

# UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE  
ORIHUELA  
GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA, PROPIEDADES  
FISICOQUÍMICAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS SNACKS DE  
BONIATO CON RECUBRIMIENTO DE CARBOXIMETILCELULOSA

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Autor: María Rubio García**  
**Tutor: Manuel Viuda Martos**



# DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS SNACKS DE BONIATO CON RECUBRIMIENTO DE CARBOXIMETILCELULOSA

## RESUMEN

La venta de snacks ha aumentado mucho en los últimos años. Debido a los horarios laborales actuales que carecen de ser ajustados, los consumidores buscan alimentos rápidos. Pero estos alimentos por lo general tienen un problema, su elevado contenido calórico. Por eso, en el siguiente trabajo se presenta una alternativa a los snacks fritos, horneados o extrusionados. Se trata de unos snacks de boniato con un recubrimiento de carboximetilcelulosa, el cual podría actuar como barrera protectora frente a la absorción de grasa. Además, en este trabajo también se presenta la caracterización de la composición química, las propiedades fisicoquímicas, la actividad antioxidante, compuestos bioactivos y análisis sensorial.

**Palabras clave:** snacks, carboximetilcelulosa, boniato, composición química, propiedades fisicoquímicas, actividad antioxidante y análisis sensorial.

## ABSTRACT

The snacks sale has been highly increased in the last years. This is due to consumers' need of fast food because of tight schedules. But this foodstuff usually has a problem, its high caloric content. Therefore, in this work an alternative to fried, baked or extruded snacks is presented. These are sweet potato snacks with a coating of carboxymethylcellulose, which could act as a protective barrier against the fat absorption. In addition, this paper also presents the characterization of chemical composition, physicochemical properties, antioxidant activity, bioactive compounds and sensory analysis.

**Key words:** snacks, carboxymethylcellulose, sweet potato, chemical composition, physicochemical properties, antioxidant activity and sensorial analysis.

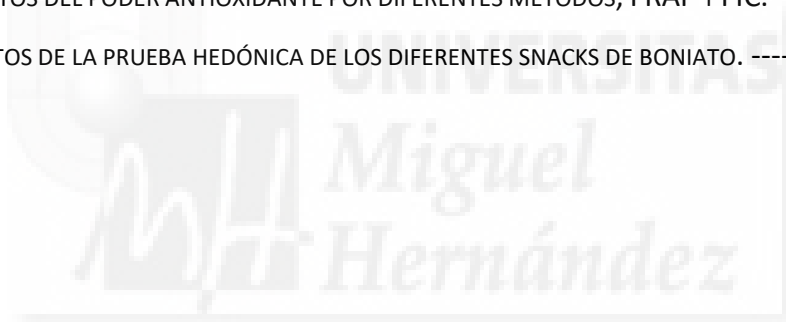
## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
1.1. INTRODUCCIÓN	10
1.1.1 Cultivo del boniato	10
1.1.1.1 Definición	10
1.1.1.2 Origen	12
1.1.1.3 Variedades	14
1.2 Producción	17
1.3 Conservación	23
1.4 Importación y exportación	25
1.5 Valor nutricional del boniato	28
1.6 Los snacks	31
1.7 Carboximetilcelulosa (CMC)	34
1.8 Actividad antioxidante	35
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>38</b>
2. OBJETIVOS	39
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>40</b>
3. MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1 Material vegetal	41
3.2 Elaboración de las películas de Carboximetilcelulosa	41
3.3 Elaboración de los Snacks de boniato con película de CMC	42
3.4 Determinación de la composición química	44
3.4.1 Proteínas	44
3.4.2 Grasas	45
3.4.3 Cenizas	45
3.4.4 Humedad	45
3.5 Determinación de las propiedades fisicoquímicas	46
3.5.1 pH	46
3.5.2 Actividad de agua	46
3.5.3 Textura	46
3.5.4 Color	46

3.6 Extracción de compuestos bioactivos	47
3.6.1. Extracción	47
3.6.2 Determinación del contenido de fenoles totales	48
3.6.3 Determinación del contenido de flavonoides totales (CFTI)	48
3.7 Determinación de la actividad antioxidante	49
3.7.1 Poder antioxidante por reducción del ión férrico (FRAP)	49
3.7.2 Capacidad de quelante del ion ferroso (FIC)	49
3.8 Determinación del análisis sensorial	50
3.8.1 Prueba hedónica	51
3.7.2 Estudio de consumidores	52
3.9 Análisis estadístico	53
<b>4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>54</b>
4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1 Composición química	55
4.2 Propiedades fisicoquímicas	56
4.3 Compuestos bioactivos	60
4.4 Actividad antioxidante	61
4.5 Análisis sensorial	62
5. CONCLUSIONES	64
5. CONCLUSIONES	65
<b>6.BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>66</b>
6.BIBLIOGRAFÍA	67

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> PRODUCCIÓN DE BONIATO POR TONELADAS A NIVEL MUNDIAL. FUENTE: GÓMEZ (2013). ---	26
<b>TABLA 2:</b> PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BONIATO EN TONELADAS. FUENTE: FAO (2013). -----	27
<b>TABLA 3:</b> PRODUCCIÓN DE BONIATO EN EL MUNDO, EUROPA Y ESPAÑA. FUENTE: FAO (2013)-----	28
<b>TABLA 4:</b> PRODUCCIÓN Y SUPERFICIE DE BONIATO EN ESPAÑA. FUENTE: FAO (2013). -----	28
<b>TABLA 5:</b> COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL BONIATO. FUENTE: BADALI (2018).-----	30
<b>TABLA 6:</b> COMPOSICIÓN QUÍMICA, EN CONCRETO, HUMEDAD, CENIZAS, PROTEÍNAS Y GRASAS DE LOS TRES TIPOS DE SNACKS DE BONIATO ANALIZADOS. -----	56
<b>TABLA 7:</b> DATOS DEL PH, ACTIVIDAD DE AGUA Y TEXTURA DE LOS DIFERENTES SNACKS DE BONIATO. ----	57
<b>TABLA 8:</b> DATOS DEL COLOR DE LOS DIFERENTES SNACKS DE BONIATO. -----	58
<b>TABLA 9:</b> DATOS DEL CONTENIDO DE FENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES DE LOS DIFERENTES SNACKS DE BONIATO. -----	61
<b>TABLA 10:</b> DATOS DEL PODER ANTIOXIDANTE POR DIFERENTES MÉTODOS, FRAP Y FIC.-----	61
<b>TABLA 11:</b> DATOS DE LA PRUEBA HEDÓNICA DE LOS DIFERENTES SNACKS DE BONIATO. -----	63



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

**ILUSTRACIÓN 1:** BONIATO EN EL CAMPO. FUENTE:

[HTTP://COMENTARIOSDERAFEL.BLOGSPOT.COM/2012/10/LOS-BONIATOS-O-BATATAS-QUE-TANTO-SE.HTML](http://COMENTARIOSDERAFEL.BLOGSPOT.COM/2012/10/LOS-BONIATOS-O-BATATAS-QUE-TANTO-SE.HTML) ----- 10

**ILUSTRACIÓN 2:** A LA IZQUIERDA SE MUESTRA LA BATATA, A LA DERECHA EL BONIATO. FUENTE: GÓMEZ

(2013). ----- 12

**ILUSTRACIÓN 3 :** MAPA MUNDIAL DE LA EXPANSIÓN DEL BONIATO. FUENTE: LAGO CASTRO (2011). --- 13

**ILUSTRACIÓN 4:** DIFERENTES VARIEDADES DE BONIATOS. FUENTE: LAGO CASTRO (2011).----- 15

**ILUSTRACIÓN 5:** BONIATO VARIEDAD BEAUREGARD. FUENTE:

[HTTPS://GRANJALASMARIAS.UY/PRODUCTO/BONIATO-BEAUREGARD-O-ZANAHORIA/](https://GRANJALASMARIAS.UY/PRODUCTO/BONIATO-BEAUREGARD-O-ZANAHORIA/)----- 15

**ILUSTRACIÓN 6:** BONIATO VARIEDAD SUMOR. FUENTE: GÓMEZ (2013). ----- 16

**ILUSTRACIÓN 7:** BONIATO VARIEDAD HERNÁNDEZ. FUENTE: CASTRO (2011). ----- 16

**ILUSTRACIÓN 8:** BONIATO VARIEDAD COVINGTON. FUENTE: CASTRO (2011).----- 17

**ILUSTRACIÓN 9:** MAPAMUNDI DE LA PRODUCCIÓN DE BONIATO. FUENTE: FAOSTAT. ----- 18

**ILUSTRACIÓN 10:** EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y ÁREA COSECHADA DE BATATA A NIVEL MUNDIAL

EXPRESADO EN MILLONES DE TONELADAS Y EN HECTÁREAS. FUENTE: FAOSTAT.----- 19

**ILUSTRACIÓN 11:** CONTINENTES PRODUCTORES DE BONIATO. EXPRESADO EN % DE PRODUCCIÓN. FUENTE:

FAOSTAT ----- 19

**ILUSTRACIÓN 12:** PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE BONIATO A NIVEL MUNDIAL DESDE EL AÑO 2005

AL AÑO 2014. EXPRESADO EN MILLONES DE TONELADAS. FUENTE: FAOSTAT ----- 20

**ILUSTRACIÓN 13:** EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BONIATO A NIVEL EUROPEO. EXPRESADO EN MILES

DE TONELADAS. FUENTE FAOSTAT (2017). ----- 21

**ILUSTRACIÓN 14:** EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BONIATO DESDE EL AÑO 2005 AL AÑO 2016 A

NIVEL NACIONAL. EXPRESADO EN MILES DE TONELADAS. FUENTE FAOSTAT (2017).----- 22

**ILUSTRACIÓN 15:** PRINCIPALES COMUNIDADES AUTÓNOMAS PRODUCTORAS DE BONIATO EN 2012.

EXPRESADO EN TONELADAS. FUENTE: GÓMEZ (2013). ----- 22

**ILUSTRACIÓN 16: (A)** BONIATOS EXPUESTOS AL SOL, UNA VEZ RECOLECTADOS Y PREVIO A SU

ALMACENAMIENTO. **(B)**ALMACENAMIENTO DE LOS BONIATOS EN PILAS EN CAMPO, RECUBIERTOS DE

MATERIAL PLÁSTICO. (CUSUMANO Y ZAMUDIO (2013)).----- 24

**ILUSTRACIÓN 17(A)Y(B):** ALMACENAMIENTO EN DEPÓSITO DE LOS BONIATOS. CUSUMANO Y ZAMUDIO

(2013). ----- 25

<b>ILUSTRACIÓN 18:</b> DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACIÓN DE LOS SNACKS FRITOS.	
	<a href="https://www.slideshare.net/RicardoCuevarRodrigue/96721946-CerealesExtruidos">HTTPS://WWW.SLIDESHARE.NET/RICARDOCUEVARODRIGUE/96721946-CEREALEXTRUIDOS</a> -- 32
<b>ILUSTRACIÓN 19:</b> DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACIÓN DE LOS SNACKS EXTRUSIONADOS.	
	<a href="https://www.slideshare.net/RicardoCuevarRodrigue/96721946-CerealesExtruidos">HTTPS://WWW.SLIDESHARE.NET/RICARDOCUEVARODRIGUE/96721946-CEREALEXTRUIDOS</a> -- 33
<b>ILUSTRACIÓN 20:</b> DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS SNACKS HORNEADOS.	
	<a href="https://www.slideshare.net/RicardoCuevarRodrigue/96721946-CerealesExtruidos">HTTPS://WWW.SLIDESHARE.NET/RICARDOCUEVARODRIGUE/96721946-CEREALEXTRUIDOS</a> -- 33
<b>ILUSTRACIÓN 21:</b> MOLÉCULA DE CARBOXIMETILCELULOSA. (MORALES SANTACRUZ (2017)).	----- 35
<b>ILUSTRACIÓN 22:</b> ACCIÓN DE LOS RADICALES LIBRES SOBRE LAS CÉLULAS. (VICTORIA VALLS I BELLÉS (2016)).	----- 37
<b>ILUSTRACIÓN 23:</b> DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS SNACKS DE BONIATO CON RECUBRIMIENTO DE CMC.	----- 44
<b>ILUSTRACIÓN 24:</b> ESCALA Y VALORES DEL ANÁLISIS SENSORIAL.	----- 52







## 1.INTRODUCCIÓN

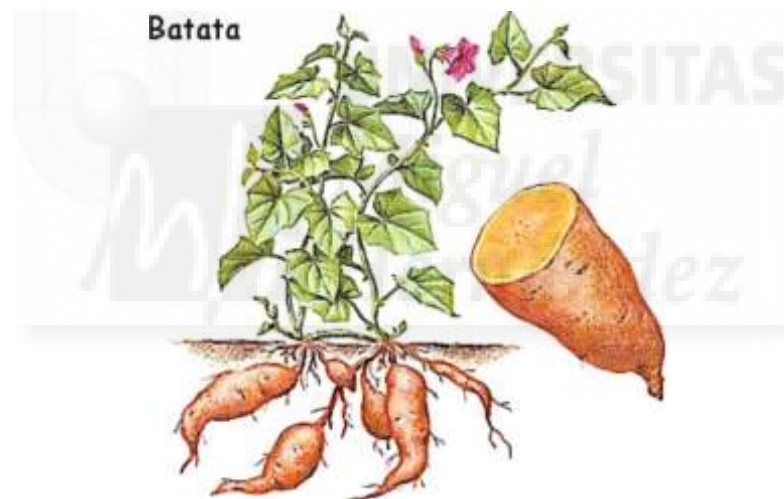
## 1.INTRODUCCIÓN

### 1.1 Cultivo del boniato

#### 1.1.1 Definición

El boniato (*Ipomea batatas*) es una planta vivaz de la familia de las Convolvuláceas, y de género *Ipomea*, de tallo rastrero y ramoso, hojas alternas, acorazonadas y profundamente lobuladas, flores grandes, acampanadas, rojas por dentro, blancas por fuera, y raíces como las de la patata, **RAE**.

En la figura 1 una se muestra un boniato en el campo, donde podemos ver sus raíces tuberculosas, sus ramas y sus flores.



**Ilustración 1:** boniato en el campo. Fuente:

<http://comentariosderafael.blogspot.com/2012/10/los-boniatos-o-batatas-que-tanto-se.html>

El género *Ipomea* es muy grande y versátil, sin embargo, de entre más de cuatrocientas especies, la única variedad utilizada como alimento, es el boniato, ya que todo el resto de variedades de este género pertenecen a variedades ornamentales, de jardinería, según nos indica **Martí, Corbino y DChludil (2011)**.

La *Ipomea batata* es un género que presenta una gran cantidad de variedades diferentes entre ellas, tanto de color, como en disposición de forma, tamaño e incluso de composición nutricional, y su peso oscila desde los 50 gramos a los 6 kilogramos, según [Martí; Corbino y Chludil \(2011\)](#).

Según [Gómez \(2013\)](#), las plantas originales de semilla su estructura se basa de una raíz con un eje central del cual salen ramificaciones laterales. En cambio, las producidas por esqueje desarrollan un sistema de raíces adventicias salientes del esqueje.

Como bien dice en el artículo de [Gómez \(2013\)](#), existen dos tipos de raíces adventicias; las finas y las gruesas. Las raíces adventicias finas nacen de los entrenudos y forman cuatro haces vasculares, mientras que las segundas nacen de los nudos y tienen entre cinco y seis haces vasculares. Las raíces adventicias gruesas son los futuros boniatos o raíces de almacenamiento. Varía mucho el número de raíces finas y gruesas en un esqueje, pero se sabe que cuanto más favorable sea el ambiente más raíces gruesas se forman. En el suelo seco y compacto las raíces gruesas engrosan, pero llegan a un punto que se lignifican y no llegan a formarse los boniatos.

Cuando se forman en estas raíces adventicias gruesas, los boniatos, son un almacenaje de carbohidratos, según [Gómez \(2013\)](#).

El boniato puede ser tanto de forma esférica como afilado, puede llegar a medir hasta 20cm de anchura y 30cm de longitud.

Según nos dice [Gómez \(2013\)](#), la superficie del boniato esta recubierta por una capa suberificada. La piel y la carne contienen diferentes sustancias químicas antioxidantes, carotenoides y antocianas que son los encargados de determinar su color, y con ello se diferencian las variedades, en cuanto a su sabor y color. Por ejemplo, en el caso de nuestros snacks, son de la variedad Beareguard, poseen un color naranja, debido a la presencia de beta-carotenos, mientras que los de color violeta, adquieren dicho color por los fenoles.

En España, según su textura y color, una forma de distinguir las es entre: boniatos y batatas. El boniato es más duro y firme y de color blanco-amarillento, y la batata es de color naranja-violeta y suele ser más blanda, según [Gómez \(2013\)](#).

En la figura 2 se puede ver, por una parte, a la izquierda la batata, y, por otro lado, a la derecha el boniato, según [Gómez \(2013\)](#), ya que hay diferentes formas de clasificarlos.



*Ilustración 2: a la izquierda se muestra la batata, a la derecha el boniato. Fuente: [Gómez \(2013\)](#).*

Por último, cabe destacar que este cultivo tolera condiciones ambientales extremas tales como sequías y vientos fuertes, condiciones que otros cultivos de raíces no pueden soportar. No necesitan el uso de muchos insecticidas ni fungicidas, además el boniato se desarrolla perfectamente con poca suplementación de nitrógeno y en un amplio abanico de pH de suelo sin hacerle falta la adicción de cal, como bien dice [Gómez \(2013\)](#).

### 1.1.2 Origen

El boniato es una planta dicotiledónea que pertenece al grupo de las especies del X genocentro. Este genocentro abarca las plantas cultivadas en México, América Central y las Antillas, según [Cusumano y Zambudio \(2013\)](#).

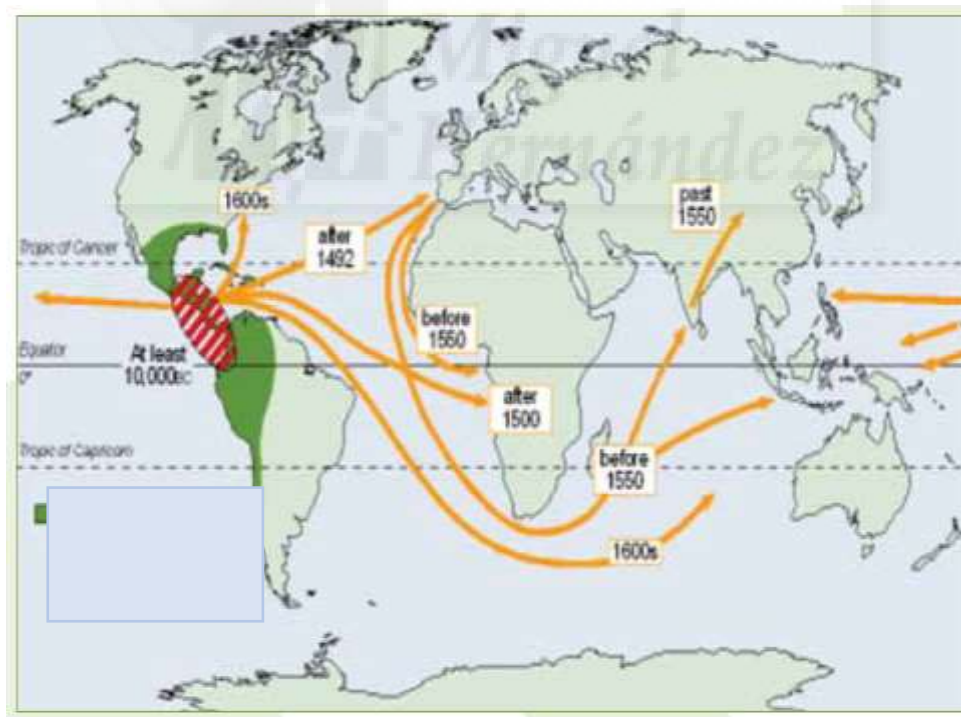
Por otra parte, algunos investigadores tienen en cuenta que es una especie originaria también de América del Sur por el descubrimiento de batatas fósiles en las tumbas de Puna Chilca (Perú), con una antigüedad de más de 10.000 años, como también se indica en el artículo [Cusumano y Zambudio \(2013\)](#).

En cuanto a su expansión, según [Lago Castro \(2011\)](#), en primer lugar, se extendió hacia Polinesia, Hawái y Nueva Zelanda, pero no se tiene certeza de cuándo fue su

migración ni cómo llegó. Se cree que o bien llegó de forma natural o por los primeros navegantes precolombinos.

Según el artículo de [Lago Castro \(2011\)](#), la migración se produjo hacia los países europeos por Cristóbal Colón. Este fue el primero en el año 1492 en introducirlo en España, y en el año 1500 en África. Una vez se descubrió América, la expansión del boniato se realiza en dos corrientes diferentes, pero de manera más rápida que anteriormente. Por una parte, desde España se extendió por Europa, llegando a India y Asia, con los portugueses. Por otro lado, desde México, los españoles fueron los encargados de expandirlo a Filipinas, con ello en 1594 llegó a China (donde fue introducido para rebajar la sequía durante la dinastía Quing).

En la figura 3 se muestra el mapa mundial donde se indica la expansión del boniato, desde el genocentro hasta España y África en primer lugar, y más tarde parte de Europa, India, Asia, Filipinas y China.



**Ilustración 3** : mapa mundial de la expansión del boniato. Fuente: [Lago Castro \(2011\)](#).

La batata es uno de los alimentos más difundidos en los países tropicales y subtropicales. Se consumen de formas muy diversas, hervidas, asadas o se fermentan para producir bebidas alcohólicas regionales como el “Mobby” de Jamaica, según [Cusumano y Zambudio \(2013\)](#).

### 1.1.3 Variedades

El boniato es una raíz muy versátil y por eso existen muchas variedades que se diferencian por la forma de las hojas y tallos, tamaño, forma y color de las raíces, varía también el tipo de pulpa y su consistencia e incluso la duración del ciclo de cultivo, según [Gómez \(2013\)](#).

Este tubérculo es consumido directamente como alimento, también hay personas que utilizan las puntas del follaje ya que estas contienen una buena fuente de proteínas, como nos dice en el artículo [Gómez \(2013\)](#).

Se distinguen tres grandes grupos de variedades de boniato, los blancos-amarillentos, los naranjas y los morados, según [Lago Castro \(2011\)](#).

En cuanto a las variedades de piel roja destacan las siguientes variedades:

- ✚ Rama gruesa o californiana, originaria de California.
- ✚ Centennial
- ✚ Jasper
- ✚ Eland
- ✚ Violeta Roja

En cuanto a las variedades de piel blanca-amarillenta cabe destacar las siguientes variedades:

- ✚ Amarilla de Málaga
- ✚ Rosa de Málaga

Por último, respecto a las variedades anaranjadas, podemos destacar las siguientes:

- ✚ Georgia Jet
- ✚ Beauregard
- ✚ Hernández
- ✚ Evangeline

En la figura 4, se muestran un gran abanico de diferentes variedades de boniato. (Lago Castro 2011)



**Ilustración 4:** diferentes variedades de boniatos. Fuente: *Lago Castro (2011)*.

En la figura 5, nos muestran la variedad Beauredard, que es la empleada para realizar en este Trabajo de Fin de Grado. Se trata de una variedad característica por su piel rosada y su pulpa naranja.



**Ilustración 5:** boniato variedad Beauredard. Fuente: <https://granjalasmarias.uy/producto/boniato-beauregard-o-zanahoria/>



En la figura 6 del artículo de [Gómez \(2013\)](#), podemos ver la variedad Sumor, que es una de las variedades de carne blanca enviadas del Centro Internacional de la Papa (CIP) en Lima (Perú) a Valencia, procedentes de todo el mundo.



*Ilustración 6: boniato variedad Sumor. Fuente: Gómez (2013).*

En la figura 7 se muestra la variedad Hernández, del artículo de [Castro \(2011\)](#), boniato de piel roja y pulpa naranja.



*Ilustración 7: boniato variedad Hernández. Fuente: Castro (2011).*



En la figura 8 se muestra la variedad Covington, del artículo de Castro (2011), característico también por su color rosado y su pulpa naranja. Su variedad más conocida cultivada es Carolina del Norte.



*Ilustración 8: boniato variedad Covington. Fuente: Castro (2011).*

## 1.2 Producción

En el siguiente punto se muestran los datos de producción de boniato a nivel mundial, europeo y estatal de estos últimos años.

En la figura 9 se muestran la producción de boniato a nivel mundial en el periodo comprendido entre el año 2005 y 2016. La producción es expresada en millones de toneladas FAOSTAT, (2018). Se observan con el color granate los países con mayor producción, que son China y algunos países de África, seguido de color naranja oscuro donde se muestran los segundos países con mayor producción, los cuales son el centro y sur de América, países de África e India. En el siguiente escalón, se encuentran países del centro de América, España, Italia, Oceanía, y algunos países de África.

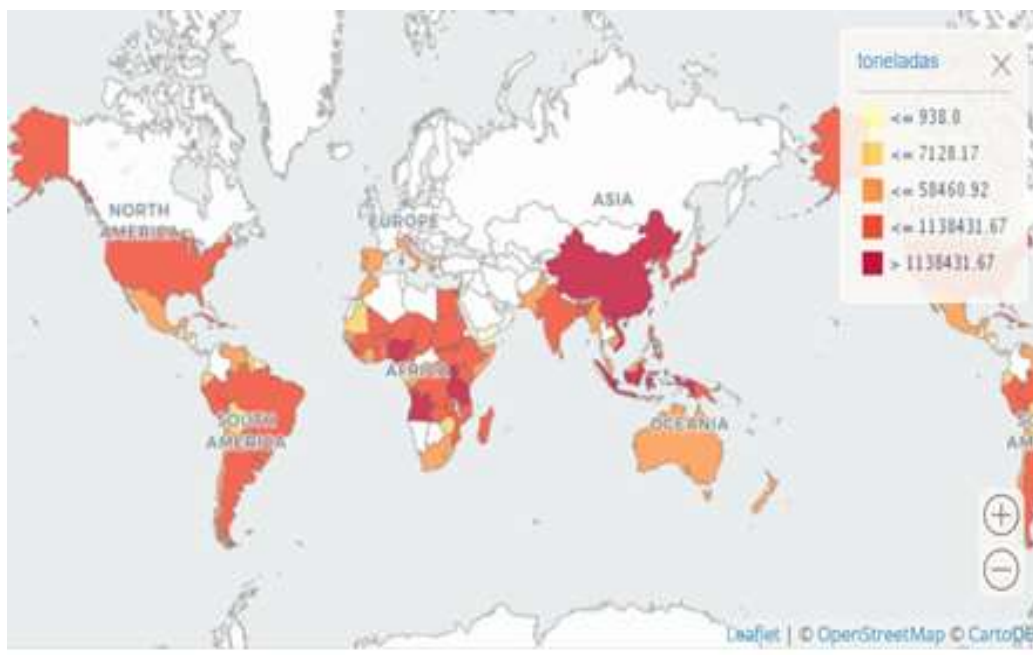
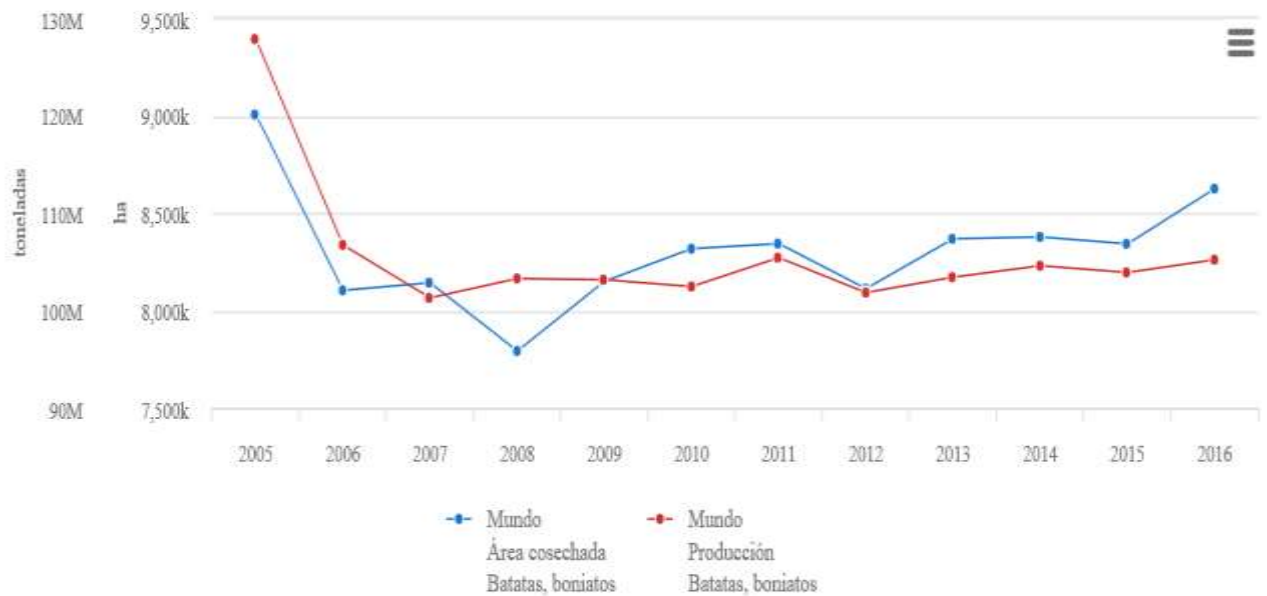


Ilustración 9: mapamundi de la producción de boniato. Fuente: FAOSTAT.

En la figura 10 se contemplan dos líneas, la roja representando la producción a nivel mundial de la producción de batatas, mientras que la azul muestra el área cosechada de boniatos a nivel mundial.

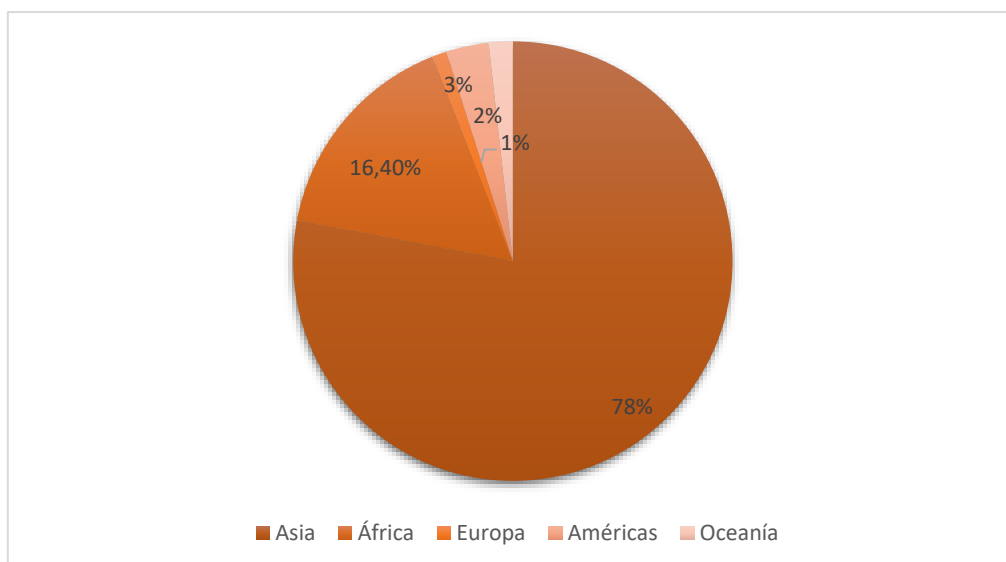
Respecto a la producción, en los primeros años, el periodo comprendido entre 2005 al 2007 se muestra una clara disminución de la producción, siendo el año 2007 junto al 2012 los años de menor producción. Del 2008 al 2016 se han mantenido bastante constantes en un rango de 100 a 110 toneladas.

Mientras que el área cosechada de boniatos desde el 2005 hasta el 2008 muestran una drástica disminución, siendo el año de menor área cosechada el 2008. Luego han subido paulatinamente de unas 7,5 hectáreas a unas 8, hasta que en 2012 volvieron a sufrir un descenso, pero seguidamente se recuperaron.



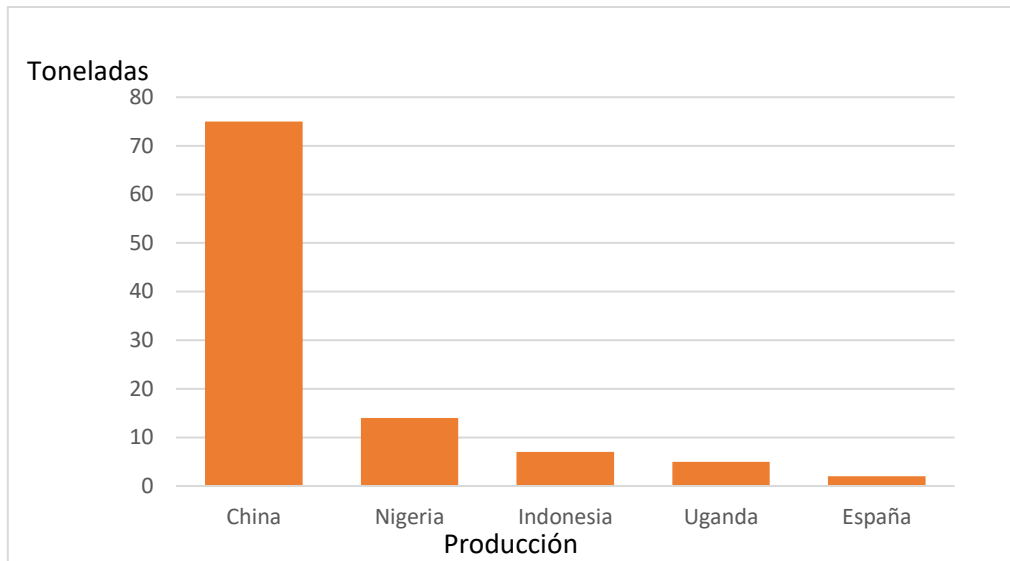
**Ilustración 10:** Evolución de la producción y área cosechada de batata a nivel mundial expresado en millones de toneladas y en hectáreas. Fuente: FAOSTAT.

En referencia a la producción mundial de boniato es el continente asiático el que muestra una mayor producción de este tubérculo ya que representa el 79,6% de la producción mundial tal y como se muestra en la Figura 11, seguida de África con un 16,4%. Por el contrario, tenemos a Europa que tan solo representa un 1% de la producción mundial, por tanto, es el continente con menor producción.



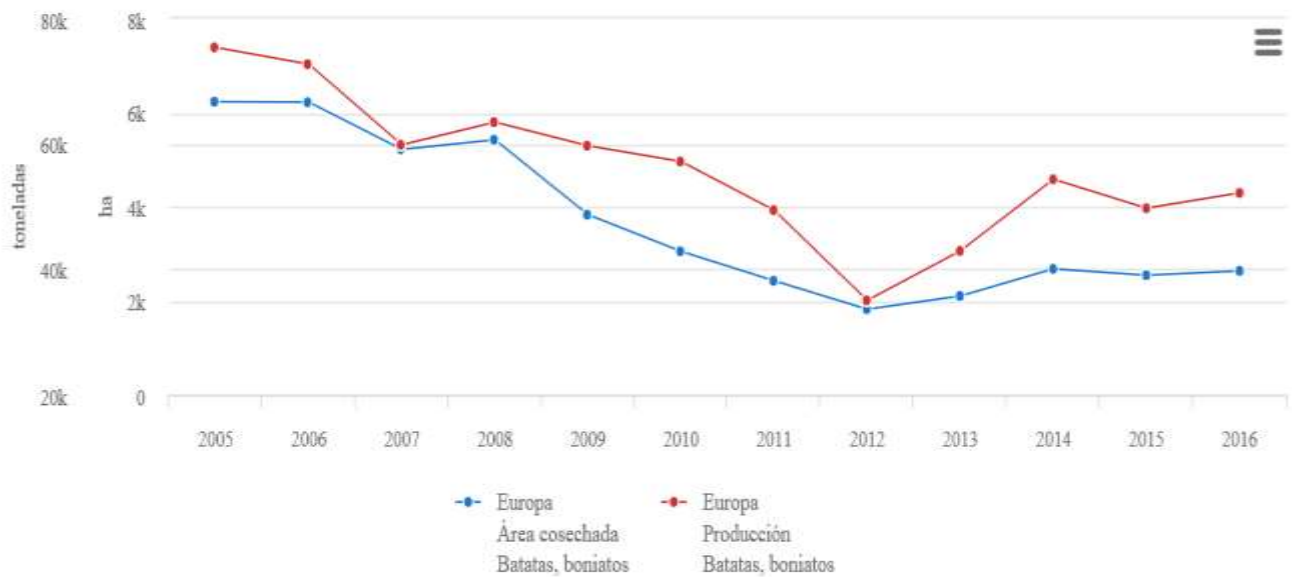
**Ilustración 11:** Continentes productores de boniato. Expresado en % de producción. Fuente: FAOSTAT

China es el país que más cantidad de boniato produjo seguido de Nigeria, desde el 2005 hasta el 2016, como se muestra en la figura 12.



**Ilustración 12:** Principales países productores de boniato a nivel mundial desde el año 2005 al año 2014. Expresado en millones de toneladas. Fuente: FAOSTAT

En la figura 13 se muestra la producción de boniato a nivel europeo en el periodo comprendido entre el año 2005 y 2016 FAOSTAT, (2017). Por un lado, con color rojo se presenta la producción de boniato en Europa, mientras que de color azul se presenta el área cosechada de boniato en Europa. Se aprecia una disminución de ambas variables del 2005 hasta el 2012, sufriendo las áreas cosechadas y producciones más bajas en el año 2012. A partir de 2012, muestran un aumento, quedándose de media con unas 52 toneladas de boniato y unas 3 hectáreas de área cosechadas en el año 2016.

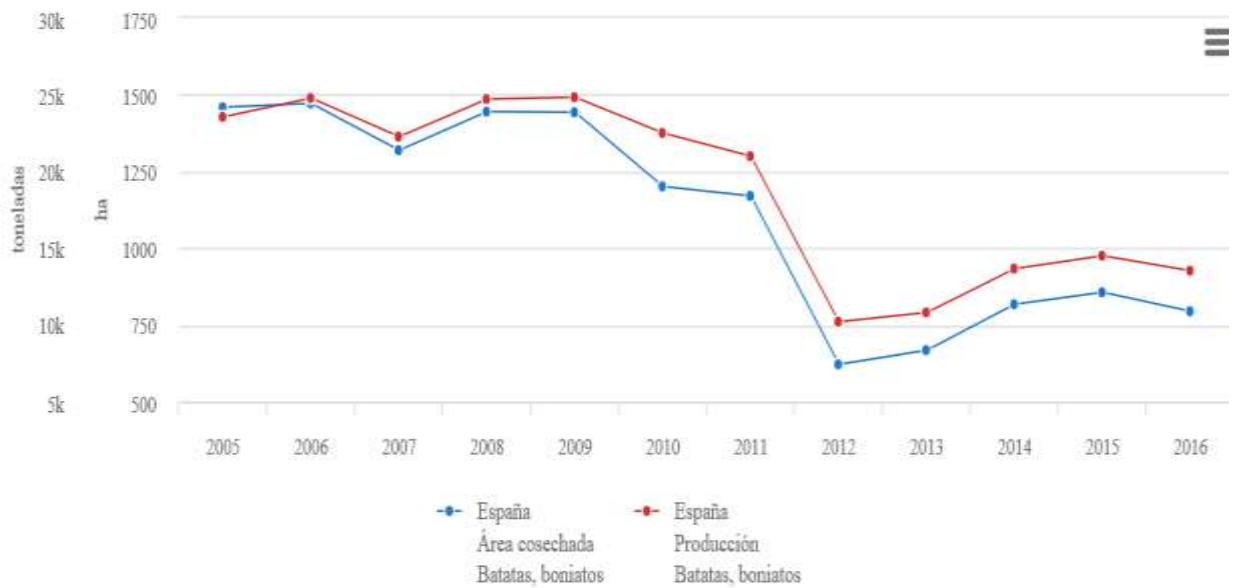


**Ilustración 13:** Evolución de la producción de boniato a nivel europeo. Expresado en miles de toneladas. Fuente FAOSTAT (2017).

No se encontraron datos de los países que mayor producción de boniato en Europa, sólo sabemos que los países productores son España, Portugal, Italia y Grecia.

En la figura 14 se muestra la producción de boniato a nivel nacional en el periodo comprendido entre el año 2005 y 2016 FAOSTAT, (2017).

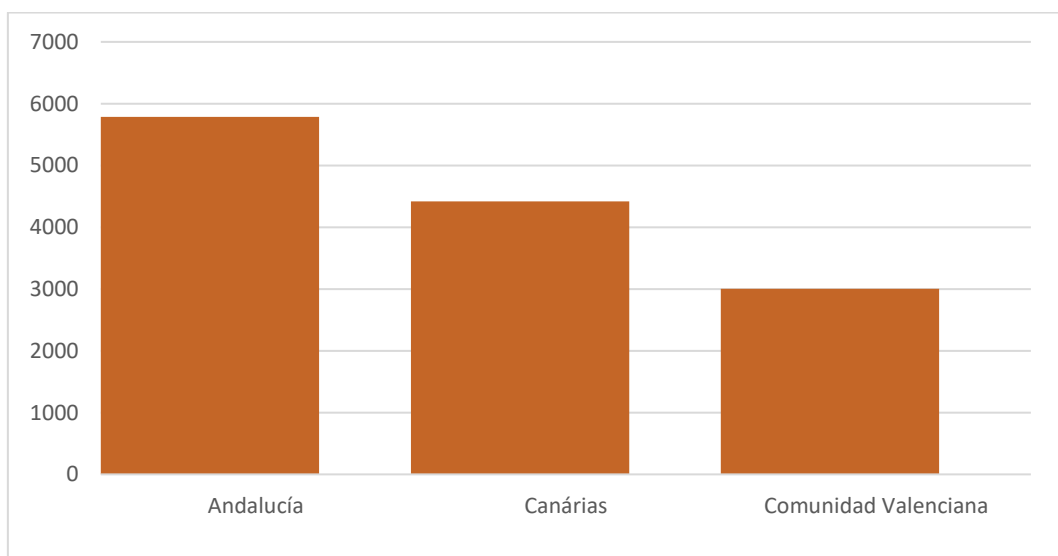
La producción, en términos generales, ha ido descendiendo ligeramente hasta alcanzar cifras de tan solo unas 500 toneladas producidas en 2012, donde se produce su vértice más bajo. Sin embargo, en 2013 empieza un aumento de la producción, pero en el periodo de 2015 a 2016 se produce de nuevo una ligera disminución.



**Ilustración 14:** Evolución de la producción de boniato desde el año 2005 al año 2016 a nivel nacional. Expresado en miles de toneladas. Fuente FAOSTAT (2017).

En la figura 15 se muestran las principales Comunidades Autónomas productoras de boniato a nivel nacional en el periodo comprendido entre los años 2005 y 2016, FAOSTAT, (2017).

Andalucía es la comunidad autónoma con mayor cantidad de producción de boniato del año 2005 al 2016, casi seguida de Canarias y por último la Comunidad Valenciana.



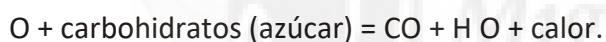
**Ilustración 15:** Principales Comunidades Autónomas productoras de boniato en 2012. Expresado en toneladas. Fuente: Gómez (2013).

### 1.3 Conservación

Ningún método de conservación puede mejorar la calidad del boniato recolectado fresco en el campo, sin embargo, se pueden utilizar diferentes métodos para minimizar las pérdidas tanto en cantidad como en calidad durante el almacenamiento del producto. Un claro ejemplo de esto lo tenemos en Estados Unidos con la práctica de la batata “curada”. Es un método aplicado después de la recolección, es decir, en el almacenaje que aumenta el sabor y algunas propiedades ya que se somete a la severización de la piel a través del secado, según [Cusumano y Zamudio \(2013\)](#).

Para obtener un producto con las mejores condiciones posibles y con las mínimas pérdidas posibles debemos aplicar un manejo adecuado. ([Cusumano y Zamudio \(2013\)](#)).

El boniato una vez cosechado, su porcentaje de agua es elevado, sus reacciones bioquímicas y procesos vitales continúan ocurriendo, así como la respiración y la transformación de azúcares en anhídrido carbónico y agua con liberación de calor. Este último proceso viene dado a través de esta fórmula:



Por lo tanto, para llevar a cabo una buena conservación, las menores pérdidas posibles, debemos disminuir el proceso de respiración, debemos evitar el calor y el agua producidos en consecuencia por este proceso. Además, cabe destacar que deben estar durante la conservación en un lugar bien ventilado y que sus temperaturas idóneas son entre 11°C y 15°C, mientras que la humedad debe ser entre 80% y 90%, según [Lago Castro \(2011\)](#).

Su almacenamiento a temperaturas por debajo de los 11°C puede producir daños en el boniato, tales como arrugamiento de raíces, huecos superficiales de pequeño tamaño, ennegrecimiento de la carne y ataques criptogámicos secundarios, como bien nos dice [Lago Castro \(2011\)](#).

Según nos dicen [Cusumano y Zamudio \(2013\)](#), existen dos formas predominantes de conservación: en campo y en depósitos.

Cuando se trata del almacenamiento en campo, una vez recolectados y previamente a su almacenado, los boniatos se dejan expuestos al sol en el campo, como se muestra en la figura 16(A), durante un día para efectuar el “curing”, es decir, finalizar el proceso de pudrición en los boniatos que ya habían iniciado este proceso en el cultivo, para ayudar así a su eliminación previa al almacenado. Después de un día de “curing”, se realiza una pila de boniatos cubiertas por un material vegetal y a su vez, por plástico transparente, como se muestra en la figura 16(B), y finalmente con más material vegetal. Esta pila se calienta con lo cual se produce más calor del que exuda. Este método es muy activo cuando se deposita el producto sin ventilación forzada, a una profundidad de más de 1,80 metros y con una temperatura ambiente superior a 25°C, según [Cusumano y Zamudio \(2013\)](#).

Se estima que este método de conservación dura aproximadamente cinco meses a condiciones óptimas, ya que si sobrepasa este tiempo pueden empezar a aparecer brotaciones y pudriciones. ([Cusumano y Zamudio \(2013\)](#)).



**Ilustración 16:** (A) Boniatos expuestos al sol, una vez recolectados y previo a su almacenamiento. (B) Almacenamiento de los boniatos en pilas en campo, recubiertos de material plástico. ([Cusumano y Zamudio \(2013\)](#)).

Por otro lado, se expone el almacenamiento en depósito, en la figura 17(A) y (B), según [Cusumano y Zamudio \(2013\)](#). La primera manipulación en este proceso es la ventilación con aire del recinto donde se depositan los boniatos. Este aire debe estar a una temperatura entre 10 y 13°C para que así sea efectivo y elimine el anhídrido carbónico (CO) y el calor producido por la respiración del producto almacenado. Esta fase se tiene que realizar dos veces cada quince días para mantener el depósito siempre



a una temperatura entre 13º y 15ºC, para así mantener el proceso respiratorio del producto y eliminar el posible desarrollo de hongos y bacterias.

Además, cabe destacar que la humedad del depósito debe estar al 90% y debe ser controlada para así evitar pérdidas por evaporación y la aparición de patógenos y podredumbres. (Cusumano y Zamudio (2013)).



**Ilustración 17(A)y(B):** Almacenamiento en depósito de los boniatos. Cusumano y Zamudio (2013).

#### 1.4 Importación y exportación

En España el boniato es el séptimo cultivo en importancia mundial por cantidad producida. Este se cultiva en más de 100 países, para ser exactos, en 111 países, tanto tropicales, como subtropicales como de clima templado. (Gómez (2013)).

En cuanto a la importancia económica, solo lo supera la patata en los cultivos de “raíz”, porque este es capaz de ocupar suelos pobres, degradados y secos, donde para otras especies sería imposible su sobrevivencia. (Gómez (2013)).

El 90% del boniato es cultivado en Asia, seguido del 5% en África, y el otro 5% en el resto del mundo, donde tan solo el 1% de la producción pertenece a Europa. Solo el 2% de producción total se realiza en los países industrializados, principalmente en EEUU y Japón. En China se cosechan anualmente 70.000.000 t. Indonesia, Uganda y Vietnam

le siguen en importancia, cada uno con 2.000.000 t. Otros lugares, como Islas Salomón, Tonga, Ruanda, Burundi y las Islas Caimán también tienen una alta producción por habitante, y el boniato forma parte de su economía y supervivencia. (Gómez (2013)).

En la tabla 1 se muestra la producción de boniato a nivel mundial en toneladas en el año 2002.

**Tabla 1:** producción de boniato por toneladas a nivel mundial. Fuente: Gómez (2013).

PAÍSES	PRODUCCIÓN DE BONIATO (AÑO 2012) EN TONELADAS
China	114.289.100
Uganda	2.515.000
Nigeria	2.503.000
Indonesia	1.746.311
Vietnam	1.725.100
Ruanda	1.292.361
India	1.200.000
Japón	1.030.000
Rep. Unida Tanzania	950.100
Burundi	780.859
EEUU	566.900
Kenya	550.000
Filipinas	549.330
Madagascar	525.700
Brasil	483.000
Angola	355.000
Bangladesh	346.000
Egipto	314.707
Cuba	269.582
República de Corea	250.000
Perú	224.407
Rep. Dem del Congo	219.926

El boniato es producido en mayor parte para el cultivo familiar, personal y para el ganado. El mercado internacional de boniato no es un mercado pronunciado e importante, más bien destaca poco. (Gómez (2013)).

En Europa apenas se producen 50/55.000 t de boniato al año, de las cuales casi la mitad corresponden a España, estos datos podemos verificarlos en la tabla 2, extraída de la FAO (2013).

**Tabla 2:** producción mundial de boniato en toneladas. Fuente: FAO (2013).

MUNDO	CANTIDAD (toneladas)
Asia	78.458.070 t
China	70.741.161 t
América del sur	1.375.722 t
América del norte	1.124.385 t
Europa	56.454 t
España	23.500 t
España	23.500 t

En la tabla 3 podemos ver la producción en los años 1990, 2000, 2005, 2010 y 2012 en el mundo, en Europa y en España, con lo que podemos analizar un primer aumento en cuanto a la producción mundial de los años 1990 a los 2000 y 2005, mientras que en los años siguientes, ha disminuido. Respecto a Europa y España, se benefician los últimos años, ya que se estabilizan, menos en el año 1990 que fue la mayor producción, tanto en España como en Europa.

**Tabla 3:** producción de boniato en el mundo, Europa y España. Fuente: *FAO (2013)*

AÑO	MUNDO	EUROPA	ESPAÑA
2012	108.004.173 t	51.359 t	22.000 t
2010	103.281.878 t	53.209 t	22.506 t
2005	127.880.976 t	60.726 t	23.554 t
2000	139.141.324 t	43.407 t	14.514 t
1990	122.770.107 t	74.990 t	35.367 t

En la tabla 4 se muestra la producción en España, extraída por la *FAO (2013)*, y como podemos ver, la mayoría de producción esta en Andalucía, seguida de la Comunidad Valenciana.

**Tabla 4:** producción y superficie de boniato en España. Fuente: *FAO (2013)*.

COMUNIDAD	SUPERFICIE (ha)	PRODUCCIÓN
Comunidad Valenciana	161	3.006
Andalucía	270	6.291
España	495	10.261

### 1.5 Valor nutricional del boniato

El boniato es una hortaliza con un elevado aporte energético, como se muestra en la tabla 5 de composición nutricional del inferior, por cada 100g de boniato son 101Kcal. (*BEDCA (2016)*).

En primer lugar, cabe destacar su elevado contenido en hidratos de carbono, la mayoría de los cuales son digestibles, como el almidón. Estos son los que ayudan a acelerar el tránsito intestinal de los alimentos, a controlar el nivel de azúcar en sangre, a reducir el colesterol y a prevenir el cáncer de colon.

En segundo lugar, podemos ver el bajo contenido en lípidos que presentan y obviamente colesterol no contiene porque estamos hablando de un alimento vegetal.

En el mercado actualmente existen muchas variedades de boniatos, en este caso, en los snacks hablaremos de la variedad Beauregard. Se trata de un boniato de pulpa

naranja, por lo tanto, cabe destacar su un elevado contenido en betacarotenos o provitamina A, se trata pigmentos encargados de dar ese peculiar color naranja, además de ser antioxidantes.

Los antioxidantes son compuestos de diferentes naturalezas con la capacidad de neutralizar la acción de radicales libres (especies altamente reactivas que pueden desencadenar en diferentes enfermedades como cáncer o cataratas). Por tanto, la capacidad antioxidante (CA) de un alimento, es la capacidad que tiene este mismo de neutralizar los radicales libres producidos por el organismo, gracias en este caso, a los betacarotenos. Cabe destacar, que los betacarotenos se mantienen a lo largo del proceso industrial o de fritura de los snacks y no varía, esto es un factor que le da mucho valor [Valls i Bellés\(2016\)](#).

En cuanto a las proteínas no son destacables por su cantidad, ya que esta es muy pequeña, sino por su gran valor, ya que contienen una gran cantidad de aminoácidos esenciales, siendo el más abundante la lisina.

Además, también cabe destacar el alto contenido en Vitamina B1, tocoferol (vitamina E) y ácido ascórbico (vitamina C).

Por último, resaltar su elevado contenido en potasio y su buena relación potasio-sodio, siendo mucho mayoritaria la cantidad de potasio que de sodio. Así nos permite ser un alimento recomendado para personas con la presión arterial elevada.

Todos estos datos de composición nutricional del boniato están recogidos en la tabla 5.

**Tabla 5:** composición nutricional del boniato. Fuente: *BADALI (2018)*.

Componente	Valor	Unidad	Fuente
Energía, total	423(101)	KJ(kCal)	310
Grasa, total	0,3	g	236
Proteína, total	1,2	g	149
Agua (Humedad)	71,5	g	149
Hidratos de Carbono			
Fibra dietética, total	2,9	g	149
Carbohidratos	23	g	61
Grasas			
Ác.grasos monoinsaturados totales	Traza	g	149
Ác.grasos poliinsaturados totales	0,13	g	149
Ác.grasos saturados totales	Traza	g	149
Colesterol	0	mg	61
Vitaminas			
Vitamina A	666,66	µg	61
Vitamina E	4	µg	61
Vitamina B9(folato)	52	µg	149
Vitamina B3 (niacina)	0,8	mg	149
Vitamina B2 (riboflavina)	0,06	mg	149
Vitamina B6	0,13	mg	149
Vitamina C	25	mg	149
Minerales			
Calcio	22	mg	149
Hierro	0,7	mg	149
Potasio	300	mg	149
Magnesio	13	mg	149
Sodio	19	mg	149
Fósforo	44	mg	149

## 1.6 Los snacks

Por definición, un snack es un alimento que se consume fuera del horario de comida principal, por lo general en la calle y en un período corto de tiempo (La Alimentación Latinoamericana 2007), según Pineda (2016). La palabra snacks proviene del inglés y significa alimento ligero que se consume entre horas. Pero esta definición no se adapta del todo a los snacks del mercado ya que gran parte de estos contienen una gran cantidad de calorías, por lo tanto, no son ligeros. Estos tipos de alimentos son muy típicos en España, ya que hay una gran costumbre de comer entre horas.

El proceso de elaboración de snacks es muy variado ya que los snacks pueden ser de muchas formas diferentes, pero los más comercializados son los fritos, seguidos de los extrusionados y horneados.

Los snacks fritos son los que más abundan en los supermercados, bares, restaurantes y cafeterías. En estos snacks abundan las grasas, ya que son sumergidos en aceite y gran parte de este aceite es absorbido por el snack. El problema del aceite, es que además de ser muy calórico, por su elevado contenido en grasa, estas grasas que abundan son saturadas y son las que nos producen problemas de salud como es un aumento del colesterol o problemas arteriales.

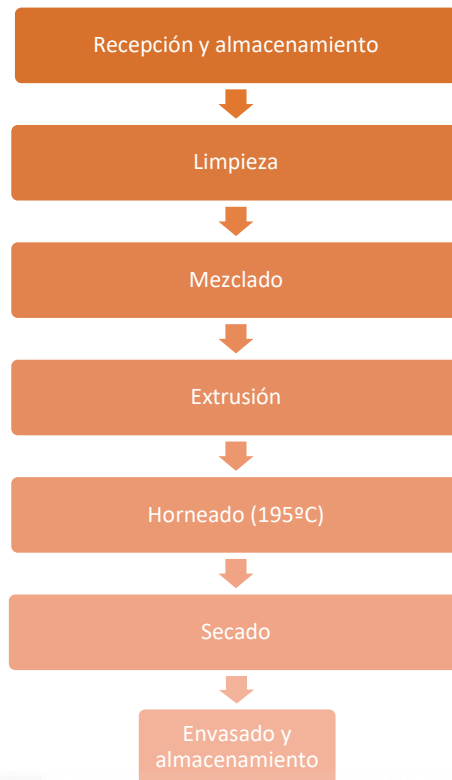
En la figura 18 está representado el diagrama de flujo de la elaboración los snacks de boniato fritos.



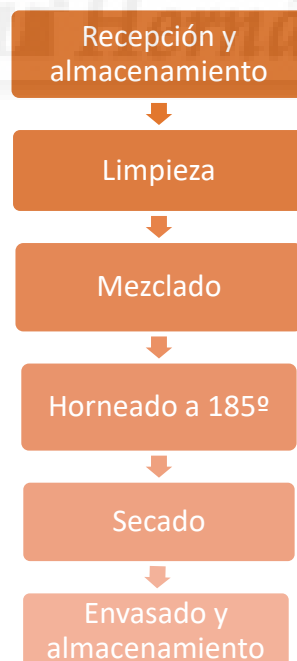
**Ilustración 18:** Diagrama de flujo de la elaboración de los snacks fritos. <https://www.slideshare.net/ricardocuevarodrigue/96721946-cerealesextruidos>

Mientras que los snacks extrusionados y horneados son menos calóricos, ya que no son sumergidos en aceite ni en ninguna grasa, y por lo tanto no la absorben. A continuación, se muestran los diagramas de flujo de la elaboración de los snacks extrusionados y los snacks calóricos en las figuras 21 y 22, respectivamente.





**Ilustración 19:** Diagrama de flujo de la elaboración de los snacks extrusionados.  
<https://www.slideshare.net/ricardocuevarodrigue/96721946-cerealesextruidos>



**Ilustración 20:** diagrama de flujo del proceso de elaboración de los snacks horneados.  
<https://www.slideshare.net/ricardocuevarodrigue/96721946-cerealesextruidos>

## 1.7 Carboximetilcelulosa (CMC)

En la actualidad es un tema de gran interés la utilización de películas de recubrimiento en la industria alimentaria con el fin de aumentar y prolongar la vida útil de los alimentos. Estas películas comestibles le proporcionan al producto alimentario una serie de beneficios, dependiendo de con qué finalidad sea utilizada. (Morales Santacruz (2017)).

En este caso, el recubrimiento tiene la función de retardar la deshidratación de la superficie, la absorción de la humedad, la oxidación de ingredientes, la pérdida de aromas, disminuir la absorción de aceite por parte de la patata y retrasar la acción microbiana. (Morales Santacruz (2017)).

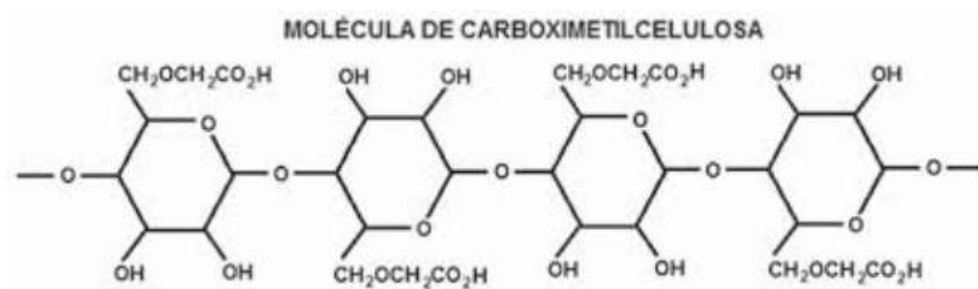
La carboximetilcelulosa (CMC), se trata de un polisacárido natural derivado de la celulosa (principal constituyente de la madera y de todas las estructuras vegetales). Es la sal parcial de sodio de un éter carboximetílico de celulosa; procedente de cepas naturales de vegetales fibrosos. (Domínguez-Courtney y Jiménez-Munguía (2012)).

Es muy soluble y puede ser fermentada en el intestino grueso. A elevadas concentraciones puede resultar problemática, ya que puede provocar tales reacciones como problemas intestinales, estreñimiento y diarrea. Por otro lado, actúa de manera positiva reduciendo ligeramente el colesterol en la sangre. (Varela Martínez (2013)).

Los consumidores de hoy en día tienen preferencia por productos alimenticios que presentan alguna función sobre nuestro organismo beneficiosa o que presentan un valor añadido, son un ejemplo de ello los alimentos e ingredientes funcionales. (Varela Martínez (2013)).

Es aquí donde es introducida una posible alternativa en el futuro de presentar unos snacks de boniato con recubrimiento de CMC, con el fin de aumentar la confianza de nuevo en los productos fritos que tan perjudiciales para nuestro organismo son, gracias a ese recubrimiento que está actuando como película para reducir la absorción de grasa y por lo tanto, haciéndolos más saludables, y más llamativos para el consumidor.

En la figura 23 se muestra la estructura de la molécula de carboximetilcelulosa.



*Ilustración 21: molécula de carboximetilcelulosa. (Morales Santacruz (2017)).*

## 1.8 Actividad antioxidante

El oxígeno va unido a condiciones de vida aerobia, representando la fuerza motriz tanto para la viabilidad celular como para el mantenimiento de un correcto funcionamiento del metabolismo. Pero este también supone un peligro bastante grande, ya que, a causa de sus características paramagnéticas, es el encargado de formar especies oxigénicas con alta reactividad, conocidas como especies reactivas al oxígeno (ROS), [Victoria Valls i Bellés \(2016\)](#).

Estas especies son radicales libres, moléculas activadas radioactivamente, que están formadas por un electrón desapareado en su nivel energético superior y que, por tanto, este les da propiedades paramagnéticas, que desencadena en alta reactividad de estas especies, [Victoria Valls i Bellés \(2016\)](#).

Según nos explica [Victoria Valls i Bellés \(2016\)](#), a causa de estas especies altamente reactivas y para combatir contra ellas existen dos mecanismos de defensa;

- ✓ A nivel fisiológico: que se trata del sistema microvascular, cuya función es mantener los niveles tisulares de oxígeno siempre dentro de presiones parciales bajas.
- ✓ Y, por otro lado, a nivel bioquímico, que es la defensa enzimática o no enzimática.

Cuando los niveles de especies radioactivas en el organismo son muy elevados, y los mecanismos antioxidantes no pueden combatir contra ellas, es cuando aparecen enfermedades, tales como algunos cánceres, enfermedades cardiovasculares, deterioro

cognitivo relacionado con la edad o el envejecimiento como tal. (Victoria Valls i Bellés (2016)).

Según nos dice en el artículo Victoria Valls i Bellés (2016), las frutas y verduras, y como es nuestro caso, el boniato, contienen elevadas dosis de compuestos antioxidantes, como son los precursores de la vitamina A, la vitamina E, etc. Y existen dos sistemas reparadores:

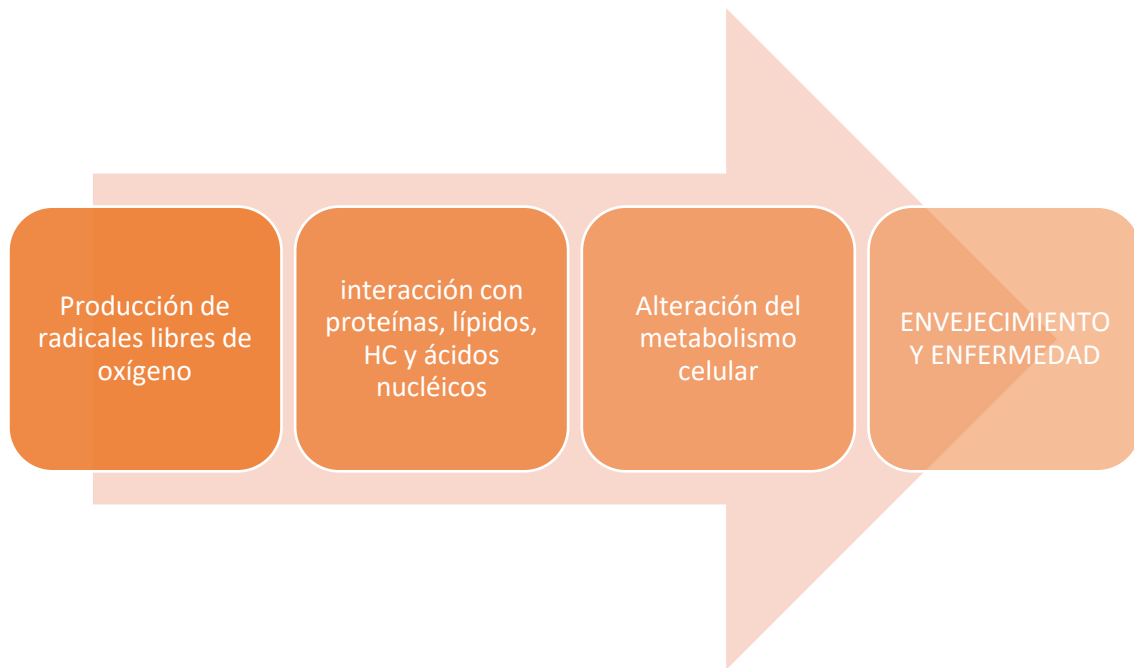
- Sistema directo: en el cual la reducción de los grupos (S-S) de los aminoácidos azufrados de las proteínas son reducidos por enzimas específicas (disulfuro reductasa, sulfóxido reductasa...).
- Sistema indirecto: primero se trata de reconocer el daño molecular causado para ser este degradado, y luego se sintetiza la parte eliminada. Este mecanismo se aplica tanto en proteínas oxidadas como los peróxidos lipídicos de las cadenas carbonadas.

Actualmente, existe en la Comunidad Europea el proyecto: “Investigación Europea sobre los efectos funcionales de los antioxidantes de la dieta” (EUROFEDA), en el cual se han llevado a término y recopilado muchos estudios epidemiológicos sobre los antioxidantes naturales, concretamente sobre vitaminas antioxidantes como la vitamina E, C y beta-caroteno. Aquí dejamos los efectos del beta-caroteno, que es el antioxidante presente en mayor cantidad en el boniato. (Victoria Valls i Bellés (2016)).

Por último, cabe destacar que en el Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference, se recomiendan 3-5 raciones de verduras al día y 2-4 piezas de fruta al día, para así disminuir y combatir el riesgo de padecer cáncer, o algunos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares. (Victoria Valls i Bellés (2016)).

A este aumento en la dieta de frutas y verduras, debemos añadirle cambios en el estilo de vida tales como aplicar una dieta mediterránea, cumplir con la pirámide de los alimentos, hacer ejercicios diariamente e hidratarse con agua (Victoria Valls i Bellés (2016)).

En la siguiente figura podemos ver cómo actúan los radicales libres de oxígeno sobre las células.



**Ilustración 22:** acción de los radicales libres sobre las células. (Victoria Valls i Bellés (2016)).





## 2.OBJETIVOS

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo consistió en determinar la reducción del contenido en grasa de los snacks de boniato con recubrimiento de carboximetilcelulosa (CMC) con dos concentraciones diferentes, respecto a los snacks de boniato sin recubrimiento.

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

- ✘ Determinación de la composición química: proteínas, grasas, cenizas y humedad.
- ✘ Determinación de las propiedades fisicoquímicas: pH, actividad de agua, textura y color.
- ✘ Determinación de compuestos bioactivos: Fenoles totales y Flavonoide totales
- ✘ Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método de quelación del hierro (FIC) y mediante el método de Reducción del hierro (FRAP)
- ✘ Análisis sensorial de las muestras



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Material vegetal

El material vegetal empleado para llevar a cabo todas las determinaciones analíticas fue el boniato de la variedad *Beauregard* adquirido en un comercio local de la ciudad de Orihuela.

Mientras que la carboximetilcelulosa fue suministrada por Ashland Spcalty Ingredients (Covington, USA).

#### 3.2 Elaboración de las películas de Carboximetilcelulosa

Para elaborar las películas de carboximetilcelulosa debemos primer tener en cuenta que esta está en estado sólido, y es un polvo muy fino y muy volátil. Para realizar esta película necesitaremos, dependiendo de la película ha realizar, unas cantidades u otras. En este trabajo se emplean dos películas diferentes, para así poder mostrar las diferencias fisicoquímicas y de composición química respecto a la concentración de carboximetilcelulosa, además de las diferencias frente a un snack de boniato sin película.

Los instrumentos que necesitamos son los siguientes:

- ∅ 500 ml de agua
- ∅ 0,7g o 0,5g de Carboximetilcelulosa
- ∅ 0,35g de glicerol
- ∅ Un vaso de precipitado
- ∅ Un fuego
- ∅ Probeta
- ∅ Varita para agitar

En primer lugar, se vierte en el vaso de precipitados 300ml de agua y este se lleva a calentar hasta su punto de ebullición. Una vez llegado a su punto de ebullición se añaden los 0,8 o los 0,5 gramos de carboximetilcelulosa en el agua en ebullición, y bajamos el fuego a 50 °C. Una vez añadida la carboximetilcelulosa en el agua no se debe parar de agitar con una varita durante unos 10-15 minutos.

Trascurrido este tiempo, se añaden el 100ml de agua y se mezcla durante 5 minutos más. Luego, se añaden los 0,35 gramos de glicerol y se mezcla durante 5 minutos más. Por último, se aparta del fuego la mezcla y se añaden los 100ml de agua fría restantes, se agita durante 5 minutos más y se deja enfriar.

Una vez se enfría la mezcla, ya se puede utilizar para la inmersión de los snacks de boniato.

### 3.3 Elaboración de los Snacks de boniato con película de CMC

Para la elaboración de los snacks de boniato recubiertos con una película de CMC en primer lugar se llevó a cabo la recepción de materias primas. El boniato fue distribuido por un comercio de Orihuela, fue boniato de la variedad Beauregard, mientras que la carboximetilcelulosa (CMC) fue distribuida por Ashland Spcyalty Ingredients (Covington, USA).

En segundo lugar, se realizó la selección de los tubérculos que eran adecuados para realizar los snacks, mientras que se desecharon los que tenían imperfecciones, o en el caso de poder salvarlos, se quitaba la parte perjudicada, y el resto de aprovechaba. Una vez seleccionados, se pasa a la limpieza de los boniatos, con gran cantidad de agua.

En tercer lugar, con ayuda de un pelador, es eliminada toda la piel y seguidamente se lava de nuevo el tubérculo, para evitar los restos de tierra. Luego, con una cortadora de fiambre, con una abertura de 0,8mm, se pasa a realizar los cortes al boniato para obtener así las rodajas que próximamente pasaran a ser los snacks.

El grosor siempre será de 0,8mm, pero el diámetro será irregular ya que dependerá de la zona del tubérculo donde sea realizado el corte.

En cuarto lugar, una vez se tiene el boniato en rodajas, todas estas son introducidas en una palangana con agua caliente y lo dejamos reposar durante un minuto, así se desprenderá parte del almidón. En terminar, lo escurrimos.

En quinto lugar, es realizada la inmersión del boniato en sus respectivas disoluciones de carboximetilcelulosa, previamente preparadas como se indica en el punto 3.2.

En sexto lugar, una vez recubiertos los snacks con la película de carboximetilcelulosa, son depositados sobre una bandeja de horno, para seguidamente ser introducidos en el horno a 180°C durante tres minutos por cada cara, es decir seis minutos en total.

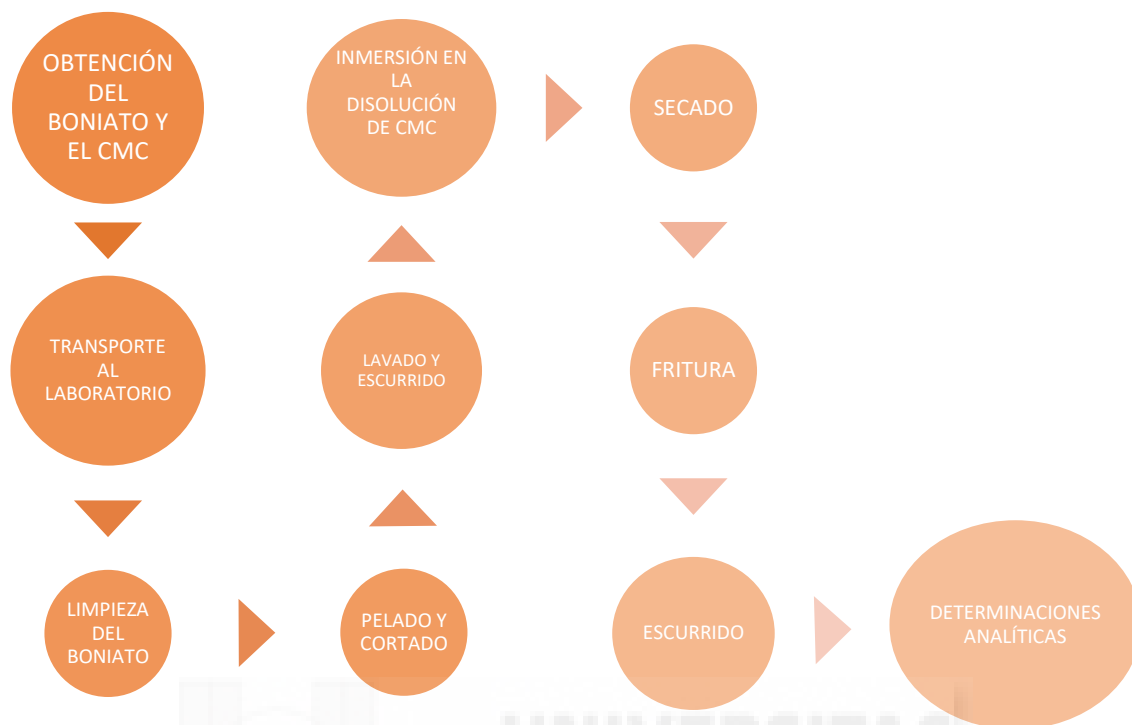
Se debe tener en cuenta que no pueden quedar restos de película de carboximetilcelulosa mojados, ya que esto complicará la fritura y tendrá consecuencia en los resultados.

Una vez horneados, se pasará a hornear los snacks. Los snacks deben estar tres minutos dentro de la freidora, a una temperatura de 190°C, nunca superior a 210°C, ya que esto produce que se quemen los snacks.

Para terminar, se dejan escurrir en una bandeja con papel de cocina, para que absorba todo el aceite restante.

Por último, se envasan en bolsas transparentes, se sellan y se meten en una caja de cartón.

En la figura 25 se observa el diagrama de flujo del proceso de elaboración de los snacks de boniato con recubrimiento de carboximetilcelulosa (CMC), realizados en el laboratorio de la universidad Miguel Hernández de Orihuela.



**Ilustración 23:** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los snacks de boniato con recubrimiento de CMC.

Las tres muestras obtenidas y analizadas en el presente trabajo fin de grado fueron la muestra control que carecía de recubrimiento, la muestra CMC 05 y la muestra CMC 07 las cuales corresponde a recubrimientos con películas de CMC a distinta concentración.

### 3.4 Determinación de la composición química

#### 3.4.1 Proteínas

El contenido de proteínas se determinó según el método **AOAC 24.007 (AOAC, 2000)** y los resultados se expresaron en porcentaje de proteína total (gramos de proteína/100 gramos de muestra) para expresar el resultado en porcentaje de proteína se multiplicó el valor de nitrógeno total por 6,25. Las muestras se realizaron por duplicado para cada una de las tres muestras de snacks de boniato con sus diferentes concentraciones de película.

#### 3.4.2 Grasas

El contenido de grasas se determinó según el método de la [AOAC 24.005 \(AOAC, 2000\)](#), utilizando el extractor Soxhlet J.O, Selecta Mo.6003286 (J.O Selecta S.A Abrera, Barcelona, España). Los resultados se expresaron en porcentaje de grasa (gramos de grasa/100 gramos de muestra). Las muestras previamente fueron desecadas en una estufa modelo Selecta (Barcelona, España). Las muestras se realizaron por duplicado para cada una de las tres muestras de snacks de boniato con sus diferentes concentraciones de película.

#### 3.4.3 Cenizas

La determinación de cenizas se desarrolló según el método de la [AOAC 24.009 \(AOAC, 2000\)](#) y los resultados se expresaron en porcentaje (gramos de cenizas/100 gramos de muestra). Se utilizó una mufla Habersal modelo 12- PR1300 "PAD" (Habersal S.A., Caldes de Montibui, Barcelona, España). Las muestras se realizaron por triplicado para cada una de las tres muestras de snacks de boniato con sus diferentes concentraciones de película.

#### 3.4.4 Humedad

La determinación del contenido de humedad se realizó siguiendo las directrices descritas en el método de la [AOAC 24.003 \(AOAC, 2000\)](#), mediante la estufa modelo P. selecta (Barcelona, España), los resultados se expresan en porcentaje (gramos de agua/100 gramos de muestra). Las muestras se realizaron por triplicado para cada una de las tres muestras de snacks de boniato con sus diferentes concentraciones de película.

## 3.5 Determinación de las propiedades fisicoquímicas

### 3.5.1 pH

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

### 3.5.2 Actividad de agua

La actividad de agua se determinó utilizando un equipo Novasina Thermoconstanter Srpint TH-500 (Pfäffikon, Suiza) a 25 °C.). Cada ensayo se realizó por duplicado para cada una de las tres muestras de snacks de boniato con sus diferentes concentraciones de película.

### 3.5.3 Textura

La determinación de la textura de los snacks de boniato se realizó utilizando un texturómetro con un cabezal esférico específico para alimentos de textura resistente y dura, hasta que llegan a su umbral máximo y rompen, como son los snacks de boniato. Las mediciones se realizaron por duplicado para cada una de las muestras, obteniendo un total de 6 medidas. Como medidas se extrajeron la firmeza (Kg) y la fuerza de corte (Kg·s).

### 3.5.4 Color

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

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

Los parámetros de color estudiados fueron las coordenadas de color CIE L\*a\*b\*: Luminosidad (L\*), Coordenada rojo-verde (a\*) y coordenada amarillo-azul (b\*) a partir de las cuales se calcularon las magnitudes psicofísicas croma (C\*) y tono (h°a-b).

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

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Tono} = \arctan (b^*/a^*)$$

*Ilustración 24: fórmula del Croma del color.*

*Ilustración 25: fórmula del Tono del color.*

## 3.6 Extracción de compuestos bioactivos

### 3.6.1. Extracción

En primer lugar, para obtener los extractos empleados en la determinación de la actividad antioxidante y para la obtención de los compuestos bioactivos, se debe realizar los siguientes procedimientos.

Se toma 1 gramo de cada una de las tres muestras de snacks de boniato, previamente triturados, a los cuales se le adicionaron 20 mL de una solución Metanol:Agua (80:20). Esta mezcla se introdujo en el baño de ultrasonidos durante 20 minutos.

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

### 3.6.2 Determinación del contenido de fenoles totales

Las muestras utilizadas para la determinación de la capacidad antioxidante fueron las obtenidas en la extracción descrita en el apartado 3.5.1.

La determinación de CFT se realizó Usando el reactivo colorimétrico Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1965). Un volumen de 300  $\mu$ L de las muestras extraídas fue introducido en tubos de ensayo con 2,5 ml del reactivo colorimétrico de Folin-Ciocalteu (diluido al 10%) y 2 ml de carbonado de sodio (7,5%p/v). los tubos fueron agitados en el vortex, tapados con parafilm e incubados a 50°C durante 5 min. Se midió la absorbancia a 760nm con un espectrofotómetro (marca) y fue comparada con una curva de calibración del ácido gálico. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (AGE) por gramo de muestra (mg AGE/g muestra).

### 3.6.3 Determinación del contenido de flavonoides totales (CFTI)

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

Para la determinación del contenido de flavonoides totales se usó el método descrito por *Blasa et al.,(2005)*, con algunas modificaciones. En primer lugar, se mezcló 1 mL de las muestras con 0,3 mL de NaNO<sub>2</sub> (5%). Pasados 5 minutos, se adicionó 0,3 mL de AlCl<sub>3</sub> (10%). La mezcla fue neutralizada con 2 mL de una solución de NaOH 1N. Tras 5 minutos, se midió la absorbancia de todas las muestras a 510nm con un espectrofotómetro HP 8451 (Hewlett Packard) y se cuantificó la concentración de las muestras con la curva de calibrado de diferentes concentraciones de rutina.

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



### 3.7 Determinación de la actividad antioxidante

#### 3.7.1 Poder antioxidante por reducción del ión férrico (FRAP)

Las diferentes muestras utilizadas para la determinación de la capacidad antioxidante fueron las obtenidas en la extracción descrita en el apartado 3.6.1. El método utilizado en este apartado es el descrito por Oyaizu, (1986).

En primer lugar, en un tubo de ensayo se colocó 1 mL de muestra y se le adicionó 2,5 mL de tampón fosfato 0,2 M y pH 6,6, y 2,5 mL de ferricianuro potásico al 1%.

Luego, se agitó en un vortex durante un minuto y se dejó incubar a 50 °C un tiempo de 20 minutos. Finalizado el tiempo, se añadió 2,5 mL de ácido tricloro acético al 10% y se agitó durante 2 minutos. Posteriormente, se tomó una alícuota de 2,5 mL de la mezcla anterior y mezcló con 2,5 mL de agua y 0,5 mL de una disolución de cloruro de hierro al 0,1%. Luego, se agitó durante 2 minutos y se esperó durante 10 minutos.

Por último, la absorbancia fue medida a 700 nm en un espectrofotómetro HP 8451 (Hewell Packard) y con una curva patrón realizada con anterioridad se determinaron los equivalentes de Trolox. Los resultados se expresan en  $\mu\text{g}$  de equivalentes de Trolox /gramo de muestra ( $\mu\text{g}$  de Trolox/g). Las mediciones se hicieron por duplicado.

#### 3.7.2 Capacidad de quelante del ion ferroso (FIC)

Las diferentes muestras utilizadas para la determinación de la capacidad antioxidante fueron las obtenidas en la extracción descrita en el apartado 3.7.1. El método utilizado en este apartado es el descrito por Carter (1971).

En primer lugar, en un tubo de ensayo se colocó 1 mL del extracto y se le adicionó 0,1 mL de sulfato de hierro tetra hidratado (2mM) y 3,7 mL de metanol. Luego, se agitó durante un minuto en un vortex y se dejó reposar durante 5 minutos.

Cundo pasaron los cinco minutos se añadió 200 µL de Ferrozina (5mM), se agitó durante 2 minutos y se esperó 10 minutos más.

Por último, cuando se terminó el tiempo de espera se midió la absorbancia a 562 nm en un espectrofotómetro HP 8451 (Hewell Packard) y con una curva patrón realizada con anterioridad se determinaron los equivalentes de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Los resultados se expresan en mg de EDTA /gramo de muestra (mg EDTA/g). Las mediciones se hicieron por duplicado.

### 3.8 Determinación del análisis sensorial

Las propiedades sensoriales se basan en el estudio del análisis sensorial de los alimentos, realizado a través de las personas y los sentidos. Es una técnica que, junto a otros métodos instrumentales, se aplican para verificar el control de calidad de un alimento, ya sea durante la etapa del desarrollo o durante el proceso de una rutina, según Bora (2017).

Esta técnica es una técnica específica perfectamente estandarizada, ya que trabajamos con personas y debemos minimizar la subjetividad en las respuestas. Para ello, se forma a las personas y se les entrena para formar parte de un panel de cata. Bora (2017).

El entrenamiento de estos jueces del panel de cata debe ser intensivo, ya que actuarán como evaluadores sensoriales y esto repercutirá sobre el conjunto de calidad del alimento, será un factor como otro instrumental a tener en cuenta. Bora (2017).

Hay diferentes tipos de entrenamiento y diferentes tipos de pruebas sensoriales, dependiendo de la finalidad con la que lo apliquemos. En nuestro caso, en análisis

sensorial lo hemos dividido en dos partes, en primer lugar, hemos realizado una prueba hedónica, y en segundo lugar, hemos realizado un estudio de consumidores.

### 3.8.1 Prueba hedónica

En las pruebas hedónicas se le pide al consumidor que valore el grado de satisfacción general (liking) que le produce un producto utilizando una escala que le proporciona el analista. Estas pruebas son una herramienta muy efectiva en el diseño de productos y cada vez se utilizan con mayor frecuencia en las empresas debido a que son los consumidores quienes, en última instancia, convierten un producto en éxito o fracaso.

Nuestra prueba hedónica consistió en determinar la opinión de los consumidores de las tres diferentes muestras de snacks de boniato para ver cuál era de mayor agrado para el consumidor.

Para este tipo de pruebas el panel de cata debe estar mínimamente formado para que las respuestas no sean muy dispares, por ello mi panel de cata se forma de estudiantes en el grado de Ciencia y tecnología de alimentos que han cursado la asignatura de Análisis Sensorial. Estas personas están formadas a través de más de quince sesiones prácticas y más de sesenta horas teóricas.

Participaron 21 estudiantes, de los cuales 10 son mujeres y 11 son hombres, a los cuales se les repartieron las tres diferentes muestras en codificaciones de tres números aleatorios para no interferir en su valoración.

Se utilizó un tipo solamente de escala verbal estructurada en nueve puntos, los cuales de izquierda a derecha van de “me disgusta extremadamente” a “me gusta extremadamente” que se encuentra en la casilla de más a la derecha. Esta escala es referente al nivel de agrado del juez con respecto a un atributo específico como puede ser el color, el sabor, la crujibilidad, etc. Las escalas utilizadas fueron iguales que las que se muestran en la figura 28.

Valor	Categoría								
Percepción del atributo	Me disgusta extremadamente				Ni me gusta ni me disgusta				Me gusta extremadamente
Valor	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**Ilustración 24:** Escala y valores del análisis sensorial.

El tratamiento de los datos se realizó haciendo el promedio de las puntuaciones, obteniendo una idea global de la percepción de los atributos.

Los atributos que se determinaron fueron los siguientes:

- ☒ Aspecto general
- ☒ Color
- ☒ Homogeneidad
- ☒ Olor
- ☒ Crujibilidad
- ☒ Granulosidad
- ☒ Sabor
- ☒ Sabor a salado
- ☒ Sabor a dulce
- ☒ Aceitosidad
- ☒ Amargor
- ☒ Post-gusto
- ☒ Defectos

### 3.7.2 Estudio de consumidores

Las pruebas de consumidores miden la preferencia de estos hacia un producto buscando la aceptación del mismo en el mercado. La aceptación se define como “consumo con placer” (Peryam y Pilgrim, 1957).

Para ello realizamos dos tipos de preguntas, “cuánto le gusta la muestra de forma global” y “si compraría el producto”.

Una vez recogidos todos los datos de todos los consumidores, los cuales fueron los mismos que los jueces encargados de realizar la prueba hedónica, se realiza en promedio y así obtenemos una valoración global del producto, y tenemos una idea de la venta que podría tener en el mercado.

### 3.8 Análisis estadístico

Para determinar si existían diferencias estadísticas en la composición química, propiedades fisicoquímicas, compuestos bioactivos y actividad antioxidante entre las diferentes muestras se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA). Para conocer si existían diferencias estadísticamente significativas entre las muestras se aplicó el test de rangos múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ). El análisis se realizó con el programa Statgraphics Centurion XVI Versión 16.1.15.





## 4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Composición química

En la tabla 6 se muestra la composición química de los diferentes tipos de snacks de boniato.

En referencia al contenido en grasa, la muestra control es la que presenta una mayor concentración de grasa apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con el resto de muestras analizadas. Por el contrario, la muestra elaborada con la película de CMC0,7 es la que presenta el menor contenido en grasa, existiendo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con el resto de muestras analizadas. Se puede ver una clara disminución del contenido de grasa en los snacks de boniato con película de carboximetilcelulosa, frente a los snacks de boniato sin película. Así, para la muestra recubierta con la película de CMC0,5 la reducción de grasa con respecto al control es del 23% mientras que las muestras recubiertas con la película de CMC0,7 la reducción del contenido en grasa con respecto al control fue del 32%.

En cuanto a la humedad de las muestras (Tabla 6) no se aprecian diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre la muestra control y las muestras recubiertas con las películas de CMC0,5 y CMC0,7.

Al analizar el contenido en proteínas (Tabla 6) se observa un comportamiento similar al de la humedad. Así no se aprecian diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre la muestra control y las muestras recubiertas con las películas de CMC0,5 y CMC0,7.

De igual modo para el contenido en cenizas (Tabla 6) tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre la muestra control y las muestras recubiertas con las películas de CMC0,5 y CMC0,7.

**Tabla 6:** composición química, en concreto, Humedad, Cenizas, proteínas y grasas de los tres tipos de snacks de boniato analizados.

	Humedad	Cenizas	Proteínas	Grasas
<b>Control</b>	4,90±0,22 <sup>a</sup>	2,23±0,34 <sup>a</sup>	1,01±0,00 <sup>a</sup>	50,44±1,44 <sup>a</sup>
<b>CMC 0.5</b>	4,86±0,19 <sup>a</sup>	2,35±0,21 <sup>a</sup>	1,01±0,00 <sup>a</sup>	38,40±0,16 <sup>b</sup>
<b>CMC 0.7</b>	4,79±0,21 <sup>a</sup>	2,41±0,16 <sup>a</sup>	1,00±0,00 <sup>a</sup>	33,91±0,46 <sup>c</sup>

Valores expresados en g/100g

Valores seguidos por la misma letra dentro de la misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ) según el test de Rangos Múltiples de Tukey

Una vez mostrados los resultados obtenidos sobre la composición química, podemos ver como el contenido en humedad es bastante inferior, en comparación con un snack de patata, tiene menos humedad según comparamos en el artículo sobre patatas fritas de [Moreno \(2008\)](#).

Podemos destacar, que, para ser unos snacks, contienen una cantidad superior de minerales. Un 2% aproximadamente de su composición nutricional son minerales, y esto en comparación con las patatas fritas del artículo de la [Moreno \(2018\)](#), sí que pequeña diferencia, ya que las patatas fritas solo contienen un 1% de cenizas.

Por último, diremos que la cantidad de proteínas es muy deficiente, no es un producto altamente proteico.

En cuanto a la composición de grasas, hacemos especial hincapié, ya que esta barrera de CMC como podemos comprobar desarrolla un papel fundamental con estas. En el control vemos que el porcentaje de grasa es de un 50,44%, mientras que los snacks de los patrones, conseguimos reducir el aporte de grasa hasta un 33,91% de grasas en el patrón II.

## 4.2 Propiedades fisicoquímicas

En la tabla 7 se muestran los datos de pH, actividad de agua y textura.

En referencia al pH, se observa un pH muy similar entre las diferentes muestras, siendo este un pH ácido en las tres muestras. No se aprecian diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ) entre la muestra control y las muestras recubiertas con las películas de CMC0,5 y CMC0,7.



En cuanto a los datos de actividad de agua de las diferentes muestras de snacks de boniato que se muestran en la tabla 7, la muestra control es la que presenta mayor cantidad de actividad de agua, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con el resto de muestras analizadas. Por el contrario, la muestra elaborada con una película de CMC a 0,7% es la que presenta menor cantidad en actividad de agua existiendo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con el resto de muestras analizadas.

Respecto a estos dos parámetros, el pH y la actividad de agua, se debe resaltar que son dos variables condicionantes de la seguridad microbiana de un alimento. Para no condicionar negativamente a la conservación de los snacks y no ser un punto crítico de su elaboración, su pH debería ser menor de 4,5, pero como es superior, este es un punto crítico de la elaboración de los snacks. Mientras que la actividad de agua, al ser inferior a 0,9, no se convierte en un punto crítico.

En tercer lugar, en referencia a los datos de textura, la muestra con película de CMC al 0,7% es la que presenta una mayor firmeza, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con el resto de las muestras analizadas. Por el contrario, la muestra control y la muestra con película de CMC al 0,5% se muestran los datos inferiores de firmeza existiendo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con la muestra de película CMC al 0,7%, pero entre ellas dos no existen diferencias estadísticamente significativas. Tanta fuerza es debido a que se trata de un snack, por lo tanto, son alimentos duros y crujibles.

**Tabla 7:** datos del pH, actividad de agua y textura de los diferentes snacks de boniato.

	pH	Actividad de agua	Firmeza
<b>Control</b>	5,85±0,06 <sup>a</sup>	0,492±0,001 <sup>a</sup>	227,82±26,14 <sup>a</sup>
<b>CMC 0.5</b>	5,85±0,09 <sup>a</sup>	0,446±0,001 <sup>b</sup>	233,97±17,31 <sup>a</sup>
<b>CMC 0.7</b>	5,86±0,02 <sup>a</sup>	0,436±0,002 <sup>c</sup>	288,16±19,92 <sup>b</sup>

Valores seguidos por la misma letra dentro de la misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) según el test de Rangos Múltiples de Tukey

El color es un atributo de la apariencia de los alimentos y en muchos casos tiene una alta influencia sobre la decisión de compra de los mismos por parte del consumidor. En la industria alimentaria el color es un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hace control de procesos y se miden indirectamente otros parámetros como la capacidad de retención de agua en las carnes, el contenido de cenizas en harinas, el grado de madurez de las frutas o el deterioro del alimento por microorganismos u oxidaciones (Delmoro et al., 2010).

El espacio de color CIELAB es un sistema de coordenadas cartesianas definido por tres coordenadas colorimétricas: luminosidad ( $L^*$ ), coordenada rojo-verde ( $a^*$ ) y coordenada amarillo-azul ( $b^*$ ). El espacio CIELab permite especificar estímulos de color en un espacio tridimensional. Estos tres parámetros por separado no nos aportan una idea clara del color que presenta el alimento, es por ello que se usan las magnitudes colorimétricas como el tono ( $h$ ) y el croma ( $C^*$ ) (Valero-Muño, 2012).

En la tabla 8 se muestran los datos de color de los diferentes snacks de boniato. Como se ve, los datos de la muestra control siempre difieren bastante de color respecto a los datos de los snacks con películas de carboximetilcelulosa.

**Tabla 8:** datos del color de los diferentes snacks de boniato.

	$L^*(D65)$	$a^*(D65)$	$b^*(D65)$	C	$h^\circ$
<b>Control</b>	62,16±4,26 <sup>a</sup>	20,96±2,07 <sup>a</sup>	49,31±3,09 <sup>a</sup>	53,63±2,67 <sup>a</sup>	0,40±0,04 <sup>a</sup>
<b>CMC 0.5</b>	52,38±5,46 <sup>b</sup>	16,92±1,48 <sup>b</sup>	43,63±3,11 <sup>b</sup>	46,84±2,76 <sup>b</sup>	0,37±0,04 <sup>a</sup>
<b>CMC 0.7</b>	52,38±5,46 <sup>b</sup>	16,92±1,48 <sup>b</sup>	43,63±3,11 <sup>b</sup>	46,84±2,76 <sup>b</sup>	0,37±0,04 <sup>a</sup>

Valores seguidos por la misma letra dentro de la misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ) según el test de Rangos Múltiples de Tukey

En primer lugar, se muestra la luminosidad ( $L^*$ ), con la que, a menor valor, más luminosa y mayor color tiene la muestra, y a mayor valor, menor color y más oscura es. Por lo tanto, la muestra control es la muestra más oscura apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) con las muestras de snacks con película de carboximetilcelulosa. Por el contrario, los snacks con recubrimiento de CMC0,5 y CMC 0,7, presentan valores de luminosidad inferiores, lo que nos afirma que tiene un color más intenso y más luminoso respecto al control, no existiendo entre estas dos muestras con recubrimiento diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ). La luminosidad

de los alimentos se ha relacionado en muchos casos con la humedad de los mismos ([Pérez-Álvarez et al., 1999](#); [Fernández-Ginés et al., 2003](#)) pues la presencia de agua en los alimentos aumenta la reflexión de la luz y por ende su luminosidad.

En segundo lugar, se muestran los datos la coordenada  $a^*$  que, con valores positivos el alimento es de color rojo y a valores negativos, el alimento tiene color verde. Como los snacks tienen valores positivos (variando entre 20,96 y 16,92), indica que existe un predominio de compuestos que contribuyen a la componente roja del color. La muestra control es la que presenta mayor valor de la coordenada  $a^*$  apreciándose diferencias estadísticamente ( $p < 0,05$ ) con las muestras con película de CMC. Por el contrario, las muestras de snacks con recubrimiento de carboximetilcelulosa, entre ellas no existen diferencias estadísticamente significativas, pero sí con la muestra control.

En tercer lugar, se muestra la  $b^*$  que muestra el rango de color amarillo-azul, con valores positivos el alimento es amarillento, a valores negativos más azul es el alimento. Los datos de los snacks variaron entre 49,31 y 43,63), esto indica que la muestra de snacks control tiene un color más amarillento porque sus valores son superiores. La muestra control es la que presenta un mayor valor en la coordenada  $b^*$  apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con los dos snacks con recubrimiento de CMC. Por el contrario, las muestras de snacks con recubrimiento de carboximetilcelulosa no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellas.

Para caracterizar completamente el color de los alimentos hay que calcular también el valor de las magnitudes psicofísicas. Los valores de las magnitudes psicofísicas (croma y tono) de los diferentes panes, así como su rango de color, definido por la nomenclatura del Instituto de Racionalización y Normalización Español ([IRANOR, 1981](#)), se presentan en la [Tabla 8](#).

El croma ( $C^*$ ) indica la saturación o intensidad del color; a más croma, menos componente de gris en el color, y por tanto, una mayor percepción visual de la pureza del color. La muestra control es la que presenta un mayor valor de croma, esto quiere decir que es la muestra con menos componente gris en la muestra y por tanto, con mayor percepción visual de la pureza de los colores, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con el resto de muestras analizadas.

La magnitud psicofísica tono ( $h^{\circ}$ ) describe el color del alimento que percibimos por la vista. En referencia a las diferencias estadísticamente significativas, en este parámetro no existen entre las muestras diferencias.

### 4.3 Compuestos bioactivos

La extracción de compuestos fenólicos de las diferentes muestras está influenciada por su naturaleza química, por su método empleado y por la presencia de sustancias que pueden interferir con los compuestos bioactivos ([Sotelo et al., 2010](#)). Por ello, en el presente trabajo se utilizaron dos sistemas de extracción diferentes para la determinación del contenido de fenoles totales (CFT) y flavonoides totales (CFIT) en los panes de frutas analizados.

En la tabla 9 se muestran los diferentes resultados de CFT y CFIT de las diferentes muestras de snacks de boniato.

En referencia al contenido total de fenoles, la muestra control es la que presenta un menor número en fenoles con, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con las dos muestras de snacks con recubrimiento de CMC. Por el contrario, las muestras de snacks de CMC0,7, presenta el mayor contenido en fenoles totales, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con las otras dos muestras.

En referencia al contenido en flavonoides totales, la muestra control es la que presenta un menor número en flavonoides, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con las dos muestras de snacks con recubrimiento de CMC. Por el contrario, las muestras de snacks de CMC0,7, presenta el mayor contenido en fenoles totales, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con las otras dos muestras.

**Tabla 9:** datos del contenido de fenoles y flavonoides totales de los diferentes snacks de boniato.

	Contenido en fenoles totales (mg AGE/g)	Contenido en flavonoides totales (mg RE/g)
<b>Control</b>	12,23±0,24 <sup>a</sup>	8,45±0,14 <sup>a</sup>
<b>CMC 0.5</b>	13.87±0,12 <sup>b</sup>	10,41±0,23 <sup>b</sup>
<b>CMC 0.7</b>	14.25±0,18 <sup>c</sup>	12,23±0,09 <sup>c</sup>

Valores seguidos por la misma letra dentro de la misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ) según el test de Rangos Múltiples de Tukey

#### 4.4 Actividad antioxidante

En la tabla 10 se muestra el poder antioxidante de los diversos snacks de boniato por dos métodos diferentes, FRAP y FIC. En el caso de los snacks de boniato, el poder antioxidante viene dado por los  $\beta$ -carotenos, que son precursores de la vitamina A.

En referencia al método FRAP, la muestra control es la que presenta un valor menor de flavonoides totales, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) con las dos muestras de snacks con recubrimiento de CMC. Por el contrario, las muestras de snacks de CMC0,7, presenta el mayor contenido en fenoles totales, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) con las otras dos muestras.

En el método FIC también se muestra un mayor poder antioxidante en las muestras de snacks con película de carboximetilcelulosa respecto a los snacks control, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) con las dos muestras de snacks con recubrimiento de CMC. Por el contrario, las muestras de snacks de CMC0,7, presenta el mayor contenido en fenoles totales, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) con las otras dos muestras.

**Tabla 10:** datos del poder antioxidante por diferentes métodos, FRAP y FIC.

	FRAP (mg TE/g)	FIC (mg EDTA/g)
<b>Control</b>	8,23±0,06 <sup>a</sup>	2,14±0,12 <sup>a</sup>
<b>CMC 0.5</b>	10,45±0,14 <sup>b</sup>	4,74±0,08 <sup>b</sup>
<b>CMC 0.7</b>	11,14±0,09 <sup>c</sup>	5,14±0,11 <sup>c</sup>

Valores seguidos por la misma letra dentro de la misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ) según el test de Rangos Múltiples de Tukey

## 4.5 Análisis sensorial

En la tabla 11 se muestran los datos de la prueba hedónica realizada.

En primer lugar, se hablará del comportamiento de forma global, y en general, considerando el producto de forma completa, teniendo en cuenta todos los atributos, el que mayor valoración ha logrado, son los snacks con recubrimiento de CMC al 0,7%, seguido de los snacks sin recubrimiento, y por último los snacks con recubrimiento de CMC al 0,5%.

En segundo lugar, se habla del aspecto que el que más agrada coincide con el que mayor agrada de forma global, los snacks con recubrimiento de CMC al 0,7%. Seguido de los snacks de boniato con recubrimiento de CMC 0,5% y por último, están los snacks sin película.

Respecto al color, el que más agrada también es el snack con recubrimiento de CMC al 0,7%.

Por lo general, los valores de los atributos son mayores en los snacks con recubrimiento de película de CMC al 0,7%, sin embargo, en el olor, tenemos una pequeña diferencia, la muestra que más gusta a los consumidores respecto el olor es el control, esto es debido a que es el snack con más aceite y por tanto el que más les recuerda a un snack a los consumidores.

**Tabla 11:** datos de la prueba hedónica de los diferentes snacks de boniato.

<b>Prueba hedónica</b>			
<b>Atributo</b>	<b>Control</b>	<b>Patrón I</b>	<b>Patrón II</b>
<b>Aspecto</b>	6,089	7,047	7,333
<b>Color</b>	7,095	7,190	7,380
<b>Homogeneidad</b>	6	6,952	7,047
<b>Olor</b>	7,28	7	7,095
<b>Crujibilidad</b>	5,666	7,285	7,952
<b>Granulosidad</b>	6,763	6,523	7,523
<b>Sabor</b>	7,047	6,380	7,425
<b>Sabor a salado</b>	5,714	6,142	7,047
<b>Sabor a dulce</b>	6,14	6,80	6,857
<b>Aceitosidad</b>	5,857	6,380	6,666
<b>Amargor</b>	6,523	6,952	6,809
<b>Post-gusto</b>	7,380	6,71	7,142
<b>Rancio</b>	No	No	No
<b>Quemado</b>	No	No	No
<b>Global</b>	6,95	6,857	7,19



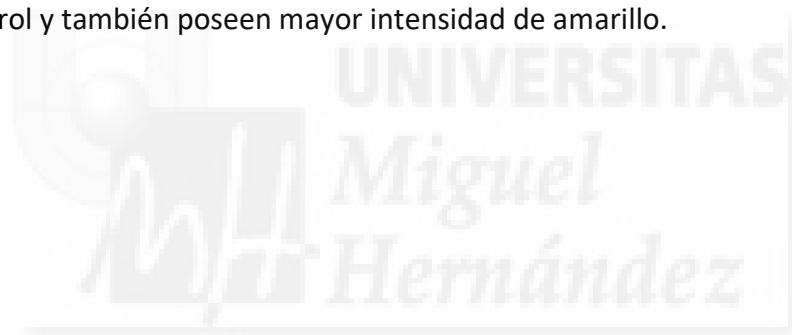
## **5. CONCLUSIONES**



## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos tras la realización de este Trabajo de Fin de Carrera muestran que:

1. Reducción de los valores de grasa en los snacks de boniato con película de carboximetilcelulosa, hasta un 32%, convirtiéndolos en unos snacks más saludables.
2. Los valores de pH al ser ácidos son un punto débil para los microorganismos, mientras que los valores de actividad de agua, al ser inferiores a 0,9, actúan como barrera para el desarrollo de microorganismo.
3. Poseen capacidades antioxidantes por su contenido en beta-carotenos, estas propiedades aumentan en los snacks con películas de carboximetilcelulosa.
4. Respecto al color, poseen más luminosidad los snacks con recubrimiento de CMC, pero respecto al color rojizo-naranja, poseen mayor intensidad los snacks control y también poseen mayor intensidad de amarillo.



## **6. BIBLIOGRAFÍA**



## 6. BIBLIOGRAFÍA

### References

Aecosan.msssi.gob.es. (2018). *Aecosan - Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición*. [online] Available at:

[http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/home/aecosan\\_inicio.htm](http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/home/aecosan_inicio.htm)

[Accessed 10 Sep. 2018].

Badali.umh.es. (2018). *Base de datos de alimentos Badali tu alimentación saludable-Badali*. [online] Available at: <http://badali.umh.es/> [Accessed 10 Sep. 2018].

Barda, N. (2014). *Análisis sensorial de los alimentos*.

pp.file:///C:/Users/TEMP.DESKTOP-1124812/Desktop/TFG(BONIATO-CMC)/Art%C3%ADculos/an%C3%A1lisis%20sensorial%202.pdf.

Costell, E. (2018). *El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: una posibilidad real*.

Cusumano, C. and Zamudio, N. (2013). *MANUAL TÉCNICO PARA EL CULTIVO DE BATATA (CAMOTE O BONIATO) EN LA PROVINCIA DE TUCUMÁN (ARGENTINA)*.

Domínguez- Courtney, M. and Jiménez- Munguía, M. (2012). *Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones*.

European Food Safety Authority. (2018). *European Food Safety Authority | Trusted science for safe food*. [online] Available at: <http://www.efsa.europa.eu/> [Accessed 10 Sep. 2018].

Fao.org. (2018). *FAOSTAT*. [online] Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> [Accessed 10 Sep. 2018].

Gómez, A. (2013). *Boniato*.

González Regueiro, V., Rodeiro Mauriz, C., Sanmartín Fero, C. and Vila Plana, S. (2018). *INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS SENSORIAL. Estudio hedónico del pan en el IES Mugardos.*

Granja Las Marías. (2018). *Boniato Beauregard o zanahoria | Granja Las Marías.*  
[online] Available at: <https://granjalasmarias.uy/producto/boniato-beauregard-o-zanahoria/> [Accessed 10 Sep. 2018].

Granja Las Marías. (2018). *Boniato Beauregard o zanahoria | Granja Las Marías.*  
[online] Available at: <https://granjalasmarias.uy/producto/boniato-beauregard-o-zanahoria/> [Accessed 10 Sep. 2018].

Hoja técnica de la Carboximetilcelulosa (CMC). (2018). .

Lago Castro, L. (2011). *El cultivo de la batata.*

M. Rodríguez, J., Parra, J., Vidal, A. and Soler, C. (2006). *Ensayo del cultivo ecológico del boniato en 2005.*

Morales, V. and Santacruz, S. (2017). *Uso de Películas Comestibles a Base de Carboximetilcelulosa y Goma Xantana para la Disminución de Absorción de Grasa de Malanga Frita (Xanthosoma Sagittifolium).*

Moreno, I. (2008). *“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA PATATA PARA FRITURA”.*

O.M. Mwanga, R., I. Andrade, M., E. Carey, E., W. Low, J., Craig Yencho, G. and J. Grüneberg, W. (2016). *Sweetpotato (Ipomoea batatas L.).*

perfil, V. (2018). *Los boniatos o batatas que tanto se usan para preparar comidas que se puede plantar para explotación comercial en los establecimientos rurales o urbanos.....* [online] Comentariosderafael.blogspot.com. Available at: <http://comentariosderafael.blogspot.com/2012/10/los-boniatos-o-batatas-que-tanto-se.html> [Accessed 10 Sep. 2018].

perfil, V. (2018). *Los boniatos o batatas que tanto se usan para preparar comidas que se puede plantar para explotacion comercial en los establecimientos rurales o urbanos.....* [online] Comentariosderafael.blogspot.com. Available at: <http://comentariosderafael.blogspot.com/2012/10/los-boniatos-o-batatas-que-tanto-se.html> [Accessed 10 Sep. 2018].

Pineda, D. (2018). *Tendencias en snacks nutritivos.*

R. Martí, H. and B. Corbino, G. (2018). *La batata: el redescubrimiento del cultivo.*

Rae.es. (2018). *Real Academia Española.* [online] Available at: <http://www.rae.es/> [Accessed 10 Sep. 2018].

rodriguez (2018). *96721946 cereales-extruidos.* [online] Slideshare.net. Available at: <https://www.slideshare.net/ricardocuevarodrigue/96721946-cerealesextruidos> [Accessed 10 Sep. 2018].

rodriguez (2018). *96721946 cereales-extruidos.* [online] Slideshare.net. Available at: <https://www.slideshare.net/ricardocuevarodrigue/96721946-cerealesextruidos> [Accessed 10 Sep. 2018].

rodriguez (2018). *96721946 cereales-extruidos.* [online] Slideshare.net. Available at: <https://www.slideshare.net/ricardocuevarodrigue/96721946-cerealesextruidos> [Accessed 10 Sep. 2018].

Valls i Bellés, V. (2018). *El papel antioxidante de los alimentos de origen vegetal. Vitaminas y polifenoles.*

Varela Martínez, A. (2013). *Carboximetil-celulosa: del nacimiento a la adopción.*