
Tabla 3: Principales constituyentes de la fibra dietética	30
Tabla 4: Composición química de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón	59
Tabla 5: Propiedades fisicoquímicas de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón	64
Tabla 6: Propiedades tecnofuncionales de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón	65
Tabla 7: Perfil de ácidos orgánicos y azúcares de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón	70
Tabla 8: Propiedades fisiofuncionales de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón	71
Tabla 9: Contenido en fenoles, flavonoides y taninos totales de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón	73
Tabla 10: Actividad antioxidante de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón	76

Índice de figuras

	Página
Figura 1: Almendra con cáscara	9
Figura 2: Evolución de la producción de almendra con cáscara desde el año 2005 al año 2014 a nivel mundial. Expresado en millones de toneladas	13
Figura 3: Continentes productores de almendra con cáscara. Expresado en % de producción	14
Figura 4: Principales países productores de almendra con cáscara a nivel mundial desde el año 2005 al año 2014. Expresado en millones de toneladas	14
Figura 5: Evolución de la producción de almendra con cáscara desde el año 2005 al año 2014 a nivel europeo. Expresado en miles de toneladas	15
Figura 6: Países productores de almendra con cáscara en Europa. Expresado en % de producción	16
Figura 7: Principales países productores de almendra con cáscara a nivel europeo desde el año 2005 al año 2014. Expresado en toneladas	16
Figura 8: Evolución de la producción de almendra con cáscara desde el año 2005 al año 2014 a nivel nacional. Expresado en toneladas	17
Figura 9: Comunidades Autónomas productoras de almendra con cáscara. Expresado en % de producción	18
Figura 10: Principales Comunidades Autónomas productoras de almendra con cáscara a nivel nacional desde el año 2005 al año 2014. Expresado en toneladas	18
Figura 11: Toneladas de almendras exportadas/importadas a nivel nacional en el año 2014. Expresado en toneladas	20
Figura 12: Geolocalización de las principales industrias procesadoras de almendras con cáscara en España	22
Figura 13: Distribución de la energía total de la almendra con cáscara. Expresado en %	24
Figura 14: Diagrama de flujo de elaboración del turrón de Jijona con almendra sin piel	25
Figura 15: Diagrama de sinergia de coproductos	26
Figura 16: Estructura química de los diferentes compuestos polifenólicos presentes en la almendra con piel	32
Figura 17: Acción de los radicales libres sobre las células	35
Figura 18: Harina de las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna	39

1. INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Cultivo de la almendra

1.1.1 DEFINICIÓN

La almendra es el fruto del almendro (*Prunus amygdalus*), árbol que pertenece a la familia de las rosáceas. Se trata de un fruto de cáscara un tanto dura y quebradiza de color marrón-beige, cuya semilla es la parte comestible [FAOSTAT, \(2017\)](#). Tiene forma de lágrima aplanada, y mide de 1 a 2 cm de largo aproximadamente (Figura 1).



Figura 1: Almendra con cáscara

La almendra nace del almendro, un árbol que puede incluso alcanzar hasta 10 metros de altura, dependiendo de la variedad, y cuyas flores pueden ser de color blanco, rosado o blanco-rosáceo.

Dependiendo de las variedades, las almendras pueden ser dulces o amargas, su sabor varía desde el suave lechoso hasta el amargo seco. Las almendras dulces, a diferencia de las amargas, son las que se consumen como fruto seco y comprenden dos variedades, de cáscara blanda y de cáscara dura. En cambio, todas las almendras amargas tienen cáscara dura. Aparentemente no se diferencian unas de otras, salvo en su tamaño, que es ligeramente mayor en las almendras dulces [FAOSTAT, \(2017\)](#). Sí existe una clara diferencia en su sabor, ya que las almendras amargas, como su propio nombre indica, presentan un fuerte sabor amargo.

1.1.2 ORIGEN, MITOLOGÍA Y TRADICIÓN

El almendro es una especie típicamente mediterránea condicionada por este tipo de clima (inviernos suaves y húmedos y veranos secos y calurosos). Esta es la razón por la cual su cultivo se encuentra localizado en la cuenca mediterránea, Oriente Medio, California y Australia, donde se cultiva casi toda la totalidad de la producción mundial. También existen pequeñas producciones en Sud-América y Asia [Muncharaz, \(2004\)](#).

Se considera que el almendro se viene utilizando en la alimentación humana desde hace 4000 o 5000 años [Muncharaz, \(2004\)](#). En principio, el consumo se realizaba por recolección de las especies silvestres, más tarde, por siembra y cultivo de los mejores ejemplares.

La especie es originaria de las zonas montañosas de Asia Occidental y Central (Azerbaiján, Turquistán, Uzbekistán, Afganistán, etc...). Los expertos se decantan entre dos opciones que tratan de explicar el origen de la especie. La primera teoría considera a *Prunus dulcis* como una especie espontánea [Muncharaz, \(2017\)](#). La segunda teoría considera que *Prunus dulcis* es un híbrido de dos especies silvestres.

El almendro se difunde por la cuenca mediterránea por cuatro corrientes diferentes: fenicios, griegos, romanos y árabes. Parece ser que las primeras semillas fueron introducidas por los fenicios hace unos 2000 años A.C.

Los griegos fueron los primeros en cultivar la especie pero es durante el Imperio Romano cuando hay un mayor impulso y su mayor difusión por toda la cuenca del Mediterráneo [Muncharaz, \(2004\)](#).

La etimología del nombre castellano hoy usual, almendra, viene del término de origen semítico, concretamente sirio, "ha-migdala" que significa "árbol hermoso", de ahí pasó al griego y en su latinización (amyndala que por su

parte es una variación de amygdala) quedó como "amígdala", la versión arabizada de dicha palabra, mandorla, da lugar a la actual, almendra.

A lo largo de la historia, las almendras han tenido un significado religioso, étnico y social [Muncharaz, \(2004\)](#). Conocida como "la reina de la rosas", en la Edad Media los sirvientes la incluían en los banquetes de los reyes para favorecer su digestión y, así, su indulgencia. Pero mucho antes ya formaba parte de la dieta de la España musulmana, junto con avellanas, nueces, castañas e higos que jugaban un papel importante en la alimentación durante los meses de invierno.

Para la tradición judía, la almendra generalmente representa a lo escondido, lo desconocido tras una corteza dura. Descubrir la almendra, y comerla, tiene por significado descubrir un secreto, participar de él. Por la base de un almendro se penetra a la ciudad misteriosa de luz la cual es una estancia de la inmortalidad. Almendra se dice "luz" en hebreo, palabra cuya raíz está ligada a las ideas de cubierto, oculto, envuelto, secreto [Muncharaz, \(2004\)](#).

En la religión cristiana, heredera de la simbología hebrea, la almendra desempeña un papel esencial representando a Jesucristo, porque su naturaleza divina está oculta en su semblante humano. Podría ser ésta, la razón por la que se utiliza este fruto en abundancia en los dulces navideños, cuando Dios nace como hombre.

Durante el reinado árabe en Granada, cuentan que el califa Abderramán III en honor a su esposa favorita llamada Zhara y al parecer de origen granadino, viéndola triste, le preguntó lo que le ocurría, a lo que ella contestó que echaba de menos las sierras nevadas de Granada [Muncharaz, \(2004\)](#). Entonces el califa mandó construir la ciudad palaciega de Medinat al-Zahra y plantar en la falda de las montañas de sus alrededores almendros para que cuando estuvieran en flor pareciese que había nevado.

1.1.3 VARIEDADES

Existen cerca de 100.000 variedades distintas de almendras en todo el mundo aunque en la siguiente tabla se representan las más cultivadas a nivel mundial (Tabla 1).

Tabla 1: Principales variedades de almendra con cáscara cultivadas en el mundo

ALMENDRA	ORIGEN
SONORA	ESTADOS UNIDOS
NON-PAREIL	ESTADOS UNIDOS
CARMEL	ESTADOS UNIDOS
DESMAYO LARGUETA	ESPAÑA
TEXAS	ESTADOS UNIDOS
RUBY	ESTADOS UNIDOS
MONTERREY	ESTADOS UNIDOS
TUONO	ITALIA
FERRAGNÉS	FRANCIA
CASA NOVA	PORTUGAL
PARADA	PORTUGAL
MOLLAR DE TARRAGONA	ESPAÑA
BUTTE	ESTADOS UNIDOS
PRICE	ESTADOS UNIDOS
FRITZ	ESTADOS UNIDOS
THOMPSON	ESTADOS UNIDOS
GUARA	FRANCIA
MARCONA	ESPAÑA
COMUNA	ESPAÑA

Fuente: FAOSTAT

1.1.4 PRODUCCIÓN

En la figura 2 se muestra la producción de almendra con cáscara a nivel mundial en el periodo comprendido entre el año 2005 y 2014. La producción se expresa en millones de toneladas FAOSTAT, (2017).

Como se observa la producción ha ido aumentando de manera notable, siendo el año 2011 como el año en el que mayor producción se obtuvo. A partir de entonces la producción ha ido decreciendo.

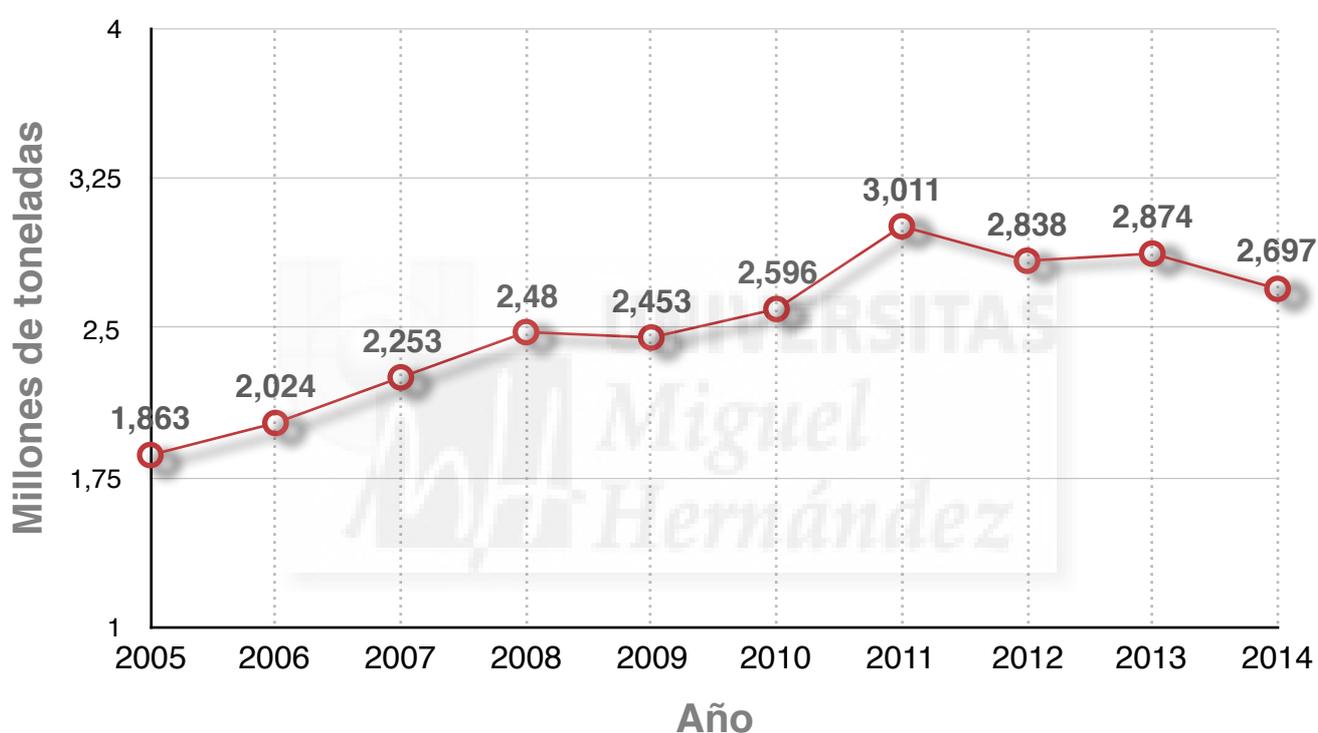
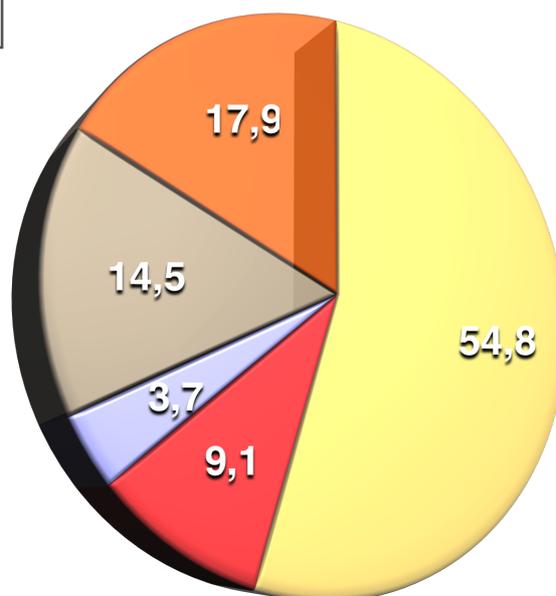


Figura 2: Evolución de la producción de almendra con cáscara desde el año 2005 al año 2014 a nivel mundial. Expresado en millones de toneladas. Fuente: FAOSTAT

En la figura 3 se muestran los continentes productores de almendra con cáscara a nivel mundial en el periodo comprendido entre 2005 y 2014. Expresado en % de producción FAOSTAT, (2017).

América es el principal continente productor de almendra con cáscara, seguido de Asia. Sin embargo, Oceanía representa el continente con menor producción.

Promedio 2005-2014



● América ● África ● Oceanía ● Europa ● Asia

Figura 3: Continentes productores de almendra con cáscara. Expresado en % de producción. Fuente: FAOSTAT

En la figura 4 se muestran los principales países productores de almendra con cáscara a nivel mundial en el periodo comprendido entre el año 2005 y 2014. La cantidad se expresa en millones de toneladas FAOSTAT, (2017).

Estados Unidos es el país que más cantidad de almendra con cáscara produjo seguido de España.

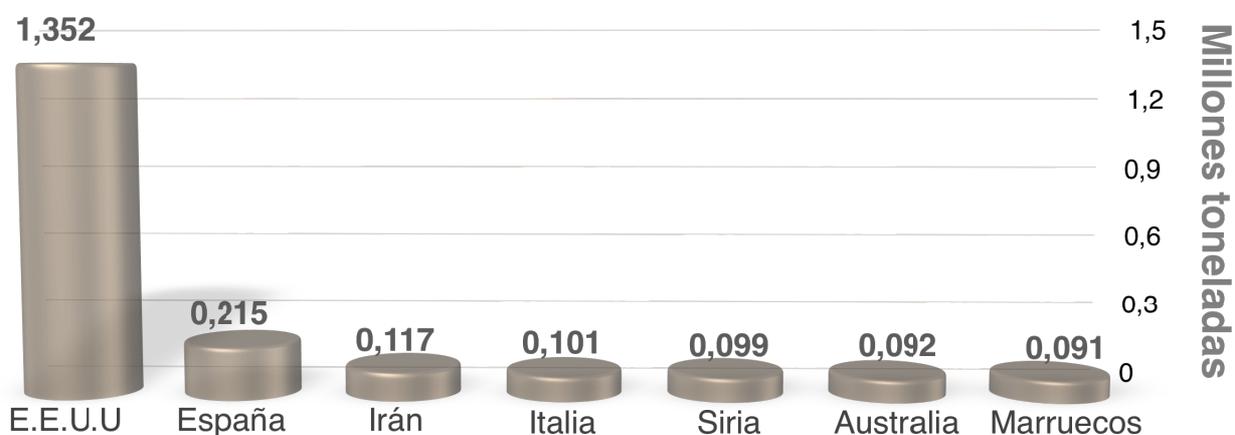


Figura 4: Principales países productores de almendra con cáscara a nivel mundial desde el año 2005 al año 2014. Expresado en millones de toneladas. Fuente: FAOSTAT

En la figura 5 se muestra la producción de almendra con cáscara a nivel europeo en el periodo comprendido entre el año 2005 y 2014. La producción se expresa en miles de toneladas FAOSTAT, (2017).

Como se observa, a nivel general, la producción ha ido disminuyendo, aunque el año 2006 destaca por ser el año en el que mayor producción se obtuvo.

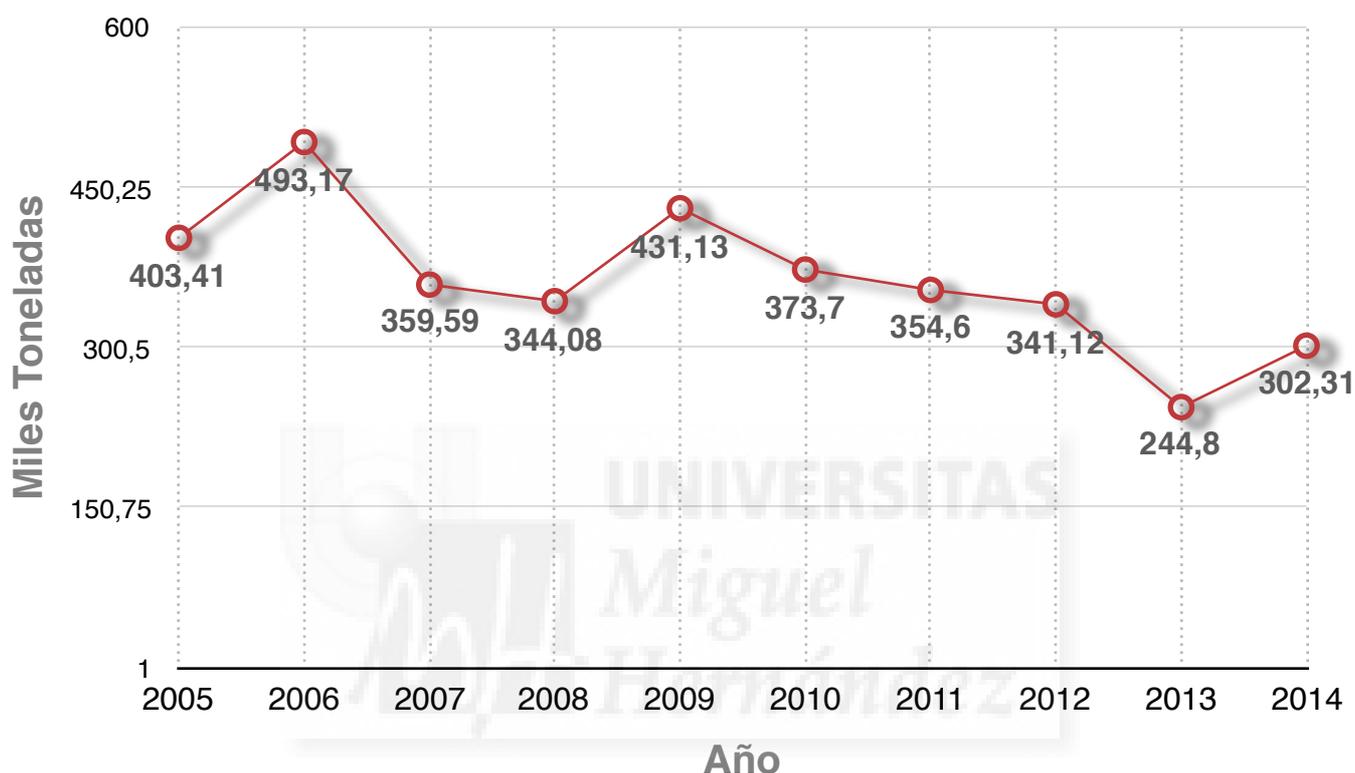


Figura 5: Evolución de la producción de almendra con cáscara desde el año 2005 al año 2014 a nivel europeo. Expresado en miles de toneladas. Fuente FAOSTAT

En la figura 6 se muestran los principales países productores de almendra con cáscara a nivel europeo en el periodo comprendido entre el año 2005 y 2014. Expresado en % de producción FAOSTAT, (2017).

España es el principal productor de almendra con cáscara en Europa, seguido de Italia. Sin embargo, Francia y Portugal son los países que menos producción obtuvieron.

Promedio 2005-2014

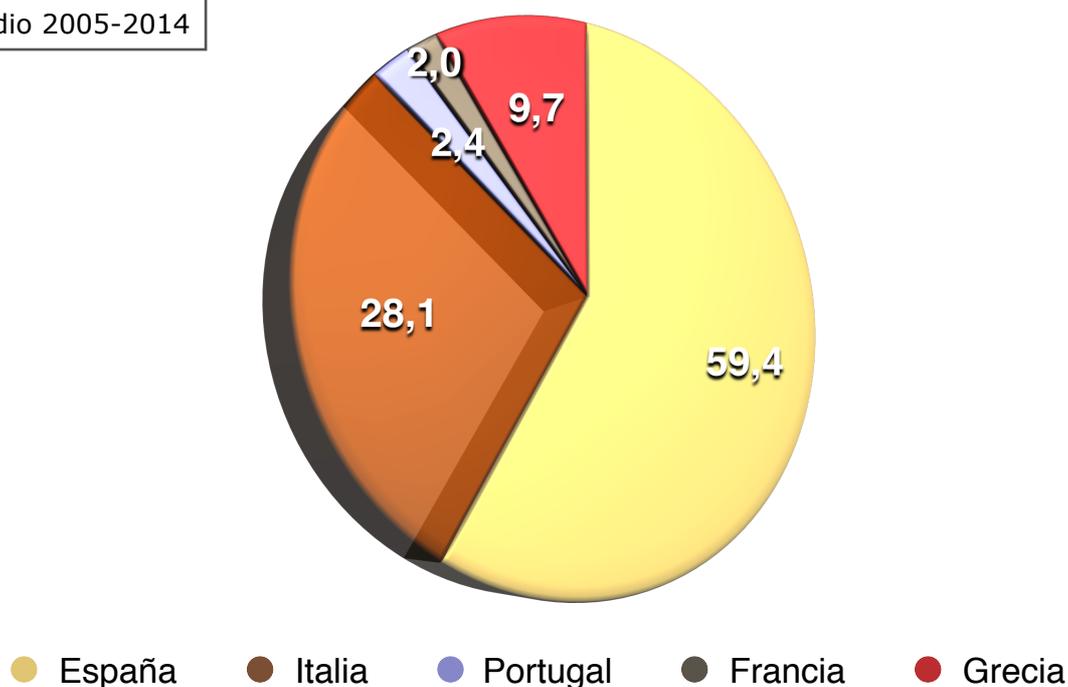


Figura 6: Países productores de almendra con cáscara en Europa. Expresado en % de producción. Fuente: FAOSTAT

En la figura 7 se muestran los principales países productores de almendra con cáscara a nivel europeo en el periodo comprendido entre 2005 y 2014. Cantidad expresada en toneladas FAOSTAT, (2017).

Como se observa, España e Italia son los principales países productores de almendra con cáscara.



Figura 7: Principales países productores de almendra con cáscara a nivel europeo desde el año 2005 al año 2014. Expresado en toneladas. Fuente: FAOSTAT

En la figura 8 se muestra la producción de almendra con cáscara a nivel nacional en el periodo comprendido entre el año 2005 y 2014. La producción se expresa en toneladas FAOSTAT, (2017).

La producción, en términos generales, ha descendido ligeramente aunque el año 2006 se caracteriza por ser el año que mayor cantidad se produjo y por el contrario el año 2013 por el que menos cantidad se almendra con cáscara se obtuvo.

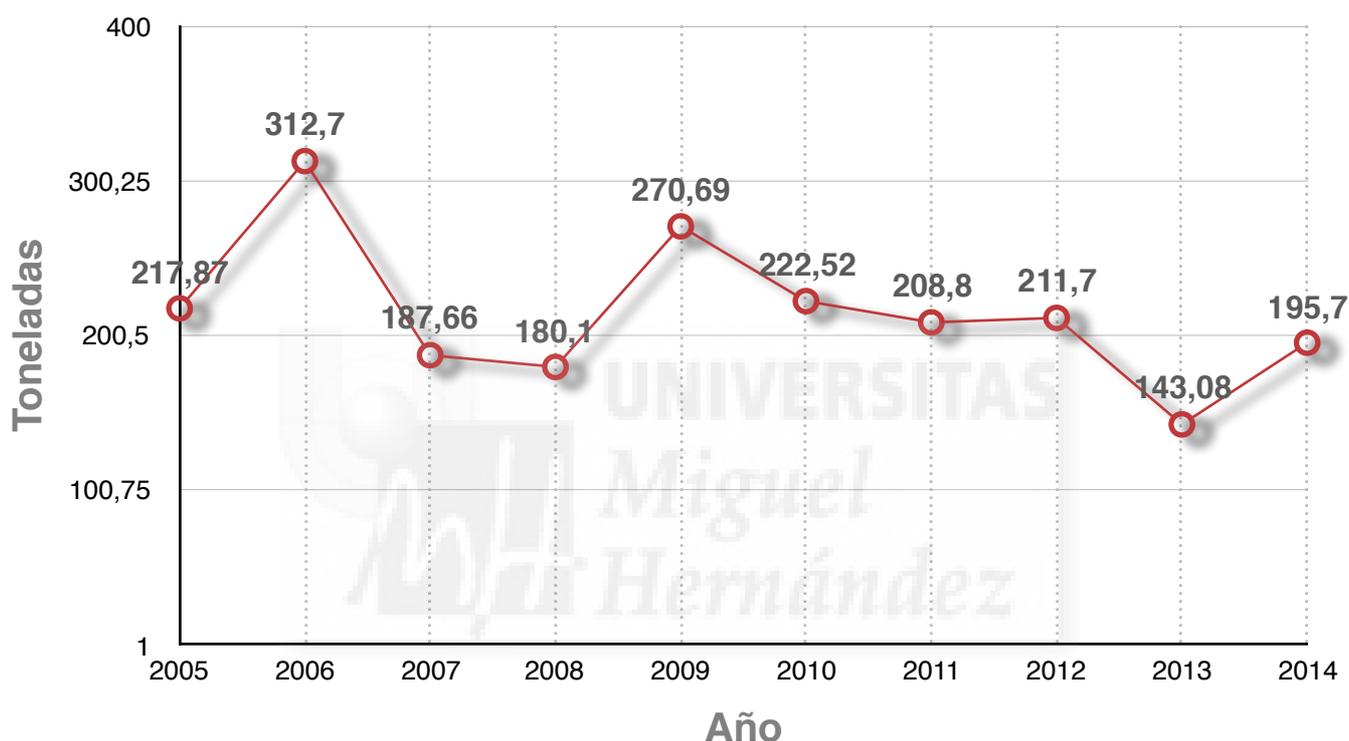
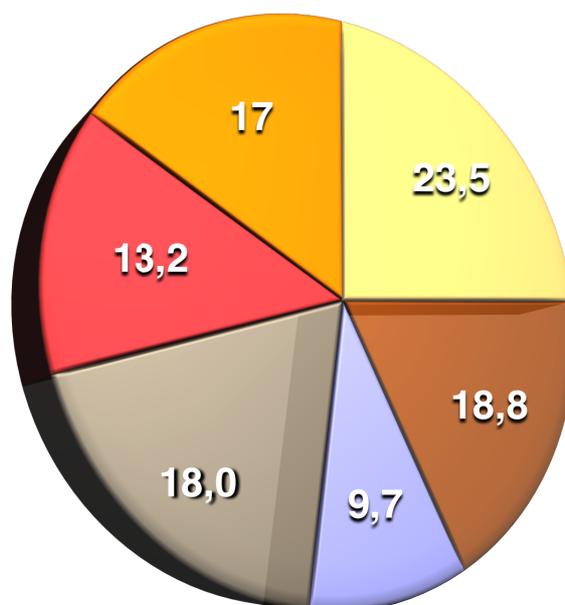


Figura 8: Evolución de la producción de almendra con cáscara desde el año 2005 al año 2014 a nivel nacional. Expresado en toneladas. Fuente: FAOSTAT

En la figura 9 se muestran las principales Comunidades Autónomas productoras de almendra con cáscara a nivel nacional en el periodo comprendido entre el año 2005 y 2014. Expresado en % de producción FAOSTAT, (2017).

Andalucía es la Comunidad Autónoma que mayor cantidad de almendra con cáscara produjo, seguida de Aragón. Por el contrario, Castilla la Mancha, es la Comunidad Autónoma con menor producción de almendras.

Promedio 2005-2014



- Andalucía
- Aragón
- Castilla La Mancha
- Región de Murcia
- Comunidad Valenciana
- Resto

Figura 9: Comunidades Autónomas productoras de almendra con cáscara. Expresado en % de producción. Fuente: FAOSTAT

En la figura 10 se muestran las principales Comunidades Autónomas productoras de almendra con cáscara a nivel nacional en el periodo comprendido entre el año 2005 y 2014. Cantidad expresada en toneladas FAOSTAT, (2017).

Como se observa, Andalucía y Aragón fueron las comunidades que mayor cantidad de almendra con cáscara produjeron.

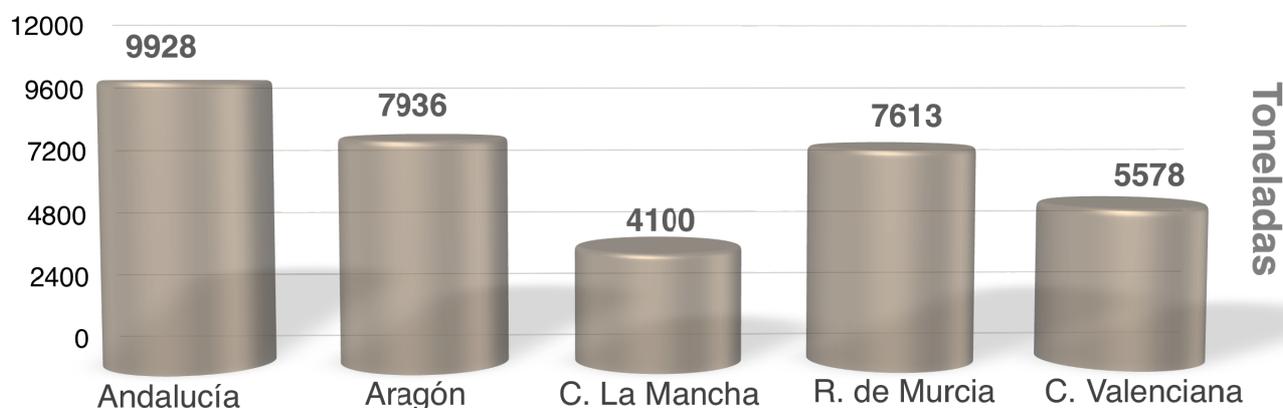


Figura 10: Principales Comunidades Autónomas productoras de almendra con cáscara a nivel nacional desde el año 2005 al año 2014. Expresado en toneladas. Fuente: FAOSTAT

1.1.5 IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN

La producción mundial de almendra no es suficiente para abastecer a la demanda que existe debido a su alto consumo. Una de las causas en el incremento de la demanda de la almendra es la irrupción de grandes países asiáticos.

En China e India, los dos gigantes asiáticos, la demanda de este producto se ha incrementado exponencialmente [FAOSTAT, \(2017\)](#).

Las relaciones “frutos secos-salud” y “frutos secos-dieta mediterránea”, son otro de los factores que han sido decisivos para el incremento de su consumo. Diversos estudios realizados han impulsado la divulgación de las propiedades beneficiosas que tienen los frutos secos para la salud humana.

El país del mundo con mayor consumo de almendras per cápita es Túnez, con más de 1,3 Kilogramos de almendras consumidas por persona al año. Le siguen los habitantes de Grecia y España, que consumen aproximadamente 1 Kilogramo de almendras por persona al año.

El mayor país asiático, China, ha pasado de consumir una media de 6 gramos de almendras por persona y año en 2007 a 21 gramos de media por persona y año en el año 2014. Un incremento anual en el consumo de 3,5 gramos de almendras en un país con más de 1.300 millones de habitantes, supone una demanda mundial adicional de más de 4.500 toneladas anuales de almendra. Ante este escenario tan favorable, las perspectivas de futuro para la comercialización de la almendra son prometedoras.

España es el segundo país exportador mundial de almendras, seguido de Estados Unidos. En el año 2014 exportó 59.380 toneladas de almendras (Figura 11). Las exportaciones españolas de almendras, hasta la fecha, se orientan básicamente a los países de la Unión Europea. Alemania y Francia son los principales países destinatarios.

Por otra parte, España, pese a ser el segundo país productor, al ser un país líder en la industria manufacturera de frutos secos, también es el segundo importador mundial de almendras.

En el año 2014, importó 50.000 toneladas de almendra (Figura 11). Así pues, España se considera una gran importadora de almendras de otros países para el procesado [FAOSTAT, \(2017\)](#).

Las características de homogeneidad de la almendra americana la hacen más apta para los procesos de transformación: repelado, laminado, triturado, etc. El destino de estas almendras procesadas es para el aprovisionamiento de la propia industria española y para su posterior exportación a los mercados europeos.



Figura 11: Toneladas de almendras exportadas/importadas a nivel nacional en el año 2014. Expresado en toneladas. Fuente: FAOSTAT

1.1.6 LA ALMENDRA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

España es líder europeo en la industria manufacturera de frutos secos, sobre todo de la almendra, con una potente industria localizada en todo el litoral mediterráneo y una gran importadora de almendra americana para el aprovisionamiento de la propia industria española y la posterior exportación de producto transformado.

Respecto al sector transformador de los frutos de cáscara se debe distinguir entre industria de primera transformación (descascarado, repelado e industrializado) e industrias de segunda transformación, entre las que se incluyen los tostadores para la producción de frutos secos y snacks, la industria del dulce y la pastelería no industrial.

El principal cliente de las industrias de primera transformación son las industrias de segunda transformación situadas dentro y fuera de España, principalmente la industria del turrón y del mazapán. La relación comercial entre ambas se puede establecer directamente, o a través de la figura del intermediario.

Según las empresas de primera transformación, la industria del turrón y del mazapán demanda entre el 30 y 40% de la producción. Otros canales de comercialización son la venta directa a la gran distribución o al comercio minorista, siendo este último un canal de comercialización minoritario.

En España, la mayor concentración de las industrias que procesan los frutos secos se encuentra localizada principalmente en la costa litoral del Levante español **FAOSTAT, (2017)** fundamentalmente en Murcia y Tarragona (Figura 12).

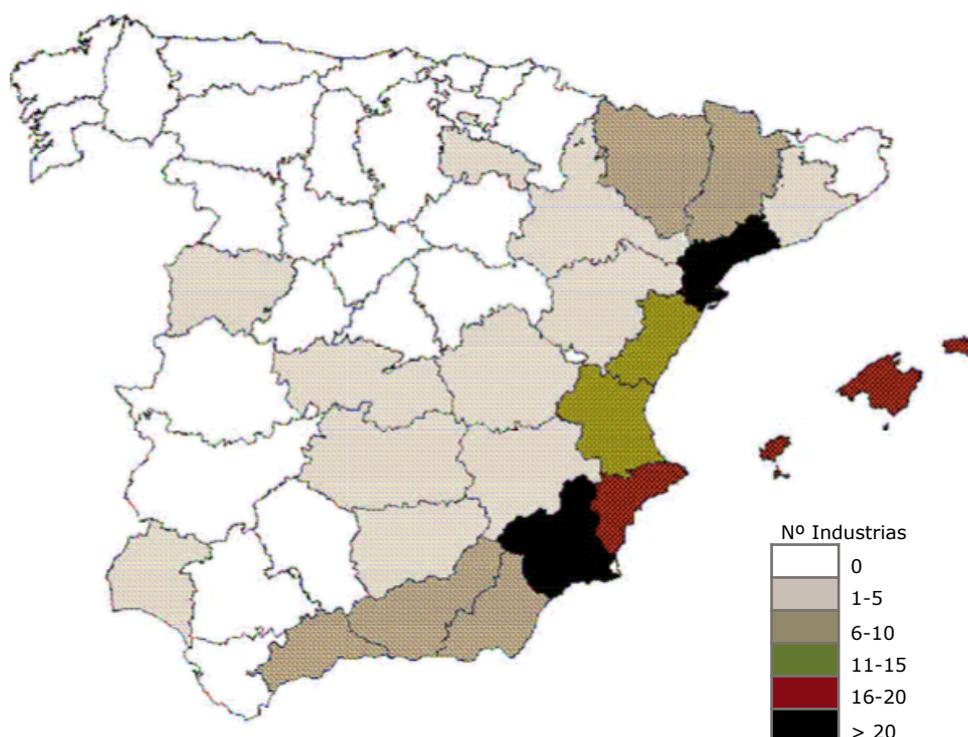


Figura 12: Geolocalización de las principales industrias procesadoras de almendras con cáscara en España. Fuente: FAOSTAT

1.2 VALOR NUTRICIONAL

Las almendras constituyen una fuente de proteínas vegetales, grasas y fibra. El tipo de grasas que contienen las almendras son: ácidos grasos monoinsaturados (30 gramos por cada 100 gramos de producto), poliinsaturados (12 gramos por cada 100 gramos de producto) y en menor proporción ácidos grasos saturados (4 gramos por cada 100 gramos de producto) [BEDCA, \(2017\)](#).

Entre sus vitaminas, la almendra es el fruto seco con más cantidad de vitamina E. Además son una fuente importante de minerales, tales como el calcio, magnesio, fósforo, potasio y oligoelementos como el cobre, zinc y manganeso.

En la Tabla 2 se observa la composición nutricional de 100 gramos de almendra cruda con piel. Valores expresados en gramos para los macronutrientes y miligramos o microgramos para los micronutrientes **BEDCA**, (2017).

- English name: almond, raw, in shell
- Nombre científico: *Prunus dulcis*
- Parte comestible: 98 %

Tabla 2: Composición nutricional almendra cruda con piel

COMPONENTE	CANTIDAD POR 100 g
Valor energético/Energía	2454 kJ 589 Kcal
Agua	5,65 g
Grasas	54,1 g
- ácidos grasos monoinsaturados	36,6 g
- ácidos grasos poliinsaturados	12,86 g
- ácidos grasos saturados	4,14 g
Hidratos de carbono	5,36 g
Proteínas	21,22 g
Fibra alimentaria	13,5 g
Vitaminas	
- Vitamina A	20 µg
- Vitamina E	26,15 µg
- Vitamina C	0 mg
- Niacina	5,5 mg
- Tiamina	0,22 mg
- Riboflavina	0,62 mg
Minerales	
- Calcio	252 mg
- Hierro	4,1 mg
- Potasio	835 mg
- Magnesio	270 mg
- Sodio	14 mg
- Fósforo	454 mg
- Zinc	3,2 mg
- Selenio	3,5 µg

Fuente: BEDCA

La almendra, al igual que el resto de frutos secos, se caracteriza por ser un alimento muy energético [BEDCA, \(2017\)](#). La figura 13 representa la distribución de la energía total respecto a los macronutrientes.

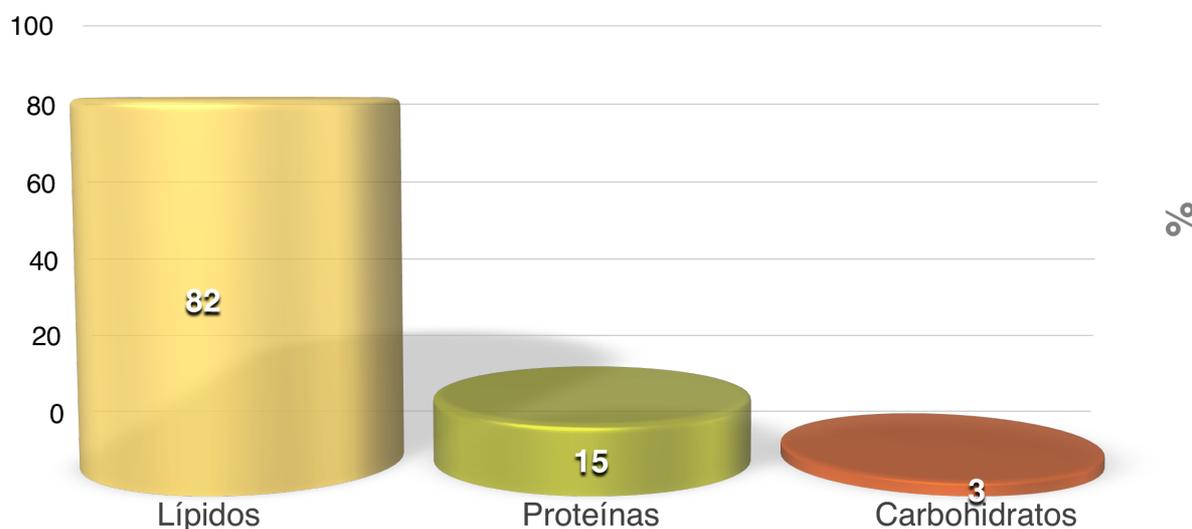


Figura 13: Distribución de la energía total de la almendra con cáscara. Expresado en %. Fuente: [BEDCA](#)

1.3 LA ALMENDRA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TURRÓN

El turrón se define como la masa obtenida por la cocción de miel, azúcar y clara de huevo, con posterior incorporación de almendra pelada y tostada, y amasada posteriormente, a la que tradicionalmente se le da forma de tableta rectangular o torta [Galiana-Carbonell, \(1986\)](#).

Los turrónes son dulces típicamente españoles, cuyo consumo ha venido realizándose durante muchos años, mayoritariamente en las festividades navideñas.

El turrón se puede elaborar de diferentes formas aunque siempre aparecen los mismos ingredientes que los maestros artesanos utilizaron desde hace siglos, empleando para su fabricación productos naturales de primera calidad, como la almendra, azúcar y miel.

El proceso de elaboración del turrón es auténticamente tradicional, aunque en la actualidad se dispone de una moderna maquinaria que facilita su producción industrial (Figura 14), además de garantizar su máxima calidad [Galiana-Carbonell, \(1986\)](#).

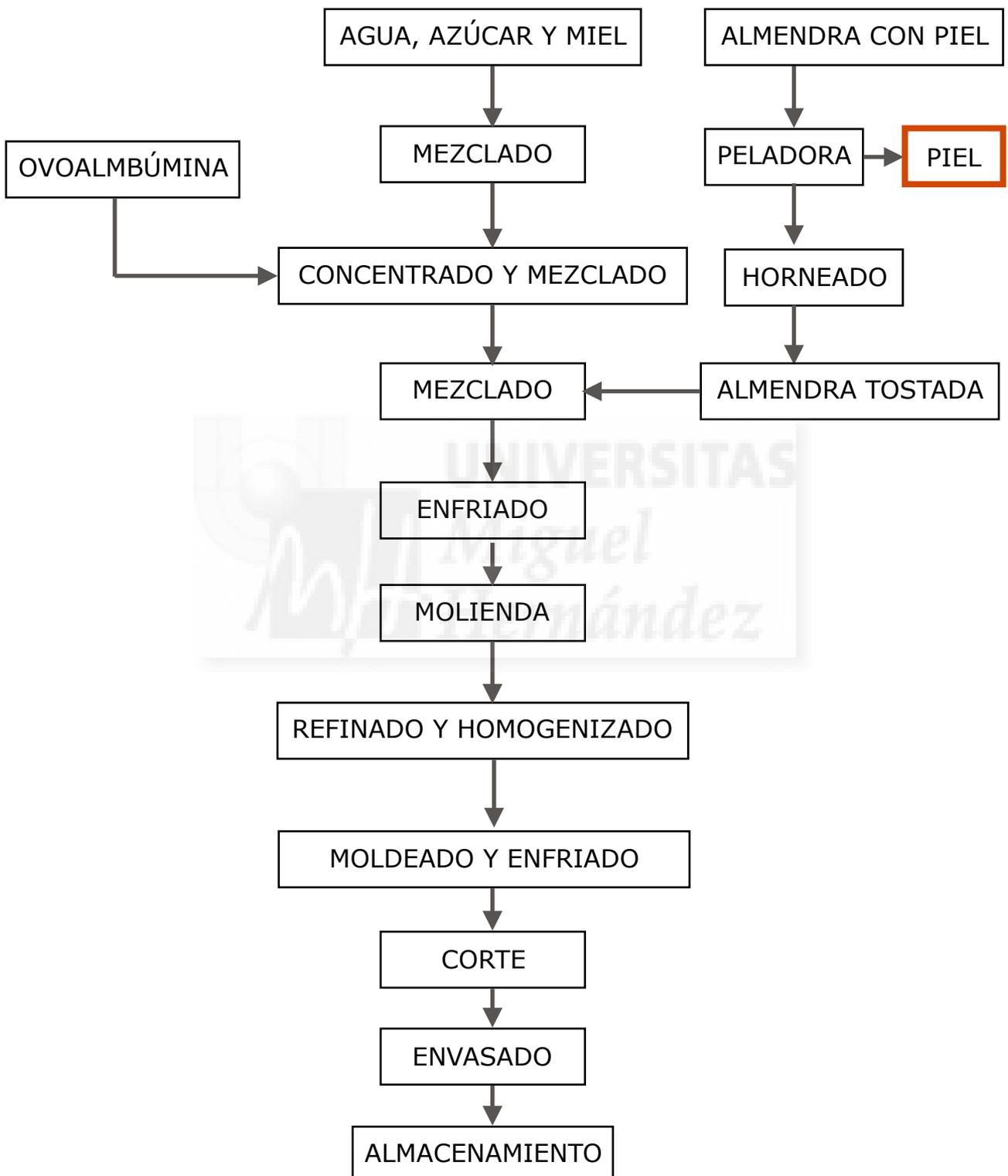


Figura 14: Diagrama de flujo de elaboración del turrón de Jijona con almendra sin piel

1.4 RECUPERACIÓN Y USO DE COPRODUCTOS PROCEDENTES DEL PROCESADO DE ALIMENTOS

La elaboración de un producto puede dar lugar a la formación de desechos que puede provocar problemas económicos, sociales y ambientales. La práctica de convertir un desecho en un coproducto se conoce como sinergia de coproductos (Figura 15). El flujo de residuos que se genera mediante un proceso (proceso primario) se puede utilizar como entrada de otro proceso (proceso secundario) [Lee et al., \(2017\)](#).

El proceso primario "alimenta" al proceso secundario con su flujo de residuos y el proceso secundario "consume" el flujo de residuos del proceso primario. Por lo tanto, se reduce el coste de la materia prima y el coste de eliminación de los residuos generados por lo que aumenta los beneficios económicos de la industria alimentaria, además de proporcionar beneficios sociales y medioambientales. [U.S. Business Council for Sustainable Development, \(2011\)](#).

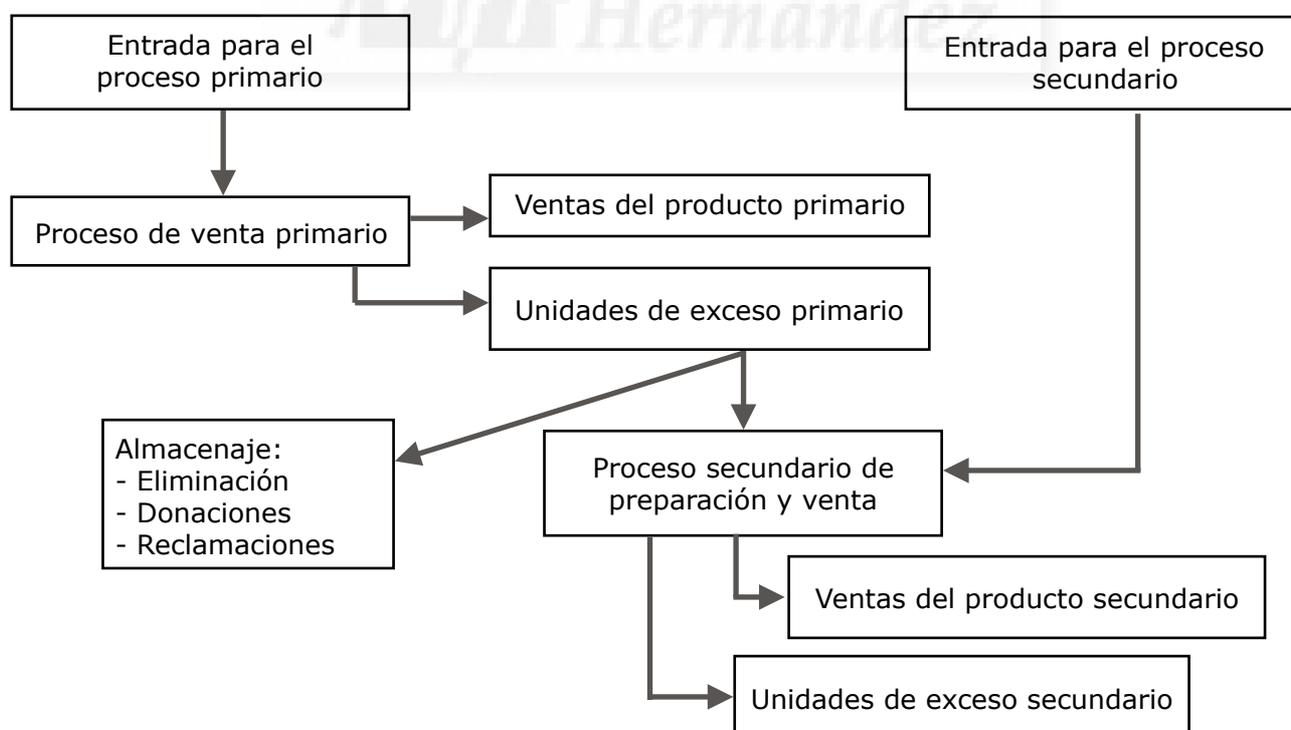


Figura 15: Diagrama de sinergia de coproductos. Fuente: Lee et al., (2017)

La necesidad de mejorar la sostenibilidad de la agricultura, y de la ecoeficiencia en la producción de los alimentos, ha originado que se busque la revalorización de los coproductos que se generan durante los procesos industriales [Tan et al., \(2007\)](#).

La ecoeficiencia es una filosofía de gestión empresarial basada en ofrecer soluciones a corto y medio plazo, útiles para la innovación dentro de un proceso de transición hacia el desarrollo sostenible. Su principal objetivo estratégico es lograr un mayor rendimiento con menos usos de los recursos naturales y menos producción de residuos a lo largo de un determinado proceso productivo [Catarino et al., \(2007\)](#).

El procesado de alimentos de origen vegetal, genera grandes cantidades de coproductos [Berganza et al., \(2003\)](#). La eliminación de éstos representa un elevado coste económico, debido a su posible impacto negativo sobre el medio ambiente.

Las investigaciones realizadas durante los últimos 20 años han revelado que muchos de estos productos podrían servir como fuente potencialmente valiosa de compuestos bioactivos y se ha creado un lucrativo mercado centrado en la obtención de estos compuestos, procedentes de coproductos, para la obtención de alimentos funcionales o nutraceuticos [Tan et al., \(2007\)](#).

Algunos ejemplos de los coproductos que han conseguido transformarse en fuente de compuestos bioactivos son los procedentes del procesado de productos como los cítricos [Viuda-Martos et al., \(2010\)](#), la granada [Viuda-Martos et al., \(2012\)](#) y la uva [Ayala-Zabala et al., \(2011\)](#). Por lo que los coproductos generados tras la elaboración del turrón también podrían constituir una fuente potencial de compuestos bioactivos.

Los compuestos bioactivos más comunes recuperados de los coproductos del procesado de alimentos de origen vegetal son los polifenoles, flavonoides y los

taninos *Ayala Zabala et al., (2008)*. Además se ha estudiado el uso de otros compuestos en la industria de alimentos como aditivos, siendo sus principales aplicaciones como antioxidantes, antimicrobianos, colorantes, saborizantes, etc... (*Ayala-Zabala et al., 2011*).

Las almendras son alimentos grasos tradicionalmente vinculados a la dieta Mediterránea. Su consumo habitual, en dosis moderadas, reduce los niveles de colesterol total y de colesterol LDL en sangre, y se asocia, junto con otros alimentos, a una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares *Salas et al., (2005)*. Además de su contenido y perfil lipídico, los efectos beneficiosos de los frutos secos en la salud humana se atribuyen a la presencia, entre otros, de compuestos con actividad antioxidante *Wijngaard et al., (2006)*.

Estos compuestos antioxidantes se encuentran tanto en la semilla como en las diferentes cubiertas que recubren los frutos evitando o retrasando la oxidación de los ácidos grasos. La capacidad antioxidante de algunos frutos secos como la almendra difiere según se presentan con o sin piel, siendo alrededor del 50% menor para los frutos pelados.

El procesado industrial de este fruto seco se basa en cinco etapas que son selección, descascarado, calibrado, repelado y tostado. El rendimiento de este procesado es variable en función de la variedad de la almendra, pero para obtener una tonelada de almendras peladas se necesitan aproximadamente 4 o 5 toneladas de almendra con cáscara, de modo que una considerable proporción del fruto inicial no se utiliza en la alimentación humana, pudiendo destinarse a otros usos *Tan et al., (2007)*.

Los coproductos del procesado industrial de la almendra (piel, cáscara y mesocarpio) se dan salida como alimento para ganado para bovino y ovino, como materia prima para la obtención de energía, y en otros fines más específicos como ingredientes endurecedores en procesos de fusión con cauchos y gomas.

Por lo tanto, los coproductos vegetales presentan un potencial muy importante en el sector agroalimentario, como ingredientes alimentarios naturales, ya que son fuente importante de fibra y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes [Fernández-López *et al.*, \(2004\)](#).

1.5 FIBRA DIETÉTICA TOTAL

Hoy en día existe un gran interés por la fibra dietética. Este interés no es nuevo, ya que en 1809, un investigador alemán, desarrolló un método gravimétrico para medir la cantidad aproximada de fibra cruda en los alimentos para animales.

El término de fibra cruda se utilizaba para designar el residuo (principalmente, celulosa y lignina) que se obtenía después de la extracción de los vegetales con éter y posteriormente con ácido y álcali débiles [Hernández *et al.*, \(1999\)](#).

En el año 2001, *American Association of Cereal Chemist* amplió aún más el concepto de fibra dietética, definiéndola como la parte comestible de las plantas y los hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con completa o parcial fermentación en el intestino grueso.

La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta. Las fibras dietéticas promueven efectos beneficiosos fisiológicos y/o atenúan los niveles de colesterol y/o glucosa en sangre [Gil, \(2010\)](#).

Actualmente, la FAO define la fibra dietética como carbohidratos poliméricos con 10 o más unidades monomérica los cuales no son hidrolizables por las enzimas endógenos del intestino delgado de los humanos y pertenecientes a tres categorías:

- (i) Carbohidratos poliméricos comestibles que se encuentran de forma natural en el alimento tal y como se consume.
- (ii) Carbohidratos poliméricos obtenidos por medios físicos, químicos o enzimáticos los cuales han demostrado ejercer efectos beneficiosos sobre la salud.
- (iii) Carbohidratos poliméricos sintéticos los cuales han demostrado ejercer efectos beneficiosos sobre la salud.

Las diferencias estructurales de cada uno de ellos determinan propiedades físicoquímicas diferentes y como consecuencia, diversos comportamientos fisiológicos [Segundo et al., \(2011\)](#).

En la tabla 3 se pueden observar los principales constituyentes de la fibra dietética.

Tabla 3: Principales constituyentes de la fibra dietética.

<i>Polisacáridos</i>	<i>Análogos de hidratos de carbono</i>	<i>Oligosacáridos</i>	<i>Derivados no hidratos de carbono</i>
Celulosa	Dextrinas no digeribles	Inulina	Lignina
Hemicelulosas	Maltodextrinas resistentes	Fructooligosacáridos	Ceras
Pectinas	Polidextrosa	Galactooligosacáridos	Fitatos
Gomas	Metilcelulosa		Cutinas y suberinas
Mucílagos	Hidroxipropilmetilcelulosas		
Polifruktosas	Almidón resistente		
	Hidratos de carbono sintéticos		

Fuente: Gil, (2010)

1.6 POLIFENOLES

Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en el mundo. Según datos publicados en septiembre de 2009, por la Organización Mundial de la Salud, en 2005 murieron 17,5 millones de personas como consecuencia de enfermedades cardiovasculares, lo cual representa un 30 % de todas las muertes registradas a nivel mundial. Se calcula que a partir del año 2025 morirán cerca de 20 millones de personas al año en el mundo por enfermedades cardiovasculares *Quiñones et al., (2012)*.

Los compuestos fenólicos son el grupo más extenso de sustancias no energéticas presentes en los alimentos de origen vegetal. En los últimos años se ha demostrado que una dieta rica en polifenoles vegetales puede mejorar la salud y disminuir la incidencia de enfermedades.

La capacidad de los polifenoles para modular la actividad de diferentes enzimas, y para interferir consecuentemente en mecanismos de señalización y en distintos procesos celulares, puede deberse, a las características fisicoquímicas de estos compuestos, que les permiten participar en distintas reacciones metabólicas celulares de óxido-reducción *Quiñones et al., (2012)*.

Los polifenoles se originan principalmente en las plantas, que los sintetizan en gran cantidad, como producto de su metabolismo secundario. Algunos son indispensables para las funciones fisiológicas vegetales y otros participan en funciones de defensa ante situaciones de estrés y estímulos diversos (hídrico, luminoso, etc...)

Existen varias clases y subclases de polifenoles que se definen en función del número de anillos fenólicos que poseen y de los elementos estructurales que presentan estos anillos. Los principales grupos de polifenoles son: ácidos fenólicos (derivados del ácido hidro- xibenzoico o del ácido hidroxicinámico), estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides *Quiñones et al., (2012)*.

En la figura 16 se puede observar la estructura química de los diferentes polifenoles encontrados en la almendra con piel, entre los que destacan la catequina, procianidina B5, galotanina, ácido gálico, ácido vanílico, ácido ferúlico, pinoresinol, y el oxiresveratrol.

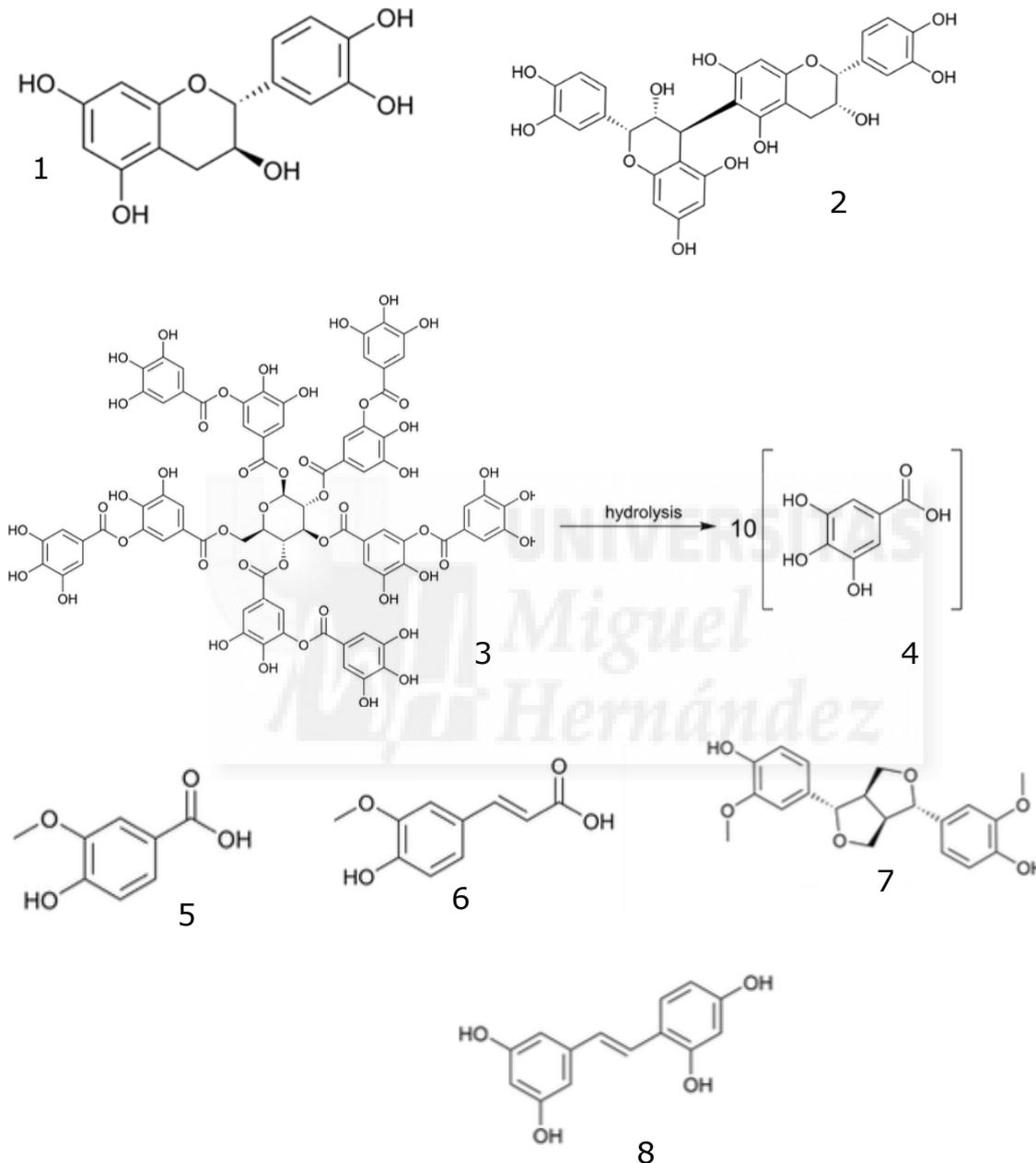


Figura 16: Estructura química de los diferentes compuestos polifenólicos presentes en la almendra con piel: **1** (catechin); **2** (procianidina B5); **3** (gallotannin); **4** (gallic acid); **5** (vanillic acid); **6** (ferulic acid); **7** (pinoresinol); **8** (oxiresveratrol)

Fuente: Mandalari et al., (2010)

Otro de los compuestos que se pueden encontrar entre los polifenoles son los taninos.

Los taninos son compuestos fenólicos hidrosolubles de sabor áspero y amargo. Suelen acumularse en raíces y cortezas de las plantas y frutos, así como en sus hojas, aunque en menor proporción [Quiñones et al., \(2012\)](#). Se les considera sustancias antinutritivas porque, en elevadas concentraciones, pueden limitar la absorción de algunos nutrientes como el hierro ya que forman con este mineral complejos insolubles en agua que no pueden ser absorbidos en el epitelio intestinal.

Los taninos se pueden clasificar en:

- Taninos condensados o proantocianidinas: son polímeros de un flavonoide llamado antocianidina.
- Taninos hidrolizables: son polímeros heterogéneos formados por ácidos fenólicos, en particular ácido gálico, y azúcares simples. Son más pequeños que los taninos condensados y son hidrolizados con más facilidad.

Los taninos se pueden encontrar en numerosas frutas como la uva, la zarzamora, la granada; en hierbas como el té o incluso en los frutos secos. En éstos últimos se encuentran casi en su totalidad en la piel fina que envuelve a los frutos [Quiñones et al., \(2012\)](#).

Su consumo puede provocar en el organismo los siguientes beneficios:

- Reducen de manera considerable los riesgos de sufrir enfermedades de tipo degenerativo
- Protección celular
- Mejora la flora intestinal
- Previene enfermedades cardiovasculares

1.7 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Las propiedades antioxidantes de los frutos secos contribuyen a la prevención de la oxidación del organismo y al control del estrés oxidativo, por lo que son útiles en la prevención de algunas enfermedades donde actúa la oxidación, como algunos tipos de cáncer, las enfermedades cardiovasculares, el deterioro cognitivo relacionado con la edad o el envejecimiento en general *Boeing et al., (2012)*.

Los radicales libres de oxígeno se producen en el organismo porque forman parte de reacciones metabólicas, pero cuando se producen en exceso o los sistemas de defensa antioxidantes no funcionan correctamente, los radicales libres reaccionan con los compuestos celulares produciendo la aparición de enfermedades.

En los alimentos se pueden distinguir dos tipos de sustancias antioxidantes *Gil, (2010)*.

- Sistema de defensa primario o preventivo: interactúan con los radicales libres generados directamente del oxígeno y disminuyen la velocidad de inicio de las reacciones de radicales libres *Gil, (2010)*. En este tipo se distinguen enzimas como superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa dependiente de selenio, glutatión reductasa, etc. y los sequestradores no enzimáticos, como proteínas, glutatión, vitamina C, ácido úrico y taurina.
- Sistema de defensa secundario o rompedor de cadena: atrapa a los radicales propagadores deteniendo su efecto nocivo *Gil, (2010)*. En el sistema de defensa secundario, se distinguen las enzimas oxidorreductasas específicas de proteínas, proteasas, glutatión peroxidasa no dependiente de selenio, fosfolipasas, sistemas de reparación del DNA, etc. y no enzimáticos, como la vitamina E, carotenoides, ubiquinol y bilirrubina.

La almendras con cáscara son ricas en polifenoles y su capacidad antioxidante es aún más fuerte cuando se lo combina con otros antioxidantes, como la vitamina E Gil, (2010).

Los frutos secos más ricos en antioxidantes son las nueces, avellanas, almendras, macadamias, piñones, pistachos y anacardos Gil, (2010).

Así pues, dada la elevada prevalencia que, cada vez más existe de ciertas patologías relacionadas con el estrés oxidativo, llevar una dieta rica en alimentos de origen vegetal, ricos en compuestos antioxidantes, es cada vez más recomendada por los especialistas en dietética y nutrición Coultate, (1996).

En la figura 17 se puede observar el efecto que pueden provocar los radicales libres sobre las células.

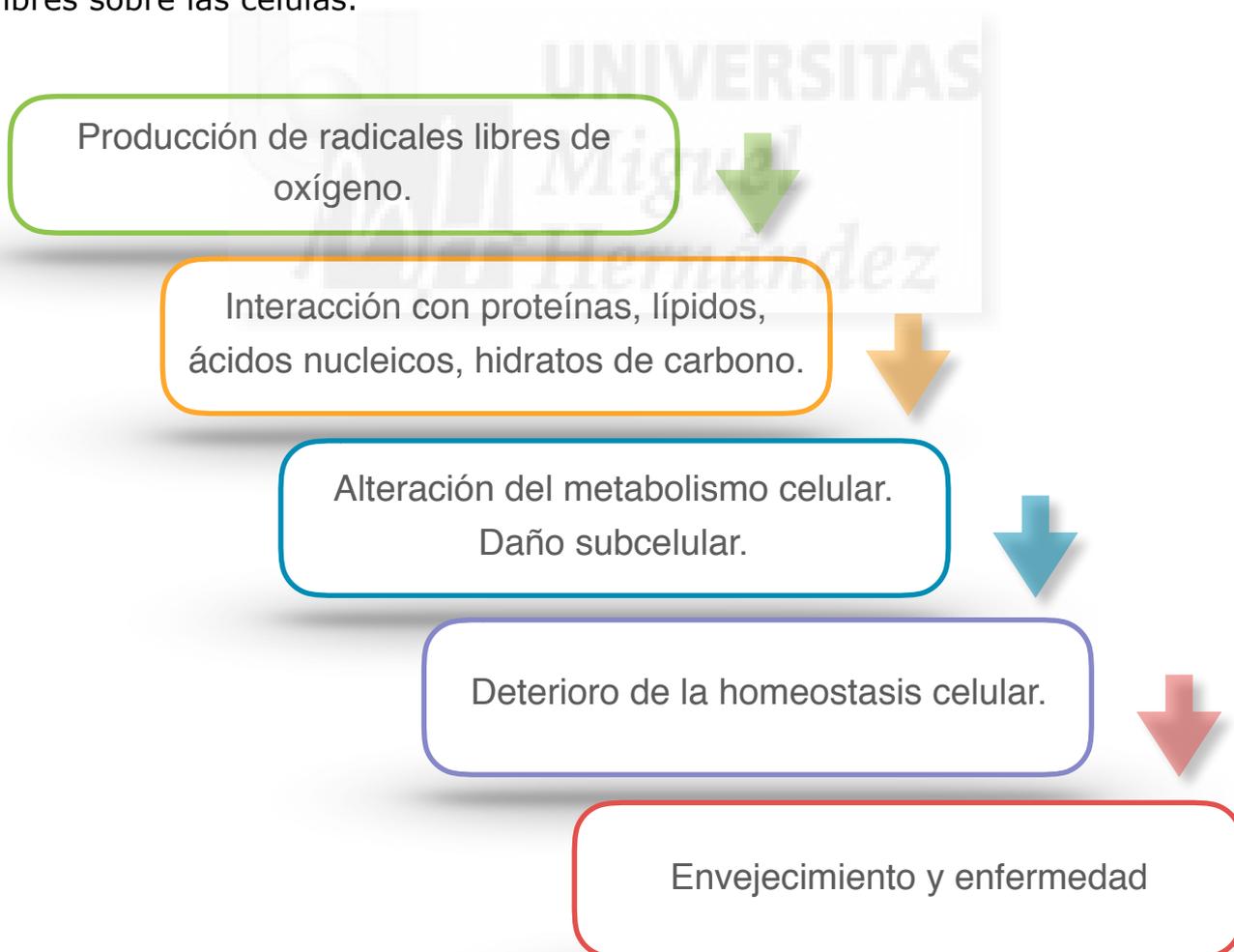


Figura 17: Acción de los radicales libres sobre las células. Fuente: Gil, (2010).

2. OBJETIVOS



2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo consistió en determinar las propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y fisiofuncionales así como la composición química y actividad antioxidante de uno de los principales coproductos generados en la industria, durante el proceso de elaboración de turrón, como son las pieles de las almendras.

Para alcanzar este objetivo principal se plantearon los siguientes objetivos particulares:

- ✓ Determinación de la composición química
- ✓ Determinación de las propiedades físicoquímicas
- ✓ Determinación de las propiedades tecnofuncionales
- ✓ Determinación de las propiedades fisiofuncionales
- ✓ Determinación de compuestos bioactivos
- ✓ Evaluación de la actividad antioxidante

3. MATERIALES Y MÉTODOS



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material vegetal

El material vegetal utilizado para llevar a cabo las determinaciones anteriormente citadas son pieles crudas de dos variedades de almendras (*prunus amygdalus*); piel de almendra de la variedad Comuna y Fritz. Éstas fueron suministradas por Confectionary Holding. Las pieles de las almendras fueron todas del mismo lote, garantizando de esta forma que el lugar de procedencia y que el tiempo de recolección fuesen similares. Éstas se secaron en una estufa de forzado a una temperatura de 45 °C durante 5 horas y finalmente se molieron con la ayuda de un molinillo (Figura 18).



Figura 18: Harinas de las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna, respectivamente.

3.2 Composición química

3.2.1 PROTEÍNAS

Las proteínas se determinaron según el método AOAC 24.007 (AOAC, 2000) y los resultados se expresaron en porcentaje de proteína total (gramos de proteína/100 gramos de muestra) para expresar el resultado en porcentaje de proteína se multiplicó el valor de nitrógeno total por 6,25. Las muestras se realizaron por triplicado.

3.2.2 GRASAS

El contenido de las grasas se realizó de acuerdo con el método de la AOAC 24.005 (AOAC, 2000), utilizando el extractor Soxhlet J.O, Selecta Mo.6003286 (J.O Selecta S.A Abrera, Barcelona, España). Los resultados se expresaron en porcentaje de grasa (gramos de grasa/100 gramos de muestra). Las muestras previamente fueron desecadas en una estufa modelo Selecta (Barcelona, España). Las muestras se realizaron por triplicado.

3.2.3 CONTENIDO DE HUMEDAD

La determinación del contenido de humedad se realizó siguiendo las directrices descritas en el método de la AOAC 24.003 (AOAC, 2000), mediante la estufa modelo P. selecta (Barcelona, España), los resultados se expresan en porcentaje (gramos de agua/100 gramos de muestra). Las muestras se realizaron por triplicado.

3.2.4 CENIZAS

La determinación de cenizas se desarrolló según el método de la AOAC 24.009 (AOAC, 2000) y los resultados de expresaron en porcentaje (gramos de cenizas/100 gramos de muestra). Se utilizó una mufla Habersal modelo 12-PR1300 "PAD" (Habersal S.A., Caldes de Montibui, Barcelona, España). Las muestras se realizaron por triplicado.

3.2.5 FIBRA DIETÉTICA TOTAL

Se pesó una gramo de cada muestra, se añadió 50 mL de tampón fosfato y se agitó con la ayuda de una agitador magnético. Posteriormente se adicionó 100 microlitros de la solución alfa-amilasa, se tapó con papel de aluminio y se calentó en el baño de agua a una temperatura de 100 °C durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo se sacó el vaso del baño de agua, se dejó enfriar a

temperatura ambiente y se ajustó el pH a $7,4 \pm 0,2$ con 10 mL de NaOH 0,275 N. Seguidamente se añadió 100 microlitros de la solución proteasa (50 mg en 1 mL de tampón fosfato) y se dejó incubar a 60 °C en el baño de agua durante 30 minutos. Pasado este tiempo se dejó enfriar a temperatura ambiente y se ajustó el pH hasta 4,0-4,6 con 10 mL de HCl 0,325 N. Ajustado el pH se añadió 100 microlitros de solución amiloglucosidasa y se incubó en el baño con agua durante 30 minutos a 60 °C. Por último se adicionó 280 mL de etanol al 95% y se dejó el precipitado en la cámara frigorífica (4 °C) durante 24 horas. La fibra dietética insoluble se determinó omitiendo la precipitación con etanol y los lavados del residuo con etanol. En su lugar el precipitado y los lavados del residuo se realizó con agua destilada. La fibra dietética soluble se determinó como la diferencia entre ambas.

Para los lavados de los residuos en primer lugar se adicionó 0,5 gramos de tierra de diatomea en diferentes crisoles, se pesaron (W_1) y se colocaron en el equipo de filtración CSF, aplicando vacío. La mezcla del vaso se transfirió al crisol y se enjuagó el residuo en el crisol con 20 mL de etanol al 78% (3 veces), 10 mL de etanol al 95% (2 veces) y 10 mL de acetona (2 veces). Posteriormente se colocó el crisol con el residuo y la tierra de diatomea toda la noche en una estufa de aire forzado a 105 °C. Transcurrido este tiempo se dejó enfriar y se pesó (W_2). El peso del residuo se obtuvo restando a éste el peso del crisol con la tierra de diatomea ($W_2 - W_1$). Uno de los residuos duplicados fue sometido a un análisis Kjeldahl para la determinación de proteínas no digeribles ($N \times 6,25$). El segundo residuo duplicado se incineró en un horno de mufla a 500 °C durante 5 horas. Por último se dejó enfriar y se pesó (W_3). El contenido de cenizas se obtuvo restando a este peso el peso del crisol con la tierra de diatomea ($W_3 - W_1$).

Las fórmulas empleadas para determinar el contenido de fibra son las que a continuación se muestran:

- % cenizas: $[(W_3 - W_1) / \text{peso del residuo}] \times 100$

- *Fibra total (TDF)*= fibra insoluble (IDF) + fibra soluble (SDF)
- $\% TDF = [\text{peso residuo control} \times (100 - \% \text{prot.} - \% \text{cenizas}) - B] / \text{peso muestra}$

Donde:

$$B = \text{peso residuo control} \times [1 - ((\% \text{prot. control} + \% \text{cenizas control}) / 100)]$$

3.3 Propiedades físicoquímicas

3.3.1 pH

El pH de cada una de las muestras se determinó en la suspensión resultante de mezclar 10 gramos de muestra con 100 mL de agua desionizada durante 2 minutos, usando un pH-metro GLP 21 Crison (Eutech Instruments Pte Ltd., Singapur). Cada ensayo se realizó por triplicado.

3.3.2 ACTIVIDAD DE AGUA

La actividad de agua se determinó utilizando un equipo Novasina Thermoconstanter Srpint TH-500 (Pfäffikon, Suiza) a 25 °C. Cada ensayo se realizó por triplicado.

3.3.3 COLOR

Las determinaciones de color se efectuaron usando el colorímetro Minolta CM-2600d (Minolta Camera Co, Osaka, Japón) usando el iluminante D65 y el observador 10° de acuerdo a las recomendaciones de [Cassens et al., \(1995\)](#).

En todas las determinaciones de color se interpusieron cristales de baja reflectancia Minolta CR-A51/1829-752 (Minolta Camera Co. Osaka, Japón) entre las muestras y el equipo [Hunt et al., \(1991\)](#).

Los parámetros de color estudiados fueron las coordenadas de color CIEL*a*b*: Luminosidad (L*), Coordenada rojo-verde (a*) y coordenada

amarillo-azul (b^*) a partir de las cuales se calcularon las magnitudes psicofísicas croma (C^*) y tono ($h^\circ a-b$).

Las fórmulas para obtener los valores del croma y el tono son las siguientes:

$$Croma = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$Tono = \arctan (b^*/a^*)$$

3.4 Propiedades tecnofuncionales

3.4.1 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

Se pesaron los tubos de centrífuga de cristal previamente rotulados y se anotó su peso (MT). Seguidamente se taró la balanza, se añadió 0,3 g de fibra (ME) en los tubos de centrífuga y se anotó el peso exacto. Posteriormente se adicionó 10 mL de agua destilada y se agitó con la ayuda de un vortex durante 30 segundos a velocidad media. Las muestras se dejaron reposar a temperatura ambiente toda la noche. Al día siguiente, se centrifugaron las muestras a 3000 r.p.m. durante 30 minutos en un centrífuga Nahita Model 2690 y se eliminó el sobrenadante con ayuda de una micropipeta de 5 mL o por decantación, en función de lo compactado que estaba el precipitado, e incluso los tubos fueron invertidos para eliminar el agua sobrante, siempre que el precipitado no se cayera. Finalmente se anotó el peso conjunto del tubo y precipitado (MTP).

La CRA se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CRA = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

Donde:

- MTP: Masa del tubo y precipitado (g)
- MT: Masa del tubo (g)
- ME: Masa de fibra (g)

3.4.2 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE ACEITE (CRO)

Se pesaron los tubos de centrífuga de cristal previamente rotulados y se anotó su peso (MT). Seguidamente se taró la balanza, se añadió 0,3 g de fibra (ME) en tubos de centrífuga y se anotó el peso exacto. Posteriormente se adicionó 6 mL de aceite virgen de oliva y se agitó con la ayuda de un vortex durante 30 segundos a velocidad media. Las muestras se dejaron reposar a temperatura ambiente toda la noche.

Al día siguiente, se centrifugaron las muestras a 3000 r.p.m. durante 30 minutos en un centrífuga Nahita Model 2690 y se eliminó el sobrenadante con ayuda de una micropipeta de 5 mL o por decantación, en función de lo compactado que estaba el precipitado, e incluso los tubos fueron invertidos para eliminar el aceite sobrante, siempre que el precipitado no se cayera. Finalmente se anotó el peso conjunto del tubo y precipitado (MTP).

La CRO se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CRO = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

Donde:

- MTP: Masa del tubo y precipitado (g)
- MT: Masa del tubo (g)
- ME: Masa de fibra (g)

3.4.3 CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO (SWC)

Se adicionó 0,3 gramos de cada muestra en tubos graduados de 10 mL, se midió el volumen ocupado por las fibras (V_0) y se anotó también el peso exacto de la fibra añadida. Posteriormente se adicionó 5 mL de agua destilada, se agitó con el vortex durante 1 minuto y se dejó en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente. Transcurrido este tiempo, se midió el volumen final de las muestras (V_1) mL.

La capacidad de hinchamiento (mL/g) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$SWC = \frac{V_1 - V_0}{\text{Peso muestra}}$$

Donde:

- V_1 : Volumen final de la muestra (mL)
- V_0 : Volumen ocupado por la fibra (mL)

3.4.4 CAPACIDAD EMULSIFICANTE

Se pesó 1 gramo de la muestra en un vaso de precipitado de 150 mL y se añadió 50 mL de agua destilada. La suspensión de fibra se homogenizó con ultraturrax a 8000 r.p.m. durante 2 minutos. Posteriormente a la suspensión de fibra se le adicionó 50 mL de aceite de girasol y se volvió a homogenizar con el ultraturrax a 8000 r.p.m. durante 1 minuto.

Seguidamente se extrajo 10 mL de la mezcla homogenizada, se pasaron a tubos de centrífuga graduados de 10 mL y se centrifugó a 1500 r.p.m. durante 5 minutos.

Transcurrido este tiempo se midió el volumen de la emulsión formada (capa superior que se formó en el tubo).

La capacidad emulsificante se expresó como mL de volumen de la capa emulsificada, respecto al volumen total que hay en el tubo de centrífuga por 100.

La capacidad emulsificante se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$AE = \frac{\text{Volumen capa emulsión}}{\text{Volumen total en el tubo}} \times 100$$

3.4.5 ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN

Los tubos con las emulsiones formadas en la actividad de la emulsión (AE) se calentaron en un baño de agua a 80 °C durante 30 minutos.

Transcurrido este tiempo se dejó enfriar a temperatura ambiente y se centrifugó a 1500 r.p.m. durante 5 minutos.

Posteriormente se midió el volumen de la emulsión (capa superior que se forma en el tubo).

La estabilidad de la emulsión se expresa como mL de capa emulsificada que permanece, respecto al volumen de la emulsión que previamente se había formado por 100.

La estabilidad de la emulsión se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$EE = \frac{\text{Vol.emulsión permanece}}{\text{Vol.emulsión inicial}} \times 100$$

3.5 Propiedades fisiofuncionales

3.5.1 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE BILIS (CRB)

Se pesaron los tubos de centrífuga de cristal previamente rotulados y se anotó el peso (MT). La balanza fue tarada, se añadió 0,5 g de fibra (ME) en los tubos de centrífuga y se anotó el peso exacto de la muestra. Seguidamente se adicionó 5 mL de bilis porcina a los tubos y se agitó con la ayuda del vortex 30 segundos a velocidad media. Los tubos se dejaron reposar a temperatura ambiente toda la noche. Al día siguiente las muestras fueron centrifugadas a 3000 r.p.m. durante 30 minutos en un centrífuga Nahita Model 2690. Posteriormente se eliminó el sobrenadante con ayuda de una micropipeta de 5 mL. Los tubos fueron invertidos para eliminar el sobrenadante. Finalmente se pesó el conjunto del tubo y precipitado (MTP).

La CRB se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CRB = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

Donde:

- MTP: Masa del tubo y precipitado (g)
- MT: Masa del tubo (g)
- ME: Masa de fibra (g)

3.5.2 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE ACEITES Y GRASAS (FOB)

Se pesaron los tubos de centrífuga de cristal previamente rotulados y se anotó el peso (MT). La balanza fue tarada, se añadió 0,5 g de fibra (ME) en los tubos de centrífuga y se anotó el peso exacto. Posteriormente se adicionó 10 mL de ácido clorhídrico 0,16 N. y se mantuvieron en agitación durante 30 minutos en baño de ultrasonidos. Posteriormente fueron centrifugados a 4000 r.p.m. durante 10 minutos. Seguidamente el sobrenadante se eliminó y se adicionó 6 mL de aceite de oliva virgen y se agitó durante 30 segundos con el vortex a velocidad media. Las muestras fueron dejadas en reposo toda la noche a temperatura ambiente. Al día siguiente las muestras se centrifugaron a 3000 r.p.m. durante 30 minutos en una centrífuga Nahita Model 2690. Se eliminó el sobrenadante con ayuda de una micropipeta de 5 mL y se invirtió los tubos para eliminar el sobrante de forma completa. Finalmente se pesó el conjunto del tubo y precipitado (MTP).

La FOB se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Fat/Oil \text{ Binding} = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

Donde:

- MTP: Masa del tubo y precipitado (g)
- MT: Masa del tubo (g)
- ME: Masa de fibra (g)

3.6 Determinación de compuestos bioactivos

3.6.1 EXTRACCIÓN

Para la obtención de los distintos extractos empleados para la determinación de los compuestos bioactivos así como para la determinación de la actividad antioxidante se llevaron a cabo los siguientes procedimientos.

Se tomó 1 gramo de muestra a la cual se le adicionaron 20 mL de una solución Metanol:Agua (80:20). Esta mezcla se introdujo en baño de ultrasonidos durante 20 minutos. Transcurrido ese tiempo las muestras se centrifugaron durante 10 minutos a 8000 r.p.m. El sobrenadante obtenido se recogió en un matraz mientras que al residuo sólido se le adicionó 20 mL de una mezcla Acetona:Agua (70:30). Esta mezcla se introdujo en baño de ultrasonidos durante 20 minutos. Seguidamente las muestras se centrifugaron durante 10 minutos a 8000 r.p.m. El sobrenadante obtenido se mezcló con el anterior y se llevó a evaporación hasta sequedad total en un rotavapor a presión reducida y temperatura inferior a 40 °C. El residuo así obtenido se resuspendió en 10 mL de metanol.

3.6.2 CONTENIDO EN FENOLES TOTALES (CFT)

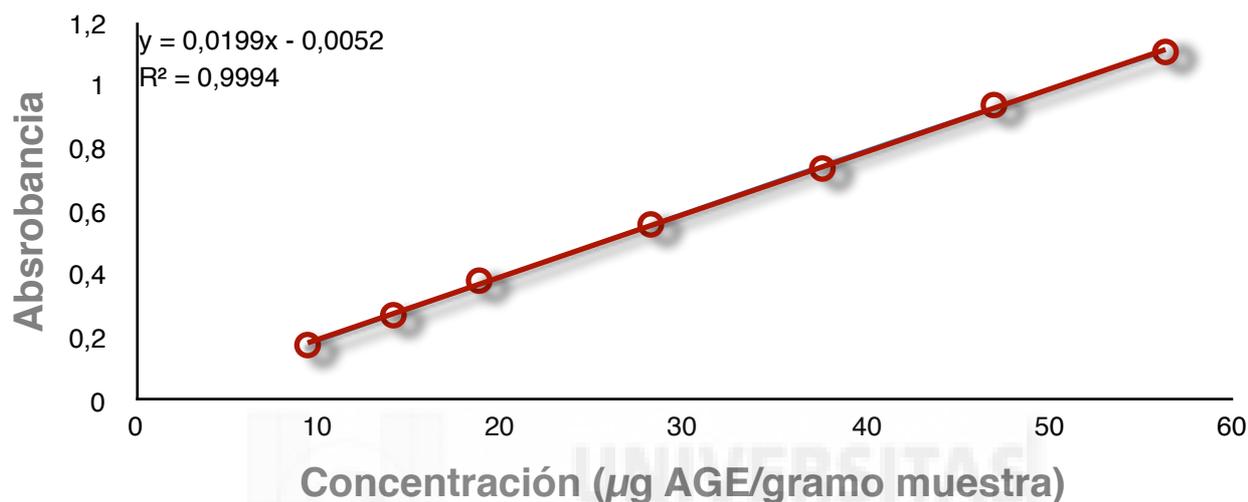
Las muestras utilizadas para la determinación del contenido de fenoles totales fueron los extractos extraídos según el procedimiento descrito en el apartado 3.6.1 (Extracción).

La determinación del CFT se realizó usando el reactivo colorimétrico Folin-Ciocalteu siguiendo el método descrito por [Singleton et al., \(1965\)](#).

Un volumen de 0,3 mL de las muestras extraídas fue introducido en tubos de ensayo con 2,5 mL del reactivo colorimétrico de Folin-Ciocalteu (diluido 10 veces con agua). Se adicionó 2 mL de carbonato de sodio (7,5% p/v), los tubos fueron agitados en el vortex, tapados con parafilm e incubados a 50 °C

durante 5 minutos. Posteriormente se midió la absorbancia a 760 nm con un espectrofotómetro HP 8451 (Hewlett Packard, Cambridge, UK) y fue comparada con una curva de calibrado del ácido gálico. Los resultados se expresaron como μg equivalentes de ácido gálico (AGE) por gramo de muestra (mg AGE/g muestra). Se realizó para cada muestra dos repeticiones.

Curva patrón:



3.6.3 CONTENIDO EN FLAVONOIDES TOTALES (CFIT)

Las muestras utilizadas para la determinación del contenido en flavonoides totales fueron los extractos extraídos según el procedimiento descrito en el apartado 3.6.1 (Extracción).

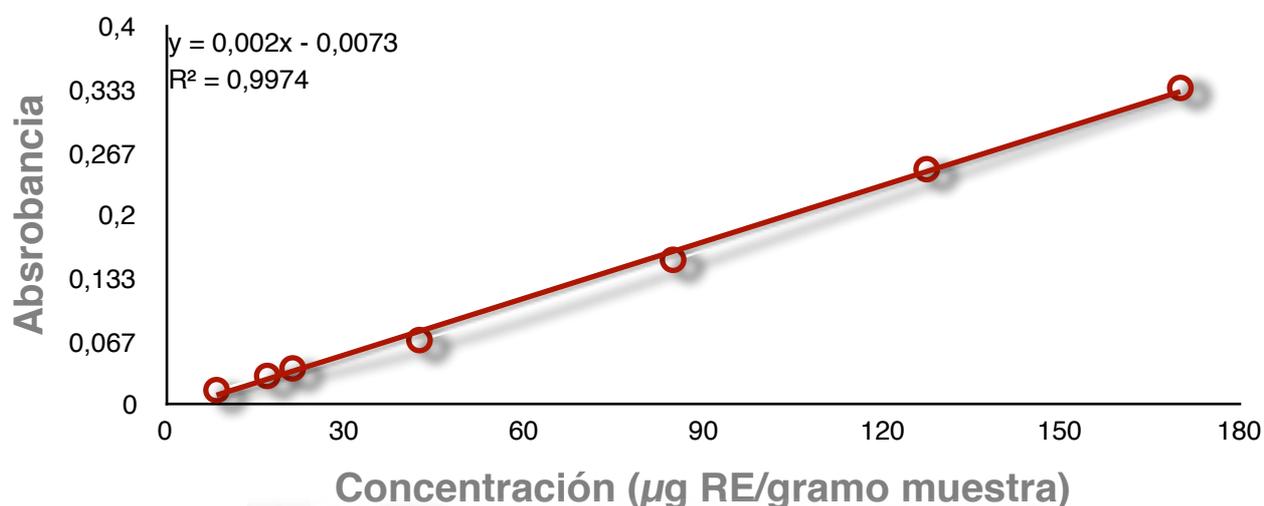
Para la determinación del CFIT se usó el método descrito por *Blasa et al., (2005)*, con algunas modificaciones.

Se mezcló 1 mL de las muestras con 0,3 mL de NaNO_2 (5%) y transcurridos 5 minutos se adicionó 0,3 mL de AlCl_3 (10%). La mezcla fue neutralizada con 2 mL de una solución de NaOH 1N.

Se esperó 5 minutos y se midió la absorbancia de todas las muestras a 510 nm con un espectrofotómetro HP 8451 (Hewlett Packard) y se cuantificó la concentración de las muestras con la curva de calibrado de diferentes concentraciones de rutina.

Los resultados fueron expresados en μg equivalentes de rutina (RE) por g de muestra (mg RE/g muestra). Se realizó para cada muestra dos repeticiones.

Cuva patrón:



3.6.4 CONTENIDO DE TANINOS TOTALES

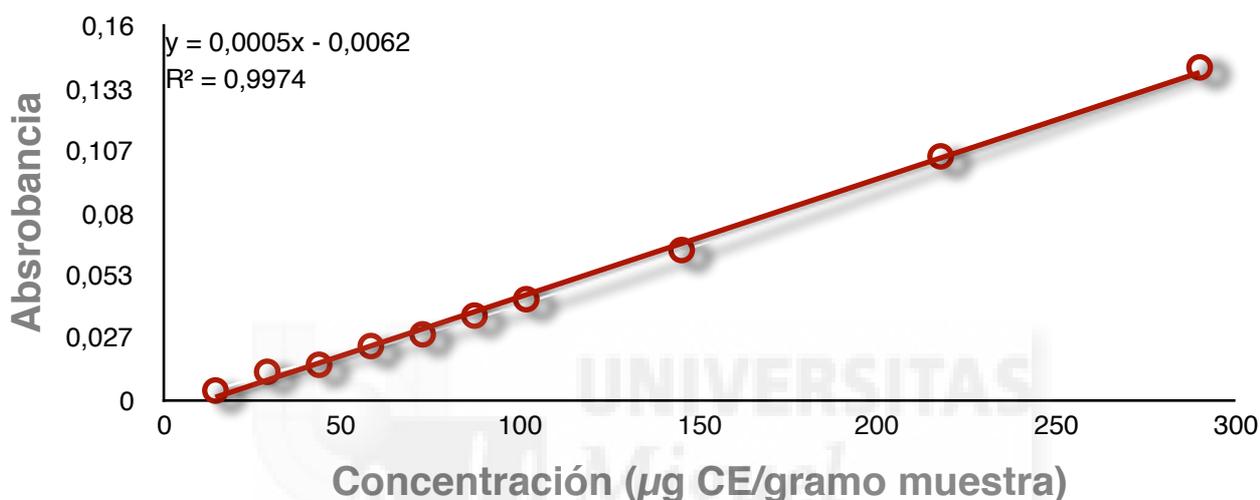
Las muestras utilizadas para la determinación del contenido en taninos totales fueron los extractos extraídos según el procedimiento descrito en el apartado 3.6.1 (Extracción).

La estimación cuantitativa de taninos (TC) se realizó usando el método de vainillina-HCl modificado en metanol descrito por [Price et al., \(1978\)](#).

Este método se basa en la capacidad de los taninos para reaccionar con la vainillina en presencia de ácido y producir un color rojo. Se mezcló 1 mL de las muestras con 20 ml de HCl al 1% en metanol y se colocaron en un baño de agua durante 20 minutos a 30 °C. Posteriormente las muestras se centrifugaron a 2000 r.p.m. durante 4 minutos. Transcurrido este tiempo se separó el sobrenadante y se mezcló con 5 ml de solución de vainillina (0,5% de vainillina + 2% de HCl en etanol) y se colocaron las muestras nuevamente en un baño de agua durante 20 minutos a 30 °C.

El blanco se realizó con 4% de metanol en vez de usar el reactivo vainillina. La absorbancia se midió a 500 nm en un espectrofotómetro UV / VIS HP 8451 (Hewlett Packard, Cambridge, UK). Se preparó una curva estándar con catequina. Los resultados se expresaron en términos de equivalentes de catequina (CE) por g de muestra (mg CE / g muestra). Se realizó para cada muestra dos repeticiones.

Curva patrón:



3.6.5 PERFIL DE ÁCIDOS ORGÁNICOS Y AZÚCARES

3.6.5.1 Obtención de las muestras procedentes de las pieles de almendras.

Para la determinación del contenido de ácidos orgánicos y azúcares de las pieles de almendras, se adicionó a un tubo de centrifuga 0,5 g de muestra y 8 mL de agua ultrapura. Los tubos se introdujeron en un baño de ultrasonidos durante 30 minutos, agitando manualmente las extracciones con una varilla cada 5 minutos para evitar que el extracto precipitara al fondo y así lograr una mejor extracción de los compuestos.

Tras la agitación los tubos se centrifugaron a 4000 r.p.m. durante 5 minutos, y los sobrenadantes obtenidos se filtraron a través de filtros de Millipore de 0,45 µm y se conservaron a 4 °C hasta la determinación de azúcares y ácidos

orgánicos mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC). Se obtuvieron 3 viales de cada muestra para su análisis.

3.6.5.2 Análisis mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

El contenido en ácidos orgánicos y azúcares de las aguas de lavado se realizó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en un cromatógrafo Hewlett Packard HP-1100 (Woldbronn, Alemania) siguiendo las indicaciones de **Doughy, (1995)**. Para ello 10 µL de las distintas muestra fueron inyectados en una columna Supelcogel C-610 H, 300x7.8 mm, (Supelco, Bellefonte) equipada con una pre-columna Supelguard-H, 50x4.6 mm (Supelco), usando como fase móvil ácido fosfórico (0.1 g/100 g), y con un flujo de 0.5 mL/min. El cromatógrafo Hewlett Packard HP-1100A estaba equipado con dos detectores: Un detector de Diodo Aray DAD G1315A (fijado a 210 nm) y un detector de índice de refracción RID G-1362 A.

Los ácidos orgánicos y azúcares se identificaron mediante comparación del tiempo de retención con el tiempo de retención del estándar previamente analizado. Como estándares de ácidos orgánicos se utilizaron: ácido L-ascórbico, ácido málico, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido acético, ácido láctico y ácido succínico. Todos ellos fueron suministrados por Sigma (Poole, Dorset, Reino Unido). Como estándares de azúcares se utilizaron: glucosa, fructosa y sacarosa.

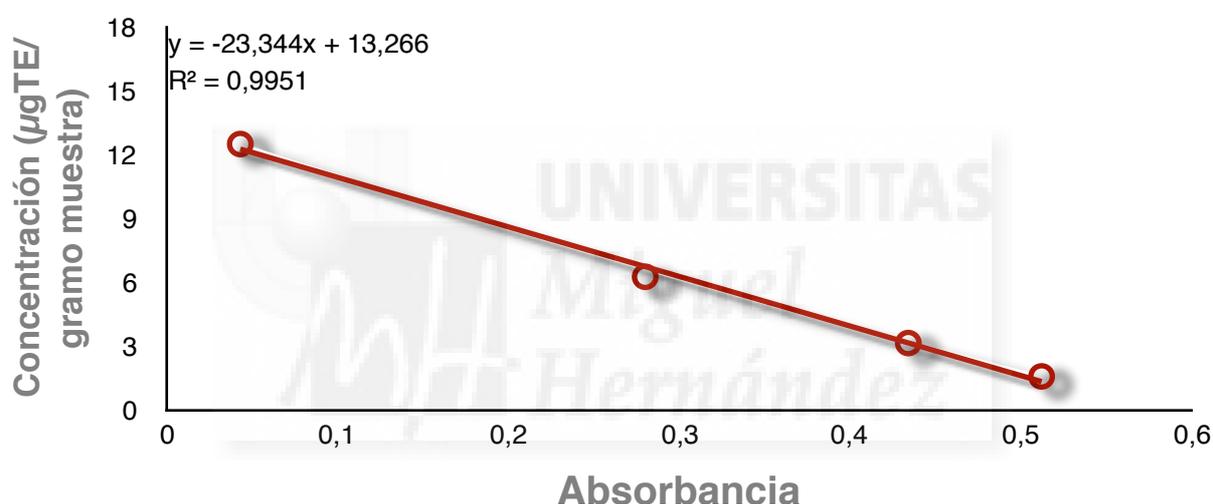
3.7 Actividad antioxidante

3.7.1 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE UTILIZANDO EL MÉTODO DEL RADICAL 2,2'-DIPHENYL-1-PICRYLHYDRAZYL (DPPH)

Las muestras utilizadas para la determinación de la actividad antioxidante por el método DPPH fueron los extractos extraídos según el procedimiento descrito en el apartado 3.6.1 (Extracción). Para ello se siguió el método descrito por

Brand-Williams *et al.*, (1995). En los tubos de ensayo se adicionó 0,2 mL de los diferentes extractos obtenidos y se mezclaron con 2 mL de una solución metanólica 0,06 mM de DPPH. Las muestras se agitaron en un vortex durante 2 min y se colocaron en la oscuridad durante 15 min. El descenso en la absorbancia medida a 517 nm se determinó con un espectrofotómetro HP 8451 (Hewell Packard). Para la determinación de la capacidad antioxidante se usó una curva de calibrado con diferentes concentraciones de Trolox. Los resultados se expresaron como μg de equivalentes de Trolox (TE) por gramo de muestra (mg TE/g muestra) como valor medio de 2 repeticiones.

Curva patrón:



3.7.2 PODER ANTIOXIDANTE POR REDUCCIÓN DEL IÓN FÉRRICO (FRAP)

Las muestras utilizadas para la determinación de la actividad antioxidante por el método FRAP fueron los extractos extraídos según el procedimiento descrito en el apartado 3.6.1 (Extracción). Para ello se siguió el método descrito por Oyaizu, (1986).

Se mezcló 1 mL de los distintos extractos con 2,5 mL de tampón fosfato (0.2 M, pH 6.6) y 2,5 mL ferricianuro de potasio (1%). Las mezclas fueron incubadas durante 20 min a 50 °C.

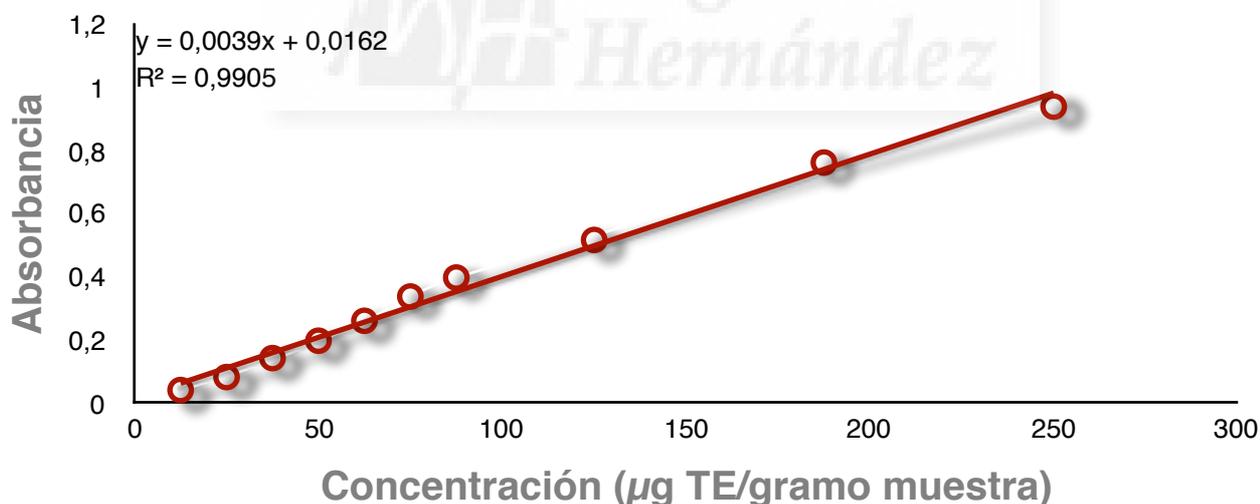
Transcurrido este tiempo se añadió 2,5 mL de ácido tricloroacético (10%) y se agitó durante 2 minutos.

Una alícuota de la mezcla (2,5 mL) anteriormente formada se mezcló con 2,5 mL de agua destilada y 0,5 mL FeCl₃ (0,1%).

Posteriormente se volvió a agitar y se esperó durante 10 minutos. Finalmente se midió la absorbancia a 700 nm con un espectrofotómetro HP 8451 (Hewell Packard).

Para la determinación de la capacidad antioxidante se usó una curva de calibración con diferentes concentraciones de Trolox. Los resultados se expresaron como µg de equivalentes de Trolox por gramo de muestra (mg TE/g muestra) como valor medio de dos repeticiones.

Curva patrón:



3.7.3 CAPACIDAD QUELANTE DEL IÓN FERROSO (FIC)

Las muestras utilizadas para la determinación de la actividad antioxidante por el método FIC fueron los extractos extraídos según el procedimiento descrito en el apartado 3.6.1 (Extracción). Para ello se siguió el método descrito por

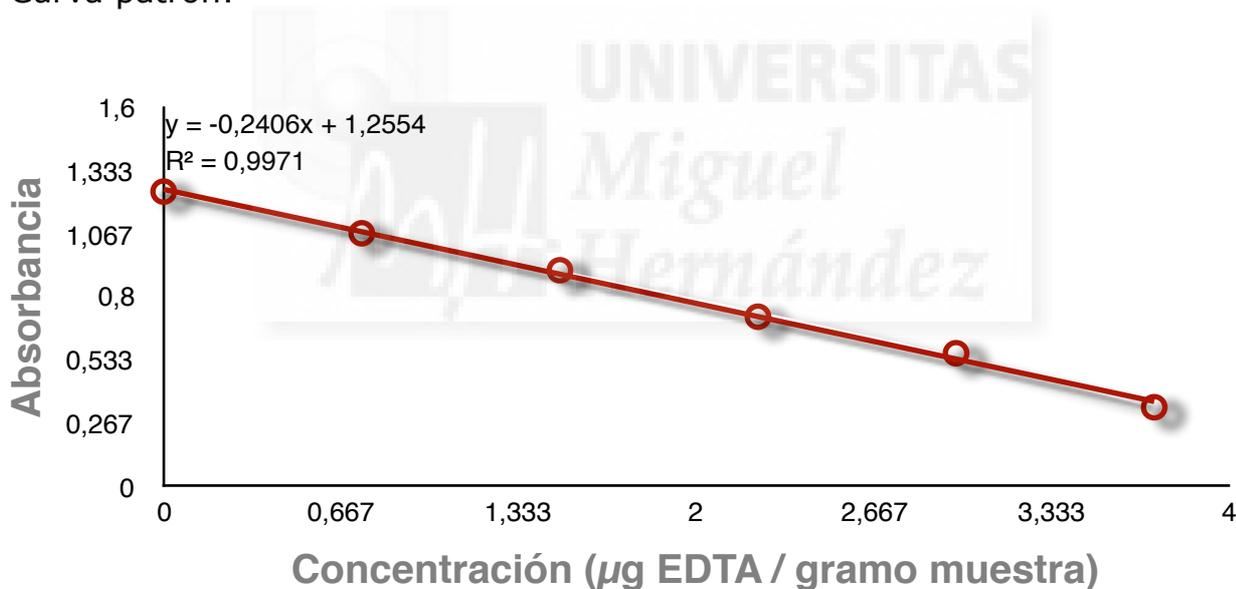
Carter, (1971). Se mezcló 1 mL del extracto de las pieles de almendras con 0,1 mL de $\text{FeCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ (2 mM) y 3,7 mL de metanol y se agitó durante un minuto en un vortex. Tras 5 minutos de incubación la reacción se inició por la adición de 0,2 mL de ferrocina (5 mM).

La mezcla se agitó vigorosamente durante 2 minutos. Después de otros 10 minutos de incubación se midió la absorbancia a 562 nm con un espectrofotómetro HP 8451 (Hewell Packard).

Para la determinación de la capacidad antioxidante se usó una curva de calibración con diferentes concentraciones de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).

Los resultados se expresaron como μg de equivalentes de EDTA por gramo de muestra (mg EDTA/g muestra) como valor medio de dos repeticiones.

Curva patrón:



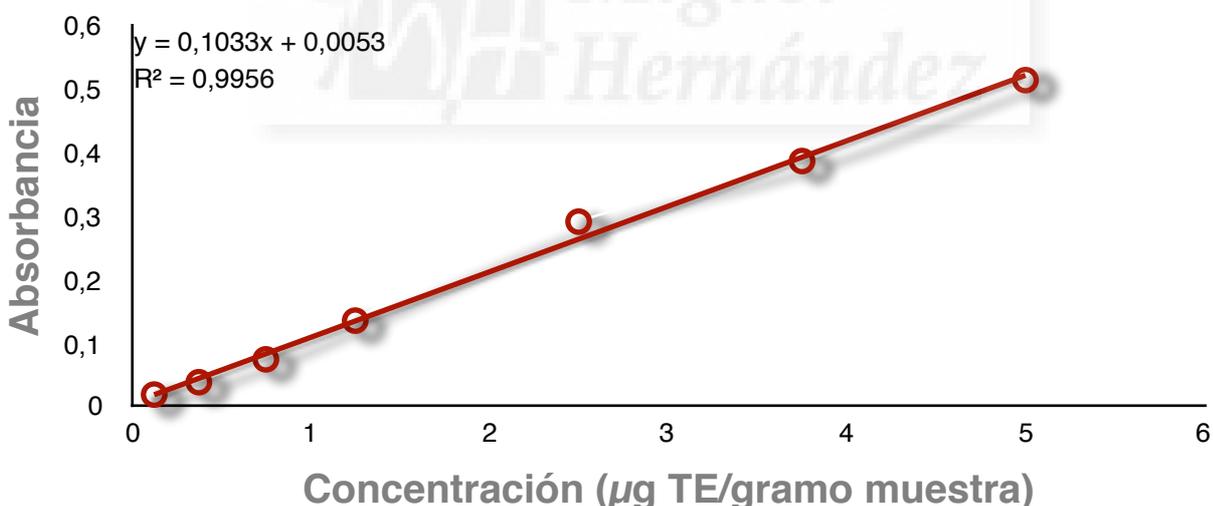
3.7.4 MÉTODO MEDIANTE EL EMPLEO DEL RADICAL 2,2'-AZINOBIS[3 ETILBENZOTIAZOLIN-6-SULFÓNICO] (ABTS)

Las muestras utilizadas para la determinación de la actividad antioxidante por el método ABTS fueron los extractos extraídos según el procedimiento descrito en el apartado 3.6.1 (Extracción). Para ello se siguió el método descrito por Gullón *et al.*, (2015).

- *Reactivo A:* se pesó 38,4 mg de reactivo ABTS y se completó hasta 10 mL de agua ultrapura.
- *Reactivo B:* se pesó 33,1 mg de $K_2S_2O_8$ y se completó hasta 5 mL de agua ultrapura.
- *Reactivo C:* se mezcló 1 mL del reactivo B en el reactivo A y se dejó en agitación y oscuridad toda la noche.

El reactivo C se disolvió en agua destilada hasta conseguir una absorbancia entre 0,70-0,71, midiéndose a una longitud de onda de 734 nm. En una cubeta de plástico de 1 mm de diámetro se adicionó 0,99 mL del reactivo C diluido junto con 0,1 mL de la muestra. Se mezcló con una micropipeta y se dejó en reposo durante 6 minutos. Transcurrido este tiempo se midió la absorbancia a 734 nm. Los resultados se expresaron como μg de equivalentes de Trolox por gramo de muestra (mg TE/g muestra) como valor medio de dos repeticiones.

Curva patrón:



3.7.5 RANCIMAT

Las muestras utilizadas para la determinación de la actividad antioxidante por el método RANCIMAT fueron los extractos extraídos según el procedimiento descrito en el apartado 3.6.1 (Extracción).

La manteca de cerdo se puso al baño maría para fundirla y a continuación se añadió 60 mL de agua del tipo 1 en dos vasos del Rancimat. Seguidamente se adicionó en los tubos del Rancimat 0,1 mL de los extractos de las pieles de almendras; cada tubo para cada variedad. También se realizaron dos muestras control. Por último se añadió 2,5 gramos de la manteca de cerdo a cada tubo y se colocaron los vasos y los tubos en el equipo para llevar a cabo la determinación.

Ésta se realizó a 120 °C y bajo un flujo de aire 20L/h. El índice de actividad antioxidante se calculó a partir de los tiempos de inducción estimados.

- $AA1 =$ Tiempo de inducción de cada muestra/tiempo de inducción de control
- $AA1 > 1 =$ Indica un efecto antioxidante contra la oxidación de lípidos
- $AA1 < 1 =$ Indica un efecto pro-oxidante

3.7.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar si existían diferencias estadísticas en la composición química, propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales, fisiofuncionales y actividad antioxidantes entre las diferentes muestras obtenidas a partir de las pieles de almendras (Fritz y Comuna) se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA).

Para conocer si existían diferencias estadísticamente significativas entre las muestras se aplicó el test de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$). El análisis se realizó con el programa Statgraphics Centurion XVI Versión 16.1.15.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

 Miguel
Hernández

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

En la tabla 4 se muestra la composición química de las pieles de almendra de las variedades Fritz y Comuna sometidas a estudio.

Tabla 4: Composición química de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón.

	<i>Humedad</i>	<i>Proteínas</i>	<i>Grasas</i>	<i>Cenizas</i>	<i>TDF</i>	<i>IDF</i>	<i>SDF</i>
Fritz	3,37±0,31 ^a	13,29±0,41 ^a	13,96±0,31 ^b	4,71±0,19 ^a	69,83±3,39 ^a	66,06±0,63 ^b	3,76±0,85 ^a
Comuna	3,82±0,68 ^a	11,77±0,09 ^b	16,90±0,04 ^a	4,23±0,81 ^a	70,50±2,05 ^a	69,86±0,16 ^a	1,56±0,89 ^b

TDF: Fibra dietética total; IDF: Fibra dietética insoluble; SDF: Fibra dietética soluble

Valores expresados en: g/100 g piel de almendra

Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de ($p>0,05$) de Tukey's.

Las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de fabricación del turrón fueron sometidas a un proceso de secado y por ello su contenido en humedad debe ser relativamente bajo, lo cual contribuirá a disminuir su deterioro durante su proceso de almacenamiento.

En cuanto a la humedad y a las cenizas no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre ambas muestras analizadas.

En la literatura científica existen diferentes estudios sobre la composición química de las pieles de almendras obtenidas como coproductos. Así, [Mandalari et al., \(2010\)](#) mediante el estudio de la piel de la almendra de la variedad Maisie Jane's cultivada en California, observaron que el contenido de cenizas comprendía valores en torno al 4,8 y 5,2%, valores ligeramente superiores a los obtenidos en el estudio de la piel de almendra de la variedad Fritz y Comuna. En cuanto al contenido de humedad presente en la piel de las almendras no existen datos con los que llevar a cabo una comparación. No obstante, la composición de las pieles procedentes de otros frutos secos si es están ampliamente analizadas. Así, [Montella et al., \(2013\)](#) estudiaron la composición química de la piel de la avellana. Estos autores determinaron un

contenido en humedad y cenizas del 7,67 y 4,5% respectivamente. En comparación con los datos obtenidos se concluye que la piel de la avellana presenta valores superiores en cuanto a humedad, sin embargo el contenido de ceniza presenta valores muy similares.

En referencia al contenido en proteínas la piel procedente de la variedad Fritz presentó un valor superior ($p < 0,05$) al de la variedad Comuna, apreciándose diferencias estadísticamente significativas entre las dos variedades. En cuanto al contenido en proteínas en la piel de la almendra existen diversos estudios científicos con lo que poder realizar una correcta comparativa con los resultados obtenidos. Así, [Mandalari et al., \(2010\)](#) mediante el estudio de la piel de la almendra de la variedad Maisie Jane's cultivada en California, determinaron que el contenido de proteínas en la piel de dicha variedad comprendía valores en torno al 10,3 y 12,8%, valores aproximados a la cantidad de proteína de las almendras de las variedades Fritz y Comuna. Sin embargo, la cantidad de proteínas en la piel de otros frutos secos si han sido estudiadas por otros autores. Así, [Riquelme et al., \(1985\)](#) determinaron que el contenido de proteínas en las pieles de avellanas es del 8,01%, valor inferior al que se obtuvo en las dos variedades de pieles de almendras sometidas a estudio. Por otro lado, la semilla de la almendra si que ha sido estudiada de manera más significativa. Así, [Ahrens et al., \(2005\)](#) llevaron a cabo un estudio sobre la composición química de distintas semillas de almendras cultivadas en California y concluyeron que el contenido de proteínas en la semilla de almendra comprendía valores en torno al 16-23%, cantidades superiores a las analizadas en las propias pieles.

Por otra parte, la piel de la variedad Fritz resultó obtener menos cantidad de grasa ($p < 0,05$) que la piel de la variedad Comuna, observándose diferencias estadísticamente significativas. Respecto al contenido de grasa en las pieles de las almendras se pueden encontrar trabajos científicos con los que poder llevar a cabo una comparación con los resultados obtenidos. Así, [Mandalari et al., \(2010\)](#) mediante el estudio de la piel de la almendra de la variedad Maisie

Jane's cultivada en California, determinaron que el contenido de grasa en la piel de dicha variedad comprendía valores en torno al 22,2 y 24,2%, valores que se encuentran por encima de los resultados que se obtuvieron tras la determinación de la piel de almendra de la variedad Comuna y Fritz. Sin embargo, la composición química de las pieles de otros frutos secos si están ampliamente estudiadas. Así [Montella et al., \(2013\)](#) estudiaron la composición química de la piel de la avellana, variedad Tonda Gentile Trilobata, obtenida de un proceso de tostado y determinaron que la cantidad de grasa que ésta posee es del 21,2%, valor superior en comparación con la de la piel de la almendra. No obstante, la semilla de almendra esta ampliamente analizada. De este modo, [Ahrens et al., \(2005\)](#) llevaron a cabo un estudio donde se determinaron la composición de distintas semillas de almendra cultivadas en California. Estos autores determinaron que el contenido en lípidos estaba comprendido entre 35 y 66 g/100 g, dependiendo de la variedad. En un estudio similar, [López-Ortiz et al., \(2015\)](#) observaron que el contenido lipídico de la semilla de almendra cultivada en España presentaba unos valores comprendidos entre un 40 y 67%. Como se observa la cantidad de grasa en la semilla es notablemente superior respecto a la que presenta la piel. Esta variabilidad en la composición podría deberse a las variedades empleadas, condiciones medioambientales, condiciones de cultivo, entre otras.

Sin embargo, no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre ambas variedades de almendra sobre la cantidad de fibra dietética total. Actualmente existen estudios científicos que informen sobre el contenido de fibra dietética total en la piel de las almendras. De esta forma, [Mandalari et al., \(2010\)](#) mediante el análisis de la piel de la almendra de la variedad Maisie Jane's cultivada en California, determinaron que el contenido de fibra dietética total en la piel de dicha variedad era del 45,1%. Si se compara con la piel de las variedades Fritz y Comuna se llega a la conclusión de que éstas presentan valores superiores respecto a la variedad Maisie Jane's. Sin embargo, la piel de otros frutos secos si está ampliamente estudiada. Así, [Montella et al., \(2013\)](#) analizaron el contenido de fibra dietética

total en la piel de la avellana obteniendo un valor de 58,3% por lo que el contenido de fibra dietética total es mayor en la piel de las almendras que en la piel de las avellanas. Por otro lado, la composición química de la semilla de almendra se encuentra muy estudiada. Por consiguiente, [Ruggeri et al., \(1998\)](#) mediante métodos enzimáticos-gravimétricos analizaron el contenido de fibra en la semilla de la almendra de las variedades Ferragnés, Stelliette, Tuono y Supernova cultivadas en Italia y encontraron que ésta posee valores comprendidos entre un 10,8 y 13,5%. Como se observa, estos resultados son inferiores a los que presenta la propia piel de la almendra. No obstante, la piel de la almendra de la variedad Comuna contenía mayor cantidad de fibra dietética insoluble ($p < 0,05$) que la piel de la variedad Fritz, observándose diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras analizadas.

En la actualidad, existen numerosos estudios científicos con los que poder llevar a cabo una comparación respecto a la cantidad de fibra dietética insoluble en las pieles de las almendras. Así, [Mandalari et al., \(2010\)](#) mediante el análisis de la piel de la almendra de la variedad Maisie Jane´s cultivada en California, determinaron que el contenido de fibra dietética insoluble en la piel de dicha variedad comprendía valores en torno al 41 y 42%, valores significativamente inferiores a los obtenidos en el estudio de las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna. No obstante la piel de otros frutos secos sí se encuentran ampliamente analizadas. De este modo, [Montella et al., \(2013\)](#) estudiaron el contenido de fibra insoluble en la piel de la avellana y determinaron de que ésta posee un 52,7%, valor ligeramente inferior a la que presenta la piel de la almendra. No obstante, este tipo de fibra está ampliamente estudiada en la semilla de la almendra. Así, [Lintas et al., \(1992\)](#) mediante métodos enzimáticos-gravimétricos analizaron el contenido de fibra insoluble en la semilla de la almendra de las variedades Ferragnes, Stelliette, Tuono y Supernova cultivadas en Italia y encontraron que ésta posee un valor de 14,4%. Comparando con la propia piel, se llega a la conclusión de que ésta posee mayor cantidad de fibra insoluble que la propia semilla.

Por el contrario, en cuanto a fibra soluble se refiere, la variedad Fritz presentó un valor superior ($p < 0,05$) que la variedad de la almendra Comuna, concluyendo de esta forma que existían diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras. Al igual que en el contenido de fibra dietética total e insoluble, existen estudios científicos sobre la cantidad de fibra soluble en la piel de la almendra. Así, *Mandalari et al., (2010)* mediante el análisis de la piel de la almendra de la variedad Maisie Jane’s cultivada en California, determinaron que el contenido de fibra dietética soluble en la piel de dicha variedad comprendía valores en torno al 3 y 4%, valores ligeramente superiores a los determinados en las pieles de la almendra de la variedad Fritz y Comuna. No obstante, la fibra soluble está ampliamente estudiada en la propia semilla de la almendra de otras variedades. Por consiguiente, *Lintas et al., (1992)* mediante métodos enzimáticos-gravimétricos analizaron el contenido de fibra insoluble en la semilla de la almendra de las variedades Ferragnés, Stelliette, Tuono y Supernova cultivadas en Italia y encontraron que ésta posee un valor de 0,78%. En comparación con la propia piel se concluye que en la semilla hay menos cantidad de fibra soluble.

4.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

En la tabla 5 se muestra las propiedades fisicoquímicas de las pieles de almendra de las variedades Fritz y Comuna sometidas a estudio.

Tabla 5: *Propiedades fisicoquímicas de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón.*

	pH	Aw	Coordenadas de color				
			L*	a*	b*	C*	H*
Fritz	6,06±0,09 ^a	0,123±0 ^a	43,90±0,48 ^b	6,24±0,24 ^b	7,40±0,32 ^b	9,68±0,39 ^b	0,87±0,01 ^b
Comuna	5,77±0,01 ^b	0,521±0 ^a	49,34±1,26 ^a	8,48±0,39 ^a	13,74±0,85 ^a	16,15±0,92 ^a	1,02±0,01 ^a

Aw: Actividad de agua; L*: Luminosidad; a*: coordenada rojo/verde; b*: coordenada amarillo/azul; C*: Cromo; H*: Tono
 Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de ($p > 0,05$) de Tukey’s.

El pH puede influir en determinadas propiedades tecnológicas de las fibras, tales como: solubilidad, capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite, etc. Así mismo, tiene un papel importante en la posible incorporación de determinadas fibras en ciertas matrices alimentarias. Además es un parámetro directamente relacionado con el riesgo de deterioro de los alimentos ya sea por el desarrollo de microorganismos, enzimas o reacciones no enzimáticas [Hemati-Matin et al., \(2013\)](#). En referencia al pH la piel de la almendra procedente de la variedad Fritz presentó un valor superior ($p < 0,05$) respecto a la variedad Comuna, concluyendo de que existían diferencias estadísticamente significativas. En la literatura científica, más allá de nuestro conocimiento, no existen datos sobre el pH de la piel de las almendras. Sin embargo, el pH de las pieles de cacahuets se encuentra ampliamente estudiado. Los resultados obtenidos muestran que el pH de las pieles de las almendras es ligeramente superior o prácticamente similar, dependiendo de la variedad, a la piel de los cacahuets (5,87%) según informa [Munekata et al., \(2016\)](#). No obstante la piel de otras frutas si se encuentran ampliamente estudiadas. Así, [Viuda-Martos et al., \(2015\)](#) determinaron que el pH de la fibra de higo de la variedad Colar presentaba un pH de 5,24, valor ligeramente inferior al obtenido en el análisis de la piel de almendra de las variedades Fritz y Comuna.

Sin embargo, en cuanto a la actividad de agua entre ambas muestras no existían diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). En la literatura científica no existen muchos estudios sobre las propiedades fisicoquímicas de las pieles de almendras obtenidas como coproductos. Por lo tanto, [Viuda-Martos et al., \(2015\)](#) mediante el estudio de la piel de higo de la variedad Colar determinaron que su actividad de agua era de 0,387, valor inferior al obtenido en la piel de la variedad Comuna y superior al de la variedad Fritz.

En cuanto al color, tanto la luminosidad como las coordenadas rojo/verde y amarillo/azul, croma y tono, la piel de almendra de la variedad Comuna mostraron valores superiores ($p < 0,05$) en comparación con la piel de la

almendra de la variedad Fritz, observándose diferencias estadísticamente significativas entre ellas. En la actualidad, no existen datos sobre los parámetros de color de la piel de la almendra. Sin embargo, otros frutos secos como por ejemplo, la piel del cacahuete se encuentra ampliamente estudiada. De este modo, *Munekata et al., (2016)* determinaron que la luminosidad, coordenadas rojo/verde (a^*) y amarillo/azul (b^*) son 39,41; 19,5 y 17,64 respectivamente. Realizando una comparación con las pieles de almendras analizadas se concluye que la luminosidad es mayor en la piel de la almendra, sin embargo las coordenadas rojo/verde y amarillo/azul presentan valores superiores en la piel del cacahuete respecto a la de las pieles de las almendras. Por otro lado, el croma presenta un valor superior (26,30) en la piel del cacahuete y el tono un valor inferior (0,73), en comparación con la piel de las almendras, según informa *Munekata et al., (2016)*. Así, otros autores, como *Viuda-Martos et al., (2015)* analizaron la piel de higo de la variedad Colar y concluyeron que la luminosidad era de 49,72; dato ligeramente superior a obtenido en la piel de las almendras de las variedades Comuna y Fritz. En cuanto a las coordenadas rojo/verde (3,22) y amarillo/azul (3,53) la piel de higo de la variedad Colar presenta valores inferiores a los analizados en las pieles de las almendras Comuna y Fritz.

4.3 PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES

En la tabla 6 se muestra las propiedades tecnofuncionales de las pieles de almendra de las variedades Fritz y Comuna sometidas a estudio.

Tabla 6: *Propiedades tecnofuncionales de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón.*

	CRA (g agua/g muestra)	CRO (g aceite/g muestra)	SWC (mL/g muestra)	AE (mL/100 mL)	EE (mL/100 mL)
Fritz	4,97±0,11 ^a	1,81±0,09 ^b	2,97±0,75 ^a	67,77±2,04 ^b	100±0 ^a
Comuna	4,11±0,92 ^b	2,08±0,08 ^a	2,34±0,42 ^a	76,66±4,71 ^a	100±0 ^a

CRA: Capacidad de retención de agua; CRO: Capacidad de retención de aceite; SWC: Capacidad de hinchamiento; AE: Actividad emulsificante; EE: Estabilidad de la emulsión

Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de ($p > 0,05$) de Tukey's.

Son muchos los factores que intervienen en la CRA de las fibras. Aunque la fuente de la que procede la fibra es un factor determinante por su composición química y su estructura. También influyen la microestructura final de la fibra (tamaño de partícula, porosidad) y las condiciones de procesado [Nelson, \(2013\)](#). La capacidad de retención de agua (CRA) se define como la aptitud que tiene la fibra para retener el agua durante la aplicación de fuerza externas. La piel de la almendra de la variedad Fritz mostró un valor superior ($p < 0,05$) respecto a la variedad Comuna, apreciándose diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras. En la actualidad no existen numerosos estudios sobre la capacidad de retención de agua de la piel de la almendra. Sin embargo, la piel de otras frutas obtenidas como coproductos en procesos industriales están ampliamente estudiadas. Así, [Viuda-Martos et al., \(2015\)](#) mediante el estudio de la piel de higo de la variedad Colar, determinaron que su capacidad de retención de agua era de 5,45 g agua/g. Comparando con los valores alcanzados en las pieles de las almendras de las variedades Comuna y Fritz se llega a la conclusión de que éstas presentan valores inferiores respecto a la piel de higo. Otros autores, como por ejemplo, [Sánchez-Zapata et al., \(2009\)](#) concluyeron que la capacidad de retención de la piel de chufa era de 8,01 g agua/g valor superior al que presenta las pieles de almendras de las variedades Comuna y Fritz. Así, [Lario et al., \(2004\)](#) estudiaron la piel de limón y concluyeron que su capacidad de retención era de 11 g agua/g, valor también superior al obtenido en las pieles de almendras. [Larrauri et al., \(1999\)](#) analizaron la piel del pomelo y determinaron que capacidad de retención de agua era de 8,5 g agua/g. Si se compara con los valores obtenidos en las pieles de las almendras se observa de que éstas presentan valores inferiores respecto a la piel del pomelo.

La capacidad de retención de aceite se define como la aptitud que tiene la fibra para retener el aceite durante la aplicación de fuerzas externas. La CRO de la fibras depende más en la porosidad de la estructura de la fibra, que de la afinidad de la molécula de fibra por el aceite [Nelson, \(2013\)](#). Además, el reprocesado de la fibra puede provocar una reducción de los valores de CRO

Thebaudin *et al.*, (1997). También hay que tener en cuenta que otros mecanismos más complejos están implicados en las variaciones en los valores de CRO de las fibras, tales la hidrofobicidad general y la atracción capilar Kinsella, (1976). La variedad Fritz indicó valores inferiores ($p < 0,05$) a comparación con la variedad de almendra Comuna, por lo que se concluye de que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas variedades de almendras. Actualmente no existen estudios sobre la capacidad de retención de aceite de la piel de la almendra. No obstante, la piel de otras frutas sí se encuentran más estudiadas. Así, Viuda-Martos *et al.*, (2015) mediante el estudio de la piel de higo de la variedad Colar, determinaron que la capacidad de retención de aceite de la piel de este fruto era de 0,85 g aceite/g. En comparación con los valores alcanzados en las pieles de las almendras de las variedades Comuna y Fritz se llega a la conclusión de que éstas presentan valores superiores respecto a la piel de higo. Otros autores, también estudiaron la piel de otras frutas obtenidas como coproductos. Así, Lario *et al.*, (2004) concluyeron que la capacidad de retención de aceite de la piel de de limón era de 6,6 g aceite/g valor superior al que presenta las pieles de almendras de las variedades Comuna y Fritz. Así, Figuerola *et al.*, (2005) estudiaron la piel de la uva, naranja, melocotón y manzana y concluyeron que su capacidad de retención de aceites eras de 1,20; 1,81; 1,09 y 1,82 g aceite/g, respectivamente. En comparación con las pieles de las almendras de las variedades Comuna y Fritz, éstas presentaron una mayor capacidad de retención de aceite respecto a las fibras mencionadas anteriormente.

La capacidad de hinchamiento (SWC) se define como la capacidad de la fibra para aumentar su volumen en presencia de agua, estando influenciado por sus composición (a mayor cantidad de fibra insoluble mayor capacidad de hinchamiento, porosidad y tamaño de partícula). Por lo tanto, este parámetro indica cuánto se hincha la matriz de fibra cuando absorbe agua Lario *et al.*, (2004). La capacidad de hinchamiento de las fibras depende de la composición, (a mayor cantidad de fibra soluble mayor capacidad de hinchamiento), de la porosidad y del tamaño de la partícula Lario *et al.*,

(2004). La capacidad de hinchamiento resultó ser mayor ($p < 0,05$) en la piel de la almendra de la variedad Fritz que en la Comuna, observándose diferencias estadísticamente significativas. En la actualidad, más allá de nuestro conocimiento científico, no existen estudios sobre la capacidad de hinchamiento de la piel de la almendra. Sin embargo, la piel de otras frutas que se obtienen como coproductos del procesado industrial sí se encuentran ampliamente estudiadas. Así, López-Marcos *et al.*, (2015) mediante el estudio de la piel de la chufa, el limón, el pomelo y la granada determinaron que la capacidad de hinchamiento eran 1,92; 5,69; 6,50 y 1,92 mL/g muestra, respectivamente. En comparación con los valores alcanzados en las pieles de las almendras de las variedades Comuna y Fritz se llega a la conclusión de que éstas presentan valores superiores respecto a la piel de la chufa y la granada. No obstante, presentaban valores inferiores respecto a la piel del limón y el pomelo.

La actividad emulsificante (AE) se define como la habilidad de una molécula para actuar como un agente que facilita la solubilización o dispersión de dos o líquidos inmiscibles y se ve aumentada por la cantidad de proteínas y aminoácidos. Indica la cantidad de aceite emulsificado por la fibra antes de que se produzca el colapso de la emulsión. La actividad emulsificante en la variedad de almendra Fritz era menor ($p < 0,05$) en comparativa con la variedad de almendra Comuna, apreciándose diferencias estadísticamente significativas. Actualmente no existen estudios sobre la actividad emulsificante de la piel de la almendra. Sin embargo, la piel de otras frutas sí se encuentran más estudiadas. Así, Viuda-Martos *et al.*, (2015) mediante el estudio de la piel de higo de la variedad Colar, determinaron que la actividad emulsificante de la piel de este fruto era de 47,85 mL/100 mL. En comparación con los valores alcanzados en las pieles de las almendras de las variedades Comuna y Fritz se llega a la conclusión de que éstas presentan valores superiores respecto a la piel de higo. Otros autores, también estudiaron la piel de otras frutas obtenidas como coproductos. Así, Sánchez *et al.*, (2009) concluyeron que la actividad emulsificante de la piel de la chufa era de 70,33 mL/100 mL, valor

superior al que presenta las pieles de almendras de la variedad Fritz, pero inferior respecto la piel de la variedad Comuna.

La estabilidad de la emulsión (EE) se define como la habilidad de mantener una emulsión y su resistencia a la ruptura bajo la acción del calor e indica el aceite que ha quedado retenido por la fibra después de que se produzca el colapso. La estabilidad de la emulsión entre ambas variedades no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). En la actualidad no existen estudios sobre la estabilidad de la emulsión de la piel de la almendra. Sin embargo, la piel de otras frutas sí se encuentran más estudiadas. Así, [Viuda-Martos et al., \(2015\)](#) mediante el estudio de la piel de higo de la variedad Colar, determinaron que la capacidad de estabilidad de la emulsión de la piel de esta fruta era de 94,95 mL/100 mL. En comparación con los valores alcanzados en las pieles de las almendras de las variedades Comuna y Fritz se llega a la conclusión de que éstas presentan valores superiores respecto a la piel de higo. Otros autores, también estudiaron la piel de otras frutas obtenidas como coproductos. Así, [Sánchez et al., \(2009\)](#) concluyeron que la capacidad de la estabilidad de la emulsión de la piel de la chufa era del 100 mL/100 mL, mismo valor que el que presenta las pieles de almendras de las variedades Comuna y Fritz. [Sánchez et al., \(2009\)](#) también analizaron la piel de la granada y determinaron que la estabilidad de la emulsión de la piel de esta fruta era del 95,06 mL/100 mL, valor ligeramente inferior al analizado en las pieles de las almendras estudiadas.

4.4 PERFIL DE ÁCIDOS ORGÁNICOS Y AZÚCARES

En la tabla 7 se muestra el perfil de ácidos orgánicos y azúcares de las pieles de almendra de las variedades Fritz y Comuna sometidas a estudio.

Tabla 7: Perfil de ácidos orgánicos y azúcares de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón.

	Ácidos orgánicos ($\mu\text{g/g}$ muestra)				Azúcares ($\mu\text{g/g}$ muestra)		
	Ácido oxálico	Ácido tartárico	Ácido láctico	Ácido Fumárico	Glucosa	Sacarosa	Fructosa
Fritz	4,15 \pm 0,13 ^b	3,51 \pm 0,15 ^b	5,14 \pm 0,34 ^b	7,20 \pm 0,21 ^b	13,20 \pm 0,00 ^b	7,06 \pm 0,40 ^b	12,24 \pm 0,07 ^b
Comuna	4,86 \pm 0,04 ^a	5,37 \pm 0,20 ^a	7,59 \pm 0,15 ^a	8,82 \pm 0,21 ^a	16,77 \pm 0,53 ^a	9,60 \pm 0,05 ^a	16,08 \pm 0,31 ^a

Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de ($p>0,05$) de Tukey 's.

En referencia a los ácidos orgánicos, la piel de la variedad Comuna presentó valores superiores ($p<0,05$) de ácido oxálico, tartárico y láctico en comparación con la piel de la almendra Fritz, apreciándose diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras. En la literatura científica no existen estudios sobre el perfil de ácidos orgánicos presentes en las pieles de almendras obtenidas como coproductos. Sin embargo, la piel de otras frutas se encuentran ampliamente estudiadas. Por lo tanto, [Viuda-Martos et al., \(2015\)](#) determina que el contenido de ácido tartárico y fumárico en la piel de higo de la variedad Colar es de 0,52 y 0,13 $\mu\text{g/g}$ muestra respectivamente. En comparación con la piel de la almendra de las variedades Fritz y Comuna se concluye de que éstas presentan cantidades inferiores a las obtenidas en la fibra de higo. No obstante, al contenido de ácido oxálico y láctico no existen datos con los que poder llevar a cabo una exhaustiva comparación.

A lo que a azúcares respecta, la piel de la variedad Fritz mostró valores inferiores ($p<0,05$) respecto con la piel de almendra de la variedad Comuna, concluyendo de esta forma de que existían diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras. En la literatura científica no existen

estudios sobre el perfil de azúcares presentes en las pieles de almendras obtenidas como coproductos. Sin embargo la propia semilla de la almendra se encuentran ampliamente estudiadas. Así, *Yada et al., (2011)* determinó el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa en la semilla de la almendra, con unos valores de 36; 1,2 y 0,9 $\mu\text{g/g}$ de muestra. En comparación con los resultados obtenidos se llega a la conclusión de que la piel de almendra presenta valores inferiores de fructosa y sacarosa. Sin embargo, la cantidad de glucosa es mayor en la semilla de almendra que en la piel. Por otro lado, el perfil de azúcares presentes en pieles de otras frutas también se encuentra ampliamente estudiado. De este modo, *Viuda-Martos et al., (2015)* determinaron el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa de la piel de higo de la variedad Colar, obteniendo unos resultados de 61,10; 65,60 y 65,96 $\mu\text{g/g}$ de muestra, respectivamente. En comparación con las pieles de las almendras de las variedades Fritz y Comuna se concluye que la piel de higo contiene mayor cantidad de sacarosa, glucosa y fructosa.

4.5 PROPIEDADES FISIOfUNCIONALES

En la tabla 8 se muestra las propiedades fisiofuncionales de las pieles de almendra de las variedades Fritz y Comuna sometidas a estudio.

Tabla 8: *Propiedades fisiofuncionales de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón.*

	CRB <i>(g bilis/g muestra)</i>	FOB <i>(g aceite/g muestra)</i>
Fritz	3,85±0,28 ^a	0,39±0,18 ^b
Comuna	3,83±0,13 ^a	3,98±0,10 ^a

CRB: Capacidad de retención de bilis; FOB Capacidad de retención de aceites y grasas

Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de ($p>0,05$) de Tukey 's.

La capacidad de retención de bilis (CRB) se define como la aptitud que tiene la fibra para retener la bilis durante la aplicación de fuerzas externas. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre ambas

muestras. En la actualidad, más allá de nuestro conocimiento científico, no existen estudios sobre la capacidad de retención de bilis en la piel de la almendra. Sin embargo, la piel de otras frutas sí se encuentran ampliamente estudiadas. Así, [López-Marcos et al., \(2015\)](#) mediante el estudio de la piel de la chufa, el limón, el granada y pomelo determinaron que la capacidad de retención de bilis eran 6,29; 8,07; 4,60 y 9,20 g bilis/g muestra, respectivamente. Respecto a los valores alcanzados en las pieles de las almendras de las variedades Comuna y Fritz se llega a la conclusión de que estas fibras presentan valores superiores en comparación a la piel de la almendra de las variedades Fritz y Comuna.

La capacidad de retención de aceites y grasas (FOB) se define como la capacidad que tiene la fibra de absorber o retener grasas dentro de su matriz, simulando un proceso digestivo. La piel de la almendra de la variedad Comuna mostró un valor superior ($p < 0,05$) respecto a la variedad Fritz, apreciándose diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras. En la actualidad, al igual que sobre la capacidad de retención de bilis, no existen estudios sobre la capacidad de retención de aceites y grasas en la piel de la almendra. Sin embargo, la piel de otras frutas sí se encuentran más estudiadas. Así, [López-Marcos et al., \(2015\)](#) mediante el estudio de la piel de la chufa, el limón, el granada y pomelo determinaron que la capacidad de retención de aceites y grasas eran 0; 67,43; 14,00 y 35,43 g aceite/g muestra, respectivamente. Respecto a los valores alcanzados en las pieles de las almendras de las variedades Comuna y Fritz se llega a la conclusión de que la piel de la variedad Fritz y Comuna presenta un valor superior respecto a la piel de la chufa. No obstante, los resultados obtenidos en la piel del limón, la granada y el pomelo son superiores respecto a los de las pieles de las almendras.

4.6 CONTENIDO EN FENOLES, FLAVONOIDES Y TANINOS TOTALES

En la tabla 9 se muestra el contenido de fenoles, flavonoides y taninos totales de las pieles de almendra de las variedades Fritz y Comuna sometidas a estudio.

Tabla 9: Contenido en fenoles, flavonoides y taninos totales de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón.

	TPC (mg AGE/g muestra)	TFC (mg RE/g muestra)	TTC (mg CE/g muestra)
Fritz	1,64±0,14 ^b	8,23±0,37 ^b	8,53±0,17 ^b
Comuna	6,39±0,41 ^a	17,08±0,94 ^a	30,13±0,50 ^a

TPC: Contenido de fenoles totales, expresado en mg de ácido gálico equivalentes; TFC: Contenido de flavonoides totales, expresado en mg de rutina equivalentes; TTC: Contenido de taninos totales, expresado en mg de catequina equivalentes.

Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de ($p>0,05$) de Tukey 's.

Los compuestos de naturaleza polifenólica son componentes muy importantes que se encuentran presentes en frutas y verduras ya que estas sustancias aportan diversas propiedades relacionadas con la calidad como su contribución al sabor dulce, amargo o astringente, al color y sus propiedades nutricionales [Tomás-Barberán et al., \(2001\)](#). De hecho, los compuestos fenólicos poseen un amplio espectro en cuanto a propiedades bioquímicas además de ejercer un efecto beneficioso en la prevención del desarrollo de diversas enfermedades como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares.

En cuanto al contenido de fenoles totales, la piel de almendra de la variedad Comuna presentó valores superiores ($p<0,05$) frente a la variedad de almendra Fritz, observándose diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras. En la literatura científica existen estudios sobre los compuestos bioactivos presentes en las pieles de almendras obtenidas como coproductos. Así, [Garrido et al., \(2010\)](#) evaluó el contenido de fenoles totales en dos variedades de pieles de almendras. Las pieles de las almendras

estudiadas eran de la variedad española (Marcona) que fue cosechada en el año 2004 y la variedad americana (Texas) que se cosechó en el año 2006. Ambas muestras fueron sometidas a un tratamiento térmico (asado) donde se obtuvieron los siguientes valores. La variedad española obtuvo un resultado de 32,1 mg AGE/g muestra y la variedad americana de 27,3 mg AGE/g muestra. Si se compara con los resultados estudiados en las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna sin asar se llega a la conclusión de que éstas presentan valores inferiores respecto a las muestras que fueron asadas. Actualmente también se estudia la piel de otras variedades de frutos secos obtenidos como coproductos. Por consiguiente, [Concuoglu et al., \(2015\)](#) determinaron que el contenido de fenoles totales presentes en la piel de la avellana de la variedad Kargalak fue de 151,2 mg AGE/g muestra, valor notablemente superior al que se obtuvo durante el estudio de las pieles de las almendras de las variedades Fritz y Comuna. Por otro lado, la propia semilla de la almendra si que ha sido estudiada de forma más amplia. Así, [Bolling et al., \(2010\)](#) evaluaron el contenido de fenoles totales en diferentes variedades de almendras. Las semillas de almendras que fueron sometidas a estudio fueron Sonora, Carmel, y Nonpareil y los resultados obtenidos son 1,59; 1,01 y 1,09 mg AGE/g muestra, respectivamente. En comparación con las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna, se concluye que la piel contiene mayor contenido de fenoles totales con respecto a la propia semilla. Por otro lado, la piel de otras frutas también están ampliamente estudiadas. Por lo tanto, [Viuda-Martos et al., \(2015\)](#) determinaron que el contenido de fenoles totales presentes en la piel de higo de la variedad Colar era de 5,76 mg AGE/g muestra, valor notablemente superior al que se obtuvo durante el análisis de la piel de las almendras de variedad Fritz, pero ligeramente inferior al valor obtenido en la almendra de la variedad Comuna.

Por otro lado, la variedad de almendra Fritz mostraba valores inferiores ($p < 0,05$), respecto al contenido total de flavonoides, en comparación con la piel de la almendra Comuna, concluyendo de esta forma que existían diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras.

Actualmente no existen estudios acerca del contenido de flavonoides totales en las pieles de las almendras. Sin embargo, la piel de otros frutos secos se encuentran ampliamente estudiadas. Así, [Concuoglu et al., \(2015\)](#) evaluó el contenido de flavonoides totales presentes en la piel de la avellana de la variedad Kargalak obteniendo un resultado de 59,2 mg RE/g muestra. Si se compara con los resultados estudiados en las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna se llega a la conclusión de que éstas presentan valores inferiores respecto a la piel de la avellana. No obstante, la piel de otras frutas que se obtienen como coproductos están ampliamente estudiadas. Así, [Viuda-Martos et al., \(2015\)](#) determinaron que el contenido de flavonoides totales en la piel de higo de la variedad Colar era de 19,12 mg RE/g muestra, valor ligeramente superior al que se obtuvo durante la determinación de las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna.

Como sucedía con las determinaciones anteriores, en cuanto al contenido de taninos totales también se apreciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre ambas variedades de almendras analizadas. La piel de almendra de la variedad Comuna presentó valores superiores frente a la variedad de almendra Fritz. En la literatura científica existen estudios acerca del contenido de taninos totales presentes en las pieles de almendras obtenidas como coproductos. Así, [Garrido et al., \(2010\)](#) evaluó el contenido de taninos totales en dos variedades de pieles de almendras. Las pieles de las almendras estudiadas eran de la variedad española (Marcona) que fue cosechada en el año 2004 y la variedad americana (Texas) que se cosechó en el año 2006. Ambas muestras fueron sometidas a un tratamiento térmico (asado) donde obtuvieron los siguientes valores. La variedad española obtuvo un resultado de 43,3 mg CE/g muestra y la variedad americana de 38,8 mg CE/g muestra. Si se compara con los resultados estudiados en las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna sin asar se llega a la conclusión de que éstas presentan valores inferiores respecto a las muestras que fueron asadas. Sin embargo, también se estudia la piel de otras variedades de frutas obtenidos como coproductos. Así, [Viuda-Martos et al., \(2015\)](#) determinaron

que el contenido de taninos totales en la piel de higo de la variedad Colar era de 16,63 mg CE/g muestra, valor superior respecto a la piel de la almendra de la variedad Fritz, pero inferior al valor obtenido en la piel de la almendra de la variedad Comuna.

4.7 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

En la tabla 10 se muestra la actividad antioxidante de las pieles de almendra de las variedades Fritz y Comuna sometidas a estudio

Tabla 10: *Actividad antioxidante de las pieles de almendras obtenidas como coproductos durante el proceso de elaboración del turrón.*

	<i>DPPH</i> (mg TE/g muestra)	<i>ABTS</i> (mg TE/g muestra)	<i>FRAP</i> (mg TE/g muestra)	<i>FIC</i> (mg EDTA/g muestra)	<i>RANCIMAT</i> (AA1)
Fritz	0,46±0,41 ^b	1,35±0,60 ^b	2,94±0,70 ^a	0,12±0,01 ^b	1,18±0,02 ^a
Comuna	2,28±0,05 ^a	15,81±1,20 ^a	3,34±0,25 ^a	0,21±0,01 ^a	1,11±0,02 ^b

Valores con la misma letra dentro de la misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de ($p > 0,05$) de Tukey 's.

La determinación de la actividad antioxidante de los alimentos es importante para predecir el potencial antioxidante in vitro de los mismos antes de ser ingeridos. Los métodos de determinación de la actividad antioxidante se basan en distintos sistemas generados de radicales libres. Dichos radicales reaccionan con la muestra y en virtud de la capacidad antioxidante de ésta, se inhibirá la generación de los primeros [Benavente-García et al., \(1999\)](#). Así, lo que se determina realmente es el efecto antioxidante, ya que la actividad antioxidante no se puede medir de forma directa. En la actualidad, debido a la complejidad de los procesos de oxidación, no existe un método que refleje de forma completa el perfil antioxidante de una muestra, por lo tanto, se trabaja con varios métodos para facilitar la comparación e interpretación de los resultados.

El método DPPH determina la actividad antioxidante utilizando el radical 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl. La capacidad antioxidante de los extractos obtenidos de las muestras de piel de almendra sobre el radical DPPH se debe a su capacidad para donar hidrógenos o a la actividad secuestrante de radicales. DPPH es un radical libre estable y acepta un electrón o radical hidrógeno para convertirse en una molécula diamagnética estable [Brand-Williams et al., \(1995\)](#). La piel de almendra de la variedad Comuna presentó valores superiores ($p < 0,05$) respecto a la variedad Fritz, observándose diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras. En la literatura científica no existen estudios acerca de la actividad antioxidante determinada por el método DPPH en las pieles de almendras. Sin embargo la piel de otras frutas obtenidas como coproductos están ampliamente estudiadas. Así, [Viuda-Martos et al., \(2015\)](#) determinaron la actividad antioxidante de la piel de higo de la variedad Colar, obteniendo un valor de 28,85 mg TE/g muestra. En comparación con los resultados obtenidos del análisis de las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna se concluye de que éstas poseen menor actividad antioxidante que la piel de higo.

El radical ABTS⁺, procedente de su precursor ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico (ABTS), es de un color verde-azulado, con espectro de absorción visible, que se mide en el espectrofotómetro a 734 nm de longitud de onda [Re et al., \(1999\)](#). La generación del radical se puede llevar a cabo enzimáticamente, químicamente (radical peroxilo, persulfato potásico o dióxido de manganeso) y electroquímicamente [Re et al., \(1999\)](#). La variedad de almendra Fritz mostró valores inferiores ($p < 0,05$) en comparación con la piel de la variedad Comuna, concluyendo de esta forma que existían diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras. Actualmente no existe la determinación de la actividad antioxidante de la piel de almendra llevada a cabo por el método ABTS, por lo que no se ha podido llevar a cabo una exhaustiva comparación de resultados.

El método FRAP se basa en la evaluación de la capacidad de las muestras de piel de almendra para reducir el ión férrico. Para ello se utiliza un cromóforo (la ferricianida). El poder antioxidante por reducción del ión férrico de los distintos extractos de la piel de almendra se determinó siguiendo el método descrito por [Oguzhan et al., \(2011\)](#). Tanto la piel de la variedad Fritz como la Comuna no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Actualmente existen estudios acerca de la actividad antioxidante determinada por el método FRAP en las pieles de almendras que se obtienen como coproductos durante los procesos de fabricación de otros alimentos. Así, [Bolling et al., \(2010\)](#) determinaron la actividad antioxidante de tres variedades distintas de almendras que fueron cultivadas en Sacramento. Las almendras eran de la variedad Sonora, Carmel y Nonpareil y los resultados obtenidos fueron 245,5; 222,25 y 161,43 mg TE/g muestra, respectivamente. Al comparar dichos resultados con los valores obtenidos de las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna, se concluye que éstas últimas presentan valores inferiores a diferencia de la almendra Sonora, Carmel y Nonpareil y por lo tanto su actividad antioxidante es menor.

En el método FIC el hierro se considera como el pro-oxidante más importante de la oxidación lipídica debido a su alta reactividad. El hierro en estado ferroso (Fe^{2+}) acelera la oxidación lipídica por reaccionar con el peróxido de hidrógeno y los peróxidos lipídicos originando radicales libres via la reacción de Fenton ($\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \cdot\text{OH} + \text{-OH}$). Los agentes quelantes inactivan los iones metálicos inhibiendo el proceso metal-dependiente. La ferrozina puede formar complejos con el Fe^{2+} , que son de color rojo. En presencia de otros agentes quelantes, este complejo se rompe con la consiguiente disminución del color rojo. La medida del ritmo de dicha disminución permite estimar la actividad quelante de la muestra. La actividad quelante del ión ferroso (Fe^{2+}) se midió inhibiendo la formación del complejo ferrocina- Fe^{2+} siguiendo el método de [Carter, \(1971\)](#) con algunas modificaciones. La piel de la almendra de la variedad Fritz mostró valores inferiores ($p < 0,05$) a diferencia de la variedad Comuna, apreciándose diferencias estadísticamente significativas

entre ambas muestras. En la literatura científica no existen estudios acerca de la actividad antioxidante determinada por el método FIC en las pieles de almendras. Sin embargo la piel de otras frutas si están ampliamente estudiadas. Así, [Viuda-Martos et al., \(2015\)](#) determinaron la actividad antioxidante de la piel de higo de la variedad Colar, obteniendo un valor de 54,44 mg EDTA/g muestra. En comparación con los resultados obtenidos del análisis de las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna se concluye de que la piel de higo presenta valores notablemente superiores respecto a las pieles de las almendras.

Rancimat es un método de medida de estabilidad oxidativa de aceites y grasas en condiciones aceleradas, basado en la inducción de la oxidación de la muestra por exposición a elevadas temperaturas y flujo de aire. De esta manera permite estimar el tiempo de inducción o tiempo de estabilidad oxidativa, siendo este el momento a partir del cual la muestra ha superado el tiempo en el que permanece estable, y siendo por tanto indicativo de una pérdida de calidad y vida útil de la muestra. La piel de almendra de la variedad Fritz presentó valores superiores ($p < 0,05$) respecto a la variedad Comuna, determinando con estos resultados que existían diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras. Actualmente no existen estudios acerca de la actividad antioxidante determinada por el método Rancimat en las pieles de almendras. Sin embargo la piel de otros frutos si están ampliamente estudiadas. Así, [Kaijser et al., \(2000\)](#) determinaron la actividad antioxidante de la piel de macadamia de la variedad Jordan cultivada en Nueva Zelanda, obteniendo un valor de 19,75. Como se indicó anteriormente en el apartado 3.7.5; cuando AA1 es mayor de 1 indica un efecto antioxidante contra la oxidación de lípidos. En comparación con los resultados obtenidos del análisis de las pieles de almendras de las variedades Fritz y Comuna se concluye de que la piel de la macadamia presenta valores notablemente superiores respecto a las pieles de las almendras y por tanto una mayor protección frente a la oxidación de lípidos.

5. CONCLUSIONES

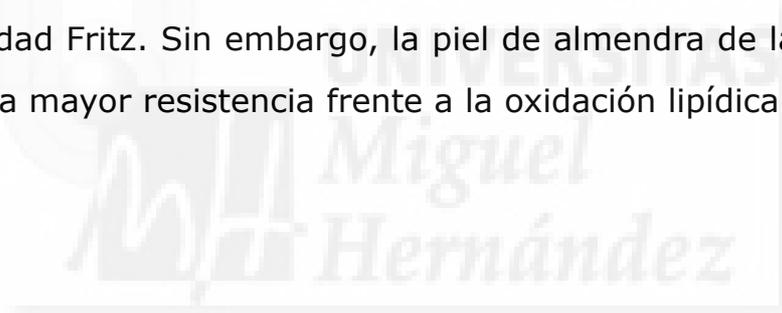


5. CONCLUSIONES

1. Respecto a la composición química, tanto en la piel de la almendra de la variedad Fritz como en la de la variedad Comuna no se aprecian diferencias en cuanto al contenido de humedad y cenizas. En lo que a proteínas respecta, la piel de la almendra Fritz presenta un valor ligeramente superior en comparación con la variedad Comuna. Sin embargo, ésta última posee un mayor contenido de grasa a diferencia de la variedad Fritz. En cuanto al contenido de fibra dietética total no se observa diferencias entre las dos variedades de almendras sometidas a estudio. Por otro lado, la piel la almendra de la variedad Comuna contiene mayor cantidad de fibra dietética insoluble en comparación a la piel de almendra de la variedad Fritz.
2. El pH de la piel de la almendra de la variedad Fritz es superior en comparación con la variedad Comuna. Sin embargo, los resultados relativos a la actividad de agua revelan que no existen diferencias entre las dos muestras analizadas. Por otro lado, los parámetros relativos al color (luminosidad, coordenadas rojo/verde y amarillo/azul) muestran valores superiores en la piel de la almendra de la variedad Comuna.
3. La capacidad de retención de agua y la capacidad de hinchamiento presentan valores superiores en la piel de la almendra de la variedad Fritz en comparación con la la piel de la almendra Comuna. No obstante, la capacidad de retención de aceite y la actividad emulsificante es mayor en la variedad Comuna frente a la piel de la almendra de la variedad Fritz. Finalmente, la estabilidad de la emulsión entre ambas variedades no muestran apenas diferencias.
4. En cuanto al perfil de ácidos orgánicos, los resultados determinan que la piel de almendra de la variedad Comuna posee un mayor contenido de ácido oxálico, ácido tartárico, ácido láctico y ácido fumárico en comparativa con la piel de la variedad Fritz. Por otro lado, el contenido de glucosa,

sacarosa y fructosa igualmente es superior en la piel de la almendra de la variedad Comuna.

5. La capacidad de retención de aceites y grasas es mayor en la piel de la almendra de la variedad Comuna a comparación de la variedad Fritz. Sin embargo, en cuanto a la capacidad de retención de bilis no existen diferencias significativas entre ambas muestras.
6. Relativo a los compuestos bioactivos se concluye que la piel de la almendra de la variedad Comuna posee un mayor contenido de fenoles, flavonoides y taninos totales respecto a la piel de la almendra de la variedad Fritz.
7. Respecto a la actividad antioxidante entre ambas muestras se observa que la piel de la variedad Comuna presenta valores superiores en comparación con la variedad Fritz. Sin embargo, la piel de almendra de la variedad Fritz, presenta una mayor resistencia frente a la oxidación lipídica.



6. BIBLIOGRAFÍA



6. BIBLIOGRAFÍA

Ahrens, S., Venkatachalam, M., Mistry, A.M., Lapsley, K., Sathe, S.K. (2005). Almond (*Prunus dulcis* L.) protein quality. *Plant Foods for Human Nutrition*. 60(3), 123-128.

Ayala-Zavala, J.F., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodríguez, J.A., Siddiqui, W., Dávila-Aviña, J.E., González-Aguilar, G.A. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44, 1866-1874.

Benavente-García, O., Castillo, J., Lorente, J., Ortuño, A., Del Rio, J. A. (2000). Antioxidant activity of phenolics from *Olea europaea*. *Food Chemistry*. 68, 457-462.

Berganza, J., de las Fuentes, L., Guijarro, J., Garay, I. (2003). Problemática y posibilidades de aprovechamiento de los subproductos generados en la industria alimentaria de la CEE. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. Enero, 91-94.

Blasa, M., Candiracci, M., Accorsi, A., Piacentini, M.P., Albertini, M., Piatti, E. (2005). Raw millefiori honey is packed full on antioxidants. *Food Chemistry*. 97, 217-222.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.

Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, D., Kroke, A., Leschik-Bonnet, E., Müller, M.J., Oberritter, H., Schulze, M., Stehle, P., & Watzl, B. (2012). Critical review: Vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *European Journal of Nutrition*. 51, 637-663.

Bolling-Bradley, W., Dolnikowski, G., Blumberg-Effrey, B. (2010). Polyphenol content and antioxidant activity of California almonds depend on cultivar and harvest year. *Food Chemistry*, 122, 819-825.

Business Council for Sustainable Development (2011). By-product synergy hub. U.S. Business Council for Sustainable Development.

Carter, P. (1971). Spectrophotometric determination of serum iron at the submicrogram level with a new reagent (ferrozine). *Analytical Biochemistry*. 40(2), 450-458.

Cassens, R. G., Demeyer, D., Eikeleenboom, G., Honikel, K. O., Johanson, G., Nielsen, T., Renner, M., Richardson, L., Sakata, R. (1995). Recommendation of reference method for assessment of meat colour. *Summary of the 41st International Congress of Meat Science and Technology*. 410-411.

Catarino, J., Mendoca, E., Picado, A., Anselmo, A. Nobre da Costa, J., Partidário, P. (2007). Getting value from wastewater: by-products recovery in a potato chips industry. *Journal of Cleaner Production*. 15, 927-931.

Concuoglu-Neslishan, Tas., Gokmen, Vural. (2015). Bioactive compounds in different hazelnut varieties and their skins. *Journal of Food Composition and Analysis*. 43, 203-208.

Coultate, T. P. (1996). Manual de química y bioquímica de los alimentos. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España, 3, 44-53.

Doughy, E. (1995). Separation of acids, carbohydrates and fermentation products by HPLC. *Lebensmittel, Wissenschaft and Technologie*. 12, 100-101.

Fernández-López, J., Fernández-Ginés, J.M., Alesón-Carbonell, L., Sendra, E., Sayas-Barberá, E., Pérez-Álvarez, J.A. (2004). Application of functional citrus

by-products to meat products. *Trends in Food Science Technology*. 15, 176-185.

Figuerola, F., Hurtado, M.L., Estévez A.M., Chiffelle, I., Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potencial fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*. 91, 395-401.

Garrido, I., Monagas, M., Gómez Cordovés, C., Bartolomé. B. (2010) Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: Influence of industrial processing. *Journal of Food Science*. 73, 85-98.

Gil, A. (2010). Tratado de Nutrición. Tomo I: Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la Nutrición. Ed. Panamericana, 9, 235-255.

Galiana-Carbonell, F. (1986). Anales y Documentos Históricos sobre el Turrón de Jijona. Ed. Gráficas Alcoy, 48-55.

González-Aguilar, G., Robles-Sánchez, R., Martínez-Téllez, M., Olivas, G., Álvarez-Parrilla, E., de la Rosa, I. (2008). Bioactive compounds in fruits: Health benefits and effect of storage conditions. *Stewart Postharvest Review*. 4(3), 1-10.

Gullón, B., Pintado, M.E., Fernández-López, J., Pérez Álvarez, J.A., & VIUDA-MARTOS, M. (2015). In vitro gastrointestinal digestion of pomegranate peel (*Punica granatum*) flour obtained from co-products. Changes in the antioxidant potential and bioactive compounds stability. *Journal of Functional Foods*. 19, 617-628.

Hemati-Matin, H.R., Shariatmadari, F., Karimi-Torshizi, M.A. (2013). Various physico-chemical properties of dietary fiber sources of poultry diets. *International Journal of Agricultura and Crop Sciences*. 32, 98-132.

Hernández-Rodríguez, M., Sastres Gallego, A. (1999). Tratado de Nutrición. Ed. Diaz de Santos, 2(8), 125-135.

Hunt, M.C., Acton, J.C., Benedict, R.C., Calkins, C.R., Cornforth, D.P., Jeremiah, L.E., Olson, D.P., Savell, J.W., Shivas, S.D. (1991). Guidelines for meat color evaluation. *American Meat Science Association and National Live Stock an Meat Board*. 9, 234-240.

Kaijser, A., Dutta, P., Savage, G. (2000). Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. *Food Chemistry*. 71, 67-70.

Kinsella, J.E. (1976). Functional properties of food proteins. *Food Science and Nutrition*. 7, 219-280.

Lario, Y.C., Sendra, E., García-Pérez, J., Fuentes, C., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A. (2004). Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. *Innovative Food Science & Emerging Technology*. 5, 113-117.

Larrauri J. A. (1999). New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. *Trends in Food Science Techology*. 10, 3-8.

Lee, D., Tongarlak, M.H. (2017). Converting retail food waste into by-product, *European Journal of Operational Research*. 257, 944-956.

Lintas, C., Marlett, J.A., Vollendorf, N.W. (1992). Dietary fibber content nd composition of different forms of fruits. *Food Chemistry*. 51, 39-44.

López-Márcores, M.C., Bailina, C., Viuda-Martos, M., Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-López, J. Properties of dietary fibers from agroindustrial coproducts as source for fiber enriched foods. *Food Bioprocess Technology*. 8, 240-248.

López-Ortíz, C.M., Prats-Moya, S., Beltrán-Sanahuja, A., Maestre-Pérez, S.E. (2008). Comparative study of tocopherol homologue content in flour almond oil cultivars during two consecutive years. *Journal of Food Composition and Analysis*. 21(2), 144-151.

Mandalari, G., Tomaino, A., Rich, GT. (2010) Polyphenol and nutrient release from skin of almond during simulated human digestion. *Food Chemistry*. 122, 1083-1088.

Montella, Rosa., Coisson-Jean, Daniel., Travaglia, Fabiano., Locatelli, Monica., Malfa, Patricia., Martelli, Aldo., Arlorio, Marco. (2013). Bioactive compounds from hazelnut skin. Effects on *Lactobacillus plantarum* P17630 and *Lactobacillus crispatus* P17631. *Journal of Functional Foods*. 5, 306-315.

Mucharaz-Pou, M. (2004). El Almendro, Manual técnico. Ed. Mundi-Prensa, (2) 6-10.

Nelson, A.L. (2013). The application of dietary fibre in food industry: structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre. *Journal of Food and Nutrition Research*. 1(3), 13-23.

Oguzhan, C. (2011). Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica*) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Scientia Horticulturae*. 128(4), 473-47

Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction: Antioxidant activity of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japan Journal of Nutrition*. 44(6), 307-315.

Price, M.L., Van-Scoyoc, S., Butler, L.G. (1978). Critical evaluation of the vanillin reaction an assay for tannin in sorghum grain. *Food Chemistry*. 26, 1214.

Quiñones, M., Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*. 27(1), 76-89.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 26(9) 1231-1237.

Riquelme, F., Romojaro, F., Giménez, J.L., Llorente, S. (1985). Study on protein fraction in some almonds varieties of the Spanish south-east. *Fruit Science Reports*. 12, 55-59.

Ruggeri, M., Cappelloni, L., Nicoli, E. (1998). Chemical composition and nutritive value of nuts grown in Italy. *Italian Journal of Food Science*. 3, 243-251.

Salas, M.C., Urrestarazu, M., Martínez, G.A. (2005). Almond shell waste: Possible local rockwool substitute in soilless crop culture. *Scientia Horticulturae*. 103, 453-460.

Sánchez-Zapata, E., Fuentes-Zaragoza, E., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., Pérez-Álvarez, J. A., (2009). Preparation of dietary fiber powder from tiger nuts (*Cyperus esculentus*) milk ("horchata") by-products and its physicochemical properties. *Food Chemistry*. 57, 7719-7725.

Segundo-Álvarez, N., Bague-Serramo A.J. (2011). Los alimentos funcionales. Una oportunidad para una mejor salud. Ed. AMV, 8, 210-216.

Munekata-Sichetti, P., Fernández, E., Pires de Melo, M. (2016). Influence of peanut skin extract on shelf-life of sheep patties. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 6(7), 586-596.

Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M. (1965). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299, 152-178.

Tan, Y.A., Sambanthamurthi, R., Sundram, K., Wahid, M.B. (2007). Valorisation of pal by-products as functional components. *Science Technology*. 109, 380-393.

Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C., Harrington, M., Bourgeois, C.M. (1997). Dietary fibers: nutritional and technological interest. *Trends in Food Science and Technology*. 8, 41-48.

Tomaino, A., Martorana, M., Arcoraci, T., Monteleone, D., Giovinazzo, C., Saija, A. (2010). Antioxidant activity and phenolic profile of pistachio seeds and skins. *Biochimie*. 92, 1115-1122.

Tomás-Barberán, F. A., Espín, J.C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science Food and Agriculture*. 81, 853-876.

Viuda-Martos, M., Barber, X., Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-López, J. (2015). Assessment of chemical, physico-chemical, techno-functional and antioxidant properties of fig (*Ficus carica* L.) powder co-products. *Industrial Crops and Products*. 69(2015) 472-479 .

Wijngaard, H., Hossain, M.B., Rai, D.K., Brunton, N. (2006). Techniques to extract bioactive compounds from food by-products of plant origin. *Food Research International*. 19, 243-250.

Yada, S., Lapsley, K., Huang, G.. (2011). A review composition studies of cultivated almonds: Macronutrients and micronutrients. *Journal of Food Composition and Analysis*. 24, 469-480.

*Páginas web consultadas:

BEDCA (Base de datos española de composición de alimentos de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición). Consultada en junio de 2017.
<http://www.bedca.net/bdpub/index.php>

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations database) (2013). Consultada en junio de 2017.
<http://www.fao.org/faostat/en/#home>

