

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**“REVISIÓN DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL
AMARGOR DEL PIMIENTO”**

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre – 2022

Autora: Belén Cabrera Cupeiro

Tutor: Juan Miguel Valverde Veracruz

Cotutor: Domingo Jesús Martínez Romero



RESUMEN

El pimiento (*Capsicum* spp.) pertenece a la familia de las solanáceas. Este fruto tiene una gran importancia económica debido a las diferentes formas que tiene de ser consumido. Es rico en compuestos fenólicos especialmente en flavonoides, estos, además de poseer una alta capacidad antioxidante también proporcionar cierto sabor amargo, uno de los más comunes es la quercetina. En cuanto a la cantidad de este compuesto puede variar a causa de diversos factores: genéticos, agroclimáticos, el estado de maduración, las condiciones de almacenamiento y de conservación, los procesos industriales y la adición de ciertos componentes para contrarrestar o eliminar el sabor amargo.

Palabras clave: Maduración, quercetina, *Capsicum*, flavonoides, conservación.



ABSTRACT

Peppers (*Capsicum* spp.) belong to the Solanaceae family. This fruit has a significant economic value due to the different forms it can be consumed. It is rich in phenolic compounds, especially flavonoids such as quercetin, with a high antioxidant capacity, and besides, it provides certain bitter taste. The quantity of this compound can be affected by several factors: genetics, agro-climatic conditions, the state of maturation, storage and preservation conditions, industrial processes and the addition of certain components to reduce or eliminate the bitter taste.

Key words: Maturation, quercetin, *Capsicum*, flavonoids, conservation.

ÍNDICE

1. CAPSICUM SPP.	5
2. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y PRODUCCIÓN	6
2.1. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PIMIENTOS A NIVEL NACIONAL	6
2.2. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PIMIENTOS A NIVEL INTERNACIONAL	10
3. FORMAS DE CONSUMO	15
3.1. FRESCO	15
3.2. ESPECIAS	16
3.3. INDUSTRIA CONSERVERA	16
4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL PIMIENTO	17
5. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS PIMIENTOS	19
5.1. FIRMEZA	19
5.2. COLOR	19
5.3. °BRIX	20
5.4. DULZOR	22
5.5. ACIDEZ	22
5.6. PICOR	23
5.7. ASTRIGENCIA	25
5.8. AMARGOR	25
6. EL AMARGOR EN LAS VARIEDADES DE PIMIENTO	27
6.1. EVOLUCIÓN DE LOS COMPUESTOS DURANTE SU MADURACIÓN	28
6.2. CONDICIONES DE CULTIVO Y POSTCOSECHA	31
6.3. CAMBIOS DURANTE EL PROCESADO	39
6.4. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	40
6.5. TÉCNICAS PARA REDUCIR EL AMARGOR	42
7. CONCLUSIONES	48
8. BIBLIOGRAFÍA	50

1. *CAPSICUM* SPP.

El pimiento pertenece al género *Capsicum*, de la familia de las solanáceas. El género *Capsicum* engloba 40 especies diferentes entre las que cabe destacar estas cinco: *C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. baccatum*., *C. chinense* y *C. pubescens*. Estas especies han sido adaptadas y domesticadas para el consumo humano. La variedad más utilizada a nivel mundial es *C. annuum* (Milla, 1996).

En cuanto a las características nutricionales, el pimiento es un vegetal rico en antioxidantes naturales como los compuestos fenólicos, tocoferoles, carotenoides y antocianinas (Shang et al., 2022). Además, es rico en vitaminas como la A, B1, B2 y C (Milla, 1996).

El género *Capsicum* se puede dividir en dos categorías varietales:

- **Variedades dulces:** Esta variedad se cultiva para el consumo en fresco, el tipo de cultivo puede ser protegido en donde utilizan invernaderos, túneles... o en campos sin sistemas de protección. Los frutos son grandes y carnosos. Por otro lado, también se puede destinar a la industria para elaborar pimentón (Fálder, 2004).
- **Variedades picantes:** Se suelen destinar mayoritariamente a la industria. La característica física principal de estos frutos es que son largos y delgados. Estas variedades son conocidas comúnmente como chiles o guindillas (Fálder, 2004).

Este tipo de variedades tienen una característica especial y es que contienen una serie de compuestos que no contribuyen a su valor nutritivo, pero sí son causantes del picor y del calor que provocan al ser consumidos. Estos compuestos se llaman capsinoides y capsicionoides (CTOs / CAPs) que provienen de una oleorresina llamada capsaicina (Bosland y Votava, 2012).

Las variedades más cultivadas de pimientos dulces son: italiano, pimiento california, pimiento morrón y ñora. De pimientos picantes las variedades son: pimiento padrón, pimiento del piquillo, pimiento de romesco y guindilla.

2. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y PRODUCCIÓN

En cuanto a la importancia económica, la especie *C. annum* y en concreto la variedad *Capsicum annum*, L. var. *annuum* es la más importante a nivel mundial, esta especie forma parte de las variedades de pimiento dulce (Sánchez, 2020). Su importancia se debe a su alto contenido en capsaicina presente en las variedades picantes. Otra razón es por sus diferentes formas de consumo como en fresco, en conserva y en especias para proporcionar un mayor gusto y sabor a las comidas (Sánchez, 2020).

2.1. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PIMIENTOS A NIVEL NACIONAL

El pimiento es un cultivo que ha aumentado su producción en España. La demanda de estos frutos ha crecido de manera muy rápida en los últimos años (MAPA, 2022).

En cuanto a la comercialización de chiles y pimientos secos, en España, como se puede observar en la **Figura 1**, hay más exportaciones que importaciones a lo largo de los 5 años.

De forma general se aprecia un aumento en las importaciones y exportaciones de chiles y pimiento secos debido a los impulsos económicos en el sector agrario, llegado de diferentes instituciones nacionales (Real Decreto 307/2019).

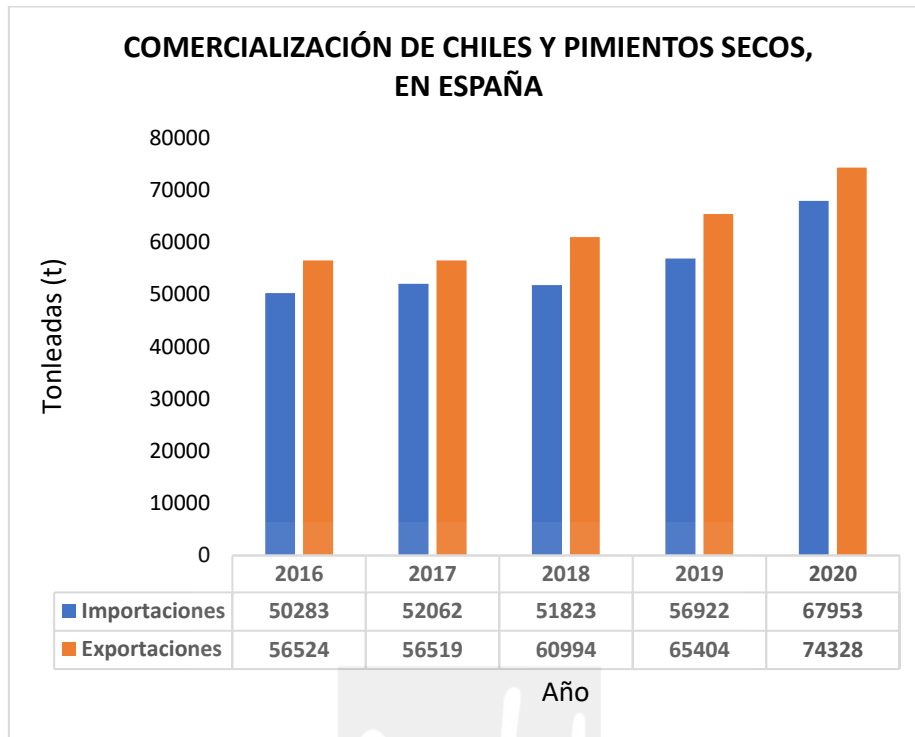


Figura 1. Comercialización de chiles y pimientos, secos en España.

Fuente: Adaptado a partir de FAOSTAT (2022).

En lo que respecta a la comercialización de pimientos dulces y picantes, en España, se puede observar en la **Figura 2**, la gran diferencia entre las importaciones y las exportaciones. La alta cantidad de exportaciones indica que una gran parte de la producción total es enviada a otros países.

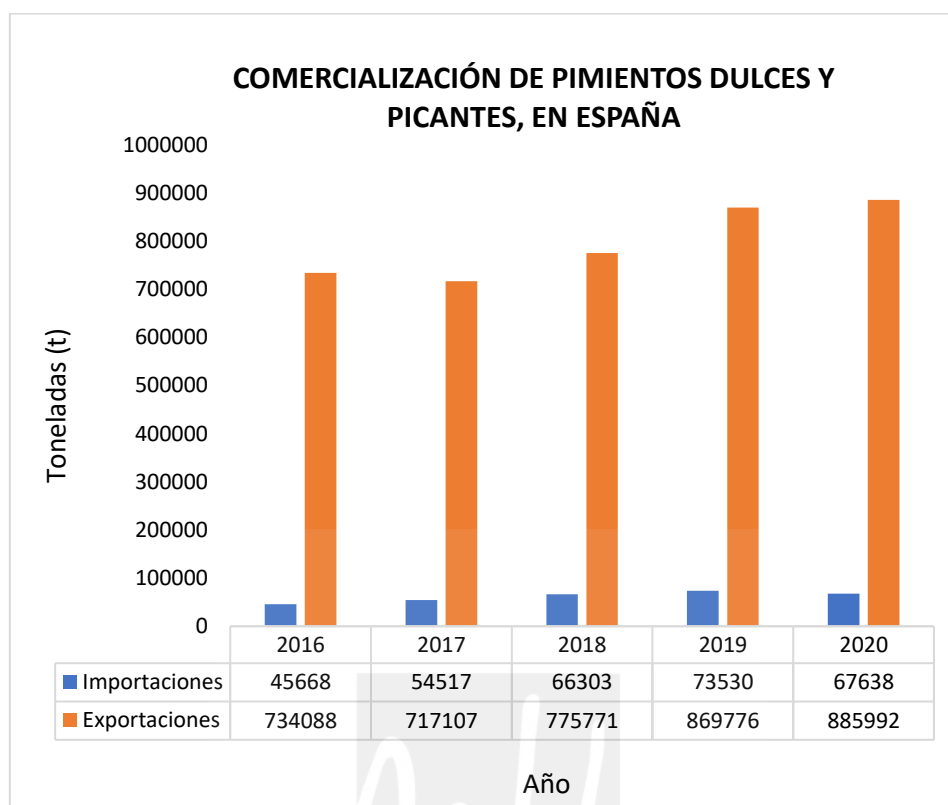


Figura 2. Comercialización de pimientos dulces y picantes, en España.

Fuente: Adaptado a partir de FAOSTAT (202).

Por lo que refiere a los valores representados para pimiento en la **Tabla 1**, se puede observar cómo, a lo largo de los años, hay un incremento en todos los parámetros. Aumenta la superficie utilizada para el cultivo de este fruto y también el rendimiento, por lo tanto, aumenta su producción hasta alcanzar el valor máximo en 2020 (1 470 miles de toneladas).

El precio medio percibido por los agricultores se puede observar cómo en 2017 sufre una bajada con un valor de 78.76 euros por 100 kg de pimiento, aunque en los años siguientes sigue aumentando hasta alcanzar su valor máximo en el último año (**Tabla 1**).

Tabla 1. Valores de superficie, rendimiento, producción, precio y valor de pimiento.

Años	Superficie		Producción (miles de toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores	
	(miles de hectáreas)	Rendimiento (qm*/ha)		(euros/100kg)	Valor (miles de euros)
2016	19.5	602	1 172.6	83.13	974 815.0
2017	20.3	627	1 274.3	78.76	1 003 610.3
2018	20.4	623	1 271.7	80.79	1 027 423.4
2019	21.2	659	1 399.2	82.77	1 158 111.2
2020	21.6	681	1 470.0	83.63	1 229 629.1

Fuente: Adaptado a partir de MAPAMA (2022).

*Qm (Quintal métrico) → equivale a 100kg.

En lo que respecta a los valores mostrados en la **Tabla 2** de pimiento para pimentón, cabe destacar un aumento de todos los valores alcanzando su valor máximo el último año. Considerando un aumento en la producción, rendimiento, área de cultivo, el precio y el valor.

Tabla 2. Valores histórica de superficie, rendimiento, producción, precio y valor de pimiento para pimentón.

Años	Superficie		Producción (toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores	
	(miles de hectáreas)	Rendimiento (qm*/ha)		(euros/100kg)	Valor (miles de euros)
2016	1 950	29.4	5 726	299.59	17 155
2017	2 107	30.7	6 478	302.04	19 566
2018	2 028	31.8	6 439	307.34	19 790
2019	2 154	31.0	6 683	306.16	20 461
2020	2 099	37.4	7 845	331.08	25 973

Fuente: Adaptado a partir de MAPAMA (2022).

*Qm (Quintal métrico) → equivale a 100kg.

2.2. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PIMIENTOS A NIVEL INTERNACIONAL

El pimiento es una hortaliza que se cultiva en todo el mundo. A lo largo de toda la costa mediterránea el pimiento es el segundo producto hortofrutícola que más se cultiva después del tomate (FAO, 2002). Aunque en la mayoría de los países del mediterráneo la variedad de pimiento que más se cultiva es el pimiento dulce (abarca el 55% de la superficie de los invernaderos), en Túnez, prima la producción de pimentón picante.

Respecto a la comercialización de chiles y pimientos secos, en Europa las importaciones son mucho mayores que las exportaciones (**Figura 3**). Tanto las importaciones como las exportaciones aumentan en los últimos años (**Figura 3**).

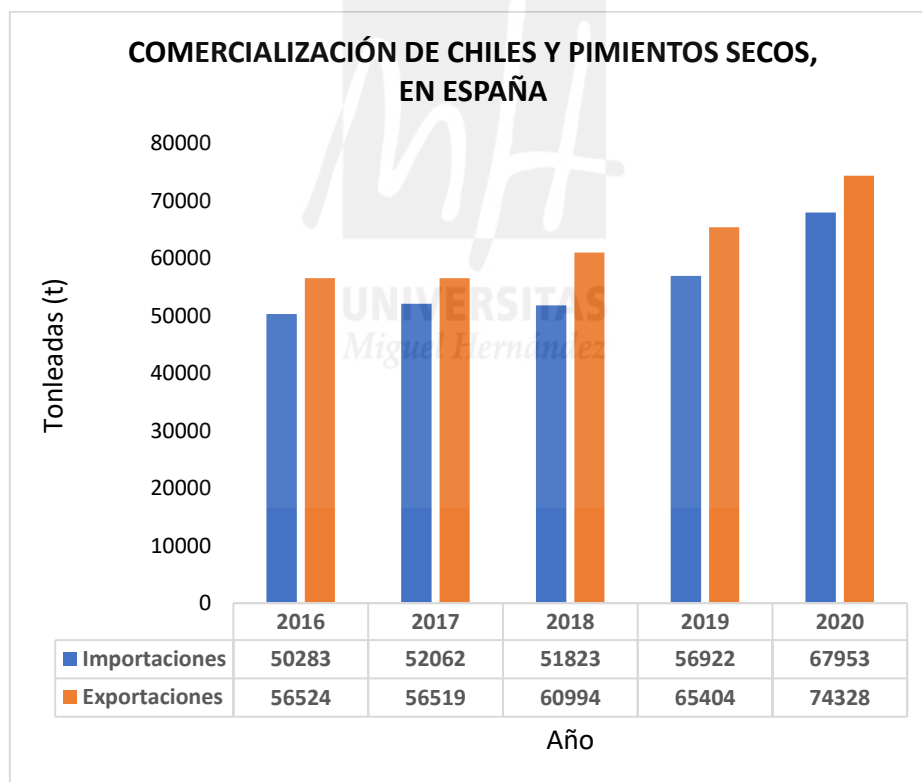


Figura 3. Comercialización de chiles y pimiento secos, en Europa.

Fuente: Adaptado a partir de FAOSTAT (2022).

En la **Figura 4** se observa que, en Europa, las importaciones pimientos dulces y picantes superan a las exportaciones. A lo largo de los años analizados, se aprecia un crecimiento tanto en las exportaciones como en las importaciones, lo que implica que con el paso del tiempo ha habido un aumento del consumo de los pimientos dulces y picantes.

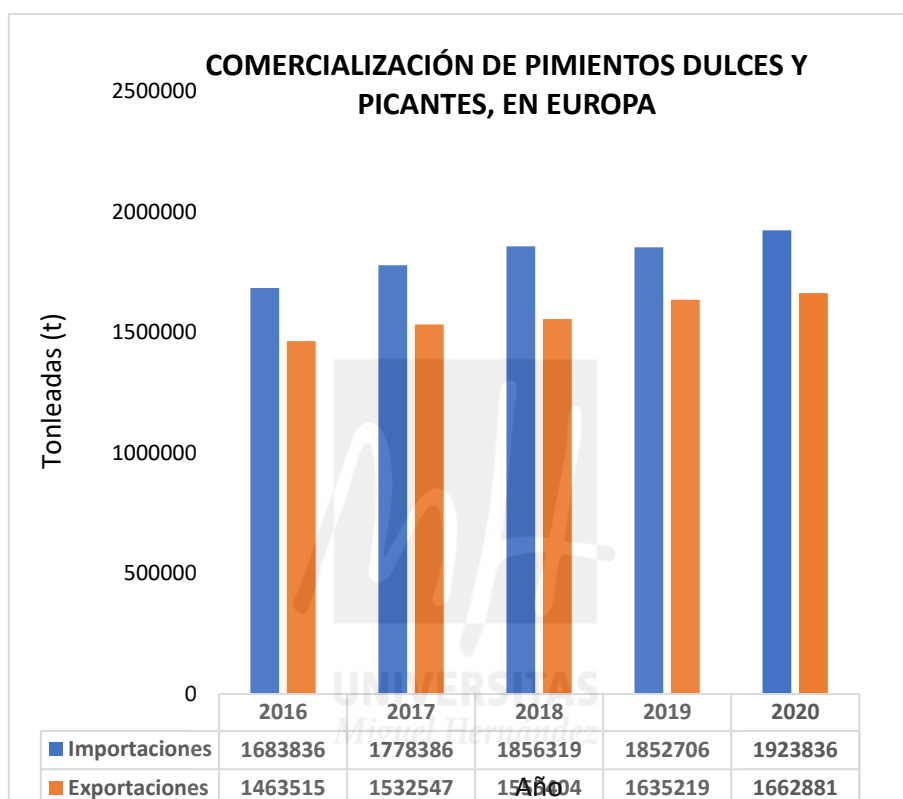


Figura 4. Comercialización de pimientos dulces y picantes, en Europa.

Fuente: Adaptado a partir de FAOSTAT (2022).

Como se puede observar en el mapa de la producción de chiles y pimiento secos a nivel mundial en 2020 (**Figura 5**), los principales países productores son China, India, Tailandia y Pakistán entre otros países de Asia, además de países como Costa de Marfil y Etiopía en África con una producción mayor a 108 934 mil toneladas.

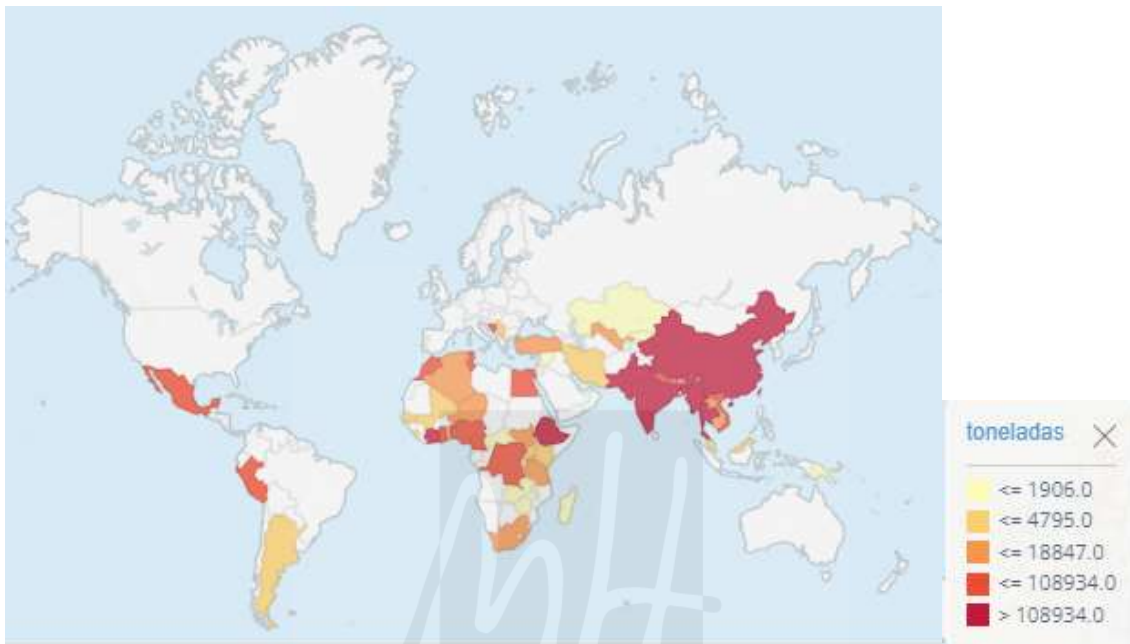


Figura 5. Producción de Chiles y pimientos, secos a nivel mundial en 2020.

Fuente: FAOSTAT (2022).

Como se muestra en la **Figura 6**, los principales continentes productores de Chiles y pimientos secos son Asia con un 72,5%, seguido de África con un 23,7%, América con un 3%, y por último Europa con un 0,8% ya que Oceanía no tiene producción.

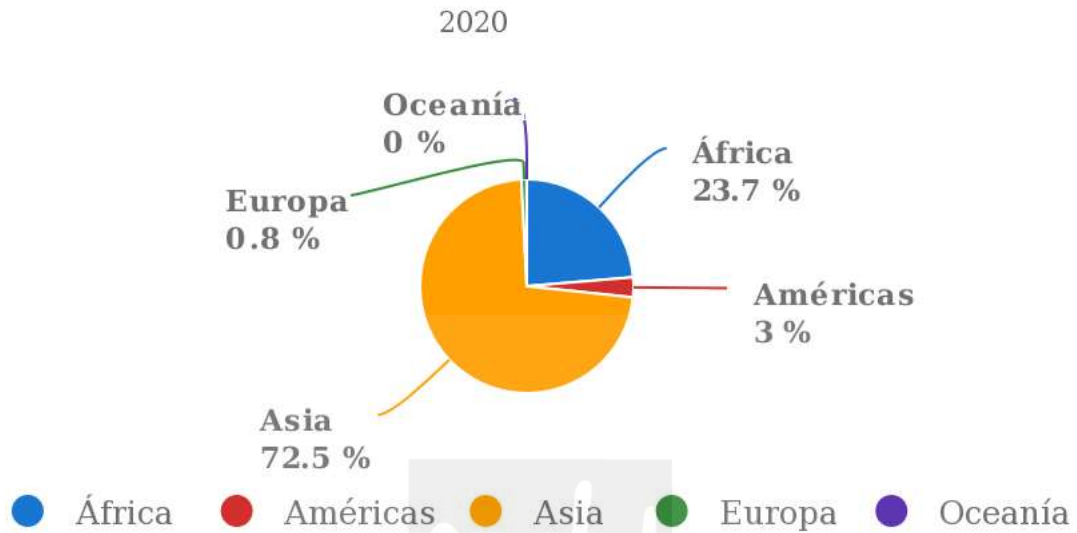


Figura 6. Producción de Chiles y pimientos secos, por continente.

Fuente: FAOSTAT (2022).

La **Figura 7** muestra la producción mundial en el año 2020 de pimientos dulces y picantes. En América los países con mayor producción son Estados Unidos y Alasca. En Europa los países más productivos son España, Países Bajos, Italia y Turquía. En el continente africano, Argelia, Níger, Nigeria y Egipto. Por último, en Asia, China, Indonesia y Kazajistán. Con una producción mayor a 181 290 mil toneladas.

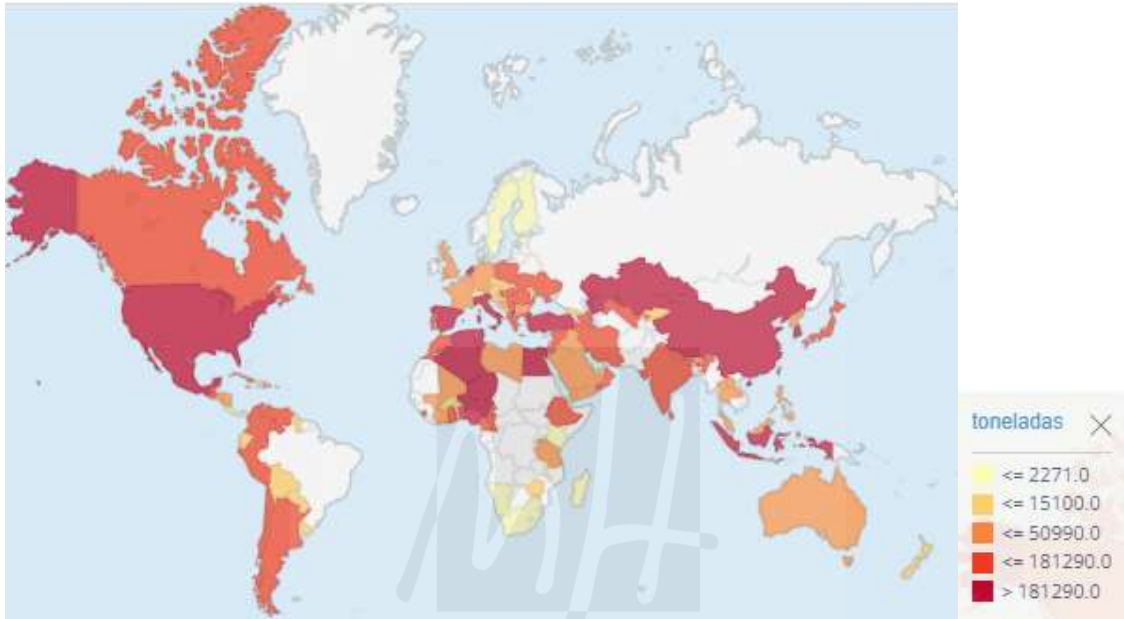


Figura 7. Producción de pimientos dulces y picantes, a nivel mundial en 2020.

Fuente: FAOSTAT (2022).

En la **Figura 8** se puede observar que la producción de pimientos dulces y picantes secos en Asia representa un 66,2% del total de la producción, siendo el principal productor de este tipo de pimiento, seguido de América con un 12,7%, África con un 11,1%, Europa con un 9,9% y por último Oceanía con un 0,1%.

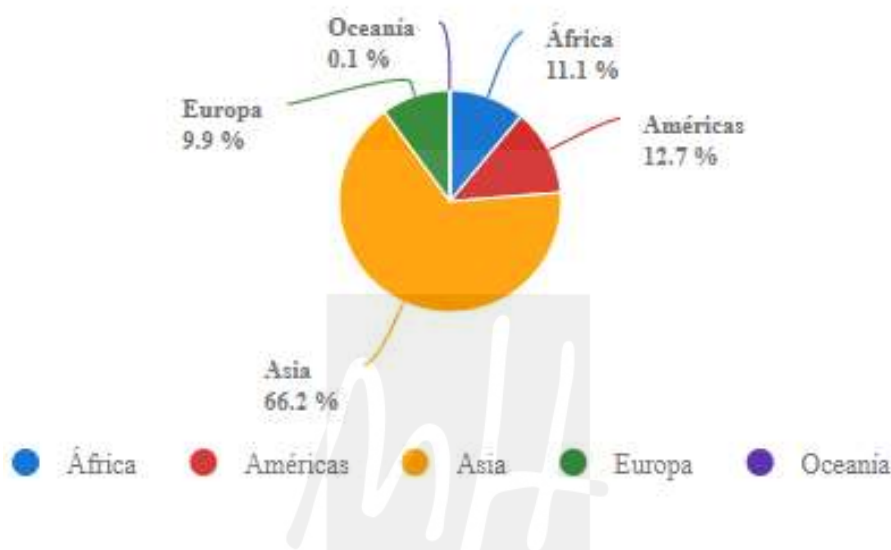


Figura 8. Producción de Chiles, pimientos picantes, pimientos (verdes), por continente.

Fuente: FAOSTAT (2022).

3. FORMAS DE CONSUMO

3.1. FRESCO

El pimiento se puede consumir de varias formas, la más extendida es el consumo en fresco. Las variedades dulces son las que más se suelen consumir en fresco ya que son las que más cantidad de carne tienen, es decir, la carne del fruto es más gruesa (FAO, 2002). El pimiento en fresco es un alimento perecedero por lo que de todos los tipos de consumo es el que menos vida útil tiene.

3.2. ESPECIAS

Las especias de pimentón (*Capsicum annuum*) son muy utilizadas en el ámbito culinario e industrial ya que provoca un cambio en la calidad sensorial gracias a su adición en los alimentos (Škrovánková et al., 2017).

El método de secado tradicional es el secado por el sol. Este método es muy lento y depende de factores climáticos, por ello, actualmente se utilizan sistemas de secado más modernos como el secado por convección con microondas (Soysal et al., 2009) o el sistema de secadores de túnel (Condorí et al., 2001). A lo largo del proceso de secado, pueden ocurrir diversas alteraciones tanto físicas, químicas, nutricionales y estructurales (Vega-Gálvez et al., 2009).

Los carotenoides son los responsables del color característico del pimentón. El contenido de este compuesto está directamente relacionado con la madurez que tenga la materia prima, la variedad de ésta y las condiciones que ha tenido de crecimiento, si la estación de cosecha es en época lluviosa y fría los frutos producidos tienen más cantidad de β -caroteno (Markus et al., 1999). Estos compuestos se degradan, siendo la velocidad de degradación directamente proporcional a la temperatura. La cantidad de carotenoides se concentra debido a la pérdida de agua (Urrea et al., 2012).

Para la formación del pimentón, tras el proceso de secado, tiene lugar la molienda. Durante este proceso, los carotenoides se pueden degradar debido a la penetración de oxígeno y luz durante el proceso (la luz actúa como catalizador frente a la oxidación). Este proceso llamado fotooxidación se puede evitar manteniendo el pimentón en la oscuridad (Almeida y Pérez, 2017).

3.3. INDUSTRIA CONSERVERA

En cuanto al pimiento destinado a la industria conservera hay que destacar tres tipos de conservas: natural, en vinagre (encurtidos) y congelados. Las tres variedades más utilizadas en España para la producción de conserva son: Morrón, Piquillo y Picos (FAO, 2002).

Los tipos de conservas más importantes económicamente son la conserva natural y la conserva en vinagre (encurtidos) en sus diferentes formatos, como puede ser entero o en tiras, precocinado, cortado a cuadrados pequeños.... Por otro lado, se debe tener en cuenta que el pimiento en conserva que se utiliza para platos preparados, semipreparados y salsas (FAO, 2002).

4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL PIMIENTO

Respecto a la composición nutricional de pimiento rojo crudo, pimentón y pimiento en conserva que se muestra en la **Tabla 3**, se pueden observar que el pimentón en polvo es el que más diferencias presenta respecto al pimiento fresco y en conserva. Esto puede ser debido al tratamiento de secado y molido, por lo que todos los compuestos están en mayor proporción utilizando la misma cantidad (100 g) para valorar las muestras.

Entre el pimiento rojo en fresco y el pimiento en conserva existen diferencias significativas, aunque cabe destacar que tiene más del doble de vitamina A. El contenido de vitamina C disminuye y debido al tratamiento térmico que se realiza a la conserva. Por último, el contenido de sodio de la conserva es 11 veces mayor que el contenido de este en fresco y esto se debe a la cantidad de sal que le añaden al líquido de gobierno para aumentar la vida útil de producto.

Tabla 3. Composición nutricional de pimiento rojo crudo, pimentón y pimiento en conserva por 100 g de producto.

	PIMIENTO ROJO CRUDO	PIMENTÓN, EN POLVO	PIMIENTO MORRÓN, EN CONSERVA
Nombre científico	<i>Capsicum frutescens</i>	<i>Capsicum annuum</i>	<i>Capsicum annuum var. Annuum</i>
Parte comestible (%)	83	100	100
Energía total	29 kcal/31 kcal*	331 kcal	30 kcal
Grasas, total	0,6 g/0.13 g*	13 g	0.4 g
Proteína, total	1.3 g/0.9 g*	14.8 g	1.19 g
Agua (Humedad)	92.2 g/91.9 g*	11.24 g	91.7 g
Fibra, dietética total	1.8 g/1.2 g*	20 g	1.5 g
Carbohidratos	4.5 g/6.65g*	38 g	5.2 g
VITAMINAS			
Vitamina A	90 ug	6042 ug	375 ug
Vitamina D	0 ug	0 ug	0 ug
Vitamina E	0.86 mg	9 mg	0,9 mg
Folato, total	23 ug/ 47 ug*	0 ug	11 ug
Equivalentes de niacina totales	0.1 mg/ 1.02 mg*	18.4 mg	1.1 mg
Riboflavina	0.01 mg/0.142 mg*	1.74 mg	0.03 mg
Tiamina	0.04 mg/0.055 mg*	0.65 mg	0.01 mg
Vitamina B12	0 ug	0 ug	0 ug
Vitamina B6	0.3 mg/0.303 mg*	2.141 mg	0.31 mg
Vitamina C	152 mg/142 mg*	0 mg	81 mg
MINERALES			
Calcio	9 mg/6 mg*	180 mg	9 mg
Hierro, total	0.4 mg/0.35 mg*	23.6 mg	0.3 mg
Potasio	155 mg/213 mg*	2340 mg	180 mg
Magnesio	8 mg/11 mg*	190 mg	14 mg

Sodio	6 mg/2.5 mg*	34 mg	70 mg
Fósforo	15 mg/27 mg*	350 mg	26 mg
Ioduro	0.78 ug	-----	0,4 ug
Selenio, total	0.1 ug/ 2.5 ug*	4 ug	0.3 ug
Zinc	0.1 mg/ 0.2 mg*	4.1 mg	0.2 mg

Fuente: Adaptado a partir de BEDCA (2022) y USDA database (2022).

Los datos con el símbolo “*” han sido extraídos de USDA database (2022).

5. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS PIMIENTOS

5.1. FIRMEZA

La firmeza es un parámetro que se utiliza para el control de calidad en el pimiento en fresco ya que está directamente relacionada con el tiempo de conservación postcosecha. Otra razón para determinar la firmeza tiene que ver con las condiciones en las que el fruto se ha cultivado (los factores climatológicos, el tipo de suelo, el agua, la poda...) (Urresterazu et al., 2002).

El rango de firmeza de los diferentes tipos de pimiento está entre 6,9 y 26,2 N. La variedad de pimiento que tiene una firmeza más baja es el pimiento Padrón. Mientras que los que presenta una firmeza más alta son los pimientos picantes con un valor de más de 20 N (García-García, 2014).

5.2. COLOR

Los pimientos pueden tener una gran variedad de colores, hay más de 30 pigmentaciones distintas. Los colores amarillo, naranja y rojo que tienen los pimientos se deben a los carotenoides que se producen en la fruta durante la maduración (Ghasemnezhad, 2011). El pimiento dulce es rico en carotenoides como el β -caroteno y licopeno que son pigmentos rojos y la zeaxantina que presenta una coloración naranja-amarilla (Topuz y Ozdemir, 2007) y también en capsantina y capsorubina que se

sintetizan durante la maduración del fruto y le proporcionan el color rojo (Ghasemnezhad, 2011).

Los carotenoides aumentan de una manera considerable durante la maduración. En especial el pigmento capsantina (**Figura 9**) ya que en los frutos inmaduros no se detecta la presencia de este compuesto y se ha asociado con tipos de pimiento que contienen la capacidad genética de sintetizar pigmentos rojos al madurar (Hornero-Méndez et al., 2000). Los niveles de capsantina en las variedades de Tabasco y Cayena maduros son más altos que los valores que tiene el pimentón (Xiang et al., 2021).

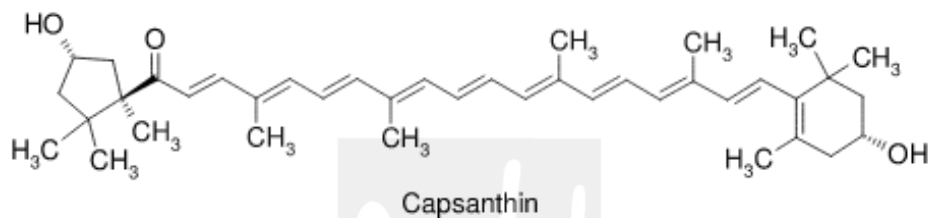


Figura 9. Estructura molecular de la capsantina.

Fuente: Ghasemnezhad (2011).

5.3. °BRIX

Los °Brix se utilizan para medir el contenido de sólidos solubles en los alimentos. En los sólidos solubles se incluyen los hidratos de carbono (almidones, azúcares, fibra). Según la cantidad, se puede comprobar el estado de madurez del fruto. Para medir los grados brix en los alimentos de forma analítica se utiliza el refractómetro (García-García, 2014).

Los °Brix aumentan según los estados de maduración del pimiento, esto se debe a las reacciones metabólicas, que consisten en la degradación de polisacáridos por acción enzimática para la obtención de azúcares simples (Paredes et al., 2019).

Como se puede observar en la **Figura 10**, hay 5 muestras de pimiento de Morrón en diferentes estados de maduración. Se aprecia como van aumentando los °Brix

conforme avanza el estado de maduración, desde un valor de 5,3º Brix en la muestra más inmadura hasta alcanzar el valor de 7º Brix en la muestra más madura.

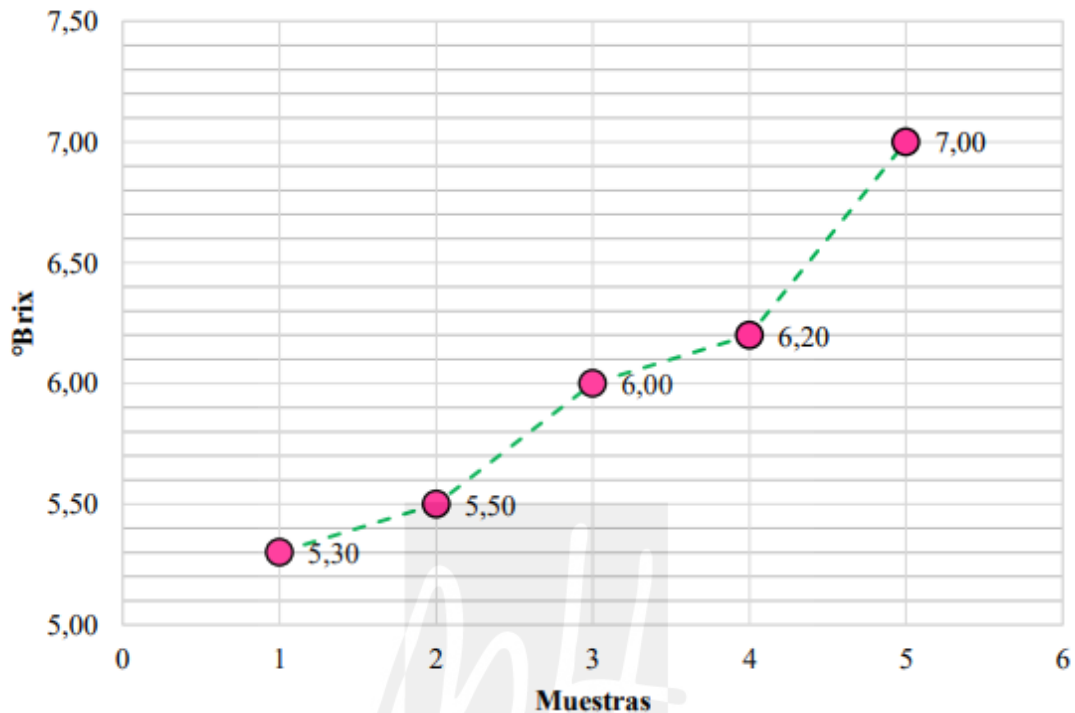


Figura 10. Variación de los °Brix durante la maduración de pimiento Morrón.

Fuente: Paredes et al. (2019)

Los °Brix de un pimiento aumentan con el proceso de secado. Como se puede apreciar en la **Tabla 4**, el pimiento en fresco tiene un 15,57 de °Brix pero cuando es sometido a una fase de secado se duplica a 29,57, este aumento de °Brix se debe a la concentración de los sólidos. (Rojas et al., 2020).

Tabla 4. °Brix en las diferentes formas de consumo del pimiento.

	Grados Brix
Capsicum annuum (Fresco)	15,57
Capsicum annuum (Seco)	29,57

Fuente: Rojas et al. (2020)

5.4. DULZOR

El dulzor de los pimientos está estrechamente relacionado con los azúcares presentes en el fruto. Los azúcares principales del pimiento son la glucosa y la fructosa (**Figura 11**). La cantidad de azúcares presentes varía según su estado de maduración y el tipo de cultivo. Las frutas inmaduras tienen menor cantidad de azúcares que las frutas maduras.

El sabor dulce proporcionado por los azúcares es un atributo sensorial muy valorado por los consumidores que aprecian este sabor (Van et al., 2018)

El aumento de la cantidad de azúcares durante el proceso de maduración se debe a la biosíntesis de polisacáridos y a la acumulación de azúcares (Raffo et al., 2008).

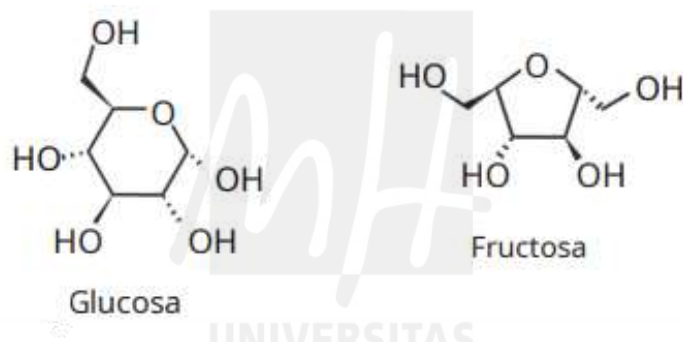


Figura 11. Estructura molecular de la glucosa y la fructosa.

Fuente: Laffitte (2017).

5.5. ACIDEZ

La acidez del pimiento está relacionada con los ácidos orgánicos presentes en el fruto. Los principales ácidos que se encuentran en el pimiento son el ácido cítrico, málico y ascórbico.

Hay cambios significativos en la cantidad de ácidos orgánicos presentes en el pimiento según su estado de maduración. La cantidad de ácido ascórbico disminuye con la maduración. Este también depende del estado de madurez del pimiento. Esto se debe a que el ácido ascórbico actúa como antioxidante, por lo que aumenta con el aumento de la tasa de respiración en frutos climatéricos pero el pimiento al ser un fruto no

climatérico no aumenta (Ghasemnezhad et al., 2011). Como se puede apreciar en la **Figura 12**, se muestra el contenido de ácido ascórbico de diferentes variedades de pimiento en dos estados de maduración diferentes (verdes y rojos). Las variedades 'Y-43-09' y 'Marona' tienen cambios significativos en la cantidad de ácido ascórbico en las diferentes etapas de maduración y otras variedades como 'Y-43-07' y 'Zorro' apenas hay descenso en el contenido de ácido ascórbico.

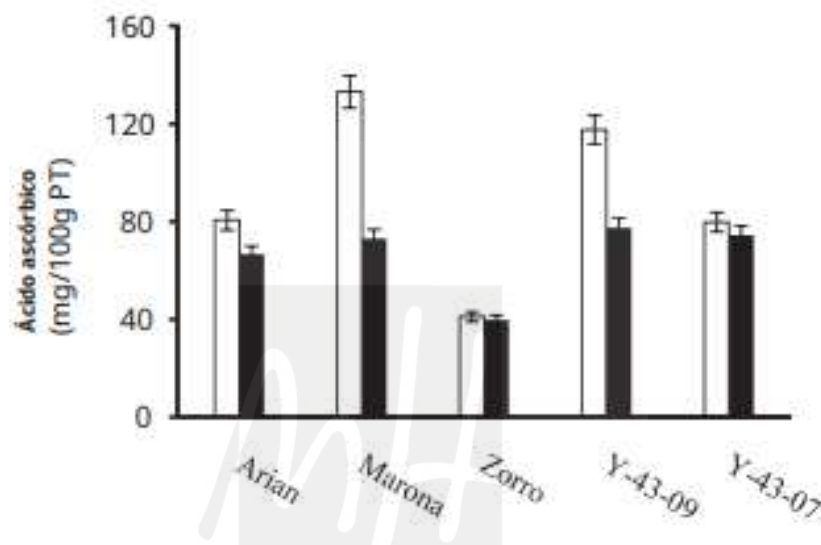


Figura 12. Concentración de ácido ascórbico en diferentes variedades de pimiento según su estado de madurez: Columnas blancas (pimientos verdes) y columnas negras (pimientos rojos).

Fuente: Ghasemnezhad (2011).

5.6. PICOR

Una característica que hace especial el género *Capsicum* es el picor que tienen los diversos tipos de pimientos. Esto se debe a un compuesto presente de forma natural en los pimientos llamado capsaicina (Cedrón, 2013).

La capsaicina (**Figura 13**) es una oleorresina que sintetizan las plantas como un método de defensa hacia los herbívoros. Este picor se detecta mediante el receptor del dolor, lo que produce una sensación de ardor (Cedrón, 2013).

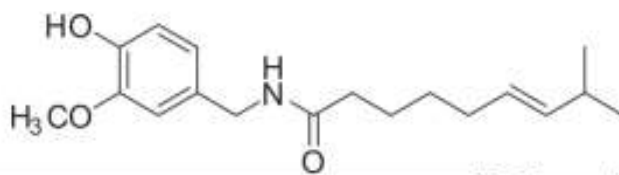


Figura 13. Molécula de capsaicina.

Fuente: Cedrón (2013).

Para medir el picor de los diferentes tipos de pimiento se utiliza una escala llamada escala Scoville, esta escala mide el grado de picor tomando de referencia el pimiento dulce como 0 picor y la capsaicina como nivel máximo de picor (**Tabla 5**) (Aguirre y Muñoz, 2015).

Tabla 5. Grado de picor de diferentes especies de pimiento según la escala Scoville.

ESPECIE	GRADO DE PICOR
Pimiento dulce	0
Anaheim	500-1 000
Pasilla	1 000-15 000
Jalapeño	2 500-5 000
Serrano	5 000-15 000
Cera amarilla	15 000-30 000
Cayena – Chile	30 000-50 000
Chipotle desecado	50 000-100 000
Habanero	100 000-300 000
Capsaicina	16 000 000

Fuente: Aguirre y Muñoz (2015).

El grado de picor se indica contando la cantidad de veces que se ha diluido una solución del extracto de chile con agua azucara hasta que el sabor picante no sea detectado (Cedrón, 2013).

5.7. ASTRINGENCIA

La astringencia es un sabor reconocido comúnmente como desagradable (Szejtli y Szente, 2005).

Los compuestos fenólicos, en concreto los taninos son los principales responsables de la astringencia del té, el vino tinto y varios tipos de vegetales (Lesschaeve y Noble, 2005). Los taninos también presentan astringencia en muchas frutas inmaduras (Martínez-Valverde et al., 2000).

5.8. AMARGOR

El sentido del gusto de los seres humanos nos permite diferenciar en sabores dulce, umami, ácido, salado y amargo. Las diferentes modalidades gustativas nos permiten interpretar el valor nutricional de los alimentos y juegan un papel importante en la elección e ingesta de los mismos. Además, pueden funcionar como un mecanismo de defensa, ya que, nos advierten también cuando existe, por ejemplo, presencia de sustancias tóxicas (Dagan-Wiener, 2019). Para que el sistema gustativo funcione de forma correcta es necesaria la activación de un conjunto de células denominadas células receptoras del sabor (TCR) clasificadas en: células de Tipo I, Tipo II y Tipo III (Calderón, 2020).

El sabor amargo se considera uno de los más importantes en la industria alimentaria, es reconocido por la activación un conjunto de TCR de Tipo II acoplados a proteínas G (GPCR), este conjunto recibe el nombre de T2R o TAS2R y está localizado en la superficie de las papilas gustativas, paladar y epiglotis (Behrens, 2011).

La mayoría de las moléculas que tienen sabor amargo, se encuentran en los alimentos de origen vegetal. Estos compuestos son moléculas que participan en las defensas de la planta contra agentes externos (Laffitte, 2017).

La sensibilidad amarga individual es muy variable en humanos. Otros factores individuales son el género o la etnia (Laffitte, 2017). Hay muchas moléculas que

proporcionan sabor amargo como: Sacarina, L-cisteína, quercetina (**Figura 14**), naringina (**Figura 15**) entre otros (Horne et al., 2002)

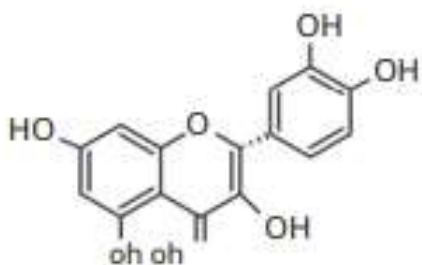


Figura 14. Molécula de quercetina.

Fuente: Laffitte (2017).

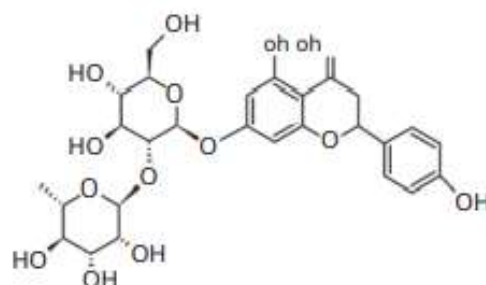


Figura 15. Molécula de naringina.

Fuente: (Laffitte, 2017).

Hay muchos alimentos que poseen amargor, como el café, té verde, vino, cerveza o chocolate negro. Esto se debe a compuestos como: cafeína en el café, catequina en el vino y el té, humulona en la cerveza, teobromina en el cacao. Otros compuestos amargos se pueden originar durante el procesado de alimentos como los alimentos fermentados a cause a la actividad bacteriana (Broadbent et al., 2002).

En la **Tabla 6** se aprecian las diferentes medias de amargor en algunos vegetales mediante un análisis sensorial. Para las calificaciones de intensidad se utilizó una Escala de Magnitud Etiquetada general (gLMS) (Bartoshuk et al., 2004). Para calificar la intensidad se utilizó la siguiente escala: desde 'sin sensación' (0) hasta 'la sensación más fuerte de cualquier tipo' (100), con adjetivos de 'apenas detectable' (1.4), 'débil' (6), 'moderado' (17), 'fuerte' (35) y 'muy fuerte' (53).

Tabla 6. Media de amargor en los distintos tipos de vegetales.

	Media	Error Estándar	Rango
Espárragos			
Amargor	11.0	2.2	0 a 53
Coles de Bruselas			
Amargor	9.1	2.4	0 a 50
Col rizada			
Amargor	11.2	2.4	0 a 50

Fuente: Adaptado a partir de Sharafi et al., (2013)

En la col de Bruselas, su amargor se debe al compuesto Sinigrín que está en una concentración de (110-1560 mg/kg) (Laffitte, 2017).

6. EL AMARGOR EN LAS VARIETADES DE PIMIENTO

El pimiento es un vegetal que tiene una alta cantidad de compuestos fenólicos y alta actividad antioxidante (Oboh y Rocha, 2007).

Los compuestos fenólicos (incluidos los flavonoides) son metabolitos secundarios vitales en los alimentos de origen vegetal que se sintetizan en la planta para adaptarse a condiciones de estrés (Oboh y Rocha, 2007).

Los flavonoides están también presentes en el pimiento, en este caso hay varios compuestos que producen amargor y uno de ellos es la quercetina y más concretamente la quercetina-3-O-ramnósido (Materska y Peruka, 2004).

Como se puede observar todas las variedades de pimiento contienen en mayor o menor concentración el compuesto quercetina (**Tabla 7**), este compuesto es el que produce su amargor. Sin embargo, hay otros compuestos en el pimiento que son capaces de enmascarar el sabor amargo que produce la quercetina. La concentración de quercetina depende varios factores que se van a explicar más adelante, así como los otros compuestos que interfieren en el sabor amargo.

Tabla 7. Cantidad de quercetina en las diferentes variedades de pimiento.

Variedad	Quercetina (mg/kg)	Variedad	Quercetina (mg/kg)
B22	1.65	Bierzo*	78.00
Banana Supreme	49.89	BOL-58*	35.57
C127	6.01	Bola*	12.72
Fidel	11.42	ECU-994*	13.24
Preponcini 263	2.77	Espelette*	29.79
Grande	2.07	Gernika*	58.61
Jaloro	12.01	Guindilla Ibarra*	73.59
Júpiter	1.26	Jalapeño M*	3.75
MJ201	2.11	Mojo Palmero*	29.18
Habanero naranja	3.71	Numex Big Jim*	13.45
PI 357509	48.33	Padron*	41.94
Rio Grande Gold	10.31	Piquillo*	19.87
Jalapeño dulce 82	1.48	Serrano*	10.3
Campana tropical	2.55	Valenciano*	8.69

Fuente: Adaptado a partir de Lee et al., (2005) y Ribes-Moya et al., (2020).

Los datos con un (*) pertenecen a Ribes-Moya et al., (2020).

6.1. EVOLUCIÓN DE LOS COMPUESTOS DURANTE SU MADURACIÓN

Como se ha mencionado en la introducción, los pimientos son ricos en vitaminas como la A y la C. También es rico en compuestos fenólicos que actúan como

antioxidantes (Markus et al., 1999). La cantidad de estos compuestos varía según la madurez y el genotipo (Osuna-García et al., 1998).

Howard et al. (2000) estudiaron diversas variedades de pimiento y encontraron una relación directa entre la variación de compuestos bioactivos presentes en el pimiento, incluyendo la quercetina y su estado de maduración.

Recibieron tratamientos de fertilizantes y agua muy similares. Los frutos se recolectaron en dos estados: inmaduro y maduro.

Para extraer los flavonoides primero se cogieron 10 g de fruta, se homogeneizó en 50 ml de metanol al 50% y se filtró. Luego, los flavonoides presentes en la parte filtrada se hidrolizaron con ácido para saber el contenido de quercetina por HPLC. Por último, se cuantificó la quercetina utilizando estándares externos a 370 y 350 nm.

Como se puede observar (**Tabla 8**) la concentración de quercetina varía mucho de los pimientos inmaduros a los maduros, en las muestras de 'Yellow Bell 47' y 'Peto Cascabella' la concentración disminuye de manera significativa. Pero, en la variedad de Mesilla aumenta más de doble la concentración de dicho compuesto. La variedad de *C. frutescens* es la que menos concentración de quercetina tiene y se observan diferencias significativas entre las concentraciones de inmaduro y maduro disminuyendo en esta última. El cultivar 'Inferno' es el que mayor concentración de quercetina tiene con diferencia respecto al resto de cultivares y además no hubo diferencias significativas entre las concentraciones de inmaduro y maduro.

Tabla 8. Contenido de quercetina (mg por kg) en frutos de pimiento fresco según el grado de maduración.

Especie	Tipo	Cultivar	Quercetina	
			Inmaduro	Maduro
<i>C. annuum</i>	campana	Yellow Bell 47	22.39a [^]	12.64b
<i>C. annuum</i>	cascabella	Peto	42.42a	23.96b
		Cascabella		
<i>C. annuum</i>	amarillo largo	Infierno	68.27a	64.47a
<i>C. annuum</i>	cayena	Mesilla	11.01b	24.78a
<i>C. frutescens</i>	tabasco	Tabasco	2.22a	0.88b
<i>C. chinense</i>	habanero	Francisca	NA*	4.63
<i>C. chinense</i>	habanero	Red Savina	NA*	1.36

Fuente: Adaptado a partir de Howard et al. (2000).

*NA, muestra no disponible

[^]Las mismas letras minúsculas indican que no hay diferencias significativas.

Esta pérdida de la quercetina durante la maduración es a causa de la conversión metabólica a compuestos fenólicos (Barz y Hoesel, 1979). Y también se debe a la degradación enzimática (Jiménez y García-Carmona, 1999).

La baja concentración de quercetina en este tipo de pimientos picantes indica una desviación de precursores fenólicos de flavonoides a capsaicinoides (Rice-Evans et al., 1996).

En cuanto a la quercetina, el contenido es mayor en frutas inmaduras que en frutas maduras. Esta alta concentración en frutos verdes puede relacionarse con la función de protección del aparato fotosintético. Se demostró que los flavonoides

absorben fuertemente la luz por lo que pueden actuar como filtros de radiación UV, protegiendo de esta manera a las células fotosintéticas (Harborne y Williams 2000). Durante la maduración, esta disminución de la quercetina en el pimiento se debe a que se desintegran las clorofilas y se detiene el proceso sintético. Esto es debido a que los compuestos que tenían la función protectora del aparato fotosintético se convierten en compuestos intermedios para posteriores transformaciones del metabolismo secundario (Materska y Peruka, 2004).

6.2. CONDICIONES DE CULTIVO Y POSTCOSECHA

Las vitaminas y los compuestos fenólicos aparte de por la madurez y el genotipo también están influenciadas por las condiciones de crecimiento del cultivo y las pérdidas después de ser procesados (Simmone et al., 1997).

Lee et al. (2005) realizaron un estudio en donde se cultivaron diferentes variedades de pimientos (*Capsicum* spp.) en tres lugares distintos que fueron la Universidad de Texas y en parcelas de campo en Uvalde y Weslaco, Texas. Se realizó un estudio de los diferentes compuestos bioactivos presentes en el pimiento para comprobar si las diferencias de genotipo y lugar de cultivo influían en el desarrollo de estos compuestos. Se recolectaron los frutos en la misma etapa de desarrollo (basándose en el tamaño y el color). En el momento de cosecha los frutos estaban sanos y turgentes.

Los experimentos se realizaron tanto en invernadero (Universidad de Texas) como en campo al aire libre (Weslaco y Uvalde) se sembraron en diseños de bloques completos al azar con tres repeticiones. La comparación de la media entre ubicaciones se realizó solo para los compuestos que mostraban efectos significativos de interacción ubicación-cultivar.

Lee et al. (2005) estudiaron las concentraciones de quercetina en diferentes cultivos de pimiento en tres lugares distintos (**Tabla 9**). Como se puede observar en la **Tabla 9**, las concentraciones de quercetina entre los tres lugares para un mismo cultivo

producen cambios significativos. Las variedades de 'Banana Supreme' y 'IP 357509' tienen las mayores concentraciones de quercetina que el resto de las variedades. Estas dos variedades ('Banana Supreme' y 'IP 357509') cultivadas en Uvalde presentan más del triple de la concentración que tienen cultivadas en la Universidad. La tercera concentración de quercetina más alta es la variedad 'Fidel' que baja su concentración situada en la zona de Uvalde. Sin embargo, la tercera concentración más alta en la zona de Uvalde es la de la variedad 'Rio Grande Gold', pero en la zona de la Universidad baja su concentración.

Tabla 9. Concentraciones medias de quercetina (mg/g en peso seco) de frutos maduros de pimientos (*Capsicum* spp.) cultivadas en tres lugares diferentes.

Variedad	Quercetina		
	Universidad	Uvalde	Weslaco
B22	1.65 cd*B^	5.47 cdA	NA
Banana Supreme	49.89 aB	185.71 aA	36.05 bB
C127	6.01 bcdB	22.94 cdA	NA
Fidel	11.42 bcA	3.04 cdB	NA
Preponcini 263	2.77 bcdB	10.54 cdA	9.39 deA
Grande	2.07 cdA	3.24 cdA	2.19 eA
Jaloro	12.01 bA	8.09 cdA	7.09 deA
Jupiter	1.26 dA	0.89 dA	ND
MJ201	2.11 cdA	NA	3.38 eA
Habanero naranja	3.71 bcdA	NA	5.62 deA
PI 357509	48.33 aB	85.76 bA	48.70 aB
Rio Grande Gold	10.31 bcdC	25.95 cAB	18.96 cBC
Jalapeño dulce 82	1.48 dA	1.95 dA	2.70 eA
Campana tropical	2.55 bcdB	20.90 cdA	NA
Jal amarillo, 244	1.44 dB	13.69 cdA	14.35 cdA

Fuente: Adaptado a partir de Lee et al., (2005)

ND: No detectado; NA: Datos no disponibles.

*Las medias seguidas por las mismas letras minúsculas no son significativamente diferentes.

^Las medias seguidas por las mismas letras mayúsculas no son significativamente diferentes.

Por otro lado, Ribes-Moya et al. (2020) estudiaron si el contenido de compuestos fenólicos (entre ellos la quercetina) en diferentes variedades de pimiento y forma de producción (orgánica y convencional). Los diferentes ensayos de pimiento se llevaron a cabo en dos temporadas de cultivo consecutivas (2015 y 2016).

Los pimientos se cultivaron en parcelas a campo abierto situadas en Sagunto. De esta manera las condiciones agroclimáticas eran lo más similares posibles. Las plantas se regaron mediante riego por surcos tres veces al día. Las plantas se distribuyeron de manera aleatoria en ambas parcelas. Los pimientos se recolectaron en diferentes etapas de maduración para preparar mientras maduras e inmaduras por separado.

Con respecto al contenido medio de quercetina en frutos de pimiento inmaduros, se aprecian las diferentes variaciones entre los genotipos cultivados de diferentes formas (**Tabla 10**). El pimiento Guindilla Ibarra es el que más cantidad de quercetina tiene cultivado de manera orgánica, sin embargo, su cantidad baja de manera significativa cuando es cultivado de forma convencional.

Por otro lado, el pimiento de Bierzo es el segundo que más cantidad tiene de este compuesto, en este caso ocurre justo lo contrario respecto al pimiento Guindilla Ibarra. Tiene mayor cantidad de quercetina el pimiento cultivado de forma convencional que el orgánico.

Tabla 10. Quercetina, contenido medio (mg/kg por peso seco, n=10) y coeficiente de regresión (β), de una recolección de frutos de pimiento en estado inmaduro, creciendo en condiciones orgánicas y convencionales.

Quercetina

Genotipo	Orgánico	Convencional	Coefficiente de regresión (β)
Bierzo	55.39	60.05	-4.20 ^{NS}
BOL-58	15.83	12.54	2.96 ^{NS}
Bola	17.26	14.83	2.19 ^{NS}
ECU-994	15.99	18.02	-1.83 ^{NS}
Espelette	25.39	27.17	-1.61 ^{NS}
Gernika	50.79	49.58	1.09 ^{NS}
Guindilla Ibarra	72.27	64.48	7.01*
Jalapeño M	2.03	2.15	-0.10 ^{NS}
Mojo Palmero	20.08	21.84	-1.59 ^{NS}
Numex Big Jim	16.55	17.90	-1.21 ^{NS}
Padron	39.04	40.63	-1.43 ^{NS}
Piquillo	28.41	20.87	6.79*
Serrano	18.19	11.97	5.61 ^{NS}
Valenciano	26.98	26.64	0.31 ^{NS}
Media	28.87 ^a	27.76a	-----
Efactor ambiental	0.56	-0.56	-----
Error estándar	5.73	5.73	-----

Fuente: Adaptado a partir de Ribes-Moya et al. (2020)

***P<0.001

NS: No significativo (P>0.05)

En la **Tabla 11** se puede apreciar como varía el contenido de quercetina en los diferentes genotipos de pimientos maduros. El pimiento de Bierzo es en este caso el que mayor contenido tiene de este compuesto con un sistema de cultivo orgánico, sin embargo, la cantidad de quercetina para el cultivo convencional baja significativamente.

Cabe destacar que en algunas variedades la concentración de quercetina es mayor en el sistema de cultivo orgánico y después disminuye en el cultivo convencional y viceversa. En algunas variedades no hay diferencias significativas entre los tipos de cultivo.



Tabla 11. Quercetina, contenido medio (mg/kg por peso seco, n=10) y coeficiente de regresión (β), de una recolección de frutos de pimiento en estado maduro, creciendo en condiciones orgánicas y convencionales.

Quercetina

Genotipo	Orgánico	Convencional	Coefficiente de regresión (β)
Bierzo	78.00	60.05	20.25***
BOL-58	35.57	12.54	17.02***
Bola	12.72	14.83	-3.52 ^{NS}
ECU-994	13.24	18.02	-1.56 ^{NS}
Espelette	29.79	27.17	-2.29 ^{NS}
Gernika	58.61	49.58	-25.84***
Guindilla Ibarra	73.59	64.48	0.19 ^{NS}
Jalapeño M	3.75	2.15	2.43 ^{NS}
Mojo Palmero	29.18	21.84	2.69 ^{NS}
Numex Big Jim	13.45	17.90	-0.07 ^{NS}
Padron	41.94	40.63	3.58 ^{NS}
Piquillo	19.87	20.87	2.01 ^{NS}
Serrano	10.3	11.97	5.47 ^{NS}
Valenciano	8.69	26.64	-0.43 ^{NS}
Media	30.28 ^a	27.76a	-----
Efactor ambiental	0.40	-0.40	-----
Error estándar	4.98	4.98	-----

Fuente: Adaptado a partir de Ribes-Moya et al. (2020)

***P<0.001

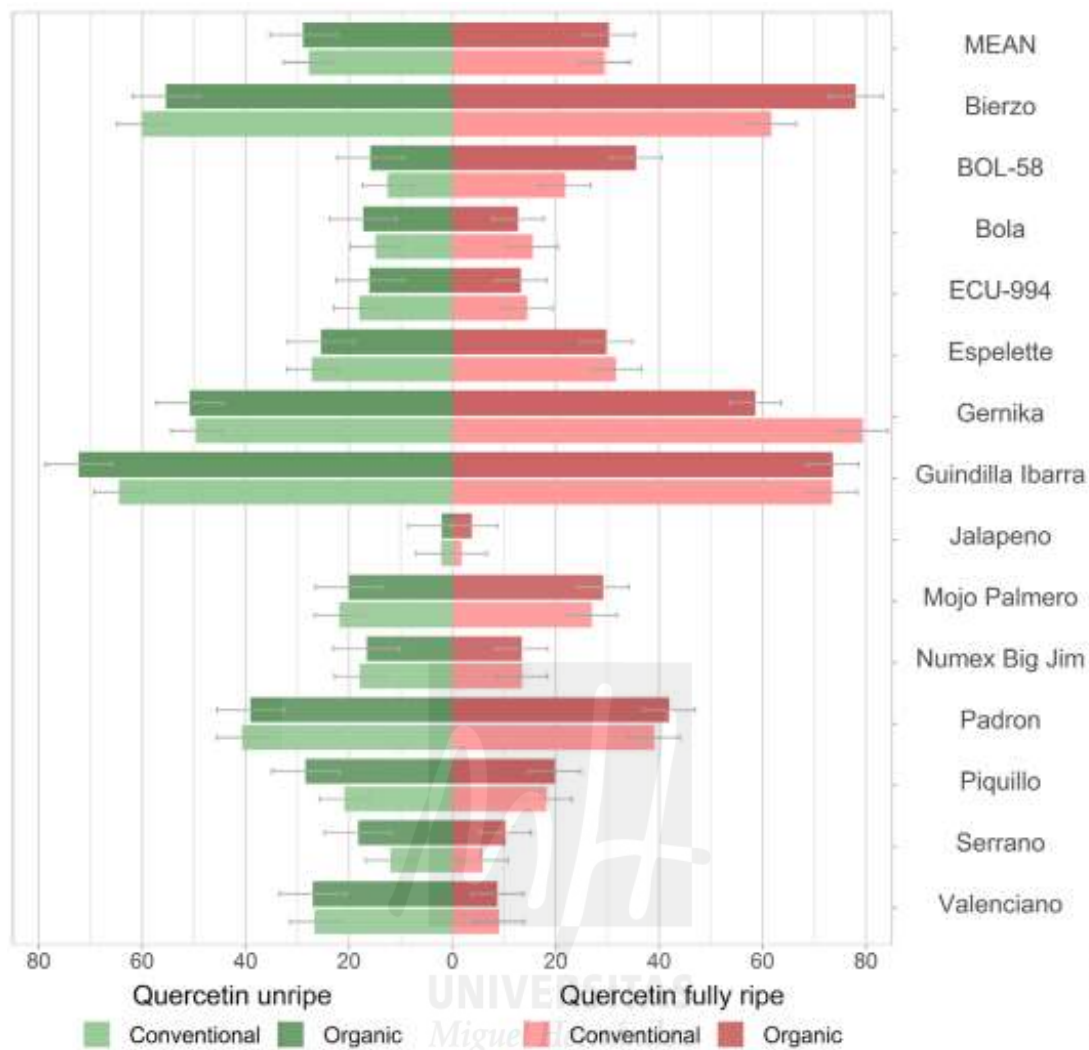
NS: No significativo (P>0.05)

En la **Figura 16** se muestra una comparación entre el contenido de quercetina en las dos modalidades de cultivo. El pimiento Gernika maduro es el que más cantidad de quercetina tiene según el método convencional y la cantidad de este compuesto disminuye en el cultivo orgánico. Luego le sigue el pimiento Bierzo y después la Guindilla Ibarra que no presenta diferencias significativas entre ambos tipos de cultivo.

Por otro lado, el pimiento Guindilla Ibarra es el que más cantidad tiene de quercetina cuando el fruto está inmaduro. El pimiento Bierzo es el segundo que más cantidad tiene de este compuesto.



Figura 16. Figura comparativa del contenido medio (mg/ kg en peso seco, n=10) de quercetina en frutos inmaduros (verdes) y completamente maduros (rojos) para sistemas de cultivo orgánicos y convencionales en cada accesión de pimiento.



Fuente: Adaptado a partir de Ribes-Moya et al. (2020).

Por lo general, el sistema de crecimiento fue prácticamente igual para la quercetina tanto en la tapa madura como inmadura. Si había diferencias en la cantidad de quercetina para una misma variedad en diferentes sistemas de cultivo. Esto puede deberse a la acumulación de metabolitos secundarios a causa de las diferencias entre las prácticas culturales como el suministro limitado de nitrógeno, que es característico del cultivo orgánico, y puede favorecer a la síntesis de flavonoides. Por lo tanto, la mayor aportación del efecto del sistema de crecimiento en la etapa completamente madura puede deberse a una mayor exposición de la planta a las condiciones estresantes debido al sistema orgánico durante el desarrollo de los frutos completamente maduros en comparación con la etapa inmadura.

Estos resultados coinciden con otros estudios de la doctora Raigón (Universidad Politécnica de Valencia) similares en diferentes hortalizas. Este mismo comportamiento Raigón lo ha observado en pimientos (Raigón et al., 2018), berenjenas (Raigón et al., 2010) y tomates (Raigón et al., 2021).

6.3. CAMBIOS DURANTE EL PROCESADO

Los pimientos dulces rojos (*Capsicum anual*) son muy utilizados en la industria de procesado de alimentos, en este estudio se realiza el secado a esta variedad de pimientos. La utilización del secado se debe a que el proceso no es relativamente caro (Özcan y Uslu, 2022). Esto implica que los productos alimenticios se almacenen durante mucho más tiempo debido a la deshidratación.

Özcan y Uslu (2022) investigaron como variaba la cantidad de los compuestos fenólicos (entre otros) después de aplicar varios sistemas de secado, calefacción convencional y microondas.

La variedad estudiada fue *Savorana* cv y el estudio se llevó a cabo en Konya, Turquía. Solo se utilizó la parte carnosa de los frutos.

El proceso de calentamiento se realizó al aire libre durante 1 día. En horno convencional a 120°C durante 100 min y el secado en microondas a 720W durante 16 minutos. Luego de secarse se molieron con un molinillo y después se guardaron en un refrigerador hasta el análisis. El contenido de humedad se determinó mediante un analizador de humedad electrónico.

En general se puede apreciar que la cantidad de compuestos fenólicos en pimientos secos disminuyen significativamente respecto a los pimientos frescos (**Tabla 12**). La catequina disminuyó en el secado al aire, pero aumento en el secado convencional y por microondas respecto a la muestra en fresco. Los compuestos que están presentes en mayor cantidad son el ácido gálico y el ácido 3,4-dihidroxibenzoico, durante el secado estos compuestos disminuyen significativamente (**Tabla 12**).

La catequina tiene un valor alto en fresco, en cambio mientras que el secado al aire la cantidad disminuye, en los otros dos tipos de secado (convencional y por microondas) aumenta significativamente (**Tabla 12**).

Respecto a la quercetina aumenta en todos los tipos de tratamiento térmico respecto a la cantidad de este compuesto en fresco. El tratamiento que más cantidad de quercetina tiene es el secado al aire, luego le sigue el secado por microondas y por último el secado convencional (**Tabla 12**).

Tabla 12. Compuestos fenólicos en pimiento fresco y seco (mg/100g, por peso seco).

Compuestos fenólicos (mg/100g por peso seco)	Fresco	Secado al aire	Secado convencional	Secado por microondas
Ácido gálico	135.23± 5.85a*	23.81 ± 0.40c	22.66 ± 0.83d	28.05 ± 0.54b
Ácido 3,4- dihidroxibenzoico	135.18± 3.61a	36.33± 2.75d	37.91 ± 0.35c	42.44 ± 1.47b
Catequina	110.25± 2.53c	88.97 ± 5.64d	112.64± 2.72b	141.96± 7.64a
Ácido cafeico	2.56 ± 0.01d	8.94 ± 0.90c	24.59 ± 0.85a	13.17 ± 1.86b
Ácido siríngico	1.44 ± 0.06d	9.93 ± 0.79b	9.26 ± 0.45c	11.42 ± 1.21a
Ácido cumárico	1.58 ± 0.07d	2.95 ± 0.92b	3.01 ± 0.23a	2.36 ± 0.43c
Ácido ferúlico	2.08 ± 0.10d	3.94 ± 0.69c	5.29 ± 0.80a	4.09 ± 0.76b
Resveratrol	0.39 ± 0.01d	2.25 ± 0.85b	2.20 ± 0.09c	2.27 ± 0.92a
Quercetina	1.79 ± 0.04d	13.02 ± 0.17a	4.83 ± 0.50c	6.49 ± 0.97b
Ácido cinámico	1.77 ± 0.03a	0.63 ± 0.27b	0.24 ± 0.12c	0.62 ± 0.38b
Kaempferol	5.20 ± 0.32a	1.35 ± 0.09c	0.67 ± 0.29d	1.51 ± 0.57b

Fuente: Özcan y Uslu (2022).

6.4. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Según las condiciones de almacenamiento como tiempo y temperatura pueden afectar a los compuestos fenólicos incluidos los flavonoides.

La temperatura a la que se almacenan los frutos provoca una respuesta fisiológica que afecta también a los atributos de calidad.

Raffo et al. (2008) tratan pimientos (*Capsicum L.*) recién cortados listos para el consumo en formato de IV gama. Hay un factor importante a tener en cuenta que es la vida útil del producto que está limitada por la descomposición y el crecimiento microbiano. Otro factor importante es la madurez fisiológica ya que está relacionada con el mantenimiento de la calidad de los pimientos recién cortados. Los pimientos morrones completa o parcialmente rojos conservan mejor la calidad en atmósferas controladas que los pimientos verdes. En cuanto a la calidad sensorial, la pérdida de agua y textura son los principales problemas durante el almacenamiento.

La temperatura de almacenamiento tiene una gran influencia sobre a respuesta fisiológica del alimento, esto influye en los atributos de calidad del pimiento en IV gama. La tasa de respiración en los pimientos recién cortados se ve afectada por la temperatura de almacenamiento siendo la tasa de respiración notablemente más alta a 10°C que a 5°C, otros factores que se ven afectados es la tasa de pérdida de agua, textura y la calidad general (González-Aguilar et al., 2004).

Raffo et al. (2008) evaluaron el efecto del almacenamiento en frío, el envasado en bolsas y el tratamiento con agua caliente sobre el contenido de antioxidantes y la calidad interna del pimiento.

Los pimientos rojos dulces (*Capsicum L.*) utilizados, fueron cultivados en invernadero en condiciones climáticas mediterráneas en Italia. Fueron recolectados en plena madurez (completamente rojos). Se almacenaron a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ mientras que los otros dos lotes $8 \pm 1^\circ\text{C}$. Las muestras se analizaron después de 3,6 y 9 días de almacenamiento y se analizaron los flavonoides.

Como se puede observar en la gráfica (**Figura 17**) se parte de cuatro lotes como la misma concentración de flavonoides. Se puede ver como hasta el sexto día de almacenamiento la concentración de estos compuestos aumenta, el que más rápido aumenta con un valor de 4,2 mg/g de peso seco es el lote que esta almacenado a 4°C, con tratamiento de agua caliente, este aumento de flavonoides se puede asociar como

respuesta debido a las heridas que presentan los pimientos. Por otro lado, el lote almacenado a 4°C, sin tratamiento de agua caliente se mantiene constante hasta el sexto día, esto se puede deber a que la biosíntesis de compuestos fenólicos (incluidos flavonoides) esta parcialmente inhibida debido a la baja temperatura, y a partir de ese día aumenta. En cambio, los tres lotes restantes a partir del sexto día bajan su concentración, el que mayor bajada presenta es el lote almacenado a 8°C, sin tratamiento de agua caliente.

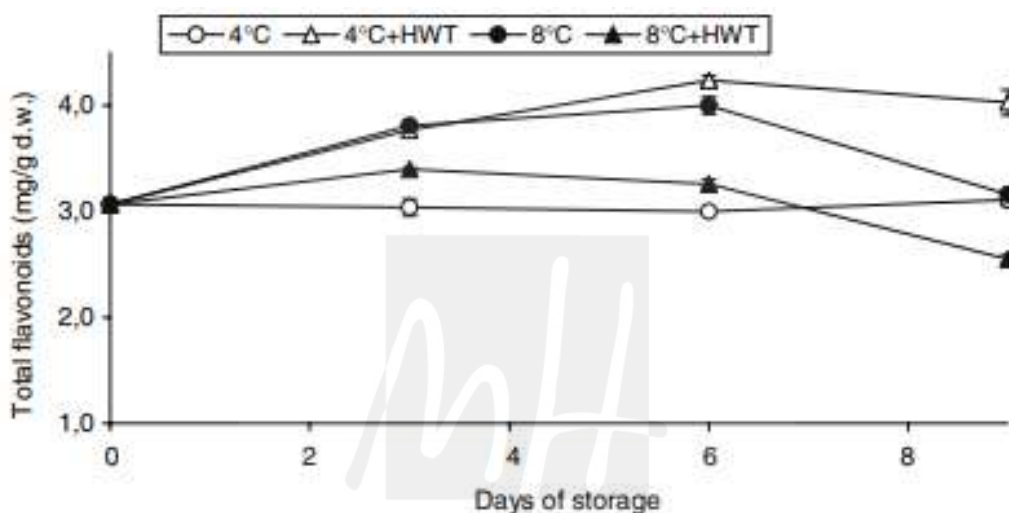


Figura 17. Cambios en el contenido de flavonoides (mg/g de peso seco) en pimientos cortados. Fuente: Adaptado a partir de Raffo et al. (2008).

- : Almacenado a 8°C, sin tratamiento de agua caliente.
- ▲ : Almacenados a 8°C, con tratamiento de agua caliente.
- : Almacenado a 4°C, sin tratamiento de agua caliente
- △: Almacenado a 4°C, con tratamiento de agua caliente.

6.5. TÉCNICAS PARA REDUCIR EL AMARGOR

En la industria alimentaria, la aceptación del amargor depende del producto. Una forma sencilla de reducir el amargor es enmascararlo agregando dulzor. Otra técnica es eliminar las moléculas amargar del alimento (Ares et al., 2009). Estos compuestos se pueden eliminar durante el procesado de alimentos o teniendo en cuenta los factores

mencionados anteriormente. Otra forma de eliminar el amargor es añadiendo cloruro de sodio al alimento, se ha demostrado que la sal ayuda a inhibir selectivamente el amargor (Breslin y Beauchamp 1997).

Uno de los procesos de desamargado que se ha aplicado manera exitosa en la industria alimentaria a lo largo de todo el mundo (Drewnowski y Gomez-Carneros, 2000), se basa en la adsorción selectiva de flavonoides de manera individualizada relacionados con el sabor amargo con las resinas adecuadas (ya que las resinas absorben a los flavonoides) manteniendo el valor nutricional del producto (Bao et al., 2015).

Fukao et al. (2019) realizaron un análisis entre varios tipos de resinas en el jugo de pimiento rojo maduro. Unas resinas son adsorbentes sintéticos y otras de intercambio iónico. El jugo se produce a partir de la especie *C. anual* en condiciones de clima mediterráneo en Chile. Estos pimientos fueron cosechados cuando estaban completamente rojos.

Las resinas que se utilizaron eran del copolímero de estireno-divinilbenceno (SDVB) en la cual se incluye la resina HP20 y XAD1180N (estas resinas son adsorbentes sintéticos). Y la resina de intercambio iónico (en este caso intercambio de cationes) que fue la PK216.

Para realizar el estudio se preparó en un vaso de precipitado: Diluyendo con agua destilada el jugo del zumo concentrado y se ajustó a 25 °Brix. Luego se combinó la dilución del jugo con cada una de las resinas a varias concentraciones, al 10 % y al 20 %. Estas suspensiones se agitaron a 300 rpm en un baño de agua a 25 °C. Después del tratamiento de 60 minutos con la resina al 20 % se realizó una evaluación sensorial para determinar el efecto de la dosis de resina. Y por último se coge en diferentes tiempos (0, 15,30... hasta 120 min) 1 mL del jugo con resina para analizarlo por HPLC y así analizar los flavonoides que están relacionados con la quercetina total.

Después de realizar el tratamiento de 60 min con la resina al 20 %, el jugo ajustado a 20 °Brix se utilizó para la evaluación sensorial.

Como se puede ver en la tabla (**Tabla 13**) el sabor amargo se reduce de manera significativa con la utilización de ambas resinas pasa de un valor de 7.43/9 a un valor de 2.71/9 y de 2,2/9. Lo mismo ocurre con el postgusto amargo, también se reduce de manera significativa. En general con estas dos resinas el sabor y postgusto amargo se vería reducido. Por otra parte, cabe destacar el sabor dulce, este aumenta en las dos muestras con resina respecto a la muestra control por lo que se reduciría el sabor amargo y aumentaría el sabor dulce.

Tabla 13. Puntuación sensorial de jugos de pimiento desamargados con diferentes resinas.

Atributos	Puntuaciones medias		
	Control	HP20	XAD1180N
Nota verde	7.71 ± 1.38	4.43 ± 2.37*	4.29 ± 1.38**
Nota dulce	5.86 ± 1.68	5.29 ± 1.89	5.00 ± 2.38
Sabor amargor	7.43 ± 1.40	2.71 ± 0.95**	2.29 ± 0.49**
Regusto amargo	7.71 ± 1.60	2.43 ± 0.98**	3.29 ± 1.80**
Sabor dulce	5.14 ± 0.69	7.14 ± 1.21**	7.43 ± 1.27**
Intensidad de sabor	6.00 ± 1.29	5.86 ± 1.07	6.43 ± 1.40
Sabor asociado con RBP dulce	4.29 ± 1.25	6.86 ± 1.21**	6.14 ± 2.04

Fuente: Adaptado a partir de Fukao et al. (2019).

Las puntuaciones se expresan con un promedio de 0 a 9 ± desviación estándar. Los asteriscos indican que hay diferencias significativas entre la muestra control y las muestras tratadas con resina.

Por otro lado, se realizó un análisis nutricional para comparar si había diferencias significativas.

Como se puede comprobar en la **Tabla 14**, el principal flavonoide que produce amargor es la quercetina-3-O-ramnósido por lo que se estudió la cantidad de este en la

muestra control y en las muestras tratadas con resina. La cantidad de quercetina disminuyó de manera significativa en las tres muestras, en la muestra que más disminuyó fue con la tratada por la resina XAD1180N y luego la HP20. También disminuyó la vitamina B6 pero de manera más significativa fue la muestra con resina PK216. Respecto al resto de valores nutricionales no hay diferencias significativas entre la muestra control y la muestra con la resina HP20.

Tabla 14. Análisis de la composición nutricional después del desamargado de jugo de RBP con diferentes resinas.

Valor nutricional por	Control	HP20	XAD1180N	PK216
100g de jugo RBP				
Quercetina-3-O-ramnósido (mg)	0.935	0.151	0.077	0.413
Vitamina B6 (mg)	0.531	0.454	0.466	0.257
Energía (kcal)	38	37	nt	nt
Proteína (g)	1.2	1.1	nt	nt
Lípido (g)	0.3	0.2	nt	nt
Carbohidrato (g)	7.5	7.5	nt	nt
Fibra dietética (g)	0.2	0.1	nt	nt
Capsantina (mg)	7.3	6.1	nt	nt

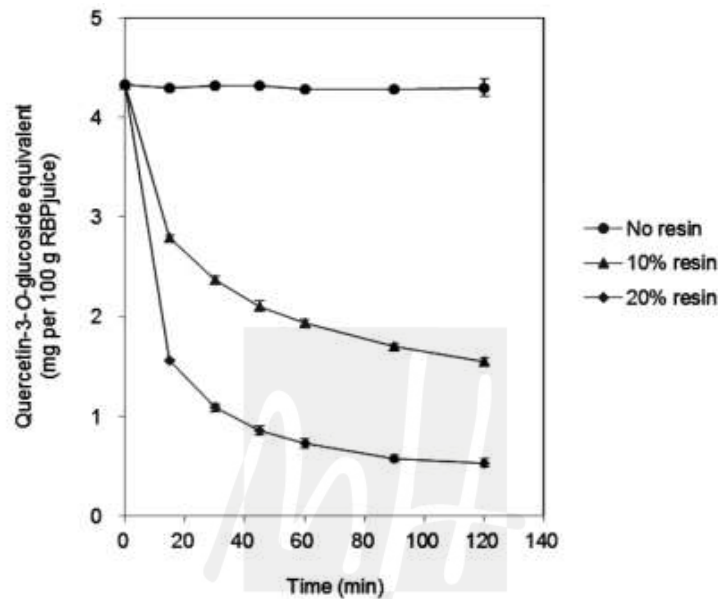
Fuente. Adaptado a partir de Fukao et al. (2019).

Después del tratamiento realizado de 60 min con 20% de resina, el jugo se utilizó para analizar su composición nutricional. Los datos se expresan como la medida por 100g de jugo RBP a 10°Brix. Nt: significa no probado

En la **Figura 18**, se compara la reducción de la concentración de quercetina a lo largo de los 120 minutos de tratamiento, y se puede observar que a una concentración del 20% de resina la bajada es más pronunciada al principio y da un resultado más eficaz al final en comparación con la muestra que tiene la concentración de resina al 10%.

En resumen, en este estudio se indica que las resinas utilizadas a partir de la resina sintética SDVB mostraron que podían reducir el amargor de manera selectiva y significativa sin alterar su composición nutricional.

Figura 18. Contenido total de flavonoides relacionados con la quercetina en experimentos de adsorción con la resina adsorbente sintética HP20.



Fuente. Fukao et al. (2019).

Szejtli y Szente (2005) estudiaron una técnica para eliminar el amargor uniendo el compuesto amargo con la ciclodextrina apropiada de forma que se cree un complejo de inclusión. Estos complejos se pueden formar por dos vías, en solución o en estado sólido:

- En solución: Las ciclodextrinas (CD) industriales son cristalinas e hidrófilas formadas a partir de unidades de glucopiranosas. Las α CD tienen 6, las β CD tienen 7 y las γ CD tienen 8 unidades de glucopiranosas. Para la conformación de las unidades de glucopiranosas, todos los grupos hidroxilo secundarios están en el borde más ancho del anillo mientras que los hidroxilos primarios están en el borde más estrecho. El anillo se caracteriza por tener una forma de cono incompleto o de corona que tiene una cavidad axial.

Esta cavidad está revestida con átomos de hidrógeno y puentes de O-glucosídico. La superficie exterior es hidrófila y la cavidad axial es hidrófoba. Las dimensiones de la cavidad axial permiten incluir otras moléculas hidrofóbicas o partes de ellas (Reuscher, 2000). La cavidad de las CD está ocupada por moléculas de agua. Estas moléculas están en contacto con la pared apolar de la cavidad, esta interacción polar-apolar genera un estado energéticamente desfavorable. Por esto, las moléculas de agua pueden sustituirse por moléculas menos polares que esta y que encajen geométricamente en la cavidad de la CD. La CD es la molécula huésped y es un componente importante de la fuerza impulsora para la formación del complejo de inclusión en la sustitución de las moléculas. La proporción de molécula huésped y molécula atrapada es 1:1. El grado de formación del complejo está determinado por la temperatura, estructura y la carga eléctrica de la molécula huésped (Suzuki et al., 1996).

- En estado sólido: La CD contiene agua, alrededor de 13-14%. Alrededor de la mitad de esta agua es la que se conoce como agua cristalina y la otra parte es el agua de inclusión. EL agua cristalina se une a moléculas β CD mientras que el agua de inclusión se une a la cavidad hidrofóbica de la CD. La peculiaridad de la formación del complejo de inclusión es la sustitución de estas moléculas de agua por una molécula “invitada” más hidrofóbica que forma un complejo más estable con la CD. Como consecuencia este complejo de inclusión ocurre tanto en solución acuosa como en estado sólido (Reuscher, 2000). En este caso la formación del complejo ocurre lentamente (puede llevar meses) dependiendo del grado de dispersión del huésped de la molécula invitada y de la movilidad de esta molécula. En cambio, el proceso es rápido en estado acuoso y muy lento con moléculas muy hidrofóbicas y con puntos de fusión altos. La formación del complejo se realiza mezclando las CD con partículas cristalinas pulverizadas, esta mezcla se almacena en un recipiente cerrado a temperatura ambiente

(Suzuki et al., 1996). Este método permite eliminar los componentes amargos de los zumos mediante el complejo de inclusión con las α CD y β CD por lotes o por lecho fluidizado en flujo continuo manteniendo la acidez total y el ácido ascórbico sin cambios (Szejtli y Szenté, 2005). La CD se puede regenerar después del proceso con etanol.

7. CONCLUSIONES

1. Existen diferencias en el grado de amargor en las diversas variedades de pimientos debido a factores genéticos como la variedad, el genotipo o la especie. Las variedades de pimiento Júpiter, MJ201 y Habanero naranja son las que menos amargor presentan en cambio las variedades Bierzo, Gernika y Guindilla Ibarra son las que tienen un amargor mucho más intenso.
2. Hay diversos compuestos que producen amargor en pimientos como el resveratrol, ácido cafeico, catequina, kaempferol... aunque el compuesto que mayor influencia tiene en el sabor es la quercetina.
3. Existen factores agroclimáticos (riego, suelo, temperaturas...), de manejo del cultivo (convencional, orgánico...) que influyen en la concentración de compuestos que producen amargor en los pimientos. El cultivo orgánico del pimiento produce una mayor concentración de los metabolitos respecto al convencional, entre ellos la quercetina en muchas de sus variedades. Esto es a causa de las prácticas culturales que provocan estrés en la planta.
4. El estado de maduración influye en la composición de compuestos que afectan a las características organolépticas del pimiento. Entre ellos el color que aumentan los carotenoides durante la maduración. Los compuestos que producen amargor como la quercetina disminuyen conforme aumenta el estado de maduración.

5. Las condiciones de conservación postcosecha como la temperatura, los tratamientos térmicos influyen en la concentración de los compuestos que producen amargor en los pimientos. Los compuestos amargos incrementan a temperaturas de 4º C con tratamiento térmico, respecto a 8º C con tratamiento térmico también. Por lo que se recomienda utilizar temperaturas de conservación entorno a 8º C.
6. Los procesos industriales de transformación de los pimientos pueden afectar a la estabilidad de los compuestos que producen amargor en los pimientos. Por ejemplo, la utilización de resinas durante el procesado del zumo de pimiento reduce el amargor de manera significativa.
7. El uso de resinas utilizadas como coadyuvantes o la adición de ciertos ingredientes como cloruro de sodio, azúcares o ciclodextrinas reducir la percepción del sabor amargo en el pimiento enmascarando el sabor.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, H. E., & Muñoz, O. V. (2015). El chile como alimento. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 66(3), 16-23.
- Almeida Pérez, N. I., & Pérez Escalante, C. G. (2017). Efecto de la concentración de ácido cítrico y temperatura de secado en la degradación de carotenoides del mesocarpio de Aguaje (*Mauritia flexuosa* L. f.) morfotipo amarillo cultivado en el distrito de Callería de la Región Ucayali.
- Ares, G., Barreiro, C., Deliza, R., & Gámbaro, A. (2009). Alternatives to reduce the bitterness, astringency and characteristic flavour of antioxidant extracts. *Food Research International*, 42(7), 871-878.
- Bao, Y., Yuan, F., Zhao, X., Liu, Q., & Gao, Y. (2015). Equilibrium and kinetic studies on the adsorption debittering process of ponkan (*Citrus reticulata* Blanco) juice using macroporous resins. *Food and Bioprocess Technology*, 94, 199-207.
- Bartoshuk, L. M., Duffy, V. B., Green, B. G., Hoffman, H. J., Ko, C. W., Lucchina, L. A., ... & Weiffenbach, J. M. (2004). Valid across-group comparisons with labeled scales: the gLMS versus magnitude matching. *Physiology & behavior*, 82(1), 109-114.
- Barz, W., & Hoesel, W. (1979). Metabolism and degradation of phenolic compounds in plants. In *Biochemistry of plant phenolics* (pp. 339-369). Springer, Boston, MA.
- BEDCA (2022). Base de Datos Española de Composición de Alimentos. <https://www.bedca.net/bdpub/index.php> [Visitada en septiembre del 2022].
- Behrens, M., & Meyerhof, W. (2011). Gustatory and extragustatory functions of mammalian taste receptors. *Physiology & behavior*, 105(1), 4-13.
- Breslin, P. A. S., & Beauchamp, G. K. (1997). Salt enhances flavour by suppressing bitterness. *Nature*, 387(6633), 563-563.

- Broadbent, J. R., Barnes, M., Brennand, C., Strickland, M., Houck, K., Johnson, M. E., & Steele, J. L. (2002). Contribution of *Lactococcus lactis* cell envelope proteinase specificity to peptide accumulation and bitterness in reduced-fat Cheddar cheese. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(4), 1778-1785.
- Calderón, M. L. H., & Arceo, S. D. B. (2020). La bioquímica y fisiología del sabor. *Revista de Educación Bioquímica*, 38(4), 100-104.
- Cedrón, J. C. (2013). La capsaicina. *Revista de Química*, 27(1-2), 7-7.
- Condori, M., Echazu, R., & Saravia, L. (2001). Solar drying of sweet pepper and garlic using the tunnel greenhouse drier. *Renewable energy*, 22(4), 447-460.
- Dagan-Wiener, A., Di Pizio, A., Nissim, I., Bahia, M. S., Dubovski, N., Margulis, E., & Niv, M. Y. (2019). BitterDB: taste ligands and receptors database in 2019. *Nucleic Acids Research*, 47(D1), D1179-D1185.
- Drewnowski, A., & Gomez-Carneros, C. (2000). Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *The American journal of clinical nutrition*, 72(6), 1424-1435.
- Fálder Rivero, Á. (2004). Enciclopedia de los alimentos. Hortalizas (1). *Distribución y consumo*, (75), 129-150.
- FAO (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo. *Estudio FAO producción y protección vegetal*. Roma.
- FAOSTAT (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations database. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QI> [Visitada en septiembre del 2022].
- Fukao, M., Shirono, H., Takada, W., Moriuchi, T., & Fukaya, T. (2019). Debittering of Red Bell Pepper (*Capsicum annuum*) Juice Retaining a High Vitamin B6 Content, Using a Styrene-divinylbenzene Adsorbent Resin. *Food Science and Technology Research*, 25(1), 57-63.
- García-García, M. D. C., Toledo-Martin, E. M., González, A., Moya, M., Font, R., Gomez, P., & Del Río-Celestino, M. (2014). Perfil físicoquímico y nutricional de distintas

tipologías de pimiento, 28. Recuperado de <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/contenidoAlf>.

Ghasemnezhad, M., Sherafati, M., & Payvast, G. A. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal of functional foods*, 3(1), 44-49.

González-Aguilar, G. A., Ayala-Zavala, J. F., Ruiz-Cruz, S., Acedo-Félix, E., & Diaz-Cinco, M. E. (2004). Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. *LWT-Food Science and Technology*, 37(8), 817-826.

Harborne, J. B., & Williams, C. A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55(6), 481-504.

Horne, J., Lawless, H. T., Speirs, W., & Sposato, D. (2002). Bitter taste of saccharin and acesulfame-K. *Chemical senses*, 27(1), 31-38.

Hornero-Méndez, D., Gómez-Ladrón de Guevara, R., & Mínguez-Mosquera, M. I. (2000). Carotenoid biosynthesis changes in five red pepper (*Capsicum annum* L.) cultivars during ripening. Cultivar selection for breeding. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9), 3857-3864.

Howard, L. R., Talcott, S. T., Brenes, C. H., & Villalon, B. (2000). Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(5), 1713-1720.

Jiménez, M., & García-Carmona, F. (1999). Oxidation of the flavonol quercetin by polyphenol oxidase. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(1), 56-60.

Laffitte, A., Neiers, F., & Briand, L. (2017). Characterization of taste compounds: chemical structures and sensory properties. *Flavour: From food to perception*, 154-191.

- Lee, J. J., Crosby, K. M., Pike, L. M., Yoo, K. S., & Leskovar, D. I. (2005). Impact of genetic and environmental variation on development of flavonoids and carotenoids in pepper (*Capsicum* spp.). *Scientia Horticulturae*, 106(3), 341-352.
- Lesschaeve, I., & Noble, A. C. (2005). Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences. *The American journal of clinical nutrition*, 81(1), 330S-335S.
- MAPA (2022). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. <https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=2523> [Visitada en septiembre del 2022].
- MAPAMA (2022). Anuario de estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. [https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2021-Avance/AVANCE ANUARIO/AvAE21.pdf#page=582&zoom=100,0,0](https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2021-Avance/AVANCE_ANUARIO/AvAE21.pdf#page=582&zoom=100,0,0) [Visitada en septiembre del 2022].
- Markus, F., Daood, H. G., Kapitany, J., & Biacs, P. A. (1999). Change in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as a function of ripening and some technological factors. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(1), 100-107.
- Martínez-Valverde, I., Periago, M. J., & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 50(1), 5-18.
- Materska, M., & Perucka, I. (2004). Changes in ferulic and sinapic acid esters and quercetin rhamnoside contents in the selected hot pepper cultivars as influenced by maturity. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 3(2), 77-82.
- Milla, A. (1996). Capsicum de capsia, cápsula: el pimiento. *Pimientos*, 21-32.

- Oboh, G., & Rocha, J. B. T. (2007). Distribution and antioxidant activity of polyphenols in ripe and unripe tree pepper (*Capsicum pubescens*). *Journal of Food Biochemistry*, 31(4), 456-473.
- Osuna-García, JA, Wall, MM y Waddell, CA (1998). Niveles endógenos de tocoferoles y ácido ascórbico durante la maduración de frutos de cultivares de chile tipo Nuevo México (*Capsicum annuum* L.). *Revista de química agrícola y alimentaria*, 46 (12), 5093-5096.
- Özcan, M. M., & Uslu, N. (2022). Quantitative changes of bioactive properties and phenolic compounds in capia pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits dried by the air, conventional heater, and microwave. *Journal of Food Processing and Preservation*, e16897.
- Paredes Oblitas, A. C., & Peche Benites, J. Y. (2019). Influencia del estado de madurez en el índice de carotenoides del pimiento morrón (*Capsicum annuum*), utilizando visión artificial.
- Raffo, A., Baiamonte, I., & Paoletti, F. (2008). Changes in antioxidants and taste-related compounds content during cold storage of fresh-cut red sweet peppers. *European Food Research and Technology*, 226(5), 1167-1174.
- Real Decreto 307/2019, de 26 de abril, por el que se regula la concesión directa de diversas subvenciones en materia agroalimentaria y pesquera. *Boletín Oficial del estado*. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-7781 [Visitada en septiembre del 2022].
- Reuscher, H. (2000). Stabilized PUFA triglycerides for nutraceuticals and functional foods using g-cyclodextrin. In *The 10th Intl. Cyclodextrin Symposium* (pp. 609-17). Wacker Biochem Corp.
- Ribes-Moya, A. M., Adalid, A. M., Raigón, M. D., Hellín, P., Fita, A., & Rodríguez-Burruezo, A. (2020). Variation in flavonoids in a collection of peppers (*Capsicum* sp.) under organic and conventional cultivation: Effect of the

genotype, ripening stage, and growing system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2208-2223.

Ribes-Moya, A. M., Raigón, M. D., Moreno-Peris, E., Fita, A., & Rodríguez-Burruezo, A. (2018). Response to organic cultivation of heirloom Capsicum peppers: Variation in the level of bioactive compounds and effect of ripening. *PLoS one*, 13(11), e0207888.

Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free radical biology and medicine*, 20(7), 933-956.

Rojas, M. R. C., Flores, V. M. D., & Moína, H. L. B. (2020). Estructura del colorante de pimiento común (*capsicum annuum*) y sus características. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 774-784.

Sánchez Belmonte, A. (2020). *Análisis de la mejora genética de la calidad del pimiento (Capsicum spp.)* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

Shang, Z., Li, M., Zhang, W., Cai, S., Hu, X., & Yi, J. (2022). Analysis of phenolic compounds in pickled chayote and their effects on antioxidant activities and cell protection. *Food Research International*, 157, 111325.

Sharafi, M., Hayes, J. E., & Duffy, V. B. (2013). Masking vegetable bitterness to improve palatability depends on vegetable type and taste phenotype. *Chemosensory perception*, 6(1), 8-19.

Simmons, A. H., Simmons, E. H., Eitenmiller, R. R., Mills, H. A., & Green, N. R. (1997). Ascorbic acid and provitamin A contents in some unusually colored bell peppers. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10(4), 299-311.

Škrovánková, S., Mlček, J., Orsavová, J., Juríková, T., & Dřimalová, P. (2017). Polyphenols content and antioxidant activity of paprika and pepper spices. *Potravinárstvo*.

- Soysal, Y., Ayhan, Z., Eştürk, O., & Arıkan, M. F. (2009). Intermittent microwave–convective drying of red pepper: Drying kinetics, physical (colour and texture) and sensory quality. *Biosystems engineering*, *103*(4), 455-463.
- Suzuki, T., Nanjo, F., Hara, M., Bandai, T., & Shibuya, T. (1996). Manufacture of tea beverage with reduced bitter taste, Jpn. *Kokai JP*, *8298930*.
- Szejtli, J., & Szente, L. (2005). Elimination of bitter, disgusting tastes of drugs and foods by cyclodextrins. *European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics*, *61*(3), 115-125.
- Topuz, A., & Ozdemir, F. (2007). Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, *20*(7), 596-602.
- Urrea, D., Eim, V., & Roselló, C. (2012). Modelos cinéticos de degradación de carotenoides, polifenoles y actividad antioxidante durante el secado convectivo de zanahoria (*Daucus carota* V. Nantesa). *Alimentos Hoy*, *21*(27), 68-101.
- Urrestarazu, M., Castillo, J. E., Salas, M., & CARMEN, D. (2002). Técnicas culturales y calidad del pimiento. *Horticultura*, *159*, 18-26.
- USDA Database (2022). USDA National Nutrient Database for Standard Reference. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/> [Visitada en septiembre del 2022].
- Van Stokkom, V. L., Poelman, A. A. M., de Graaf, C., van Kooten, O., & Stieger, M. (2018). Sweetness but not sourness enhancement increases acceptance of cucumber and green capsicum purees in children. *Appetite*, *131*, 100-107.
- Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., & Perez-Won, M. (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of

red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. *Hungarian*). *Food chemistry*, 117(4), 647-653.

Xiang, Q., Guo, W., Tang, X., Cui, S., Zhang, F., Liu, X., ... & Chen, W. (2021). Capsaicin—the spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 755-765.

