



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL**

***ELABORACIÓN DE PRODUCTOS NUTRACÉUTICOS
POR LIOFILIZACIÓN A PARTIR DE KIWI***

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

CURSO ACADÉMICO: *2015-2016*

VALENCIA, JULIO 2016

Autora: Andrea Rodríguez Company

Tutora: Eva García Martínez



License Type: Creative commons; Attribution-Noncommercial-No Derivative Works

ELABORACIÓN DE PRODUCTOS NUTRACÉUTICOS POR LIOFILIZACIÓN A PARTIR DE KIWI

Autora: Andrea Rodríguez Company

Tutora: Eva García Martínez

Valencia, Julio 2016

RESUMEN

En este estudio se ha trabajado con kiwi y se ha analizado la influencia del secado por liofilización y la incorporación de goma arábica como agente encapsulante, con el fin de conocer la viabilidad de esta tecnología para la obtención de productos nutracéuticos a base de extractos de kiwi con alta capacidad antioxidante. Se han realizado extracciones con distintos disolventes para obtener la mayor cantidad de compuestos bioactivos hidrosolubles (compuestos fenólicos y vitamina C) y liposolubles (carotenoides) y se ha evaluado la actividad antioxidante por los métodos DPPH, FRAP y ABTS. Por otra parte, se han secado los diferentes extractos obtenidos y se ha evaluado la influencia del proceso de obtención de los extractos sobre los mismos componentes y propiedades analizados en los extractos en disolución.

Los resultados más destacados han sido que la liofilización permitió obtener productos de kiwi en polvo de alta calidad funcional. Este proceso repercutió positivamente, favoreciendo la extracción de fenoles y carotenoides totales, pero disminuyó el contenido en vitamina C, lo cual repercutió en la actividad antioxidante. La actividad antioxidante evaluada en los extractos hidrofílicos fue mayor que en el lipofílico. Concretamente en la muestras de kiwi fresco destacó la actividad antioxidante del extracto de vitamina C, mientras que para las muestras liofilizadas fue el extracto fenólico. En general, la incorporación de goma arábica como aditivo tecnológico favoreció la estabilidad de los fitoquímicos estudiados, demostrando su acción encapsulante y protectora de los mismos, y mejoró la actividad antioxidante. La obtención de los extractos de kiwi deshidratados causó ligeras pérdidas en los compuestos bioactivos y en la actividad antioxidante, alrededor del 10% en el kiwi sin goma arábica y entre 0-2% en los extractos con este soluto.

PALABRAS CLAVE: Kiwi, liofilización, encapsulación, goma arábica, extracción de bioactivos, capacidad antioxidante

ELABORACIÓ DE PRODUCTES NUTRACÈUTICS PER LIOFILITZACIÓ A PARTIR DE KIWI

Autora: Andrea Rodríguez Company

Tutora: Eva García Martínez

Valencia, Julio 2016

RESUM

En aquest estudi s'ha treballat amb kiwi i s'ha analitzat l'influència del secat per liofilització i la incorporació de goma aràbiga com a agent encapsulant, a fi de conèixer la viabilitat d'aquesta tecnologia per a l'obtenció de productes nutracèutics a base d'extractes de fruita amb elevada capacitat antioxidant. S'han realitzat extraccions amb diversos dissolvents per a obtenir la major quantitat de compostos bioactius hidrosolubles (compostos fenòlics i vitamina C) i liposolubles (carotenoides) i s'ha avaluat l'activitat antioxidant pels mètodes DPPH, FRAP i ABTS. D'altra banda, s'han secat els diferents extractes obtinguts i s'ha avaluat l'influència del procés d'obtenció dels extractes sobre els mateixos components i propietats que les analitzades en els extractes en dissolució.

Els resultats més destacats han sigut que la liofilització va permetre obtenir productes de kiwi en pols d'alta qualitat funcional. Aquest procés va repercutir positivament, afavorint l'extracció de fenols i carotenoides totals, però va disminuir el contingut en vitamina C, repercutint en l'activitat antioxidant. L'activitat antioxidant avaluada en els extractes hidrofílics va ser major que en els lipofílics. Concretament en les mostres de kiwi fresc va destacar l'activitat antioxidant de l'extracte de vitamina C, mentres que per a les mostres liofilitzades va ser l'extracte fenòlic. En general, l'incorporació de goma aràbiga com aditiu tecnològic va afavorir l'estabilitat dels fitoquímics estudiats, demostrant la seua acció encapsulant i protectora dels mateixos, i va millorar l'activitat antioxidant de les mostres. L'obtenció dels extractes de kiwi secs va causar lleugeres pèrdues en els compostos bioactius i en activitat antioxidant, respecte als extractes en dissolució, al voltant del 10% en el kiwi sense goma aràbiga i entre 0-2% en els extractes amb aquest solut.

PARAULES CLAU: Kiwi, liofilització, encapsulació, goma aràbiga, extracció de bioactius, capacitat antioxidant.

DEVELOPMENT OF NUTRACEUTICAL PRODUCTS BY FREEZE DRIED KIWIFRUIT

Author: Andrea Rodríguez Company

Tutor: Eva García Martínez

Valencia, July 2016

ABSTRACT

This study analyzes the influence of freeze-drying and gum arabic addition as an encapsulation agent in kiwi fruit, with the aim of knowing the viability of this technology for the elaboration of nutraceuticals with high antioxidant capacity. Extractions with different solvents have been performed in order to obtain extracts rich in water soluble compounds (phenols and vitamin C) and lipid soluble compounds (carotenoids). The antioxidant activity of the extracts has also been analyzed by DPPH, FRAP and ABTS. Furthermore, the extracts obtained were dried and the influence of the obtention process has been evaluated by analyzing the same components and properties than those analyzed in the extracts in dissolution.

The most significant results showed that freeze-drying technology allowed obtaining kiwifruit products with high functional quality. This process also had a positive impact, because favored the extraction of phenols and total carotenoids, but diminish the content in vitamin C. This also had a direct negative impact in the antioxidant activity. The antioxidant activity assessed in the hydrophilic extracts was greater than in the lipophilic ones. Specifically in fresh kiwifruit stood out the antioxidant activity of the vitamin C extract, while in the freeze dried samples was the phenolic extract one. In general, the incorporation of gum arabic favored the stability of the phytochemicals studied. Gum arabic presented an encapsulant and protector effect on the samples, improving the antioxidant activity. The drying step realized to obtain the dehydrated extracts caused slight losses in the bioactive compounds and in the antioxidant activity. These losses were around 10% in the kiwifruit without gum arabic and 0-2% in the extracts with this solute.

KEY WORDS: kiwifruit, freeze-drying, encapsulation, gum arabic, extraction of bioactive compounds, antioxidant capacity.

AGRADECIMIENTOS

La realización de un trabajo tan arduo y con bastantes dificultades es imposible sin la participación de personas que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justa y consecuente con ellas, expresándoles mis agradecimientos.

Debo agradecer de manera especial y sincera a mi tutora Eva García Martínez, por aceptarme para realizar este trabajo bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de este trabajo, sino también en mi formación dentro del campo de la investigación. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las propuestas planteadas durante el desarrollo de este trabajo.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento a Alberto Yuste del Carmen, por su importante aporte y participación en el desarrollo de este trabajo. Debo destacar, por encima de todo, su disponibilidad y paciencia que hizo que mi aprendizaje en las habilidades y sobre todo en la parte experimental de este trabajo, redundaran benéficamente tanto a nivel científico como personal. No cabe duda que su colaboración ha enriquecido el trabajo realizado.

Quiero extender un sincero agradecimiento a Margareth Da Silva Ribeiro y Javier Cervera March, por su paciencia, disponibilidad y generosidad para compartir su experiencia y amplio conocimiento. Su colaboración fue de gran ayuda durante mi estancia en el laboratorio.

Me gustaría agradecer a mis padres, M^a José y Juan Pedro, todo el apoyo que he tenido por su parte, colaboración e inspiración. Han sido para mí todo un apoyo, lucha y honestidad diaria. Muchas gracias por permitirme vivir una experiencia tan importante para mi formación.

Por último, tengo mucho que agradecerle a Andrea Tapia González. Por soportar y aguantar mis momentos de tensión y nervios, pero sobre todo por estar siempre a mi lado y ser mi gran apoyo. Este trabajo también es tuyo.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
2	OBJETIVOS	- 4 -
3	MATERIAL Y MÉTODOS.....	- 5 -
3.1	Materia prima.....	- 5 -
3.2	Preparación de las muestras.....	- 5 -
3.3	Obtención de los extractos.....	- 5 -
3.3.1	Extracción de compuestos fenólicos	- 6 -
3.3.2	Extracción de compuestos fitoquímicos liposolubles	- 6 -
3.3.3	Extracción de Vitamina C.....	- 6 -
3.4	Análisis realizados.....	- 7 -
3.4.1	Determinación de la Humedad	- 7 -
3.4.2	Determinación de compuestos bioactivos	- 7 -
3.4.2.1	<i>Fenoles totales.....</i>	<i>- 8 -</i>
3.4.2.2	<i>Carotenoides totales</i>	<i>- 8 -</i>
3.4.2.3	<i>Vitamina C.....</i>	<i>- 8 -</i>
3.4.3	Determinación de la capacidad antioxidante.....	- 8 -
3.4.3.1	<i>Método FRAP.....</i>	<i>- 9 -</i>
3.4.3.2	<i>Método DPPH.....</i>	<i>- 9 -</i>
3.4.3.3	<i>Método ABTS.....</i>	<i>- 9 -</i>
3.5	Eficacia encapsulante	- 9 -
3.6	Análisis estadístico.....	- 10 -
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 11 -
4.1	Efecto del tratamiento de liofilización y de la adición de goma arábica en el contenido en humedad de los productos en polvo.	- 11 -
4.2	Caracterización funcional de la muestra fresca, de los productos en polvo y de los extractos secos. Efecto del tratamiento de liofilización y de la adición de goma arábica en el contenido de compuestos bioactivos.	- 12 -
4.3	Caracterización de la actividad antioxidante de la muestra fresca, de los productos en polvo y de sus extractos secos. Efecto del tratamiento de liofilización y de la adición de goma arábica.	- 16 -
4.3.1	Extracto Fenólico.....	- 16 -
4.3.2	Extracto Lipofílico	- 19 -
4.3.3	Extracto Vitamina C.....	- 22 -
4.4	Estimación de la actividad antioxidante total.....	- 24 -
4.5	Análisis de correlación entre los compuestos fitoquímicos y la actividad antioxidante del kiwi.....	- 25 -
4.6	Eficacia encapsulante	- 26 -
5	CONCLUSIONES	- 28 -
6	BIBLIOGRAFIA	- 29 -

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores medios y desviación estándar del contenido fenoles totales (mg ácido gálico/100 g sólidos de kiwi) de las muestras y de los extractos secos.	- 13 -
Figura 2. Valores medios y desviación estándar del contenido carotenoides totales (mg β -caroteno/100 g sólidos de kiwi) de las muestras y de los extractos secos.	- 14 -
Figura 3. Valores medios y desviación estándar del contenido de vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g sólidos de kiwi) de las muestras y de los extractos secos.	- 15 -
Figura 4. Actividad antioxidante medida por el método DPPH (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto fenólico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi.	- 17 -
Figura 5. Actividad antioxidante medida por el método FRAP (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto fenólico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi.	- 18 -
Figura 6. Actividad antioxidante medida por el método ABTS (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto fenólico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi.	- 19 -
Figura 7. Actividad antioxidante medida por el método DPPH (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto lipofílico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi.	- 20 -
Figura 8. Actividad antioxidante medida por el método FRAP (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto lipofílico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi.	- 21 -
Figura 9. Actividad antioxidante medida por el método ABTS (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto lipofílico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi.	- 21 -
Figura 10. Actividad antioxidante medida por el método DPPH (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto de vitamina C para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi.	- 23 -
Figura 11. Actividad antioxidante medida por el método FRAP (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto de vitamina C para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi.	- 23 -
Figura 12. Actividad antioxidante medida por el método ABTS (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto de vitamina C para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi.	- 24 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Denominación de las muestras empleadas en este estudio.....	- 7 -
Tabla 2. Valores medios y desviación estándar de la humedad (xw) de las diferentes muestras expresados en (g agua/100g muestra).....	- 11 -
Tabla 3. Actividad antioxidante total, en mmoles Trolox Equivalente/100 g de sk, y desviación estándar de los extractos en disolución y secos de kiwi.	- 25 -
Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre la actividad antioxidante por el método FRAP, ABTS y DPPH, y los fenoles, carotenoides y vitamina C del kiwi.....	- 26 -

ABREVIATURAS

AAO → actividad antioxidante

sk → sólidos de kiwi

GA → goma arábica

AG → ácido gálico

KF → kiwi fresco.

KL → kiwi liofilizado sin goma arábica

KL+GA → kiwi liofilizado con goma arábica.

INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años el ritmo de vida de nuestra sociedad ha ido cambiando, prueba de ello es que cada vez sufrimos más estrés. Esto repercute inevitablemente en nuestra alimentación, disminuyendo así el consumo de frutas y hortalizas afectando a la salud, llegando a desencadenar enfermedades tales como: cáncer, diabetes, patologías cardiovasculares y neurodegenerativas (Fiorentino *et al.*, 2009). Poco a poco ha ido aumentando la preocupación del consumidor por seguir una dieta que nos permita mejorar la salud. Uno de los componentes más recomendables para ello son las frutas, ya que con su consumo ingerimos compuestos bioactivos como las vitaminas, carotenoides y otros compuestos fenólicos con capacidad antioxidante (Shui and Leong, 2006).

En 2014, el consumo de fruta fresca en el hogar descendió con respecto al año anterior (2,6%) (MAGRAMA, 2014). No obstante, las frutas son uno de los alimentos esenciales para mantener una dieta equilibrada ya que aportan un amplio número de nutrientes y compuestos conocidos como bioactivos, que ofrecen un beneficio para la salud más allá de las consideraciones propias de la nutrición básica (Granado-Lorencio *et al.*, 2007). Por ejemplo, previenen enfermedades de la salud como pueden ser algunos tipos de cáncer o problemas cardiovasculares (Giampieri *et al.*, 2012). Estudios realizados demuestran que una buena y regular ingesta de frutas favorece un menor porcentaje de patologías (Fiorentino *et al.*, 2009). Estos compuestos bioactivos presentes en las frutas se pueden ver afectados por diversos factores como el clima, el área de producción del cultivo, la técnica de cultivo, el almacenamiento y la maduración (Lee *et al.*, 2000; Tavarini *et al.*, 2008).

En nuestro metabolismo es inevitable la formación de especies reactivas del oxígeno (ROS) y radicales libres (RL). Estas sustancias provocan daños en el organismo alterando biomoléculas fundamentales como las proteínas, los lípidos y el ADN. No obstante, nuestro organismo tiene sus propios mecanismos de defensa, estos son, los antioxidantes. En muchas patologías, o incluso en el proceso de envejecimiento existe un desequilibrio entre las especies oxidantes y la capacidad de los sistemas antioxidantes del organismo, a esto se le conoce como estrés oxidativo (Lee *et al.*, 2004).

Las costumbres en la alimentación de los últimos años muestran un interés del consumidor por ciertos alimentos que además de su propio valor nutritivo también ayuden a mantener el estado general de salud en el organismo, y a su vez puedan tener un efecto adicional de prevención. Esto ha generado una nueva área de desarrollo en la nutrición conocida como alimentos funcionales o nutraceuticos obtenidos a partir frutas, incorporando mayor número de antioxidantes naturales (Alvidrez-Morales, 2002).

Dentro de las frutas, el kiwi es típico en muchas regiones pero sus orígenes son propios de países como Nueva Zelanda, Chile, Francia y Japón (Bursal y Gülçin, 2011), la variedad más comercializada a nivel internacional es Hayward (D'Evoli *et al.*, 2015) y tiene propiedades nutricionales y fitoquímicas en su composición. Se ha visto que es una de las frutas con mayor fuente en luteína (Leontowicz *et al.*, 2016), ésta es un compuesto químico que pertenece al subgrupo de los carotenos (xantofilas), se trata de un pigmento de coloración amarilla presente en plantas, algas y algunas bacterias fotosintéticas. Tiene alto poder antioxidante y

también se ha visto que tiene efecto protector en el sistema ocular (Irigoyen *et al.*, 2010).

Además el kiwi ofrece un gran aporte en vitamina C, carotenoides, flavonoides y clorofila (Cassano *et al.*, 2006; Kaya *et al.*, 2008), siendo esta última la responsable de su característico color verde (Soufleros, 2001; Tavarini *et al.*, 2008). Su capacidad antioxidante viene dada principalmente por su contenido en vitamina C y polifenoles en función de la variedad del kiwi (Krupa *et al.*, 2011). Como por ejemplo, se ha visto que el ácido pirogálico tiene un alto poder antioxidante en el kiwi (Bursal y Gülçin, 2011).

Existen estudios que demuestran que el kiwi tiene efectos protectores contra el daño oxidativo por su gran capacidad antioxidante (Collins *et al.*, 2001) y previene muchos tipos de cáncer especialmente relacionados con el sistema digestivo gracias a su capacidad citotóxica y antioxidante (Du *et al.*, 2009). En muchas de las frutas que se consumen la tendencia habitual es eliminar la piel provocando una importante pérdida de nutrientes. Sin embargo, se ha visto en la variedad (*A. arguta*) que en la piel se encuentran cantidades de fenoles hasta 15 veces mayores que en la pulpa (Leontowicz *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2009).

Los compuestos antioxidantes que poseen ciertas frutas se pueden extraer con diferentes disolventes orgánicos según la polaridad del componente que se desea extraer (Pellegrini *et al.*, 2007; Pérez-Jiménez *et al.*, 2008). Los más utilizados para compuestos hidrofílicos son mezclas de etanol/agua, acetona/agua y metanol/agua así como la extracción en medio ácido (pH=2) y en el caso de los compuestos lipofílicos el disolvente más común es el hexano (Pérez-Jiménez *et al.*, 2007; Povilaitis *et al.*, 2015). Algunos estudios han demostrado que la mezcla de disolventes para la extracción es más práctico que los disolventes puros (Pérez-Jiménez *et al.*, 2007; Zhou y Yu, 2004). La actividad antioxidante viene determinada por procesos de adición derivados de las interacciones entre distintas moléculas bioactivas en la muestra (Liu, 2003).

Hoy en día, no existe un método único que muestre completamente el efecto antioxidante de una muestra, por ello se recomienda trabajar con diferentes métodos basados en la atracción de radicales libres de la muestra (ABTS, DPPH, ORAC) o métodos basados en la reducción de iones metálicos como el hierro (FRAP) (Pérez-Jiménez *et al.*, 2007).

El término nutracéutico fue constituido en 1989 a partir de “nutrición” y “farmacéutico” por Stephen DeFelice, fundador y Presidente de la Fundación para la Innovación en Medicina (Kalra, 2003). Un nutracéutico se puede definir como un suplemento dietético concentrado elaborado a partir de una sustancia bioactiva natural derivada de un alimento. Éste otorga un efecto beneficioso a la salud, mayor al del alimento en sí, como la prevención o tratamiento de una enfermedad (Kalra, 2003). Se pueden encontrar comercializados en forma de capsulas, jarabes, polvo (Cruzado y Cedrón, 2012). No obstante, para que su uso sea eficaz se precisa conocer su mecanismo de acción, dosis y frecuencia de administración (Cortés *et al.*, 2015).

Actualmente, también se están realizando estudios para la elaboración de nutracéuticos de alta capacidad antioxidante por liofilización (Shui y Leong, 2006), técnica ampliamente utilizada para la producción de fármacos (Niwa *et al.*, 1987; Tang y Pikal, 2004). La liofilización se utiliza para reducir la humedad de los alimentos sin someterlos a altas temperaturas, permitiendo obtener productos deshidratados de alta calidad (Ratti, 2001). Además de mantener la estructura, aroma y color en el producto. Así pues, es una de las mejores opciones para secar la fruta, permitiendo que el kiwi conserve sus características sensoriales y

nutricionales además de un poder de rehidratación adecuado a la hora de elaborar un nutracéutico (Arriola-Guevara *et al.*, 2006).

Muchos de los alimentos en polvo que obtenemos por liofilización, son empleados para la formulación de nuevos productos añadiéndolos como ingredientes, como es el ejemplo de los lácteos y sus derivados, entre otros. (Vega-Gálvez *et al.*, 2008). Sin embargo, en el caso de las frutas, su alto contenido en azúcares y ácidos confieren al producto deshidratado una estructura pegajosa y con una elevada higroscopicidad. Para paliar este problema y mejorar el rendimiento del proceso y la calidad del producto obtenido, es frecuente adicionar solutos de alto peso molecular con un efecto encapsulante, antihumectante y antiapelmazante, como por ejemplo la goma arábiga (Tonon *et al.*, 2009; Kuck *et al.*, 2016).

La goma arábiga es un polímero natural biodegradable (Parra, 2010) que resulta muy eficaz para la encapsulación, con una alta solubilidad en agua, baja viscosidad y capacidad para formar una película protectora en una emulsión (Cano-Chauca *et al.*, 2005; Valle-Guadarrama *et al.*, 2008), además posee propiedades antihumectantes y antiapelmazantes (Krishnan *et al.*, 2005) y una gran capacidad de retención de sustancias volátiles y protege de la oxidación (Gabas *et al.*, 2007).

OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

Con la intención de valorar la aptitud de la técnica de liofilización para obtener productos nutracéuticos de kiwi que posean un elevado poder antioxidante, el objetivo general de este estudio fue evaluar el efecto que tiene esta técnica junto con la incorporación de la goma arábica como agente encapsulante , sobre los compuestos fitoquímicos mayoritarios de esta fruta.

Para ello se han extraído y cuantificado los compuestos bioactivos mayoritarios liposolubles (carotenoides) e hidrosolubles (compuestos fenólicos y vitamina C) del kiwi fresco, kiwi liofilizado y kiwi liofilizado con adición de goma arábica. La extracción se ha realizado mediante distinta combinación de disolventes. En los extractos obtenidos en disolución además se ha analizado la actividad antioxidante.

Por otra parte, los extractos de compuestos bioactivos obtenidos, se secaron para obtener los correspondientes extractos secos ricos en compuestos fenólicos, vitamina C y carotenoides. A estos extractos se les realizaron los mismos análisis que a los extractos en disolución y se evaluó el efecto de la técnica de secado empleada en su obtención y de la adición de goma arábica como agente protector.

MATERIAL Y MÉTODOS

3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 *Materia prima*

La fruta utilizada en este estudio fue kiwi (*Actinidia deliciosa*) de la variedad Hayward, procedentes de la Comunidad Valenciana, adquiridos en un supermercado de Valencia. Se escogieron kiwis sin daños físicos, con tamaño y firmeza muy semejantes, según su apreciación visual.

3.2 *Preparación de las muestras*

Para la caracterización de las muestras de kiwi fresco, los kiwis se lavaron y se eliminaron las partes correspondientes al ombligo y al pedúnculo. A continuación se cortaron en rodajas y se trituraron mediante un robot de cocina (Thermomix TM 21, Vorwerk, Spain). Con el objetivo de evaluar si el procesado de la materia prima podía afectar a las propiedades funcionales de los extractos obtenidos, se dividió en 3 lotes diferentes destinándose a la elaboración de un tipo de muestra cada lote. Un lote destinado a la muestra control que fue el kiwi fresco (KF), muestras de kiwi liofilizado (KL) y kiwi liofilizado con goma arábica (KL+GA) (Alfa Aesar GmbH & Co KG, Alemania). La proporción de goma arábica fue de 6 g GA/100g de kiwi (Agudelo, *et al.*, 2016) utilizada para estudiar su posible efecto protector y encapsulante de los compuestos bioactivos del kiwi.

Para la obtención de los productos liofilizados, el kiwi triturado sin y con GA se dispuso en bandejas de aluminio con 0,5 cm de espesor y se congelaron a -45°C (Liebherr Mediline 7083 207-00) durante 48 horas. Posteriormente se liofilizaron (liofilizador Telstar Lioalfa-6) a 0,021 mPa y a una temperatura de -45 °C en el condensador, durante 48 horas. Una vez obtenidas las muestras liofilizadas, se trituraron hasta conseguir un polvo homogéneo. Las muestras se analizaron en las 24 h de su obtención en los análisis y se almacenaron.

3.3 *Obtención de los extractos*

A partir de las muestras de kiwi fresco y de los productos liofilizados sin y con GA, se realizaron como mínimo 3 extracciones de compuestos fenólicos, lipofílicos y vitamina C, tal y como se describe a continuación. En el extracto fenólico se cuantificaron fenoles totales, en el extracto lipofílico los carotenoides totales y en el extracto de vitamina C, la cantidad de vitamina C, expresada como ácido ascórbico. Además en los tres extractos se determinó la actividad antioxidante.

3.3.1 Extracción de compuestos fenólicos

Para la obtención del extracto fenólico, se utilizó una mezcla de metanol/agua en proporción de 70:30 (v/v). Este disolvente mostró los mejores resultados en estudios previos para esta extracción (Farinha, 2014; Spaggiari, 2014). En el caso de la muestra fresca se siguió la proporción 1 g muestra: 9 mL de disolvente y para las muestras liofilizadas 1 g muestra: 19 mL de disolvente. La mezcla se homogeneizó durante 30 minutos en agitación magnética y después se centrifugó a 20°C y 8000 rpm durante 10 minutos (centrifuga Selecta Medifriger-BL, España) y se recogió el sobrenadante..

Con la finalidad de obtener el extracto seco rico en compuestos fenólicos, evaluar el efecto del proceso de obtención del mismo en su contenido en fenoles y sobre su poder antioxidante, y comprobar su estabilidad para su aplicación en la elaboración de un nutracéutico, se eliminó el disolvente orgánico del extracto en disolución metanol/agua mediante evaporación con rotavapor (20 minutos, 50°C), después se congeló durante 48h a -45°C y posteriormente se liofilizó (liofilizador Telstar Lioalfa-6) a 0,021 mPa y a una temperatura de -45 °C en el condensador durante 48 horas.

3.3.2 Extracción de compuestos fitoquímicos liposolubles

El disolvente comúnmente más utilizado en la obtención de extractos lipofílicos es el hexano o mezclas de este con otros disolventes orgánicos. En este estudio se ha utilizado la mezcla de hexano, acetona y etanol en una proporción 50:25:25 (Olives *et al.*, 2006).

Para llevar a cabo esta extracción se partió de la muestra fresca o liofilizada sin y con solutos, se pesó y se mezcló con una disolución de hexano:acetona:etanol (50:25:25) en la misma proporción y condiciones descritas para la extracción de compuestos fenólicos. El sobrenadante obtenido para cada muestra KF, KL y KL+GA constituyó el extracto lipofílico.

Con el mismo objetivo que en el caso del extracto fenólico, para la obtención del extracto lipofílico seco, se eliminó el disolvente orgánico mediante evaporación con rotavapor (20 minutos, 50°C).

3.3.3 Extracción de Vitamina C

Para la obtención del extracto de vitamina C, se utilizó como disolvente el ácido oxálico 0,1% en agua. Para llevar a cabo esta extracción se partió de la muestra fresca o liofilizada sin y con solutos, se pesó y se mezcló con una disolución de ácido oxálico en la misma proporción disolvente:muestra y condiciones descritas para la extracción de compuestos fenólicos. La mezcla se homogeneizó durante 30 minutos en agitación magnética y después se centrifugó a 20°C y 8000 rpm durante 10 minutos (centrifuga Selecta Medifriger-BL, España) y se recogió el sobrenadante.

Posteriormente para la obtención del extracto seco, el extracto se congeló durante 48h a -45°C y posteriormente se liofilizó (liofilizador Telstar Lioalfa-6) a 0,021 mPa y a una temperatura de -45 °C en el condensador durante 48 horas.

En la tabla 1 se describen los códigos empleados en este trabajo para definir las muestras estudiadas.

Tabla 1. Denominación de las muestras empleadas en este estudio.

Muestra	
Kiwi Fresco	KF
Kiwi Liofilizado	KL
Kiwi Liofilizado con goma arábica	KL+GA

3.4 *Análisis realizados*

3.4.1 Determinación de la Humedad

La humedad (x_w) de la fruta fresca y los productos liofilizados se determinó por el método oficial para alimentos ricos en azúcares (AOAC 934.06, 2000). Dicho método consiste en la determinación de la pérdida de peso de la muestra mediante desecación de la misma en una estufa de vacío (Vacioterm, J.P. Selecta) a una temperatura de 60°C y $P < 100$ mm Hg, dejando secar hasta alcanzar un peso constante. La variación de peso se midió en una balanza (Mettler AE 100 de precisión 0,1 mg). Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como g de agua/ g de muestra.

3.4.2 Determinación de compuestos bioactivos

A los extractos en disolución y los extractos secos obtenidos a partir de las muestras KF, KL, KL+GA se les analizó, el contenido en fenoles totales, carotenoides totales y la Vitamina C. En el caso de los extractos secos, se reconstituyeron en cada caso con el respectivo disolvente de extracción previo a los análisis. Los análisis se realizaron por triplicado y se calculó la media y la desviación estándar. Con fines comparativos, todos los resultados se expresaron referidos a 100 g de sólidos de kiwi (sk), aplicando la siguiente ecuación:

$$m_i = \frac{m \cdot \left(\frac{m_m + v \cdot \rho}{m_m} \right)}{m_m \cdot (1 - x_w) \cdot X_{sk/st}} \cdot 100 \quad (1)$$

Siendo:

m_i : cantidad de compuesto analizado (mg/100 g sk)

m : cantidad de compuesto analizado en el extracto (mg/g disolución)

m_m : masa de muestra analizada (g)

v : volumen de disolvente de extracción (mL)

ρ : densidad del disolvente de extracción (g/mL)

x_w : humedad de la muestra analizada (g agua/g muestra)

$X_{sk/st}$ (g sólidos de kiwi / g sólidos totales) en la muestra analizada

3.4.2.1 Fenoles totales

La determinación de los fenoles totales presentes en las muestras se llevó a cabo mediante el método de Folin-Ciocalteu, según (Benzie y Strain, 1999). Para llevar a cabo el ensayo, se utilizaron 250 μ L del extracto fenólico, se le añadieron 15 mL de agua bidestilada y 1,25 mL del reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, Alemania) y se dejó reaccionar la mezcla en oscuridad durante 8 minutos. Seguidamente, se añadieron 3,75 mL de carbonato sódico al 7,5% (p/v) y agua bidestilada hasta completar 25 mL. Tras 120 minutos en oscuridad se midió la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro UV/Visible (Thermo Electron Corporation, USA). Los resultados se expresaron como mg de ácido gálico (AG)/ 100 g sólidos de kiwi (sk)

3.4.2.2 Carotenoides totales

La determinación de los carotenoides totales se llevó a cabo por espectrofotometría según AOAC (1996). Para ello el extracto lipofílico obtenido, se mezcló con agua en una proporción de 10 mL de extracto con 1,5 mL de agua. A continuación se agitó con el vortex durante 2 minutos y se separaron dos fases. Se extrajeron 600 μ L de la parte liposoluble. Posteriormente se llevó a sequedad con nitrógeno y al producto seco se le añadió 1 mL del disolvente THF:ACN:MeOH (15:30:55 v/v/v). Se midió la absorbancia a 446 nm en un espectrofotómetro UV-visible (Thermo Electron Corporation, USA). Los resultados se expresaron como mg de β -caroteno / 100 g sólidos de kiwi (sk.)

3.4.2.3 Vitamina C

La determinación del ácido ascórbico o vitamina C se realizó siguiendo la metodología descrita por AOAC (1980) para frutas y vegetales, Pearson (1998) y Mattissek *et al.*, (1998). Se trata de un análisis volumétrico empleando ácido metafosfórico para inactivar la enzima ascorbato oxidasa. El ácido ascórbico se determina por su acción reductora sobre el colorante azul 2,6 diclorofenol-indofenol. El método básicamente consiste en pesar 0,5 mL de extracto, adicionar 5 mL de disolución acuosa de ácido metafosfórico al 25% y enrasar a 25 mL con agua destilada y hervida. Tras agitar y filtrar, se valoran 10 mL del filtrado con el indicador hasta alcanzar rosa persistente durante 30 segundos. El resultado se expresó en mg ácido ascórbico/100 g sólidos de kiwi (sk.).

3.4.3 Determinación de la capacidad antioxidante

Se determinó la actividad antioxidante de cada uno de los extractos obtenidos por los métodos DPPH, FRAP y ABTS. Todas las medidas se realizaron por triplicado y en todos los casos se utilizó un espectrofotómetro UV-visible Thermo Electron Corporation, USA.

3.4.3.1 Método FRAP

Se siguió la metodología descrita según (Benzie y Strain 1996; Pulido *et al.*, 2000; Thaipong *et al.*, 2006). Este método consiste en reducir el ion Fe^{3+} presente en el compuesto férrico TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina) a ion Fe^{2+} . El complejo reducido posee una coloración azul intensa que presenta su máxima absorción a 593 nm. Para la medida se introdujeron en una cubeta espectrofotométrica 900 μL de reactivo FRAP, 30 μL de agua bidestilada y 30 μL de extracto o de disolvente de extracción en el caso del blanco. Se midió la absorbancia a 593 nm tras mantener la mezcla 30 minutos incubada a 37°C. Los resultados se expresaron como mmoles equivalentes de Trolox equivalente (TE)/ 100 g sólidos de kiwi (sk).

3.4.3.2 Método DPPH

Este método (Puupponen-Pimiä *et al.*, 2003) consiste en la reducción del radical DPPH a DPPH^- . Se midió la absorbancia a 515 nm inicialmente (A_0), añadieron 30 μL del extracto y se midió la absorbancia de nuevo cuando la reacción se había estabilizado a los 2,5 minutos (absorbancia a $A_{2,5}$). Se calculó el porcentaje de DPPH en función de la ecuación siguiente:

$$\%DPPH = \frac{A_0 - A_{2,5}}{A_0} \cdot 100 \quad (2)$$

Los resultados se expresaron como mmoles de Trolox equivalente (TE)/ 100 g sólidos de kiwi (sk).

3.4.3.3 Método ABTS

Este método se llevó a cabo según metodología descrita por (Re *et al.*, 1999; Arnao *et al.*, 2001; Thaipong *et al.*, 2006). El análisis consiste en formar el radical $\text{ABTS}^{\cdot+}$ el cual va a ser reducido por las sustancias antioxidantes presentes en la muestra. Para dicho método se preparó una disolución de ABTS 7mM y persulfato de potasio 2,45 mM (1:0,5) y se mantuvo en refrigeración y en oscuridad 12 horas para que se formase el radical $\text{ABTS}^{\cdot+}$. Una vez transcurrido el tiempo se diluyó en etanol hasta obtener un valor de absorbancia a 734 nm de 0,7 nm. Para llevar a cabo las medidas en una cubeta espectrofotométrica se añadió 1 mL del reactivo ABTS y 10 μL del extracto y se midió la absorbancia a 734 nm inicialmente y pasado un minuto, cuando la reacción ya se había estabilizado se volvió a medir. Los resultados se expresaron como mmoles equivalentes de trolox equivalente (TE)/ 100 g sólidos de kiwi (sk).

3.5 *Eficacia encapsulante*

La Eficacia encapsulante indica la capacidad que tiene el agente encapsulante, en este caso la goma arábica, para encapsular las moléculas de compuestos bioactivos. Según distintos autores que emplean la técnica de liofilización junto la adición de un soluto encapsulante para encapsular los compuestos bioactivos sensibles y los aromas, y mejorar la estabilidad de los productos en polvo obtenidos (Dib Taxi *et al.*, 2003; Righetto y Netto, 2005, Murali *et al.*, 2014),

la Eficacia encapsulante puede calcularse basándose en la cantidad de bioactivo inicial en la fruta antes y después de la encapsulación, según método sugerido por Risch y Reineccius (1988) (ecuación 3):

$$\frac{\text{Compuesto bioactivo en el kiwi fresco (mg/100g sk)}}{\text{Compuesto bioactivo en el extracto encapsulado (mg/100g sk)}} \quad (3)$$

3.6 *Análisis estadístico*

Para estudiar las posibles diferencias significativas entre las muestras se realizaron análisis de la varianza unifactoriales (ANOVA), con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$). También se realizaron correlaciones de Pearson entre la actividad antioxidante y los compuestos bioactivos en cada extracto.

Para llevar a cabo dichos análisis se utilizó el programa Statgraphics Centurion XV.

Para hacer las representaciones gráficas de los resultados empleamos el programa GraphPadPrism 5 (GraphPad Software, Inc, California).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto del tratamiento de liofilización y de la adición de goma arábica en el contenido en humedad de los productos en polvo.

En la siguiente tabla 2, se muestran los valores de humedad obtenidos para la fruta fresca y para la fruta tras ser liofilizada, sin y con adición de goma arábica.

Tabla 2. Valores medios y desviación estándar de la humedad (x_w) de las diferentes muestras expresados en (g agua/100g muestra). a-c Letras diferentes indican diferencias significativas entre las muestras liofilizadas ($p < 0,05$).

Muestra	x_w (g agua/100g muestra)
KF	85,5(0,3)
KL	2,671(0,017) ^a
KL+GA	2,37(0,12) ^a

Se partió de kiwi con un alto contenido en agua (85,5 g agua/100g de muestra), una característica común de las frutas frescas. Este valor fue similar a los obtenidos en otros estudios con esta fruta (Ruiz, 2012; Monteagudo *et al.*, 2013; D'Evoli *et al.*, 2015). Al aplicar el tratamiento de liofilización se alcanzó una humedad de 2,671 g agua/100g de muestra y en la muestra a la que se le añadió goma arábica se consiguió una humedad ligeramente inferior ($p > 0,05$) de 2,37 g de agua/100g de muestra. En ambos casos se consiguió un producto liofilizado en polvo con unos valores de humedad del orden de los sugeridos por otros autores para alimentos liofilizados (Fellows, 2000).

Parece que la adición de goma arábica favorece la eliminación del agua congelable de la matriz del alimento durante la liofilización (Mosquera, 2010). Diversos estudios de otros autores también han evidenciado una disminución de la humedad en productos liofilizados de frutas al añadir solutos a la muestras, tales como goma arábica, proporcionando una menor higroscopicidad y mayor estabilidad fisicoquímica a los productos en polvo obtenidos (Jaya *et al.*, 2006; Telis y Martínez-Navarrete, 2010; Mosquera, 2010).

4.2 Caracterización funcional de la muestra fresca, de los productos en polvo y de los extractos secos. Efecto del tratamiento de liofilización y de la adición de goma arábiga en el contenido de compuestos bioactivos.

Existen un gran número de frutas con elevado contenido en compuestos fenólicos, entre ellas el kiwi (Cassano *et al.*, 2006; Kaya *et al.*, 2008). Además, por este motivo, el kiwi destaca por su poder antioxidante (Park *et al.*, 2011). En la figura 1, se muestran los valores obtenidos en fenoles totales del kiwi fresco y de las muestras liofilizadas, sin y con goma arábiga. Además en esta figura se muestran también los valores de fenoles de los extractos secos obtenidos a partir de dichas muestras.

No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el contenido en compuestos fenólicos de las muestras KF y KL. El kiwi fresco presentó 349,14 mg ácido gálico/100g sk, resultados similares a los reportados por Du *et al.*, (2009) e inferiores a los encontrados por D'Evoli *et al.*, (2015) en otros cultivares de kiwi de origen italiano. La variabilidad encontrada en el contenido en compuestos fenólicos en frutas en distintos estudios de investigación, puede ser atribuida, no solo a la diferente variedad de fruta, a su estado de madurez o al origen de la misma, sino también a los distintos disolventes empleados en el proceso de extracción (Garau *et al.*, 2007).

Se observó un ligero aumento ($p > 0,05$) del contenido en estos compuestos debido al proceso de liofilización, mayor y significativo ($p < 0,05$) en la muestra con GA. Las ganancias fueron concretamente de 6,4% y 12% en las muestras KL y KL+GA, respectivamente. Este aumento podría explicarse debido a que durante la congelación previa a la liofilización, se forman cristales de hielo capaces de romper la estructura celular de la fruta. De esta forma se facilita la posterior entrada del disolvente y consecuentemente se mejora la extracción de los compuestos fenólicos. Pinela *et al.*, (2012) en sus estudios con *Tuberaria lignosa* explica que el aumento de los fenoles producido debido a la liofilización puede deberse a los efectos que provoca la congelación previa al secado por liofilización sobre la matriz vegetal.

Por otra parte, el efecto protector que produce la goma arábiga sobre estos compuestos también ha sido descrita por otros autores (Krishnan *et al.*, 2005). Spigno *et al.*, (2007) observaron un aumento en el contenido en fenoles de extractos de uva liofilizada respecto al extracto de la muestra fresca. Estos autores argumentan que la liofilización ocasiona un aumento del tamaño de partícula de la muestra, lo cual favorece la superficie de contacto con el disolvente y provoca un aumento del rendimiento de extracción. Estos mismos autores realizaron una extensa recopilación de literatura apoyando este hecho.

En el caso de los extractos fenólicos secos sí que se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de fenoles entre los tres extractos de KF, KL Y KL+GA. Comparando los extractos en disolución y los extractos secos, el proceso de obtención de los mismos ocasionó ligeras pérdidas de compuestos fenólicos, concretamente de 4,65% en KF, 4,9% en KL y 1,9% en KL+GA. En ningún caso las pérdidas observadas fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Algunos estudios muestran que los procesos de deshidratación, en particular a altas temperaturas y largos tiempos, pueden destruir algunos compuestos fenólicos (Li *et al.*, 2006).

En nuestro caso, para la obtención del extracto seco, se sometió al extracto en disolución metanol: agua a la evaporación del disolvente orgánico a 50°C durante 20 min, lo cual a pesar de no tratarse de elevadas temperaturas, pudo afectar de manera negativa a estos compuestos. La posterior congelación de la fase acuosa del extracto, así como la operación de liofilización para eliminar el agua, pudieron también afectar a estos compuestos extraídos. Los fenoles una vez extraídos, se encuentran más expuestos a factores oxidantes al encontrarse desprotegidos de la matriz de la fruta, pudiendo este hecho disminuir su estabilidad. En este sentido, pudo apreciarse el efecto protector de la adición de GA.

Otros estudios de Ahmad-Qasem *et al.*, (2015) mostraron que la deshidratación de extractos de hoja de olivo a 120°C y a 55°C a vacío, causó una reducción del contenido fenólico de alrededor de 10%. Esta reducción también ha sido reportada por otros autores cuando distintos extractos naturales se han secado por diferentes métodos. Así, Fang y Bhandari (2011) observaron que el secado por aspersión de zumo de bayas redujo un 4% los fenoles del extracto inicial. Benelli *et al.*, (2013) secaron extractos de plantas aromáticas mediante aire caliente, reduciendo el contenido en fenoles del extracto inicial un 8,5%.

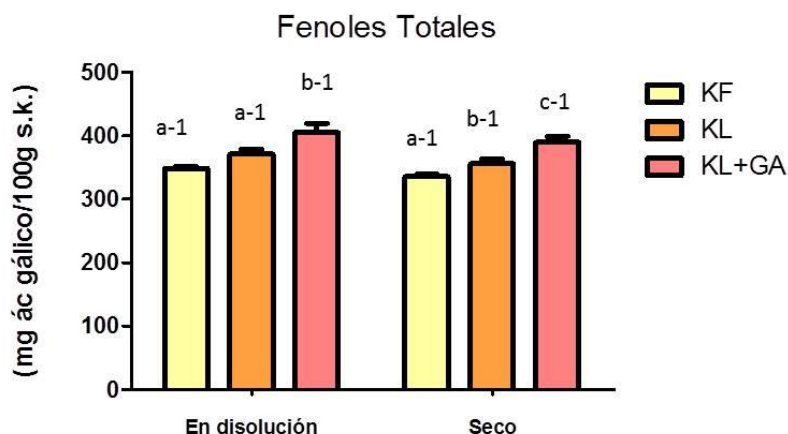


Figura 1. Valores medios y desviación estándar del contenido fenoles totales (mg ácido gálico/100 g sólidos de kiwi) de las muestras y de los extractos secos. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras. 1-2 Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre extractos en disolución y secos.

Otro de los compuestos bioactivos analizados en las muestras de kiwi y en sus respectivos extractos lipofílicos secos fueron los carotenoides totales, cuyos valores se encuentran en la figura 2. En otros estudios de caracterización de esta fruta se observó que entre los carotenoides, solo la luteína y el β -caroteno fueron detectados, siendo la luteína el carotenoide más abundante (D'Evoli *et al.*, 2015).

La muestra de kiwi fresco (KF) mostró 5,65 mg β caroteno/100 g s.k. Estos valores fueron superiores a los encontrados por otros autores en kiwis de origen italiano (D'Evoli *et al.*, 2015). Diferentes estudios han revelado la variación de estos compuestos en función de la especie y variedad de kiwi. Así, Latocha *et al.*, (2010) mostró que el menor contenido en carotenoides fue en *Actinidia deliciosa* 'Hayward', y el mayor en *Actinidia arguta* 'Weiki'. Sin embargo,

considerables oscilaciones en el contenido en carotenoides se produjeron incluso dentro de la misma especie de kiwi, según indican estudios de Nishiyama *et al.*, (2004).

Por otro lado, no se observaron cambios significativos en el contenido en carotenoides ocasionados por la liofilización, ni por la adición de goma arábiga (5,8 mg β caroteno/100 g s.k. y 5,9 mg β caroteno/100 g s.k. en KL y KL+GA, respectivamente).

La misma tendencia descrita para los extractos en disolución puede observarse en los extractos lipofílicos secos, donde tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en el contenido de carotenoides totales de los tres extractos. Comparando los extractos lipofílicos en disolución y los extractos secos, se obtuvieron pérdidas no significativas ($p > 0,05$) de 5,8 en KF y KL y de 3,6% en KL+GA, debido al proceso de secado realizado para su obtención. En este caso el extracto lipofílico en disolución hexano:acetona:etanol se sometió a calentamiento a 50°C/20 min en rotavapor. Los carotenoides son compuestos con cierta inestabilidad ya que son altamente insaturados, pudiendo así degradarse fácilmente por reacciones de oxidación, siendo afectados también por la temperatura, o la luz (Meléndez-Martínez *et al.*, 2004). En ninguno de los casos estas pérdidas fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

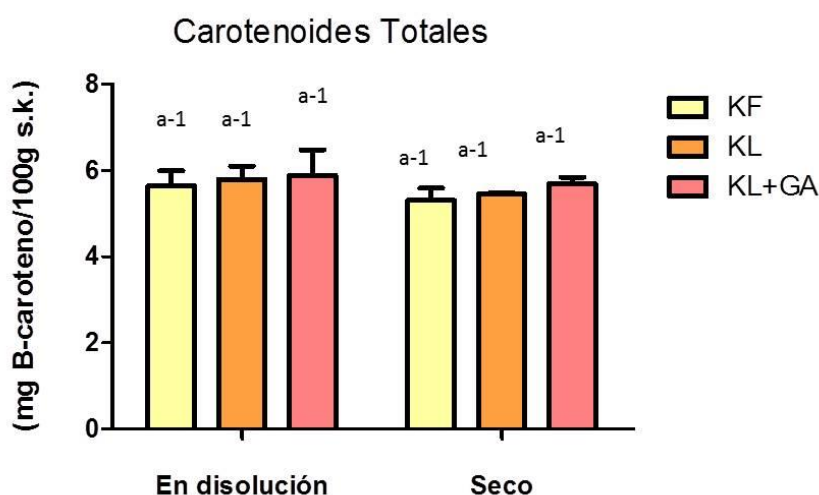


Figura 2. Valores medios y desviación estándar del contenido carotenoides totales (mg β -caroteno/100 g sólidos de kiwi) de las muestras y de los extractos secos. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre extractos en disolución y secos

Por otro lado, en la figura 3, se muestran los valores de vitamina C de las muestras de kiwi (K, KL y KL+GA) y sus respectivos extractos secos. La muestra fresca presentó un contenido en vitamina C de 63,75 mg ácido ascórbico/100g sk, valores parecidos a los obtenidos por Tavarini *et al.*, 2008; Du *et al.*, (2009) y Park *et al.*, (2014) para esta variedad de kiwi. El contenido en vitamina C del kiwi es mayor que el de otras frutas como la naranja, fresa, limón, manzana, melocotón o uva (Tavarini *et al.*, 2008). Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el contenido en esta vitamina de las muestras de kiwi fresco, liofilizado con y sin goma. La liofilización ocasionó pérdidas significativas ($p < 0,05$) de vitamina C de 7,8% y un 3,6% en KL y KL+GA, respectivamente, respecto a la fruta fresca. Esta disminución en el caso de las muestras

lío­filizadas puede ser debido a que la vitamina C es un compuesto que se caracteriza por ser muy lábil, termosensible y fácilmente oxidable, por lo que se degrada fácilmente (Klimczak *et al.*, 2007). En este sentido, la liofilización aumenta la porosidad de la muestra, por lo que la vitamina C podría estar más expuesta al oxígeno, lo cual podría afectar negativamente a su estabilidad. Según otros autores, las pérdidas ocasionadas por la liofilización son inferiores a las causadas por otros métodos de deshidratación, como la deshidratación osmótica a vacío, el secado convectivo, o métodos combinados (Castañeda *et al.*, 2010).

Por otra parte, la presencia de GA parece haber ejercido un efecto encapsulante sobre esta vitamina (Valle-Guadarrama *et al.*, 2008). Estudios con distintos agentes encapsulantes (como la maltodextrina, la goma arábiga, almidones modificados, pectina, etc.) afirman que estos solutos actúan como barrera física al oxígeno y a la luz, protegiendo además de la degradación química y enzimática (Wang *et al.*, 2009).

Por lo que respecta a los extractos de vitamina C secos, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el contenido de vitamina C de los tres extractos analizados respecto a los extractos en disolución. En todos los casos, la congelación y posterior liofilización a que se somete el extracto acuoso en disolución para la obtención de los extractos secos produjo pérdidas significativas ($p < 0,05$) de la vitamina C. Estas pérdidas fueron de 11% en el caso de la fruta fresca, 9% en el caso de la fruta liofilizada sin goma arábiga y 8% en el caso de la fruta liofilizada con goma arábiga.

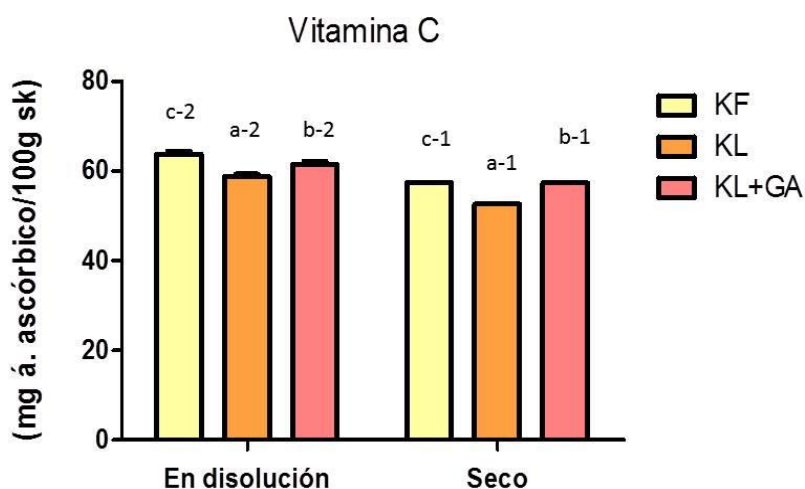


Figura 3. Valores medios y desviación estándar del contenido de vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g sólidos de kiwi) de las muestras y de los extractos secos. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre extractos en disolución y secos.

Además, para evaluar la cantidad de bioactivos que contiene el extracto y poder comparar con la cantidad ingerida al tomar la misma cantidad de fruta fresca, los resultados se expresaron también por g de extracto. Se obtuvo que por g de extracto de KF estaríamos tomando 14,42 mg AG; KL 6,29 mg AG y KL+GA 7,65 mg, lo cual supondría 26, 11 y 14 veces más que tomar 1 g

de fruta, respectivamente. Respecto a los carotenoides: KF estaríamos tomando 0,22 mg β -carotenos; KL 0,09 mg β -carotenos y KL+GA 0,1 mg β -carotenos, lo cual supondría 12, 27 y 12 veces más que tomar 1 g de fruta, respectivamente. Para la vitamina C, KF estaríamos tomando 1,3 mg de ácido ascórbico; KL 0,96 mg ácido ascórbico y KL+GA 1,85 mg ácido ascórbico, lo cual supone 15, 10 y 12 veces más que tomar 1 g de fruta, respectivamente.

4.3 Caracterización de la actividad antioxidante de la muestra fresca, de los productos en polvo y de sus extractos secos. Efecto del tratamiento de liofilización y de la adición de goma arábiga.

El kiwi es una fruta con un contenido en compuestos bioactivos importante que ofrece un gran aporte en vitamina C, compuestos fenólicos, carotenoides, clorofila, etc. (Cassano *et al.*, 2006; Kaya *et al.*, 2008). Su capacidad antioxidante viene dada principalmente por su contenido en vitamina C y polifenoles en función de la variedad del kiwi (Krupa *et al.*, 2011).

La capacidad antioxidante de un alimento viene determinada por interacciones sinérgicas entre diferentes compuestos antioxidantes, al mismo tiempo también se ve afectada por el modo de acción concreto de cada uno de ellos (Thaipong *et al.*, 2006). Por estos motivos, es necesario utilizar procedimientos adecuados tanto en la extracción de antioxidantes, como en la medida de la capacidad antioxidante. En este trabajo se han utilizado diferentes mezclas de disolventes optimizados en trabajos anteriores para la extracción de compuestos concretos y, a cada uno de los extractos obtenidos, se le ha analizado la capacidad antioxidante.

Dada la complejidad de la naturaleza de los compuestos fitoquímicos que originan la actividad antioxidante, se hace necesario el empleo de al menos dos métodos para su determinación (Du *et al.*, 2009). Los métodos elegidos en este estudio (el método ABTS, empleando el reactivo ABTS, como oxidante; el método FRAP basado en la capacidad de reducción férrica y el método DPPH basado en el potencial captador de radicales libres de este reactivo) son los recomendados por distintos autores (Brand-Williams *et al.*, 1995; Ozgen *et al.*, 2007). Las comparaciones entre resultados de capacidad antioxidante solo se pueden realizar para un mismo método y para muestras obtenidas con los mismos disolventes (Pérez-Jiménez *et al.*, 2008).

4.3.1 Extracto Fenólico.

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se ve determinada por su estructura química, por lo que existen grandes diferencias en la efectividad como antioxidantes entre los distintos grupos de compuestos que conforman este grupo. Los compuestos fenólicos pueden actuar como antioxidantes mediante dos mecanismos principales: como antirradicalarios y como agentes quelantes de metales. Así, por una parte, su actividad antioxidante se atribuye a su facilidad para ceder átomos de hidrógeno de un grupo hidroxilo aromático a un radical libre y a la posibilidad de deslocalización de cargas en el sistema de dobles enlaces del anillo aromático. Por otro lado, los compuestos fenólicos poseen además una estructura química ideal para captar iones metálicos (principalmente hierro y cobre) y por tanto para inhibir la formación de radicales libres (Rice-Evans *et al.*, 1997).

En la figura 4 se muestran los valores medios de la AAO analizada por el método DPPH del extracto fenólico en disolución y seco. En primer lugar, para los extractos en disolución, los valores obtenidos por el método DPPH fueron para el KF de 0,83 mmoles Trolox Equivalente /100g sk. La muestra liofilizada sin goma KL no mostró diferencias significativas ($p>0,05$) en su AAO con respecto a KF ni a KL+GA. La KL+GA mostró un aumento significativo ($p<0,05$) de la capacidad antioxidante de un 21% con respecto al KF. Además del efecto encapsulante protector que este soluto ejerce sobre los compuestos bioactivos, estudios de Montenegro *et al.*, (2012) han puesto de manifiesto que la GA es capaz de aportar actividad antioxidante, mejorando la AAO del producto final.

Para los extractos fenólicos secos se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) en AAO entre los tres extractos de kiwi. Para el extracto seco de KF el valor de la AAO fue de 0,78 mmoles TroloxEquivalente /100g sk. Siguiendo la misma tendencia observada en los extractos en disolución, los otros dos extractos secos procedentes de las muestras liofilizadas con y sin goma, mostraron un aumento significativo ($p<0,05$) de AAO con respecto al extracto de la fruta fresca, con un porcentaje de 7,7% y 30%, respectivamente. Observando de nuevo en este caso, el efecto protector de la goma arábica sobre los compuestos bioactivos (Kuck *et al.*, 2016). Comparando los extractos de las muestras en disolución y los extractos secos, el proceso de obtención del extracto seco no ocasionó pérdidas significativas ($p>0,05$).

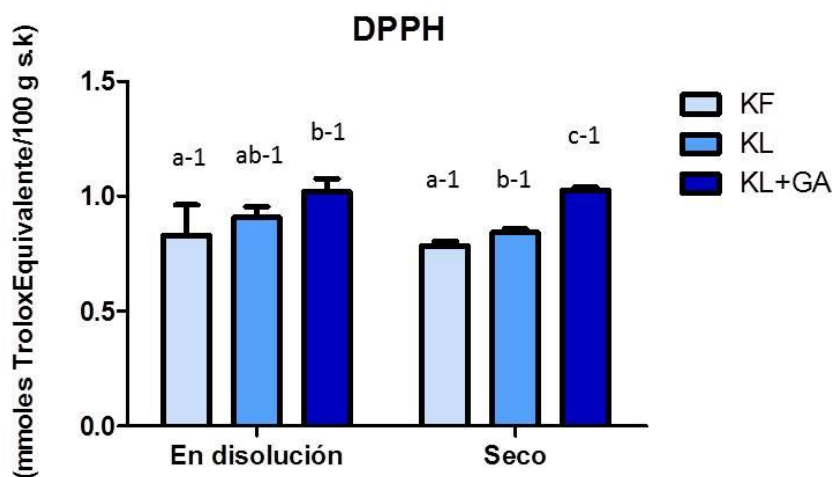


Figura 4. Actividad antioxidante medida por el método DPPH (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto fenólico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$) entre muestras. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$) entre extractos en disolución y secos

En la figura 5, se muestran los valores medios de la AAO analizada por el método FRAP del extracto fenólico en disolución y seco. En el método FRAP, el valor de la AAO de la muestra fresca fue de 1,94 mmoles Trolox Equivalente/100g sk. El proceso de liofilización aumentó significativamente ($p<0,05$) la AAO de las muestras, observándose un aumento de un 23% en el

caso del KL y un 33% en KL+GA. Ambas muestras liofilizadas no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$) en su AAO.

En los extractos secos, con el ensayo FRAP se detectaron diferencias significativas en el contenido de AAO ($p<0,05$). El extracto fresco con un valor de 1,79 mmoles Trolox Equivalente/100g sk. La AAO de los extractos de KL y KL+GA fueron superiores a KF como también se ha producido en el caso de sus muestras en disolución. La obtención del extracto seco ocasionó pérdidas no significativas ($p>0,05$) de la AAO de 7,7% en KF y de 4% KL. La muestra con goma arábica no perdió AAO.

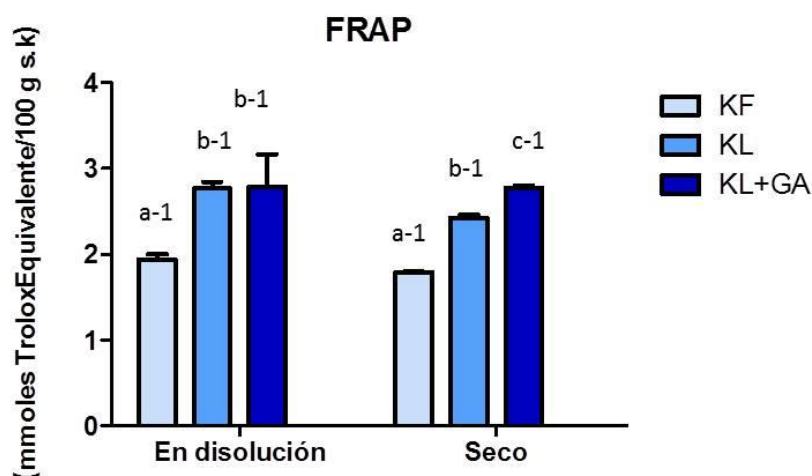


Figura 5. Actividad antioxidante medida por el método FRAP (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto fenólico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$) entre muestras. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$) entre extractos en disolución y secos

Los valores medios de la AAO analizada por el método ABTS del extracto fenólico en disolución y seco se pueden ver en la figura 6. En este método no se observaron diferencias significativas ($p>0,05$) en la AAO de las muestras KF, KL y KL+GA. A excepción, en los extractos secos de dichas muestras, el extracto seco de KL mostró una disminución significativa ($p<0,05$) respecto al extracto seco de KF de 9,5%. Tampoco se observaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre la AAO de los extractos en disolución y secos.

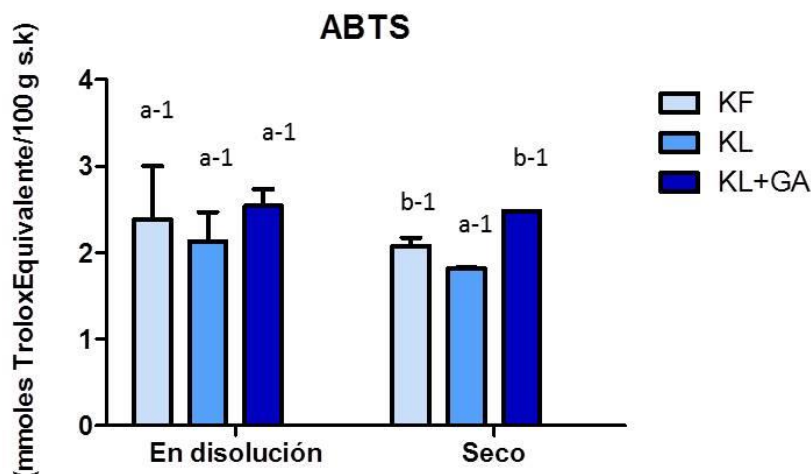


Figura 6. Actividad antioxidante medida por el método ABTS (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto fenólico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre extractos en disolución y secos

En general, los resultados obtenidos de la AAO para los tres métodos de análisis utilizados, están en concordancia con la tendencia observada para los compuestos fenólicos (Figura 1). Además, en todos los casos se observó que la muestra que presentó mayor potencial antioxidante fue la muestra liofilizada con goma arábiga. En general los valores obtenidos de AAO son similares a los descritos en otros estudios realizados por Park *et al.* (2014), donde se estudia la capacidad antioxidante de diferentes extractos de kiwi liofilizado, empleando los mismos métodos de análisis que en este trabajo.

Los estudios anteriormente citados de Ahmad-Qasem *et al.*, (2015) explican que la deshidratación de extractos de hoja de olivo a 120°C y a 55°C con vacío, causó un efecto significativo ($p < 0,05$) en su potencial antioxidante, reduciendo AAO alrededor de 10%, independientemente del método de secado empleado. Esta reducción también ha sido descrita por otros autores así, Fang y Bhandari (2011) observaron que el secado por aspersion de zumo de bayas redujo la AAO un 6% respecto del extracto inicial en disolución.

4.3.2 Extracto Lipofílico

El extracto lipofílico se utilizó para la cuantificación de compuestos carotenoides, empleando hexano:acetona:etanol (50:25:25) como disolvente de extracción. De igual manera que para el extracto fenólico, en este extracto se analizó la capacidad antioxidante por los tres métodos diferentes.

Los valores de la actividad antioxidante del extracto lipofílico resultaron menores que los obtenidos en el extracto fenólico. Esto puede ser debido a que la cantidad de fenoles totales sea mayoritaria que la cantidad de carotenoides totales en el kiwi (Leontowicz *et al.*, 2016). En

la figura 7 se muestran los valores medios de la AAO analizada por el método DPPH del extracto lipofílico en disolución y seco. En ambos casos se observaron diferencias significativas en la AAO ($p < 0,05$) de la muestra fresca y las liofilizadas.

La AAO del KF fue de 0,45 mmoles TroloxEquivalente/100g sk, se observaron pérdidas de 40% y 27% en la AAO de las muestras KL y KL+GA con respecto a la fruta fresca. Además se observaron diferencias significativas en la AAO ($p < 0,05$) entre las muestras y los extractos con y sin goma arábica, evidenciando de nuevo el efecto protector de este soluto.

La AAO de los extractos en disolución no resultó ser significativamente diferente ($p > 0,05$) a la AAO de los extractos secos.

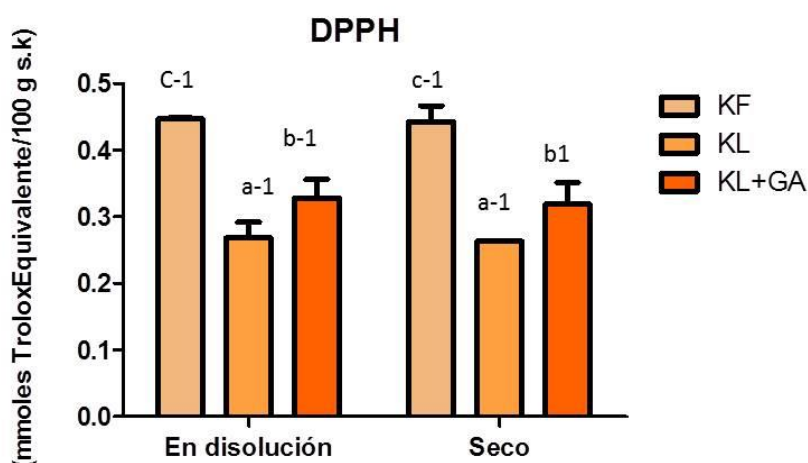


Figura 7. Actividad antioxidante medida por el método DPPH (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto lipofílico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre extractos en disolución y secos.

En la figura 8, se muestran los valores medios de la AAO analizada por el método FRAP del extracto lipofílico en disolución y seco.

El valor de AAO de KF fue de 0,52 mmoles TroloxEquivalente/100g sk. Respecto a KL y KL+GA, tanto su extracto en disolución como seco, se observó la misma variación de AAO que la observada en DPPH, con pérdidas ($p < 0,05$) de 42% y 23%, respectivamente.

Tampoco se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la AAO de debidos a la obtención del extracto seco.

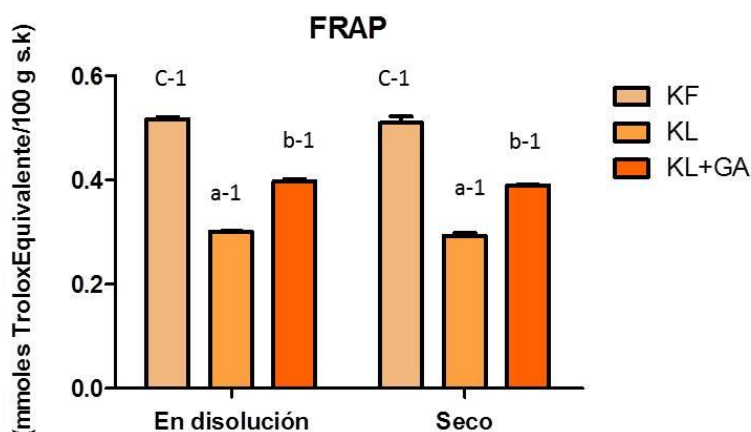


Figura 8. Actividad antioxidante medida por el método FRAP (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto lipofílico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre extractos en disolución y secos

En la figura 9 se muestran los valores medios de la AAO analizada por el método ABTS del extracto lipofílico en disolución y seco. Tanto en los extractos lipofílicos en disolución como secos, se observaron diferencias significativas entre la AAO de las muestras. Se obtuvieron pérdidas ocasionada por el procesado por liofilización de 38% en KL y 24% en KL+GA.

En cuanto a la AAO del extracto seco de KF, fue de 0,36 mmoles Trolox Equivalente/100g sk, se produjo una disminución en la AAO de los extractos de KL y KL+GA respecto de KF de 38% y 17%, respectivamente. Si observamos la comparación entre las muestras y los extractos secos obtenidos. No resultaron ser diferente significativamente ($p > 0,05$).

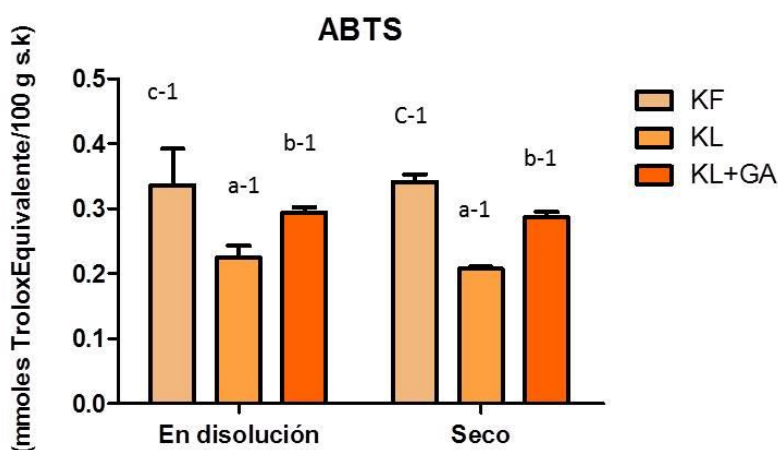


Figura 9. Actividad antioxidante medida por el método ABTS (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto lipofílico para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre extractos en disolución y secos

En general, la evolución de la AAO del extracto lipofílico con el tratamiento de liofilización no siguió la misma tendencia que la observada para los carotenoides, los cuales no se vieron afectados por el procesado (Figura 2).

En todos los métodos de análisis de AAO utilizados, el proceso de liofilización disminuyó la AAO. Con la extracción realizada de compuestos lipofílicos con hexano:acetona:etanol, han podido extraerse otros fitonutrientes lipofílicos presentes en el kiwi como la vitamina E y los tocoferoles, no analizados en este estudio, sensibles al procesado y que pueden estar siendo contabilizadas al evaluar la capacidad antioxidante de este extracto (D'Evoli *et al.*, 2015; Müller *et al.*, 2011). Estudios de Fiorentino *et al.*, (2009) mostraron que el kiwi en la variedad (*Actinia chinensis*) tenía un contenido en vitamina E de 1,02 mg α - tocoferol/100 g peso fresco. Sí se observó un efecto protector de la goma arábiga en la AAO de las muestras liofilizadas (Kruck, *et al* 2016).

4.3.3 Extracto Vitamina C

A los extractos de las muestras utilizados para cuantificar el contenido en vitamina C, empleando ácido oxálico como disolvente de extracción también se le midió la AAO por los tres métodos de análisis (DPPH,FRAP y ABTS).

En la figura 10, se muestran los valores medios de la AAO analizada por el método DPPH del extracto de vitamina C en disolución y seco.

En este método, la muestra de kiwi fresco mostró valores de AAO significativamente ($p < 0,05$) mayores que las muestras liofilizadas KL y KL+GA. Concretamente la liofilización ocasionó pérdidas de AAO de 77% y 52%, en las muestras sin y con goma arábiga respectivamente. La muestra fresca mostró AAO de 1,41 mmoles TroloxEquivalente/100g sk. Como en los casos anteriores, se observó un efecto protector ($p < 0,05$) de la goma arábiga sobre este bioactivo.

La misma variación de AAO se observó en la caracterización de los extractos secos de las muestras, obteniéndose disminuciones de AAO de 77% y 50% en los extractos de KL y de KL+GA, con respecto al extracto seco de KF. El valor de AAO del extracto seco de KF fue de 1,26 mmoles TroloxEquivalente/100g sk.

Estableciendo un analisis estadistico entre las muestras en disolución y los extractos secos, se observó que la obtención del mismo únicamente ocasionó pérdidas significativas ($p > 0,05$) de AAO en KF.

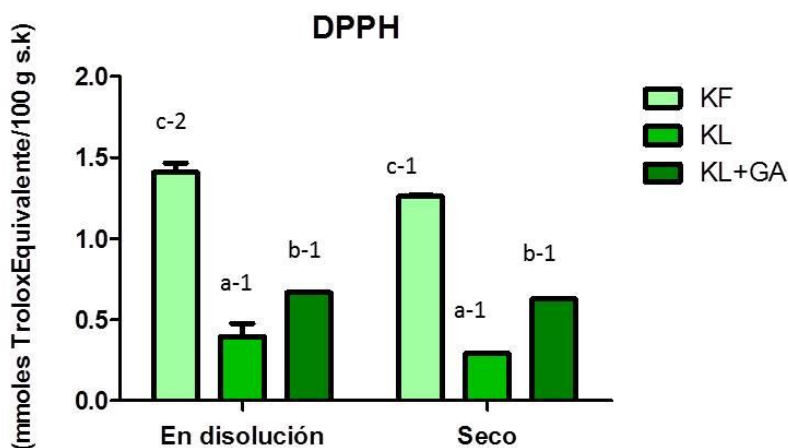


Figura 10. Actividad antioxidante medida por el método DPPH (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto de vitamina C para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre extractos en disolución y secos.

Se pueden observar (figura 11), los valores medios de la AAO analizada por el método FRAP del extracto de vitamina C en disolución y seco. La AAO de las muestras liofilizadas KL y KL+GA fue significativamente menor ($p < 0,05$) que KF (4,16 mmoles TroloxEquivalente/100g sk), produciéndose una disminución de 42% y 30% respectivamente debido al secado por liofilización. Las muestras liofilizadas no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre sí.

Para el mismo método, refiriendonos a los extractos secos de vitamina C, todos los extractos mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuanto a su AAO. En este caso sí se reflejó el efecto encapsulante de la goma arábiga sobre la vitamina (Parra, 2010). En ningún caso, la obtención de estos extractos secos ocasionó cambios en la AAO.

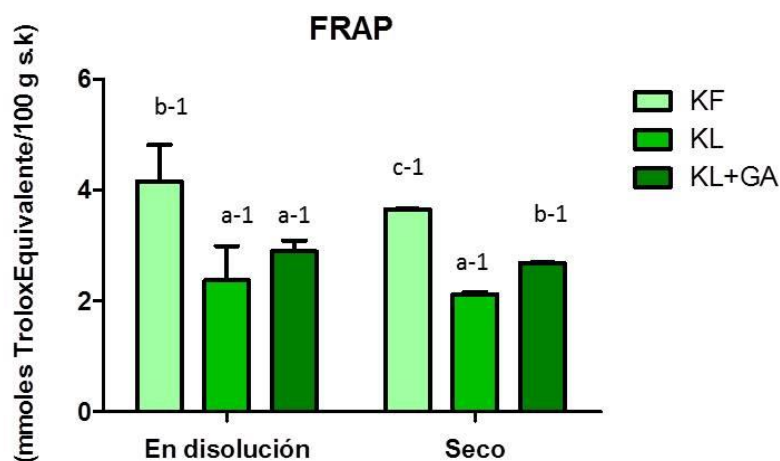


Figura 11. Actividad antioxidante medida por el método FRAP (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto de vitamina C para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre extractos en disolución y secos

En la figura 12, se muestran los valores medios de la AAO analizada por el método ABTS del extracto de vitamina C en disolución y seco. Se observó la misma evolución que la descrita para el método FRAP. En este caso la liofilización ocasionó pérdidas ($p < 0,05$) de AAO de 55% y 49% en KL y KL+GA, respectivamente. Entre ambas muestras liofilizadas no se vieron diferencias significativa ($p > 0,05$).

Tampoco se observó efecto en la AAO medida por ABTS de la obtención del extracto seco y sí efecto protector de la goma arábiga sobre la vitamina (Valle-Guadarrama *et al.*, 2008).

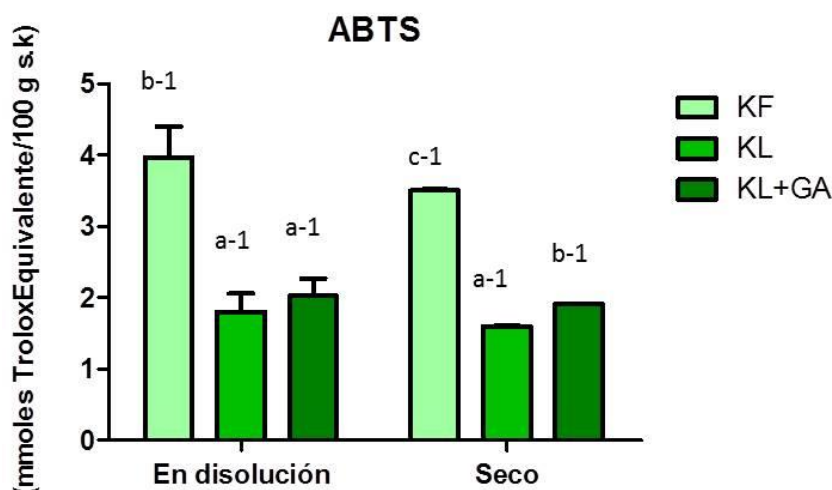


Figura 12. Actividad antioxidante medida por el método ABTS (mmoles Trolox Equivalente / 100 g sk) del extracto de vitamina C para las muestras en disolución y los extractos secos de las diferentes muestras de kiwi. a-c Para cada extracto, en disolución o seco, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre muestras. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre extractos en disolución y secos

El extracto de vitamina C, es el que mayor valor de AAO presenta de los tres extractos estudiados en cuanto a las muestras de fruta fresca. Las pérdidas ocasionadas en esta vitamina por el proceso de liofilización se han visto reflejadas en su AAO. La vitamina C es uno de los compuestos bioactivos mayoritarios del kiwi (Du *et al.*, 2009; Nishiyama *et al.*, 2004; Delva & Goodrich-Schneider, 2013).

4.4 Estimación de la actividad antioxidante total

Bajo condiciones estandarizadas, la actividad antioxidante de una mezcla de compuestos hidro y liposolubles es aditiva. Así, con el objetivo de estimar la capacidad antioxidante total de los extractos, se sumaron las actividades antioxidantes de los tres extractos para cada muestra (Van der Berg *et al.*, 1999; Pérez-Jiménez *et al.*, 2008), obteniéndose los valores mostrados en la tabla 2. Puesto que la capacidad antioxidante total de una muestra viene dada por interacciones sinérgicas entre diferentes compuestos, en esta estimación se pueden cometer algunos errores subestimando la capacidad antioxidante total de las muestras. Además, a pesar de haber utilizado combinaciones de disolventes con distinta polaridad para facilitar la

extracción de todos los compuestos antioxidantes, lipo y hidrofílicos, también habría que tener en cuenta que pueden haber ciertos compuestos con potencial antioxidante que no hayan sido extraídos con los disolventes utilizados en este estudio. Van der Berg *et al.*, (1999) compararon la actividad antioxidante total teórica calculada como suma de las actividades antioxidantes de los distintos componentes (vitamina C, vitamina E, flavonoides) de muestras de zumo de naranja y uva, con la actividad antioxidante total medida, resultando ésta superior, lo cual indicó la presencia de sustancias antioxidantes “desconocidas” no contabilizadas.

Como se puede observar en la tabla 3, se produjeron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la AAO total de los extractos, tanto en estado de disolución como secos, entre las muestras de kiwi fresca, liofilizada y liofilizada con goma arábica para todos los métodos de análisis de la actividad antioxidante. Los extractos que mayor AAO mostraron fueron los de KF, seguidos de KL+GA. La liofilización ocasionó pérdidas del 30% de la AAO total, pérdidas similares las observadas por otros autores (Kuck *et al.*, 2016), mientras que la adición de GA mejoró el potencial antioxidante de las muestras (Bertolini *et al.*, 2001; Parra, 2010).

Tabla 3. Actividad antioxidante total, en mmoles Trolox Equivalente/100 g de sk, y desviación estándar de los extractos en disolución y secos de kiwi. a-c: Para cada extracto (en disolución o seco) y para cada método, letras diferentes indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0,05$) dentro de la misma columna. 1-2: Para cada muestra, números diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre extractos en disolución y secos

MUESTRA	DPPH		FRAP		ABTS	
	Extracto en disolución	Extracto seco	Extracto en disolución	Extracto seco	Extracto en disolución	Extracto seco
KF	2,69 ^{c-2}	2,49 ^{c-1}	6,62 ^{c-2}	5,95 ^{c-1}	6,48 ^{c-2}	5,84 ^{c-1}
KL	1,58 ^{a-2}	1,4 ^{a-1}	5,44 ^{a-2}	4,83 ^{a-1}	3,97 ^{a-2}	3,62 ^{a-1}
KL+GA	2,02 ^{b-2}	1,97 ^{b-1}	6,24 ^{b-2}	5,85 ^{b-1}	4,9 ^{b-2}	4,67 ^{b-1}

4.5 *Análisis de correlación entre los compuestos fitoquímicos y la actividad antioxidante del kiwi*

Para identificar si existe alguna correlación entre los métodos de determinación de la actividad antioxidante utilizados y cada uno de los compuestos bioactivos extraídos, se realizaron análisis estadísticos de correlación de Pearson (Tabla 4). El coeficiente de correlación de Pearson es un índice que mide el grado de variación entre distintas variables relacionadas linealmente. El intervalo de variación de este coeficiente es de -1 a +1 y mide la fuerza de relación lineal entre las variables.

Según lo descrito por Boeing *et al.* (2014), no existe un método de extracción de compuestos bioactivos única, ya que su eficacia depende de varios factores como el tamaño de partícula, el método de extracción que se utilice, la presencia de sustancias que puedan interferir, así como la naturaleza del compuesto bioactivo, etc.

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre la actividad antioxidante por el método FRAP, ABTS y DPPH, y los fenoles, carotenoides y vitamina C del kiwi.

	DPPH	ABTS	FRAP
Fenoles Totales	0,82*	0,72*	0,70*
Carotenoides	-0,11	-0,15	-0,02
Vitamina C	0,60*	0,64*	0,50*

* Correlaciones estadísticamente significativas (nivel de confianza 95%).

Se observó una correlación positiva entre la actividad antioxidante cuantificada por cualquiera de los tres métodos y el contenido en fenoles totales y en vitamina C de las diferentes muestras de kiwi. Esta correlación fue significativa ($p < 0,05$) en todos los casos.

Los extractos de fenoles totales fueron los que mejor se correlacionaron con cualquiera de los tres métodos de análisis de actividad antioxidante ensayados, tal y como han observado otros autores (Yuka *et al.*, 2003; Thaipong *et al.*, 2006; Xu *et al.*, 2008; Gil y Rojano, 2009; Park *et al.*, 2011). Por su parte, las correlaciones de Pearson de los carotenoides fueron negativas y no significativas con la actividad antioxidante por ninguno de los tres métodos. La correlación negativa entre carotenoides totales y la actividad antioxidante medida por el método DPPH, ha sido observada también por otros autores (Thaipong *et al.*, 2006). Esto indica que los carotenoides no son los principales agentes antioxidantes de la fracción lipofílica del kiwi, pudiendo existir otras sustancias interferentes, como ya se ha comentado en apartados anteriores. Así, en la AAO del extracto lipofílico puede existir influencia de la acción de otros componentes no evaluados en este trabajo, como la vitamina E y otros tocoferoles (Fiorentino *et al.*, 2009; D'Evoli *et al.*, 2015). Pulido *et al.* (2000) tampoco observaron relación de los carotenoides con el método FRAP, concluyendo que estas sustancias no parecen contribuir a la reducción del hierro. Pérez Jiménez *et al.* (2008), sugieren la aplicabilidad de este método de determinación de la capacidad antioxidante para compuestos hidrofílicos, y el método DPPH para ambos extractos, lipofílico e hidrofílico.

4.6 Eficacia encapsulante

Según distintos autores que emplean la técnica de liofilización junto la adición de un soluto encapsulante (goma arábica, maltodextrina) para encapsular los compuestos bioactivos sensibles y los aromas, y mejorar la estabilidad de los productos en polvo obtenidos (Dib Taxi *et al.*, 2003; Righetto y Netto, 2005, Murali *et al.*, 2014) la Eficacia encapsulante puede calcularse basándose en la cantidad de bioactivo inicial en la fruta antes y después de la

encapsulación, según método sugerido por Risch y Reineccius (1988), tal y como se ha descrito en Material y Métodos.

Siguiendo este procedimiento, comparando respecto al contenido en la fruta de partida, se obtuvo que la eficacia encapsulante de los compuestos fenólicos de 96,7%, de los carotenoides 99,4 % y de la vitamina C de 89%.

En nuestro trabajo, para no tener en cuenta en el cálculo de este parámetro el efecto del aumento de bioactivos que en algunos casos se produce con el proceso de liofilización, y enmascarar así el efecto causado únicamente por la adición de goma arábica, también se calculó la Eficacia encapsulante tomando como control el extracto seco de la fruta liofilizada sin goma arábica. Es decir se compararon los valores de compuestos bioactivos en el extracto seco de KL, respecto al extracto seco de KL+GA. De esta manera, la eficacia encapsulante de los compuestos fenólicos fue de 91%, de los carotenoides 96% y de la vitamina C de 91%.

Estos valores fueron del orden de los encontrados por Murali *et al.*, 2014, que encapsuló antocianinas con goma arábica empleando la técnica de liofilización (94% de eficacia encapsulante).

CONCLUSIONES

5 CONCLUSIONES

La liofilización permitió obtener productos de kiwi en polvo de alta calidad funcional. Aunque este proceso repercutió positivamente, favoreciendo la extracción de fenoles y carotenoides totales, disminuyó el contenido en vitamina C, lo cual repercutió en la actividad antioxidante.

En general, la incorporación de goma arábiga como aditivo tecnológico favoreció la estabilidad de los fitoquímicos estudiados, demostrando su acción encapsulante y protectora de los mismos, y mejoró la actividad antioxidantes de las muestras. Se obtuvo una eficacia encapsulante superior al 90%.

La actividad antioxidante evaluada en los extractos hidrofílicos, sobre todo el extracto fenólico obtenido con la disolución de metanol y agua, fue mayor que en el lipofílico, por lo que éste se podría considerar el mejor disolvente de extracción para la obtención de un extracto de alta capacidad antioxidante.

En general la actividad antioxidante de los extractos hidrofílicos siguió la misma tendencia que los compuestos bioactivos analizados en los mismos. Sin embargo, en el extracto lipofílico, la actividad antioxidante se vio disminuida con la liofilización, mientras que los compuestos carotenoides no se vieron afectados. Esto puede atribuirse a que pudieron extraerse también otros fitonutrientes lipofílicos presentes en el kiwi como la vitamina E y los tocoferoles, no analizados en este estudio, sensibles al procesado y que pueden estar siendo contabilizados al evaluar la capacidad antioxidante de este extracto.

Los compuestos fenólicos fueron los compuestos bioactivos que mayor correlación mostraron con la AAO de kiwi.

La obtención de los extractos deshidratados causó ligeras pérdidas en compuestos bioactivos y en actividad antioxidante, respecto a los extractos en disolución, alrededor del 10% en el kiwi sin goma arábiga y entre 0-2% en los extractos con este soluto. Estos cambios también repercutieron en la actividad antioxidante de los extractos secos.

BIBLIOGRAFIA

6 BIBLIOGRAFIA

AGUDELO, C., IGUAL, M., CAMACHO, M.M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. effect of process technology on the nutritional, functional and physical quality of grapefruit powder. *Food Science and Technology International* (En prensa).

AHMAD-QASEM MATEO, M. H. (2015). *Assessment of the influence of processing conditions on the antioxidant potential of extracts obtained from olive oil industry byproducts*. Tesis doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad politécnica de Valencia.

ALVÍDREZ-MORALES, A., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, B. E., & JIMÉNEZ-SALAS, Z. (2002). Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *RESPYN*.

AOAC, 1996. Official methods of analysis. Arligton, Supplement March.

ARNAO, M.B.; CANO, A; ACOSTA, M., 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food chemistry*, 73: 239-244

ARRIOLA-GUEVARA, E., GARCÍA-HERRERA, T., GUATEMALA-MORALES, G. M., NUNGARAY-ARELLANO, J., GONZÁLEZ-REYNOSO, O., & RUÍZ-GÓMEZ, J. C. (2006). Comportamiento del aguacate hass liofilizado durante la operación de rehidratación the behavior of freeze-dried hass avocado during the rehydration process. *Revista mexicana de ingeniería química*, 5(Supl 1), 51-56.

BENELLI, L., SOUZA, C. R. F., & OLIVEIRA, W. P. (2013). Spouted bed performance on drying of an aromatic plant extract. *Powder technology*, 239, 59-71.

BENZIE, I. F., & STRAIN, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76

BENZIE, I. F., & STRAIN, J. J. (1999). [2] Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods in enzymology*, 299, 15-27.

BERTOLINI, A. C., SIANI, A. C., & GROSSO, C. R. F. (2001). Stability of monoterpenes encapsulated in gum arabic by spray-drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 780-785.

BOEING, J. S., BARIZÃO, É. O., COSTA E SILVA, B., MONTANHER, P. F., ALMEIDA, V. D. C., & VISENTAINER, J. V., 2014. Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: application of principal component analysis. *Chemistry Central Journal*, 8, 48

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., & BERSET, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.

- BURSAL, E., & GÜLÇİN, İ. (2011). Polyphenol contents and in vitro antioxidant activities of lyophilised aqueous extract of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Food Research International*, 44(5), 1482-1489.
- CANO-CHAUCA, M., STRINGHETA, P. C., RAMOS, A. M., & CAL-VIDAL, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 420-428.
- CASSANO, A., FIGOLI, A., TAGARELLI, A., SINDONA, G., & DRIOLI, E. (2006). Integrated membrane process for the production of highly nutritional kiwifruit juice. *Desalination*, 189(1), 21-30.
- CASTAÑEDA, J., MIÑANO, H. A., JARA, R. S., & RODRIGUEZ, G. (2010). Estudio comparativo de la pérdida de vitamina C en chalarina (*Casimiroa edulis*) por cuatro métodos de deshidratación. *Scientia Agropecuaria*, 1(1), 75-80.
- COLLINS, B. H., HORSKÁ, A., HOTTEN, P. M., RIDDOCH, C., & COLLINS, A. R. (2001). Kiwifruit protects against oxidative DNA damage in human cells and in vitro. *Nutrition and cancer*, 39(1), 148-153.
- CORTÉS DÍAZ, G. M., PRIETO SUÁREZ, G. A., & ROZO NUÑEZ, W. E. (2015). Caracterización bromatológica y fisicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) y su posible aplicación como alimento nutracéutico. *Ciencia en Desarrollo*, 6(1), 87-97.
- CRUZADO, M.; CEDRÓN, C., 2012. Nutracéuticos, alimentos funcionales y su producción. *Revista de Química. Vol. XXVI. N°1-2*.
- D'EVOLI, L., MOSCATELLO, S., LUCARINI, M., AGUZZI, A., GABRIELLI, P., PROIETTI, S., ... & LOMBARDI-BOCCIA, G. (2015). Nutritional traits and antioxidant capacity of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* Planch., cv. Hayward) grown in Italy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 25-29.
- DELVA, L., & GOODRICH-SCHNEIDER, R. (2013). Antioxidant activity and antimicrobial properties of phenolic extracts from acerola (*Malpighia emarginata* DC) fruit. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(5), 1048-1056.
- DIB TAXI, C. M. A., DE MENEZES, H. C., SANTOS, A. B., & GROSSO, C. R. F. (2003). Study of the microencapsulation of camu-camu (*Myrciaria dubia*) juice. *Journal of microencapsulation*, 20(4), 443-448.
- DU, G., LI, M., MA, F., & LIANG, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits. *Food Chemistry*, 113(2), 557-562.
- FANG, Z., & BHANDARI, B. (2011). Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. *Food Chemistry*, 129(3), 1139-1147.
- FARINHA, P., 2014. Efeito da liofilização e da adição de goma arábica no potencial bioativo de extratos de morango e kiwi. Tesina Final de Master. Instituto Politécnico de Castelo Branco (Portugal).
- FELLOWS, P. 2000. Tecnología del procesado de los alimentos: principios y práctica. Acribia, Ed., Zaragoza. 706 pp.

- FIORENTINO, A., D'ABROSCA, B., PACIFICO, S., MASTELLONE, C., SCOGNAMIGLIO, M., & MONACO, P. (2009). Identification and assessment of antioxidant capacity of phytochemicals from kiwi fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(10), 4148-4155.
- GABAS, A.L.; TELIS, V.R.N.; SOBRAL, P.J.A.; TELIS-ROMERO, J., 2007. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering*, 82: 246-252
- GARAU, M. C., SIMAL, S., ROSSELLO, C., & FEMENIA, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. *Food chemistry*, 104(3), 1014-1024.
- GIAMPIERI, F., TULIPANI, S., ALVAREZ-SUAREZ, J. M., QUILES, J. L., MEZZETTI, B., & BATTINO, M. (2012). The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9-19.
- GIL G, J. H., & ROJANO, B. A. (2009). Determinación del contenido de fenoles y evaluación de la actividad antioxidante de propóleos recolectados en el departamento de Antioquia (Colombia). *Vitae*, 16(3), 388-395.
- GRANADO-LORENCIO, F., OLMEDILLA-ALONSO, B., HERRERO-BARBUDO, C., BLANCO-NAVARRO, I., PÉREZ-SACRISTÁN, B., & BLÁZQUEZ-GARCÍA, S. (2007). In vitro bioaccessibility of carotenoids and tocopherols from fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 102(3), 641-648.
- IRIGOYEN COSSÍO, M. J., KIOSHI DE UGARTE, C., & SOLIZ TORRICO, T. " LICO JUICE" JUGO RICO EN LUTEÍNA Y LICOPENO. *Journal Boliviano de Ciencias*, 26.
- JAYA, S., DAS, H., & MANI, S. (2006). Optimization of maltodextrin and tricalcium phosphate for producing vacuum dried mango powder. *International Journal of Food Properties*, 9(1), 13-24.
- KALRA, E. K. (2003). Nutraceutical-definition and introduction. *Aaps Pharmsci*, 5(3), 27-28.
- KAYA, A., AYDIN, O., & DINCER, I. (2008). Experimental and numerical investigation of heat and mass transfer during drying of Hayward kiwi fruits (*Actinidia Deliciosa* Planch). *Journal of Food Engineering*, 88(3), 323-330.
- KIM, J. G., BEPPU, K., & KATAOKA, I. (2009). Varietal differences in phenolic content and astringency in skin and flesh of hardy kiwifruit resources in Japan. *Scientia Horticulturae*, 120(4), 551-554.
- KLIMCZAK, I., MAŁECKA, M., SZLACHTA, M., & GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3), 313-322.
- KRISHNAN, S., KSHIRSAGAR, A. C., & SINGHAL, R. S. (2005). The use of gum arabic and modified starch in the microencapsulation of a food flavoring agent. *Carbohydrate polymers*, 62(4), 309-315.
- KRUPA, T., LATOCHA, P., & LIWIŃSKA, A. (2011). Changes of physicochemical quality, phenolics and vitamin C content in hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* and its hybrid) during storage. *Scientia horticulturae*, 130(2), 410-417.

- KUCK, L. S., & NOREÑA, C. P. Z. (2016). Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. *Food chemistry*, 194, 569-576
- LATOCHA, P., KRUPA, T., WOŁOSIAK, R., WOROBIJ, E., & WILCZAK, J. (2010). Antioxidant activity and chemical difference in fruit of different *Actinidia* sp. *International journal of food sciences and nutrition*, 61(4), 381-394.
- LEE, J., KOO, N., & MIN, D. B. (2004). Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 3(1), 21-33.
- LEE, S. K., & KADER, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology*, 20(3), 207-220.
- LEONTOWICZ, H., LEONTOWICZ, M., LATOCHA, P., JESION, I., PARK, Y. S., KATRICH, E., ... & GORINSTEIN, S. (2016). Bioactivity and nutritional properties of hardy kiwi fruit *Actinidia arguta* in comparison with *Actinidia deliciosa* 'Hayward' and *Actinidia eriantha* 'Bidan'. *Food chemistry*, 196, 281-291.
- LI, B. B., SMITH, B., & HOSSAIN, MD. M. (2006). Extraction of phenolics from citrus peels. I. Solvent extraction method. *Separation and Purification Technology*, 48, 182-188
- LIU, R. H. (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *The American journal of clinical nutrition*, 78(3), 517S-520S.
- MATTISSEK, R.; SCHENEPEL, F. Y STEINER, G. 1998. Análisis de alimentos: fundamentos practicas, métodos y aplicaciones. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España
- MELÉNDEZ MARTÍNEZ, A. J., VICARIO ROMERO, I., & MIRA, H. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 54 (2), 209-215.
- MONTEAGUDO FRAILE, G.; BENLLOCH TINOCO, M.; CAMACHO VIDAL, M.; MORAGA BALLESTEROS, G. 2013. Aplicación de métodos combinados para la obtención de kiwi en polvo de alta calidad
- MONTENEGRO, M. A., BORSARELLI, C. D., VALLE, L., & BOIERO, M. L. (2012). *Gum Arabic: more than an edible emulsifier*. INTECH Open Access Publisher.
- MONTENEGRO, M.A., BOIERO, M.L., VALLE, L.; BORSARELLI, C.D. (2012). *Gum Arabic: More than an Edible Emulsifier, Products and Applications of Biopolymers*. ED. InTech. Croatia. 220pp
- MOSQUERA, L.H. 2010. *Influencia de la humedad y de la adición de solutos (maltodextrina o goma arábica) en las propiedades fisicoquímicas de borjón y fresa en polvo*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. 219pp.
- MOSQUERA, L.H.; MORAGA, G; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. 2010A. Effect of maltodextrin on the stability of freeze-dried borjón (*Borojoa patinoi* Cuatrec.) powder. *Journal of Food Engineering*, 97: 72-78.
- MÜLLER, L.; FRÖHLICH, K.; BÖHM, V. 2011. Comparative antioxidant activities of carotenoids measured by ferric reducing antioxidant power (FRAP), ABTS bleaching assay (aTEAC), DPPH assay and peroxy radical scavenging assay. *Food Chemistry* 129: 139-148.

- MURALI, S.; ABHIJIT KAR, A.; MOHAPATRA, D.; KALIA, P. 2014 Encapsulation of black carrot juice using spray and freeze drying. *Food Science and Technology International* 21(8) 604–612
- NISHIYAMA, I., YAMASHITA, Y., YAMANAKA, M., SHIMOHASHI, A., FUKUDA, T., & OOTA, T. (2004). Varietal difference in vitamin C content in the fruit of kiwifruit and other Actinidia species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(17), 5472-5475.
- NIWA, Y.; KANO, T.; KASAMA, T.; NEGISHI, M., 1987. Activation of antioxidant activity in natural medicinal products by heating, brewing and lipophilization. A new drug delivery system. *Drugs under experimental and clinical research*,14(5): 361-372
- OLIVES BARBA, A.I.; CÁMARA HURTADO, M.; SÁNCHEZ MATA, M.C.; FERNÁNDEZ RUIZ, V.; LÓPEZ SÁENZ DE TEJADA, M. 2006. Application of a UV–vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and b-carotene in vegetables. *Food Chemistry*, 95: 328-336
- OZGEN, M., SERCE, S., GUNDUZ, K., YEN, F., KAFKAS, E., & PAYDAS, S. (2007). Determining Total Phenolics and Antioxidant Activity of Selected Fragaria Genotypes. *Asian Journal of Chemistry*, 3219: 5573-5581.
- PARK, Y. S., IM, M. H., HAM, K. S., KANG, S. G., PARK, Y. K., NAMIESNIK, J., ... & GORINSTEIN, S. (2015). Quantitative assessment of the main antioxidant compounds, antioxidant activities and FTIR spectra from commonly consumed fruits, compared to standard kiwi fruit. *LWT-Food Science and Technology*,63(1), 346-352.
- PARK, Y. S., LEONTOWICZ, H., LEONTOWICZ, M., NAMIESNIK, J., SUHAJ, M., CVIKROVÁ, M., ... & GORINSTEIN, S. (2011). Comparison of the contents of bioactive compounds and the level of antioxidant activity in different kiwifruit cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(7), 963-970.
- PARK, Y. S., NAMIESNIK, J., VEARASILP, K., LEONTOWICZ, H., LEONTOWICZ, M., BARASCH, D., ... & GORINSTEIN, S. (2014). Bioactive compounds and the antioxidant capacity in new kiwi fruit cultivars. *Food chemistry*, 165, 354-361.
- PARRA HUERTAS, R. A. (2010). FOOD MICROENCAPSULATION: A REVIEW. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 63(2), 5669-5684.
- PEARSON, D. 1998. Técnicas de laboratorio para análisis de alimentos. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España
- PELLEGRINI, N., COLOMBI, B., SALVATORE, S., BRENNI, O. V., GALAVERRA, G., DEL RIO, D., ... & BRIGHENTI, F. (2007). Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(1), 103-111.
- PÉREZ-JIMÉNEZ, J. A. R. A., & SAURA-CALIXTO, F. U. L. G. E. N. C. I. O. (2007). Metodología para la evaluación de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas. In *Proceedings of the 5th Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones*. Cartagena, Murcia, España. [Links].
- PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; TABERNERO, M.; DÍAZ-RUBIO, M.E.; SERRANO, J.; GOÑI, I.; SAURA-CALIXTO, F., 2008. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. *Food Research International*, 41(3):274–285

- PINELA, J., BARROS, L., DUEÑAS, M., CARVALHO, A. M., SANTOS-BUELGA, C., & FERREIRA, I. C. (2012). Antioxidant activity, ascorbic acid, phenolic compounds and sugars of wild and commercial *Tuberaria lignosa* samples: Effects of drying and oral preparation methods. *Food chemistry*, 135(3), 1028-1035.
- POVILAITIS, D., ŠULNIŪTĖ, V., VENSKUTONIS, P. R., & KRAUJALIENĖ, V. (2015). Antioxidant properties of wheat and rye bran extracts obtained by pressurized liquid extraction with different solvents. *Journal of Cereal Science*, 62, 117-123.
- PULIDO, R., BRAVO, L., & SAURA-CALIXTO, F., 2000. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8), 3396-3402
- PUUPPONEN-PIMIÄ, R., HÄKKINEN, S. T., AARNI, M., SUORTTI, T., LAMPI, A. M., EUROLA, M., ... & OKSMAN-CALDENTY, K. M. (2003). Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(14), 1389-1402.
- RATTI, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of food engineering*, 49(4), 311-319.
- 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.
- RICE-EVANS, C., MILLER, N., & PAGANGA, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in plant science*, 2(4), 152-159.
- RIGHETTO AM AND NETTO FM. (2005). Effect of encapsulation materials on water sorption, glass transition, and stability of juice from immature acerole. *International Journal of Food Properties* 8: 337–346
- RISCH SJ AND REINECCIUS GA. (1988). Spray-dried orange oil. Effect of emulsion size on flavour retention and shelf stability. En: Risch SJ and Reineccius GA (eds) Flavor encapsulation. ACS symposium series 370. Washington, DC: American Chemical Society, pp. 67–77
- RUIZ, J. M. (2012). Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 32(2), 8-20
- SHUI, G., & LEONG, L. P. (2006). Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food Chemistry*, 97(2), 277-284.
- SOUFLEROS, E. H., PISSA, I., PETRIDIS, D., LYGERAKIS, M., MERMELAS, K., BOUKOUVALAS, G., & TSIMITAKIS, E. (2001). Instrumental analysis of volatile and other compounds of Greek kiwi wine; sensory evaluation and optimisation of its composition. *Food Chemistry*, 75(4), 487-500.
- SPAGGIARI, M. (2014). Ottimizzazione del proceso di estrazione di composti bioattivi di *Actinidia spp. Fragaria ananassa, Morus nigra e Humulus lupulus*, per la formulazione di prodotti nutraceutici ad alta capacità antiossidante. *Trabajo Final de Carrera. Università degli Studi di Parma (Italia)*.

SPIGNO, G.; TRAMELLI, L.; DE FAVERI, D.M. 2007. Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *Journal of Food Engineering* 81: 200–208.

TANG, X. C., & PIKAL, M. J. (2004). Design of freeze-drying processes for pharmaceuticals: practical advice. *Pharmaceutical research*, 21(2), 191-200.

TAVARINI, S.; DEGL'INNOCENTI, E.; REMORINI, D.; MASSAI, R.; GUIDI, L. 2008. Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry*, 107: 282-288

TELIS, V.R.N. AND MARTÍNEZ-NAVARRETE N. 2010. Application of compression test in analysis of mechanical and color changes in grapefruit juice powder as related to glass transition and water activity. *LWT – Food Science and Technology*, 43: 744-751

THAIPONG, K., BOONPRAKOB, U., CROSBY, K., CISNEROS-ZEVALLOS, L., & BYRNE, D. H., 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of food composition and analysis*, 19(6), 669-675.

TONON, R. V., BRABET, C., PALLET, D., BRAT, P., & HUBINGER, M. D. (2009). Physicochemical and morphological characterisation of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced with different carrier agents. *International journal of food science & technology*, 44(10), 1950-1958.

VALLE-GUADARRAMA, S., LÓPEZ-RIVERA, O., REYES-VIGIL, M., CASTILLO-MERINO, J., & SANTOS-MORENO, A. (2008). Recubrimiento comestible basado en goma arábiga y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmósfera modificada. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(3), 235-241.

VEGA-GÁLVEZ, A., MIRANDA, M., BILBAO-SÁINZ, C., URIBE, E., & LEMUS-MONDACA, R. (2008). Empirical modeling of drying process for apple (cv. Granny Smith) slices at different air temperatures. *Journal of Food processing and preservation*, 32(6), 972-986.

VAN DEN BERG, R.; HAENEN, G. R.; VAN DEN BERG, H.; BAST, A. A. L. T. 1999. Applicability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chemistry*, 66(4): 511-517.

WANG, Y., LU, Z., LV, F., & BIE, X. (2009). Study on microencapsulation of curcumin pigments by spray drying. *European Food Research and Technology*, 229(3), 391-396.

XU, B.J.; CHANG, S.K.C., 2007. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of Food Science*, 72: 159-166.

YUKA, I., YUMIKO, K., MIYO, N., TAKASHI, K., 2003. Antioxidative activity of tropical fruit. Feijoa sellowiana berg. *Nippon Kasei Gakkaishi* 54, 945–949.

ZHOU, K., & YU, L. (2004). Effects of extraction solvent on wheat bran antioxidant activity estimation. *LWT-Food Science and Technology*, 37(7), 717-721.