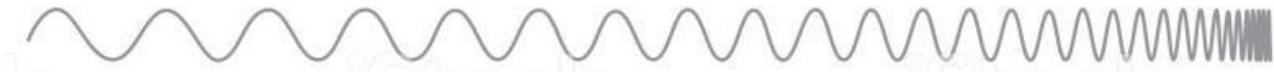




TRABAJO FINAL DE GRADO  
EN CIENCIAS CULINARIAS Y GASTRONOMÍA

ESTUDIO SOBRE LA MEJORA DE LA  
REGENERACIÓN DE LOS EMPANADOS EN  
MICROONDAS



BARCELONA, 2019

## **AGRADECIMIENTOS:**

Quisiéramos agradecer a nuestros dos tutores el apoyo ofrecido a lo largo del desarrollo de este proyecto, dándonos las directrices y motivación necesarias para hacerlo realidad.

También a Maheso por dejarnos formar parte, durante un tiempo, de su gran proyecto y permitirnos investigar y poner en práctica todo lo aprendido en el Grado de Ciencias Culinarias y Gastronomía sin restricciones.

Para nosotros ha sido un desafío y una oportunidad de emprender e ir más allá aplicando nuestros conocimientos en el siguiente trabajo.

## **RESUMEN:**

El objetivo de este trabajo es responder con creatividad y metodología científica al reto generado por la empresa de alimentación Maheso. Esta nos ha exigido producir uno o varios productos empanados congelados que se regeneren correctamente utilizando el microondas para, posteriormente, si son aprobados, comercializarlos como otro de sus productos.

En la parte práctica del trabajo, se presentan dos productos desarrollados y sus pruebas de cocción en microondas, junto con el análisis de resultados. La parte inicial teórica profundiza en la tecnología del microondas, tanto en sus ventajas como inconvenientes y antecedentes, para así poder establecer unas bases que nos permitan tener éxito en el proceso de regeneración por microondas.

Palabras clave: Maheso, microondas, congelación, regeneración, empanado.

## **ABSTRACT:**

The aim of this work is to respond with creativity and scientific methodology to a challenge generated by the Maheso food company. This company has commissioned us to produce one or more frozen breaded products that regenerate correctly using the microwave. Then, if they are approved, they can be marketed as another of their products.

In the practical part of the work, two developed products and their microwave cooking tests are presented, together with the analysis of the results. While in the initial theory part, we will deepen in the microwave technology, both its advantages and disadvantages and background. In this way, we will be able to establish the bases that will allow us to be successful in the microwave regeneration process.

Keywords: Maheso, microwave, freezing, regeneration, breadcrumbing.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	Introducción .....	pág.07
1.1	Objetivo general.....	pág.07
1.2	Objetivos específicos.....	pág.08
2.	Mahezo como empresa.....	pág.08
3.	Marco teórico.....	pág.09
3.1	Bases de la cocción.....	pág.09
3.2	Métodos de cocción.....	pág.11
3.2.1	Cocción por fritura.....	pág.11
3.2.2	Cocción en microondas.....	pág.12
3.3	Historia de la creación del microondas.....	pág.13
3.4	Partes del microondas.....	pág.14
3.5	Funcionamiento del horno microondas y efecto de las ondas.....	pág.16
3.6	Generalidades del calentamiento dieléctrico.....	pág.18
3.7	Diferencias entre el calentamiento por microondas y por ondas de radiofrecuencia.....	pág.18
3.8	Qué aceites funcionan mejor en un microondas.....	pág.21
3.9	Ventajas y desventajas de la cocción por microondas.....	pág.21
4.	Antecedentes de productos y tecnologías similares existentes.....	pág.24
5.	Envasado y conservación del producto.....	pág.25
5.1	Marco legal .....	pág.25
5.1.1	Disposiciones nacionales.....	pág.26
5.2	Comparación de materiales plásticos.....	pág.27
5.3	Elección del envase.....	pág.29
6.	La importancia del empanado.....	pág.29
6.1	Diferencias entre el rebozado y el empanado.....	pág.30
6.2	Tipos de productos para rebozados.....	pág.30
6.3	Almidones modificados.....	pág.31
6.3.1	Formas de obtención de los almidones modificados.....	pág.37

6.3.2	Distribución y características de los gránulos de almidón en los cereales.....	pág.39
6.4	Almidones nativos.....	pág.42
6.5	Comparación entre almidón de maíz y de trigo.....	pág.44
6.6	Aplicaciones del almidón de maíz.....	pág.45
7.	Elección y justificación de las distintas partes de las elaboraciones.....	pág.48
7.1	Tipos de roux.....	pág.49
7.2	Sinéresis.....	pág.50
8.	Fichas técnicas de las elaboraciones.....	pág.50
8.1	Croqueta de queso Idiazabal.....	pág.51
8.2	Croqueta de garbanzos al curry.....	pág.52
9.	Análisis de los costes del producto final.....	pág.54
9.1	Escandallo croqueta de queso Idiazabal.....	pág.54
9.2	Escandallo croqueta de garbanzos al curry.....	pág.56
10.	Pruebas y análisis de resultados.....	pág.57
10.1	Metodología.....	pág.58
10.1.1	Microondas marca Bosch modelo HMT75G654. ....	pág.58
10.1.2	Plato cerámico.....	pág.61
10.2	Pruebas de cocción croquetas de queso Idiazabal.....	pág.61
10.3	Pruebas de cocción croquetas de garbanzos al curry.....	pág.68
10.4	Pruebas de cocción combinada croqueta de queso Idiazabal.....	pág.74
10.5	Pruebas de cocción combinada croqueta de garbanzos al curry.....	pág.75
10.6	Análisis de resultados de cocción.....	pág.77
11.	Ventajas y desventajas de nuestro producto respecto a otros.....	pág.77
12.	Conclusiones.....	pág.78
12.1	Conclusiones sobre el objetivo general.....	pág.78
12.2	Conclusiones sobre los objetivos específicos.....	pág.78
12.3	Futuras líneas de investigación.....	pág.80
13.	Bibliografía.....	pág.80
14.	Webgrafía.....	pág.84
15.	Índice de tablas.....	pág.85
16.	Índice de imágenes.....	pág.87

## 1. Introducción

El objetivo de este trabajo de investigación es unir conocimientos relativos a las ciencias culinarias y la industria alimentaria para conseguir formular un producto empanado que se pueda regenerar por microondas. Este tiene que poder ser producido en la empresa alimentaria Maheso. La finalidad del producto es ser vendido en las líneas de distribución propias de la empresa nombrada.

En el desarrollo de este trabajo veremos qué ingredientes son más convenientes para realizar el producto final, que se dividirá en tres partes: producto base, encolante y empanado. Se analizarán las posibles ventajas y desventajas de cada producto alimentario, cómo reaccionaría a un proceso de descongelación y posterior regeneración por microondas, para poder seleccionar tres que nos lleven a la formulación del producto a presentar a Maheso. También enumeraremos los beneficios del producto final respecto a otros que actualmente se encuentran en el mercado.

Además, se profundizará en la tecnología de los microondas y su uso doméstico para regenerar alimentos frente a otras tecnologías y procesos que utilizamos diariamente.

Después de analizar el marco teórico se escogerán diversas recetas, con las que haremos pruebas de formulación y procesado, de las cuales se expondrán los resultados y conclusiones.

La receta final, obtenida del anterior proceso, será presentada en la empresa, que aceptará o no el proyecto, para reproducirlo dentro de esta y posteriormente venderlo. Ellos serán los que finalmente aprobaran este estudio y su viabilidad.

Este hecho da mucha importancia al proyecto y una motivación extra, ya que si los resultados son favorables podremos ver el producto final que habremos ayudado a desarrollar en los estantes de las tiendas.

### 1.1 Objetivo general

Nuestro objetivo general es desarrollar un producto comercial que se pueda, a través del uso del microondas, elaborar mediante una pasta de unos productos que tengan una gran aceptación entre los consumidores. Crearemos una croqueta con un rouge y un empanado o rebozado usando un encolante de utilización en la industria alimentaria. En nuestro caso, Maheso nos facilita un encolante efectivo en fritura de inversión.

Nuestro envase, que constará de una barqueta termosellada, estará provisto del producto a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  que introduciremos en el horno microondas respetando los diferenciales de temperaturas para optimizar la exposición a este tipo de ondas contenidas en el espectro electromagnético de Maxwell en una frecuencia de 300 MHz y 30 GHz.

## 1.2 Objetivos específicos

1. Dar solución a esa parte de la población que por problemas de tiempo o circunstancias ajenos a ellos, gustan de comida de V gama para poder elaborar en cualquier lugar con el único utensilio de un microondas.
2. Se tiene que poder realizar en las instalaciones de la empresa Maheso. Tendremos que analizar si disponemos de la tecnología suficiente para poder producir el producto que queremos o deberemos reajustarlo para que se amolde a la producción de la empresa.
3. El producto final debe tener ventajas enfrente de los productos que actualmente se comercializan, por ejemplo: ser más sano, ahorrar tiempo de preparación al consumidor, o más económico, entre otras. En las conclusiones de este trabajo veremos qué logros finales hemos obtenido.
4. Estudiar la regeneración por microondas y ver cómo usarla correctamente para obtener un resultado final de producto óptimo.
5. Hacer un estudio sobre el envasado y conservación del producto, analizar distintas opciones teniendo en cuenta que se regenerará en un microondas.
6. El producto final debe ser económicamente viable.

## 2. Maheso como empresa

Para empezar esta investigación es necesario saber para quien la realizaremos, ya que la finalidad es desarrollar un proyecto para esta empresa en concreto del sector alimentario.

Maheso es una empresa del sector alimentario con cuarenta años de experiencia que elabora productos congelados preparados y precocinados, y vende tanto a nivel nacional como internacional en cadena retail.

Gran parte de su producción se desarrolla en la fábrica de Barcelona, que es la más grande de España dedicada a la elaboración de productos congelados, aunque dispone de dos delegaciones más, una en Madrid y otra en Sevilla. Los valores de la empresa están muy definidos y se enfocan en ofrecer a sus clientes productos de alta calidad y que a su vez sean soluciones innovadoras. Para que Maheso acepte nuestra propuesta deberemos hacer un proyecto con estas premisas.

Además, en los últimos años, se han enfocado en crear productos más saludables y aptos para personas que sufren intolerancias, como por ejemplo sus nuggets y fingers sin gluten, y etiquetarlo todo de forma clara, y sin el uso de aditivos saborizantes ni aceite de palma, siguiendo la tendencia cleanlabel. Otra parte de su compromiso es con el medio ambiente, procurando que su empresa sea cada vez más sostenible.

### 3. Marco teórico

#### 3.1 Bases de la cocción

El procesado de los alimentos mediante tratamientos térmicos se realiza con varios objetivos como, por ejemplo, alargar su vida y mejorar su palatabilidad, entre otros.

El proceso mediante el cual se transmite energía de un medio o material a otro de menor temperatura se conoce con el nombre de transferencia de calor. La transferencia de calor ocurre en los tratamientos térmicos a los que se someten los alimentos, con los objetivos de aumentar su estabilidad, cocinarlos o calentarlos para su consumo.

Existen tres diferentes mecanismos de transferencia de calor:

- **Conducción:** fenómeno dado cuando existe un gradiente de temperatura en un cuerpo, ya que se presenta una transferencia de energía de la región de alta temperatura a la de baja temperatura. Por ejemplo: cuando se coloca una pieza de carne sobre una plancha caliente para cocinar.

- **Convección:** transferencia de calor mediante un fluido que circula. Por ejemplo: cuando se hierve pasta en agua.
- **Radiación:** mecanismo que implica la transferencia de energía radiante de una fuente a un receptor. Cuando esto sucede parte de la energía es absorbida por el receptor, en este caso el alimento, generando un aumento de temperatura en el mismo. Por ejemplo: un alimento procesado en un horno microondas.

Estos tres mecanismos de transferencia se pueden observar en los tratamientos térmicos de alimentos. Los tratamientos térmicos tradicionales generalmente involucran mecanismos de conducción y convección. Mientras que en las últimas décadas, han surgido nuevas tecnologías que utilizan la radiación como mecanismo principal de transferencia de calor.

El objetivo de este trabajo es analizar los mecanismos involucrados en la transferencia de calor durante algunos tratamientos térmicos, principalmente las radiaciones u ondas electromagnéticas usadas en tecnologías domésticas como en la industria alimentaria. Los procesos discutidos son los que se aplican a alimentos que deben calentarse o regenerarse mediante estos sistemas.

La transferencia de calor está relacionada con el intercambio de calor entre cuerpos con temperaturas que oscilan entre temperaturas negativas (congelación  $-20^{\circ}\text{C}$ ) y positivas (umbral de caliente en lengua y paladar  $63,5^{\circ}\text{C}$ ) los cuales son llamados fuente y receptor.

Existen tres maneras diferentes en las que el calor pasa de la fuente al receptor. Muchas de las aplicaciones en los tratamientos térmicos convencionales son combinaciones de ellas, conducción, convección y radiación (Kern, 1999). En la siguiente figura se muestran los esquemas de la transferencia de calor en los diferentes mecanismos.

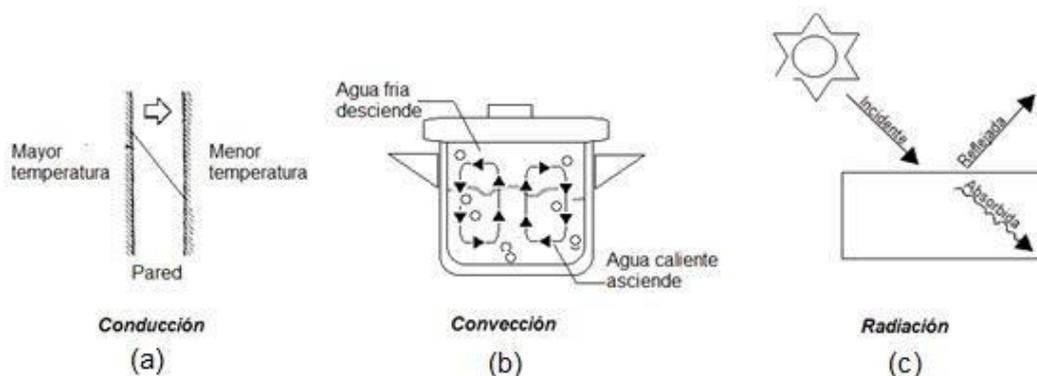


Fig.1. Ejemplos gráficos de transferencia de calor: a) conducción, b) convección y c) radiación. (Supuesto de Kern, 1999).

El procesado de los alimentos mediante la cocción mejora los perfiles organolépticos, aumentando las cualidades microbiológicas, destruyendo toxinas y factores antinutricionales, hecho que incrementa la biodisponibilidad de los nutrientes y su fácil digestión. (Gouadoet al., 2011).

## 3.2 Métodos de cocción

### 3.2.1 Cocción por fritura

El frito es un tratamiento térmico por convección tradicional para la preparación de alimentos en todo el mundo. La calidad de los productos obtenidos depende de las condiciones en que se realice la técnica: salteados o frituras en profundidad o inversión, el tipo de aceite y alimento durante el proceso (Alviset al., 2009). El aceite ejerce una doble función, ya que sirve como un medio para la transferencia de calor y también contribuye a dar: textura, apariencia y sabor al alimento (Debnathet al., 2012).

Al ser sumergido el alimento en aceite caliente, su temperatura aumenta rápidamente, el agua que contiene se evapora, por lo que la superficie de este empieza a deshidratarse, se forma una corteza, la evaporación empieza a trasladarse al interior del producto. Al mismo tiempo la temperatura de la superficie del alimento en contacto con el aceite supera la temperatura de ebullición del agua, consiguiendo una deshidratación de la superficie con el resultado del pardeamiento del alimento al surgir la reacción de Maillard a temperatura entre 159°C y 260°C. Aumenta así la temperatura interna hasta los 100°C (McGee et al. 1999), valor máximo antes de que el agua contenida dentro se transforme en vapor, estado que ocupa más lugar ya que es químicamente más entrópico, pudiendo llegar a explotar por el cambio de estado del agua contenida dentro del alimento.

La velocidad de transferencia de calor al alimento depende del diferencial de temperaturas entre este y el aceite, a mayor diferencial, mayor rapidez en la cocción, así como también del coeficiente de transferencia de calor por convección. Por lo tanto, la transferencia de calor en este tratamiento es por convección en la superficie del alimento y por conducción en el interior del mismo (Alviset al., 2009).

La velocidad de transferencia de calor por convección depende de la oportunidad de formación de corrientes en el medio graso y de la velocidad del flujo en dichas corrientes. (Ziaifaret al., 2008).

El frito es una operación unitaria interesante que se ha estudiado ampliamente, desde el punto de vista de transferencia de masa (pérdida de humedad y ganancia de aceite), así como de transferencia de energía, ya que estos factores afectan la velocidad de transferencia de calor.

### 3.2.2 Cocción en microondas

El calentamiento por microondas es una alternativa a los mecanismos de cocción utilizados hasta el s. XX aplicando un tratamiento térmico selectivo, corto e intenso. La velocidad del calentamiento por microondas ha sido probada numerosas veces y en muchos casos ha resultado superior a los tratamientos tradicionales.

Referente a la cocción de los alimentos, son tres los factores que afectan a la pérdida de los nutrientes: el tiempo, la temperatura y el agua. Teniendo en cuenta que mediante este electrodoméstico se cocina en menor tiempo, a una temperatura menos alta y con una menor pérdida de agua, la pérdida de los nutrientes podría ser menor.

Por el contrario, algunas desventajas de esta tecnología son: calentamiento no uniforme, disminución o ausencia del pardeamiento y una incompleta destrucción microbiana (Choiet al., 2011).

Las moléculas de agua favorecen el calentamiento por microondas en el alimento (Kowalsiet al., 2012). El agua está formada por moléculas polares que propician que se caliente rápidamente cuando son expuestas a este tipo de radiación por microondas debido a la fricción molecular, causada por la rotación dipolar de moléculas en la presencia de un campo eléctrico alternativo generado dentro de la caja del microondas (Kowalsiet al., 2012).

La temperatura final alcanzada tanto en la superficie como en el corazón del alimento se debe a la absorción de energía eléctrica desde el campo de microondas y a la transferencia de calor por conducción y convección (Swainet al., 2004).

Este calentamiento se origina por la interacción del campo electromagnético con la materia por medio de mecanismos dieléctricos (Kowalsiet al., 2012) y depende tanto de las características del alimento, como de su composición química, su estado físico y su geometría (Swainet al., 2004). En los hornos domésticos, las microondas son generadas por un dispositivo conocido como magnetrón, que transforma la frecuencia de la línea (60 Hz) a microondas (2450 MHz). Las ondas son conducidas a través de una

guía o canal hasta la cavidad del horno, donde penetran el alimento y rebotan en las paredes, volviendo a penetrar en el alimento. Un esquema del funcionamiento del horno de microondas se muestra en la Fig. 2.

El calentamiento por microondas es favorecido por la presencia de moléculas de agua en el alimento (Kowalsiet al., 2012). Los alimentos que contienen moléculas polares como el agua se calientan rápidamente cuando se expone a la radiación de microondas, debido a la fricción molecular, generada por la rotación dipolar de moléculas en la presencia de un campo eléctrico alternativo (Kowalsiet al., 2012).

La temperatura final que alcanza el alimento se debe a la absorción de energía eléctrica desde el campo de microondas y a la transferencia de calor por conducción y convección (Swainet al., 2004).

### 3.3 Historiade la creación del microondas

La creación del horno de microondas es un subproducto de otra tecnología y el azar como muchos otros inventos. Surgió en el curso de un proyecto de investigación relacionado con el radar, alrededor de 1946 en el que el doctor Percy Spencer, ingeniero de la Raytheon Corporation, se percató de un hecho un tanto curioso. Durante unas pruebas de un nuevo tubo al vacío llamado magnetrón reparó que una chocolatina que se encontraba en su bolsillo se había derretido. Intrigado y con la duda de si quizás la barra de chocolate había sido afectada de modo casual por esas ondas emitidas por el gran imán, el doctor Spencer realizó un nuevo experimento. Tomó unas semillas de maíz para hacer palomitas, cerca del tubo y, permaneciendo algo alejado, vio cómo el maíz se cocía e hinchaba esparciéndose por todo el laboratorio.

El científico decidió corroborar los hechos colocando el magnetrón cerca de un huevo de gallina. En esta ocasión se encontraba con un compañero de profesión el cual estaba dispuesto a comprobar el descubrimiento del doctor Spencer, quien pudo demostrarcómo el huevo comenzó a vibrar debido al aumento de presión interna originada por el rápido incremento de la temperatura en su interior.

El doctor Spencer diseñó una caja metálica con una apertura superior en la que introdujo energía en forma de microondas usando el magnetrón, pero de tamaño más reducido.

Esta energía, dentro de la caja, no tenía posibilidad de fuga, creando un campo electromagnético de mayor densidad. La prueba con los alimentos demostraba que la

temperatura en el mismo aumentaba, creando así lo que a día de hoy conocemos como horno microondas.

Con el paso del tiempo, este invento revolucionó los establecimientos de comida rápida y restaurantes, donde el mayor problema era mantener calientes las elaboraciones hasta el momento del servicio, pero que al introducirse este electrodoméstico podían regenerar de modo rápido y efectivo.

Los avances tecnológicos y el desarrollo posterior del producto condujeron el actual microondas a un uso doméstico, siendo usado de forma diaria en casi cualquier casa.

### 3.4 Partes del microondas

El microondas sigue un proceso de calentamiento dialéctico, donde los productos, el agua y grasas de los alimentos a calentar o cocer llegan a absorber la energía que crean las microondas. En la Fig. 2 podemos observar las diferentes partes del electrodoméstico, formado por diferentes componentes.

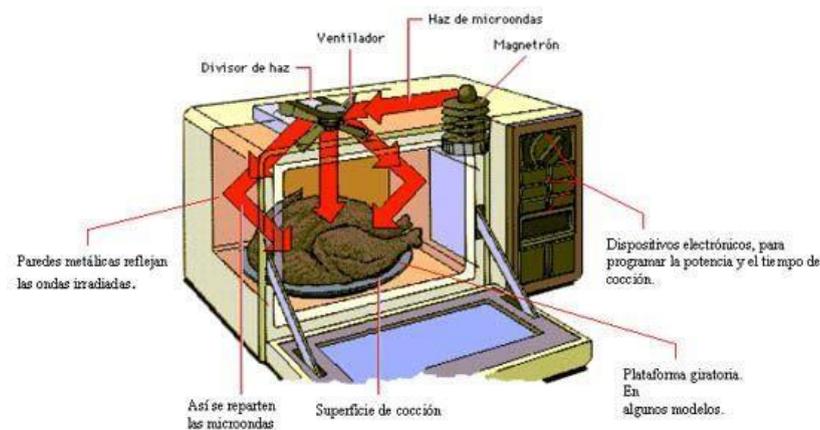


Fig.2. Partes del microondas.

- **Magnetrón:** Parte que se encarga de crear las microondas electromagnéticas que llegan a cocinar los alimentos colocados en la cámara de cocción. Se trata de un tubo de tipo diodo y electrónico que se utiliza para crear 1.45 MHz de energía, y que carece de rejilla actuando como un bulbo tradicional.

Este genera un campo magnético en el área entre el cátodo y el ánodo. Su configuración exterior suele ser diferente en torno al modelo y la marca del

microondas. Sin embargo, su estructura interna básica siempre es la misma, es decir, todos los modelos y marcas tienen los mismos: imanes, ánodo y filamento.

- **Ánodo:** Se trata de un cilindro hueco de hierro que contiene en su interior un número par de paletas hacia adentro. El ánodo funciona de tal modo que los segmentos alternos deben conectarse, o sujetarse, para que cada segmento sea de polaridad opuesta a la de los segmentos adyacentes.
- **Ventilador:** Es el dispositivo que mantiene el magnetrón refrigerado cuando el microondas se está usando, evitando así posibles sobrecalentamientos.
- **Calefactor:** También llamado filamento. Se encuentra justo en el centro del magnetrón, sostenido y protegido dentro del tubo por grandes puntas que lo sostienen y protegen dentro del tubo. Funciona como cátodo del aparato.
- **Filtro de carbón:** Parte del microondas que protege el magnetón y que mantiene frío las distintas partes del equipo.
- **Condensador o capacitador:** Es la parte encargada de aumentar la energía a niveles superiores, y al mismo tiempo, empuja dicha energía en dirección al magnetrón.
- **Pestillos:** Se trata del mecanismo de cierre que poseen los microondas, el cual puede llegar a ser automático, manual o por botón a presión.
- **Bombilla:** Gracias a la luz que emite, el usuario puede ver la comida que está calentando sin necesidad de abrir la puerta.
- **Plato de cocción:** Es un plato de vidrio ubicado dentro de la cabina de cocción en el cual se colocan los alimentos que se pretenden cocinar. Este se mantiene girando mientras el microondas esté funcionando. Logra absorber una gran cantidad de las ondas microondas.
- **Guía de ondas:** Parte metálica del microondas encargada de transferir energía en la cámara de cocción de alimentos.

- **Dispersor de ondas:** Funciona desde que el horno se activa, el cual da una mejor agitación de las microondas. Posee una tapa de plástico que evita que le caigan salpicaduras de los alimentos.
- **Selector variable de potencia:** Parte en la cual el usuario puede seleccionar la potencia deseada para la cocción de sus alimentos, además de los programas que el electrodoméstico tenga como, por ejemplo, función grill.
- **Reloj temporizador:** Se trata de un reloj que controla el tiempo que el horno funcionará.
- **Tecla de puesta en marcha:** Es la tecla que al pulsarla da inicio al proceso de cocción.

### 3.5 Funcionamiento del horno microondas y efecto de las ondas

Un horno de microondas funciona haciendo pasar la radiación no ionizante de microondas, generalmente a una frecuencia de 2,45 (GHz) a través de la comida. La radiación de microondas está entre las frecuencias de radio común y de infrarrojos.

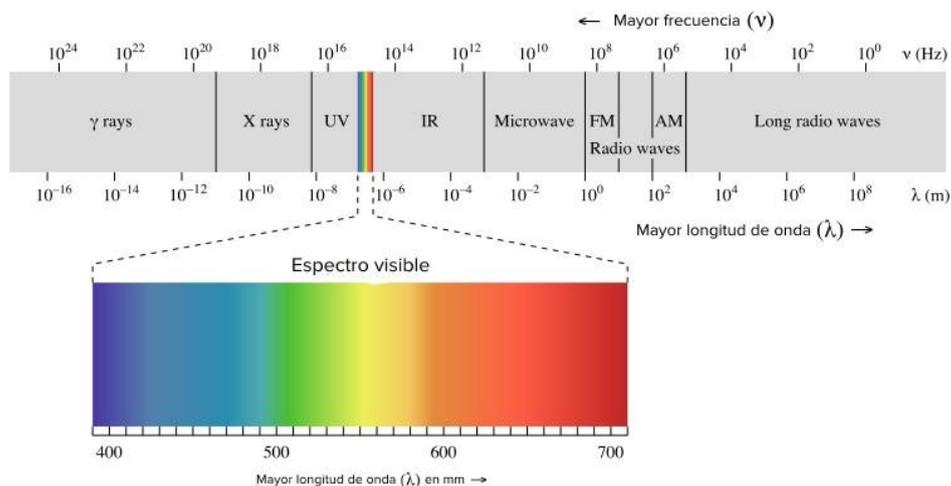


Fig. 3 El espectro electromagnético. Imagen tomada de la ChemWiki de UC Davis (Universidad de California en Davis), CC-BY-NC-SA 3.0.

El agua, grasas y otras sustancias presentes en los alimentos absorben la energía de las microondas en un proceso llamado calentamiento dieléctrico.

Gran número de moléculas son dipolos eléctricos, moléculas de agua, lo que significa que tienen una carga positiva parcial en un extremo y una carga negativa parcial en el otro y, por tanto, giran en su intento de alinearse con el campo eléctrico alterno de las microondas.

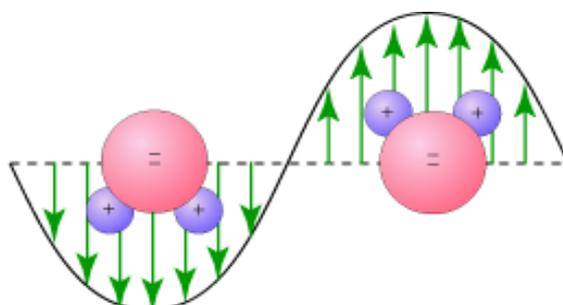


Fig.4 Giro de la molécula de agua en la oscilación del campo

Al rotar, las moléculas chocan las unas contra las otras poniéndose en movimiento, dispersando así la energía y creando una vibración en la estructura molecular de sólidos y líquidos. Ocupan todas las direcciones del espacio, reflejado en su energía potencial y cinética en forma de calor.

El calentamiento por microondas es más eficiente en agua en estado líquido que en el agua en estado sólido o congelado, donde el movimiento de las moléculas está totalmente limitado. Al igual que la propagación de las ondas, su rendimiento es menor en grasas e hidratos de carbono, ya que contiene un momento dipolar molecular menor comparado con el que experimenta el agua en estado líquido.

Los azúcares y triglicéridos, comúnmente conocidos como hidratos y grasas, respectivamente, absorben las microondas debido a los momentos dipolares de sus grupos hidroxilo o éster que están unidos mediante cadenas de radicales sin poder tener la misma libertad de rotación del agua.

Sin embargo, los hidratos y grasas tienen una capacidad calorífica específica más baja y una temperatura más alta de vaporización, alcanzando temperaturas mucho más elevadas dentro de las cavidades de los hornos microondas. De ahí que los alimentos con un alto contenido de fracción acuosa y con bajo índice de aceite en su composición pocas ocasiones superan temperaturas superiores a las de ebullición del agua, que es de 100°C.

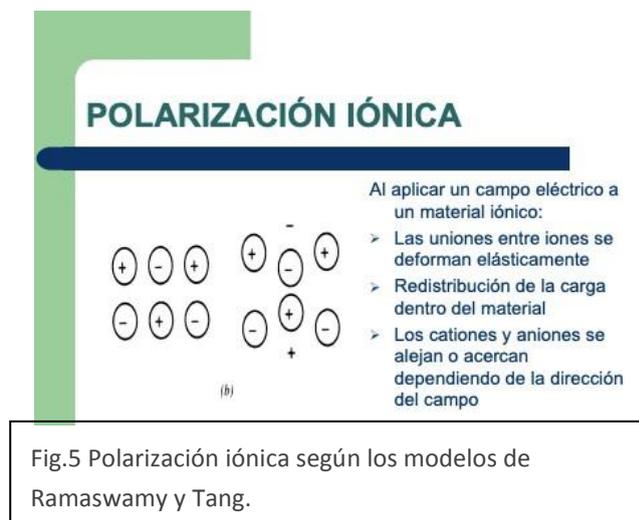
El calentamiento por microondas puede causar un exceso de calentamiento en algunos materiales con baja conductividad térmica, que también tienen constantes dieléctricas que aumentan con la temperatura. El aceleramiento térmico es más típico de líquidos eléctricamente conductores, tales como el agua salada.

### 3.6 Generalidades del calentamiento dieléctrico

El calentamiento eléctrico puede dividirse en calentamiento eléctrico directo e indirecto.

- **Directo:** la energía eléctrica se aplica directamente al alimento, conocido como calentamiento óhmico.
- **Indirecto o calentamiento dieléctrico (calentamiento por microondas o radiofrecuencia):** la energía eléctrica primero es convertida en radiación electromagnética, la cual genera calor dentro del producto (Marra et al., 2009; Vandivambal y Jayas, 2010).

Las microondas y las ondas de radiofrecuencia generan calor en materiales dieléctricos induciendo una vibración molecular como resultado de la rotación dipolar y/o por polarización iónica (Ramaswamy y Tang, 2008).



### 3.7 Diferencias entre el calentamiento por microondas y por ondas de radiofrecuencia

Una de las diferencias entre las microondas y las ondas de radiofrecuencia es la región del espectro electromagnético en la que se encuentran.

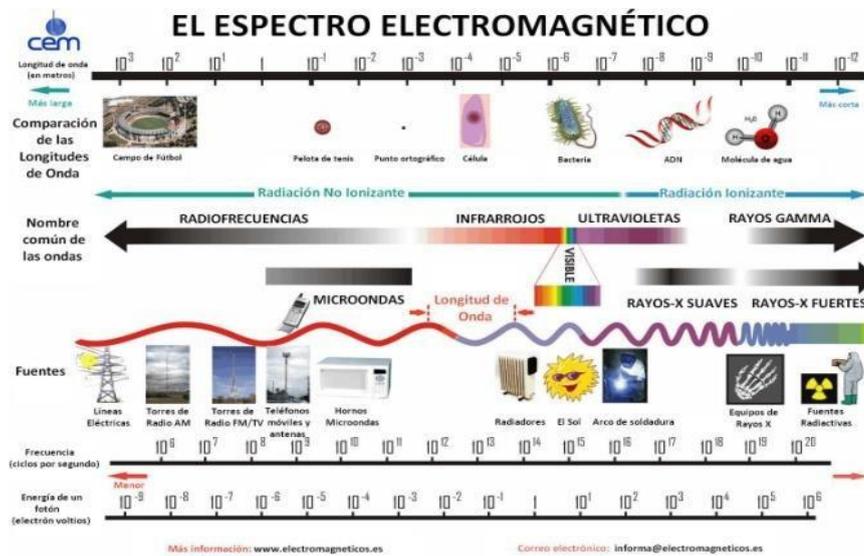


Fig.6 Espectro electromagnético según Maxwell.

Rango de frecuencia en el espectro	
<b>Microondas</b>	300 a 300,000 M
<b>Radiofrecuencia</b>	0,003 a 300 MHz

Tabla 1. Rango de frecuencia en el espectro. Fuente: Elaboración propia.

La radiofrecuencia tiene ciertas frecuencias ( $13.56 \pm 0.00678$ ,  $27.12 \pm 0.16272$  y  $40.68 \pm 0.02034$  MHz) que son permitidas sólo en aplicaciones industriales, científicas y médicas (Marra et al., 2009). Las frecuencias permitidas para electrodomésticos microondas son 915 MHz y 2450 MHz (Venkatesh y Raghavan, 2004).

En el caso de las longitudes de onda también difieren entre ellas, ya que la ondas de radiofrecuencia tienen una frecuencia más larga (ej. 11m a 27.7 MHz en el aire) que las microondas (ej. 0.12 m a 2450 MHz) (Marra et al., 2009), dato que nos informa que las ondas de radiofrecuencia penetran más en los cuerpos a los que se exponen que las ondas microondas (ChowTing Chan et al., 2004).

Hay diferencias en la propagación y creación del calentamiento (Fig. 7). En el calentamiento por microondas, existen tubos especiales oscilatorios conocidos como magnetrones que emiten las ondas microondas, las cuales son transferidas por una guía de ondas al interior de una caja o cavidad, donde se coloca el material para ser calentado. Debido a la posición del magnetrón y la intensidad de las ondas se mejora la uniformidad del campo electromagnético que rodea al alimento utilizando bandejas o platos giratorios.

En cambio, en el calentamiento por radiofrecuencia, la energía es generada a partir de una válvula tríodo y es aplicada a través de dos electrodos, los cuales están situados paralelamente, uno de ellos conectado directamente a tierra. El material a ser calentado se coloca entre los dos electrodos, creando un campo alrededor del objeto que cubre toda la superficie tanto perimetral, como en el propio diámetro pero sin estar en contacto directo con estas dos piezas (Marra et al., 2009).

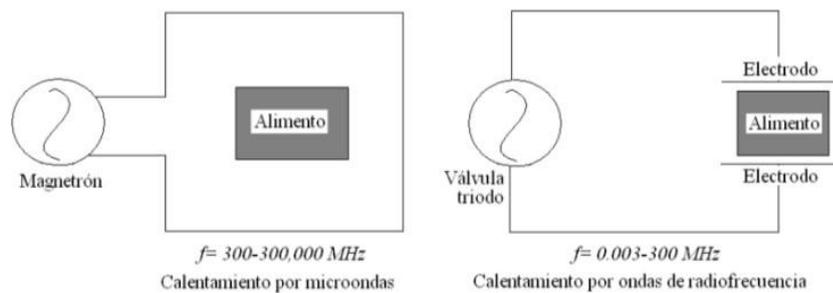


Fig. 7 Arreglo esquemático del calentamiento dieléctrico. Adaptado de Marra et al. (2009).

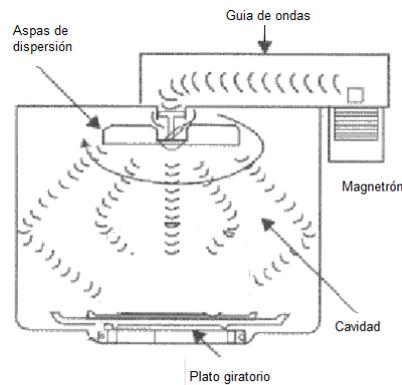


Fig. 8 Representación gráfica de la generación y distribución de microondas en un horno doméstico (Adaptada de Bastianet al., 2001).

### 3.8 Qué aceites funcionan mejor en un microondas

Un estudio llevado a cabo en las universidades de Jaén y Almería, en colaboración con la universidad de Al Jouf de Arabia Saudí, han demostrado que los aceites con alto contenido en carotenoides o enriquecidos con este potente antioxidante, presente en hortalizas como las zanahorias, los grelos o el repollo, entre otros, son los más estables a la degradación térmica que sufren los aceites en el microondas frente a otros tipos.

El estudio también dota de este poder a dos aceites que en su formato sin enriquecer también son en gran medida resistentes a la degradación térmica, se trata del aceite de oliva y el aceite de palma.

El experimento apunta a que ciertas variedades de oliva tienen menos degradación química debido a su composición química, por ejemplo el aceite obtenido de la variedad Nabali resiste algo mejor las ondas electromagnéticas que la variedad Picual. El estudio todavía no ha ampliado a observar la degradación de más variedades de olivas, aunque apunta que las diferencias no son altamente remarcables.

La aplicación de esta premisa la aplicaremos al proyecto usando el aceite de oliva en la elaboración del producto porque Maheso no utiliza el aceite de palma, ya que es un punto de su filosofía como empresa.

Por otra parte los aceites enriquecidos con carotenos tienen un coste muy elevado y de difícil obtención a gran escala porque su uso es mayoritariamente en productos farmacéuticos o en formato de suplementos alimenticios, ya que estos tienen amplios beneficios para la piel, los ojos y problemas cardiovasculares.

Aunque el aceite de oliva también tiene un coste elevado, este tiene una gran aceptación entre los consumidores ya que es visto como el aceite que tiene más beneficios sobre la salud.

### 3.9 Ventajas y desventajas de la cocción por microondas

En los apartados anteriores se ha descrito cómo funciona esta tecnología. Seguidamente enumeraremos sus ventajas y desventajas.

Ventajas:

- ✓ **Rápido y efectivo:** en poco tiempo podemos obtener grandes resultados, sobretodo en descongelación, dado que es el método que más rápido descongela, dando un ahorro de tiempo y energía.
- ✓ **Multifunción:** se pueden hacer multitud de elaboraciones si se siguen correctamente recetas hechas para este electrodoméstico. Por ejemplo: con función grill podemos gratinar platos y cocer alimentos como pizza. Otros programas y utensilios de cocina permiten cocinar incluso al vapor.



Fig. 9. Recipiente para cocinar al vapor dentro del microondas.

- ✓ **Fácil mantenimiento:** Si hacemos un buen uso del electrodoméstico, este puede tener una vida útil larga. Solo precisa ser limpiado de forma suave y sin el uso de productos específicos o muy químicos, ya que del contrario podríamos provocar una contaminación química en los futuros platos que cocinemos en él.
- ✓ **Seguro y fácil de usar:** siempre que usemos recipientes aptos para microondas, hagamos caso de las instrucciones y respetemos los tiempos de cocción de cada alimento que vienen en recetas y en instrucciones del propio aparato no habrá peligro para la seguridad. Solo hay que tener cuidado al recoger el recipiente de dentro el microondas si este ha estado durante un largo tiempo dentro de él, ya que nos podríamos quemar.

A pesar de la mala fama que tenía al principio de su comercialización, puesto que este electrodoméstico se vio rodeado de muchos falsos mitos que lo acusaban, entre otras falsedades, de irradiar de forma dañina la comida, poco a poco se fue demostrando que esta y otras premisas no eran más que leyendas urbanas, y se perdió gradualmente el miedo a su uso.

- ✓ **Ahorro:** otras tecnologías y métodos de cocción más tradicionales utilizan gas butano, producto más caro y peligroso que la electricidad utilizada en el

microondas. Además, comparado con la fritura, no se utiliza tanto aceite, por lo que es más saludable.

### Desventajas:

- × **Alta capacidad para desnaturalizar proteínas:** las ondas del microondas hacen que las proteínas pierden su estructura tridimensional, aunque sigan manteniendo los mismos aminoácidos que antes del proceso. Como consecuencia tenemos cambios negativos en la textura y color final del producto.

Asimismo los aminoácidos sufren una isomerización cambiando de L- a D-, haciendo que pierda cierto valor nutricional, siempre que se sobrepase la temperatura aplicada en el producto o este sea muy irregular. Este mismo proceso ocurre en el estómago del consumidor y por lo tanto no tiene ningún efecto negativo sobre la salud.

- × **No reacciona igual ante todos los alimentos:** para usar debidamente esta tecnología debemos conocerla y estar informados sobre qué productos se benefician de ella y a qué temperatura y tiempo límite podemos ponerlas. Hace que ciertos productos como carnes o frutas pierdan valor nutricional o que el resultado final no sea organolépticamente correcto para el consumidor.

Aun así, este problema ocurre también con otras tecnologías de cocción tradicionales en las que si sobrepasamos los tiempos y temperaturas de cocción obtendremos malos resultados.

- × **No se pueden usar algunos materiales:** no podemos utilizar envases hechos de materiales metalizados, ya que su estructura se calienta rápidamente y puede producir chispas, inutilizando el magnetrón o incluso originar un fuego en su interior, aunque solo en casos extremos. Si utilizamos envases desechables de aluminio no surgirá este efecto, solo se calentará proporcionando calor al alimento que esté en contacto.

Tampoco es indicado el uso de recipientes plásticos, porque producen Bisfenol A, un tóxico que puede acarrear problemas neurológicos si su consumo es prolongado.

- × **Calienta de forma superficial:** si queremos calentar una pieza de gran volumen veremos que se cocina mucho más la superficie y pierde mucha intensidad de

cocción pasados los 5 cm dependiendo, claro, de la potencia que usemos. Para resolverlo deberemos dividir el alimento en trozos más pequeños y disponerlos sin que se toquen en el recipiente que usemos.

Además, si calentamos un líquido deberemos mezclarlo y volverlo a poner en el microondas para obtener un buen resultado final. Tampoco obtendremos buenos resultados si el producto tiene forma irregular.

#### 4. Antecedentes de productos y tecnologías similares existentes

Si buscamos en el mercado retail productos congelados con instrucciones para ser regenerados en microondas encontramos, de la propia empresa Maheso, para la cual hacemos este proyecto, unos nuggets de pollo.



Fig. 10. Nuggets para microondas de Maheso.

La empresa Pescanova, otro gigante del sector, ofrece dos productos congelados para regenerar en microondas: merluza rebozada al huevo y anillos a la romana. Otro producto muy similar son muslitos de mar sabor a cangrejo de la marca Frudesa, una filial de Findus desde el 2011.

Todos los productos mencionados poseen la ventaja de tener un interior sólido hecho con un solo ingrediente que responderá de igual forma a las ondas. Por lo contrario, las croquetas tienen un interior semilíquido y están compuestas de distintos ingredientes, cada uno con temperaturas y tiempos óptimos diferentes.

Otras marcas como Bofrost y La Sirena ofrecen platos y elaboraciones preparadas para regenerar en microondas, pero estos no son empanados, sino mayormente gratinados o con salsa, de modo que no podemos usarlos como referente para este caso.

En cuanto a la tecnología, si el microondas del consumidor llega a los Watts necesarios para regenerar el producto, este puede ser utilizado para nuestros productos.

Cabe destacar que la marca estadounidense Whirlpool, ha sacado al mercado un avance tecnológico en cuanto a microondas se refiere. Se trata de su función y plato 'crisp'; esta tecnología hace que la energía liberada por el magnetrón llegue al plato, es decir, permite calentar e incluso tostar la parte inferior de las elaboraciones que cocinemos en él. Usando esta función se pueden hacer de mejor forma recetas como tortillas, patatas e incluso pizzas.

La marca de electrodomésticos LG también ha mejorado sus microondas con su tecnología 'Smart Inverter', la cual proporciona la energía en forma de ondas de forma continua y no a intervalos, haciendo que no se produzcan picos de electricidad, y la cocción sea más uniforme que en otros aparatos. También tiene un grill que funciona con carbón vegetal, aumentando la calidad final organoléptica, ya que penetra de forma más rápida en la carne.

Si el usuario que comprase nuestro producto tuviese uno de los microondas anteriormente nombrados, que rondan los ciento-cincuenta euros de precio, obtendría mejor resultado final que otro usuario con un microondas sin esta función.

## 5. Envasado y conservación del producto

Para elegir el tipo de envase que más conviene al producto que estamos desarrollando, lo fundamental es tener claro que debe cumplir con la legislación europea vigente. Para ello, es importante tener claro el marco legal en referencia a los envases alimentarios.

Puesto que las necesidades del producto demandan un envase impermeable, resistente a la temperatura y económicamente competitivo, el material que más se ajusta a nuestras necesidades es el plástico, por sus propiedades físicas y su reducido coste.

### 5.1 Marco legal

En relación al uso de plásticos como envases alimentarios hay distintos reglamentos comunitarios que delimitan y definen sus aplicaciones:

- Reglamento (CE) 282/2008, de 27 de marzo de 2008, de la Comisión, sobre los materiales y objetos de plástico reciclado destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 2023/2006.
- Reglamento (UE) 10/2011 de la Comisión, de 14 de enero de 2011, sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos.
- Modificado por: Reglamento (UE) 2016/1416 de la Comisión, de 24 de agosto de 2016, que modifica y corrige el Reglamento (UE) n.º 10/2011 sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos (las disposiciones relativas a los límites de migración específica del aluminio y del cinc que figuran en el punto 2, letra a), del anexo y la asignación de simulantes alimentarios del punto 3, letra c), del anexo, se aplicarán a partir del 14 de septiembre de 2018).
- Reglamento (UE) 284/2011 de la Comisión, de 22 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones específicas y procedimientos detallados para la importación de artículos plásticos de poliamida y melamina para la cocina originarios o procedentes de la República Popular China y de la Región Administrativa Especial de Hong-Kong, China.

### 5.1.1 Disposiciones nacionales

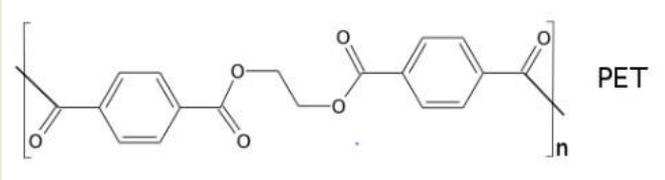
- Real Decreto 846/2011, de 17 de junio, por el que se establecen las condiciones que deben cumplir las materias primas a base de materiales poliméricos reciclados para su utilización en materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.
- Modificado por: Real Decreto 517/2013, de 5 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 846/2011, de 17 de junio, por el que se establecen las condiciones que deben cumplir las materias primas a base de materiales poliméricos reciclados para su utilización en materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.
- Modificado por: Real Decreto 1025/2015, de 13 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 846/2011, de 17 de junio, por el que se establecen las condiciones que deben cumplir las materias primas a base de materiales poliméricos reciclados para su utilización en materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.

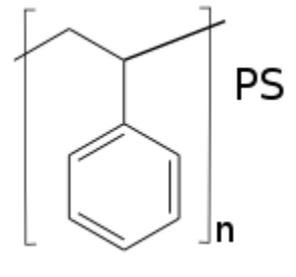
## 5.2 Comparación de materiales plásticos

Entendemos por plástico los materiales constituidos por una variedad de compuestos orgánicos, sintéticos o semisintéticos que destacan por su maleabilidad, propiedad que les confiere un gran número de aplicaciones.

Normalmente se sintetizan a partir de derivados químicos del petróleo, pero también existen plásticos derivados de ácido poliláctico, almidones y de origen bacteriano.

Los principales polímeros usados en la industria alimentaria son:

<b>Nombre:</b>	<b>PET Polietileno Tereftalato</b>
<b>Definición:</b>	Se trata de un polímero termoplástico lineal, que destaca por un alto grado de cristalinidad.
<b>Características:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Alta resistencia al desgaste y a la corrosión</li><li>✓ Buen coeficiente de fricción</li><li>✓ Alta resistencia química y térmica</li><li>✓ Impermeable</li><li>✓ Reciclable</li></ul>
<b>Formulación química:</b>	 <p>The image shows the chemical structure of the repeating unit of Polyethylene Terephthalate (PET). It consists of two benzene rings connected by ester groups (-COO-), with a central ethylene group (-CH2-CH2-) between them. The structure is enclosed in brackets with a subscript 'n' to indicate it is a polymer. The label 'PET' is placed to the right of the structure.</p>
<b>Tabla 2. Definición, características y formulación química del PET. Fuente: Elaboración propia.</b>	

<b>Nombre:</b>	<b>PS Poliestireno</b>
<b>Definición:</b>	Es un polímero termoplástico lineal, utilizado ampliamente como embalaje alimentario.
<b>Características:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reciclable</li> <li>✓ Protección y aislamiento térmico</li> <li>✓ Ligereza</li> <li>✓ Facilidad de conformado</li> </ul>
<b>Formulación química:</b>	
<p>Tabla 3. Definición, características y formulación química del PS. Fuente: Elaboración propia.</p>	

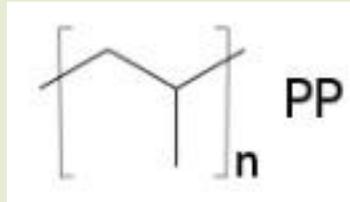
<b>Nombre:</b>	<b>PP Polipropileno</b>
<b>Definición:</b>	Es un polímero termoplástico lineal parcialmente cristalino muy usado en embalaje.
<b>Características:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Coste reducido</li> <li>✓ Versatilidad</li> <li>✓ Ligereza</li> <li>✓ Barrera de humedad</li> </ul>

✓ Resistencia a la rotura

✓ Transparencia

✓ Resistencia térmica

**Formulación  
química:**



**Tabla 4. Definición, características y formulación química del PP. Fuente: Elaboración propia.**

### 5.3 Elección del envase

Para poder elegir qué tipo de envase y material se ajusta a nuestras necesidades, debemos tener en cuenta dos factores importantes. Debe ser un envase rígido para no dañar el producto, y termoresistente, ya que este debe regenerarse en el microondas.

Partiendo de estas dos premisas básicas, el material que más se ajusta a nuestras necesidades es el Polipropileno (PP), y el formato de envase más adecuado para mantener el producto en buen estado es la barqueta termosellable. Por lo tanto, el envase del producto se realizará en barquetas termosellables de Polipropileno (PP).

Por supuesto, esta elección es solo un supuesto teórico, el envase final será elegido por Maheso, quien finalmente lo va a fabricar y distribuir.

## 6. La importancia del empanado

El empanado o rebozado es un elemento clave en la elaboración de una croqueta, ya que si este se quiebra por la presión del agua en forma de vapor al ser sus partículas excitadas por las microondas, el resultado no será óptimo para ser vendido ya que causaría desagrado entre los consumidores.

## 6.1 Diferencias entre el rebozado y el empanado

Si buscamos y definimos el concepto empanar, obtenemos que es una técnica culinaria en la que el producto base se recubre con: harina, huevo y pan rallado en este orden. Mientras que rebozar consiste en recubrir el producto con huevo y harina. Si comparamos los dos conceptos obtenemos que la diferencia recae en el uso de pan rallado.

La receta de las croquetas se usa pan rallado para su cobertura, por ello las croquetas son un producto empanado y no rebozado y en este proyecto deberemos investigar cómo realizar un empanado idóneo, que quede crujiente y no se quiebre.

Dado que el experimento se va a efectuar con visión de poder desarrollarlo en la industria alimentaria a gran escala, hay algunos factores que debemos tener en cuenta basándonos en las definiciones antes citadas.

## 6.2 Tipos de productos para rebozados

El rebozado industrial es un proceso complejo y técnico que requiere de un importante abanico de ingredientes y aditivos.

El empanado consiste en recubrir el alimento con pan rallado. Existe una gran variedad de productos panificados en función de su granulometría, color y composición de ingredientes.

La acción de cubrir de harina o enharinar es la primera capa que se le da al alimento para que las capas posteriores se adhieran mejor, se eviten espacios sin cubrir, etc.

Para realizar el enharinado se utilizan:

- Harinas
- Almidones nativos
- Almidones modificados

El encolante es el sustituto del huevo en la industria alimentaria. Se consigue el mismo efecto adherente mediante almidones, hidrocoloides (goma guar, goma xantana, etc), etc., y mezclas entre ellos. Cuando el encolante se encuentra en la capa externa, se le llama rebozado.

La tempura es un frito a temperatura muy elevada durante poco tiempo. Llevan un impulsor como la mezcla de bicarbonato sódico con pirofosfato sódico, u otros ácidos (tartárico, cítrico...).

Finalmente, para los rebozados muy finos, conocidos como Clear-coating, se utilizan dextrinas, almidones modificados y almidones altos en amilosa.

### 6.3 Almidones modificados

Si se modifica la estructura nativa del almidón con métodos: químicos, físicos y enzimáticos, se obtiene un almidón modificado; también se incluye a esa definición a los almidones hidroxipropilados, de enlaces cruzados y acetilados. Estos almidones generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-descongelación.

Constituyen una familia, creciente, de productos más o menos sofisticados. El almidón modificado más simple es el pregelatinizado, aplicado a productos instantáneos en los que se desea una hidratación rápida.

Algunos de estos almidones modificados se consideran aditivos alimentarios, sin riesgos alimenticios e inocuos:

- E-1200 Polidextrosa
- E-1404 Almidón oxidado
- E-145 Fosfato de monoalmidón
- E-1412 Fosfato de dialmidón
- E-1413 Fosfato de dialmidón fosfatado
- E-1414 Fosfato de dialmidónacetilado

- E-1420 Almidón acetilado
- E-1422 Adipato de dialmidónacetilado
- E-1440 Hidroxipropil almidón
- E-1442 Fosfato de dialmidónhidroxipropilado
- E-1450 Octenilsuccinato sódico de almidón.

Los almidones modificados también pueden considerarse dentro en un grupo de productos alimenticios que se denomina PAI (Productos Alimentarios Intermedios), también conocidos como PIA (Productos Intermedios Agroindustriales) y no son más que aquellos productos comestibles, no necesariamente nutritivos, que no son materias primas básicas de los alimentos industrializados (carne, leche, fruta, huevos), ni se consumen directamente, sino que proceden de transformaciones de aquellas materias primas básicas a fin de adaptarlas mejor a la aplicación industrial, facilitando la elaboración industrial de los alimentos óptimos para el consumo.

El almidón constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos (French, 1984; Biliaderis, 1991).

Su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo. Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura y por sus propiedades espesantes y gelificantes.

Sin embargo, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso (temperatura, pH y presión) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, debido a la baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis. Las limitaciones anteriores se pueden superar modificando la estructura nativa por métodos químicos, físicos y enzimáticos (Fleche, 1985), dando como resultado un almidón modificado; se incluye a los almidones hidroxipropilados, de enlaces cruzados y acetilados (Van Der Bij, 1976). Estos almidones generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-deshielo (Agboola et al., 1991).

El almidón acetilado se obtiene por la esterificación de almidón nativo con anhídrido acético (Jarowenko, 1986) y el número de grupos acetilo incorporados en la molécula

depende de la concentración del reactivo, tiempo de reacción, pH, y la presencia de catalizador (Betancur-Ancona et al., 1997).

**Cuadro 1. Análisis químico proximal de almidón nativo y acetilado de malanga.**

**Table 1. Chemical analysis of proximal native and acetylated taro starch.**

Componente	Almidón nativo	Almidón acetilado
Humedad (%)	7.21 ± 0.86 <sup>a</sup>	2.4 ± 0.12 <sup>b</sup>
Cenizas (%)	1.57 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.61 ± 0.03 <sup>a</sup>
Lípidos (%)	0.79 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.65 ± 0.07 <sup>b</sup>
Proteínas (%)	7.29 ± 0.24 <sup>a</sup>	4.96 ± 0.05 <sup>b</sup>

Promedio de tres repeticiones ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

Fig. 11. Tabla comparativa entre almidones nativos y almidón acetilado de malanga.

En aplicaciones para alimentos, la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) sólo permite almidones con bajo grado de sustitución. Para extender la utilización del almidón en aplicaciones industriales, se están desarrollando almidones granulares solubles en agua fría (AGSAF). Éstos confieren propiedades funcionales importantes a muchos alimentos instantáneos, tales como una mayor viscosidad, textura suave y propiedades similares a las de los almidones pre y gelatinizados (Chen y Jane, 1994a).

Los AGSAF se pueden producir por un tratamiento del almidón en una solución acuosa de alcohol, con alta temperatura y presión (Eastman y Moore, 1984), mediante un proceso de secado por aspersión en un sistema de doble boquilla (Pitchon et al., 1981) y por un tratamiento alcohólico-alcalino (Chen y Jane, 1994a), el cual es eficaz con una gran variedad de almidones, resultando viscosidades más altas y una mejor estabilidad al congelamiento-deshielo (Chen y Jane, 1994b). El plátano (*Musa paradisiaca* L.) es una fuente alterna para obtener almidón (Kayisu et al., 1981; Lii et al., 1982) que es el componente principal del fruto inmaduro.

Bello-Pérez et al. (1999) aislaron el almidón de dos variedades de plátano y estudiaron la composición química y algunas de sus propiedades físico-químicas y funcionales. Sin embargo, son pocos los estudios relacionados con la modificación química de este biopolímero (Betancur-Ancona et al., 1997). Por tanto, el objetivo del presente estudio fue modificar el almidón del plátano usando acetilación y un tratamiento alcohólico-alcalino, y evaluar algunas de sus propiedades funcionales para sugerir su posible aplicación en alimentos.

Los almidones abundan en los alimentos amiláceos como son los cereales, de los que puede extraerse fácilmente y es la más barata de todas las sustancias con estas propiedades; el almidón más utilizado es el obtenido a partir del maíz.

Los almidones nativos se obtienen a partir de las fuentes de cereales (a partir de grano o subproductos) conservando la estructura nativa del almidón, su utilidad consiste en que regulan y estabilizan la textura y por sus propiedades gelificantes y espesantes.

Estos compuestos son una excelente materia prima, su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo.

Aproximadamente el 80 % del grano de cereales está compuesto por hidratos de carbono y dentro de ellos el almidón es el que en mayor proporción se encuentra.

<b>Cereal</b>	<b>Almidón</b>	<b>Celulosa</b>	<b>Hemicelulosa</b>	<b>b-glucanos</b>	<b>Pentosanas</b>	<b>Azúcares libres</b>
<b>Arroz elaborado</b>	85	1	2	0,1	0,9	0,4
<b>Avena entera</b>	-	-	-	4,6	3,2	1,3
<b>Cebada</b>	-	-	-	5,8	7,5	3,5
<b>Centeno</b>	-	-	-	2,4	6,4	7,1
<b>Maíz</b>	70	2	3	-	6,2	1,9
<b>Sorgo</b>	75	2,5	2,5	-	-	2

<b>Trigo</b>	60	2	5	0,8	4,9	2,3
Tabla 5. Composición en hidratos de carbono de los cereales. Fuente: Elaboración propia.						

De las partes anatómicas de los granos de cereales es el endospermo, el depósito por excelencia de almidón; sin embargo, de manera general, su distribución difiere en las partes del mismo. Por ejemplo, el endospermo periférico se caracteriza por tener unidades de almidón pequeñas, angulares y compactas mientras que en el endospermo vítreo los gránulos de almidón ocupan la mayoría del espacio celular y están rodeados y separados de la matriz proteica y tienen formas angulares. Por otra parte en el endospermo almidonoso que se encuentra encerrado por el vítreo las unidades de almidón son de mayor tamaño y menos angulares.



Fig. 12. Estructura del grano de maíz.

La proporción entre estos endospermos, determina la dureza y densidad del grano, y por ende, muchos factores que afectan el procesamiento, como el tiempo de cocción, la molienda seca y húmeda, el descorticado, etc.

El almidón se almacena en gránulos que se forman en los amiloplastos dentro de las células del endospermo, los que difieren en forma y tamaño en dependencia del cereal. En la mayoría de los cereales cada amiloplasto contiene un grano, sin embargo en el caso del arroz y la avena se encuentran muchos en cada uno de ellos.

Existen diferencias entre los gránulos de almidón de los distintos cereales en cuanto a tamaño y forma. En el trigo, la cebada y el centeno, existen gránulos de almidón de dos tamaños, unos grandes lenticulares y otros pequeños y esféricos.

La composición de estos gránulos es similar y únicamente hay que destacar la muy superior área superficial por unidad de masa de los pequeños. En tanto en el caso del

maíz y sorgo, los gránulos de almidón son muy parecidos, tanto en tamaño como en forma (entre la poliédrica de la zona exterior del maíz y la esférica de la parte interior). Los gránulos del mismo también son similares, aunque más pequeños. Por otro parte los gránulos individuales del almidón de arroz y avena, son parecidos, de forma poliédrica y se presentan en forma de granos compuestos. No obstante, estos granos compuestos son diferentes, los de avena son grandes y esféricos, y los de arroz, son más pequeños y poliédricos.

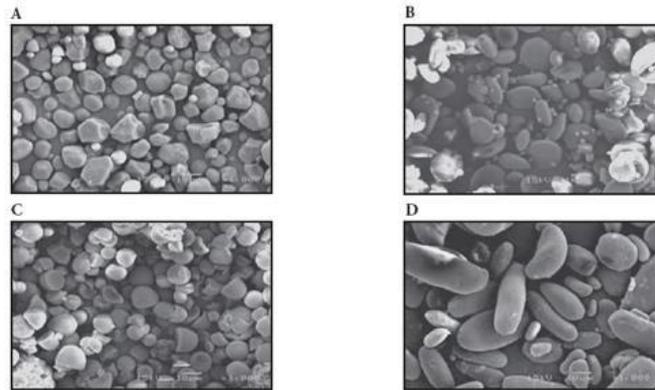


Fig. 13. Microscopia de barrido mostrando los diferentes tipos de almidones de (A) Maíz, (B) Cebada, (C) Mango y (D) Plátano.

La siguiente tabla muestra las características de los gránulos de almidón en cereales en cuanto a tamaño, y forma.

Cereal	Tamaño	Forma	Notas
<b>Trigo</b>	Grandes : 15-40 m	Lenticular	- Gránulos simples
	Pequeños : 1-40 m	Esférica	
<b>Centeno</b>	Grandes: 25-60 m	Lenticular	-Anillos concéntricos algunas veces perceptibles  -Hilo visible

	Pequeños : 2-5 m	Esférica	
<b>Avena</b>	Hasta 60 m	Lenticular	- Conteniendo hasta 80 gránulos individuales
<b>Maíz</b>	Gránulos simples: 2-5 m 2-30 m 2-30 m	Esférica Angular, poligonal Esférica	- Gránulos individuales - Endospermo duro Endospermo harinoso - No hay anillos concéntricos. Hilo estrellado.
<b>Arroz</b>	Entre 2-12 m	Angular	- Conteniendo hasta 150 gránulos individuales
Tabla 6. Características de los gránulos de almidón en cereales. Fuente: Elaboración propia.			

### 6.3.1 Formas de obtención de los almidones modificados

El origen de este tipo de almidones es fundamentalmente de origen agrario obteniéndolos de los cereales, que a su vez se obtienen las harinas a partir de las cuales se aíslan los almidones nativos que pueden ser convertidos en almidones modificados tras la aplicación de tratamientos como acidificaciones, oxidaciones, introducción de grupos químicos, tratamientos enzimáticos, etc.

Estas modificaciones permiten adecuar las propiedades a la finalidad tecnológica que se requiera, así por ejemplo tenemos que el uso de la:

- **Gelatinización:** permite obtener almidones que no requieren un posterior calentamiento para adquirir sus propiedades espesantes.

- **Hidrólisis:** acorta algunas cadenas del polisacárido obteniendo pastas que en caliente presentan poca viscosidad mientras que se logran texturas gomosas por los geles débiles que se forman en frío.
- **Eterificación:** reduce la temperatura de gelatinización así como la retrogradación.
- **Cross-linking:** permite obtener pastas de alta estabilidad ante el calentamiento, la agitación y el bajo pH. No presentan gelificación, ni retrogradación.
- **Oxidación:** disminuye la temperatura de gelatinización y la viscosidad. Se obtienen pastas fluidas y transparentes.

Estos almidones entrecruzados tiene como ventajas que dan geles mucho más viscosos a alta temperatura que el almidón normal y se comportan muy bien en medio ácido, resisten el calentamiento y forman geles que no son pegajosos, sin embargo tienen limitaciones como: no resisten la congelación ni el almacenamiento muy prolongado (años, por ejemplo, como puede suceder en el caso de una conserva) además que cuanto más entrecruzado sea el almidón, mayor cantidad hay que añadir para conseguir el mismo efecto, resultando por esta razón más caros.

Tienen aplicaciones muy amplias, por ejemplo, como espesantes-gelificantes (flanes, natillas, puddings, sopas); retención de agua (cárnicas); recubrimiento (confitería); sustitutos de grasa y gelatina, pastelería, etc.

Los almidones modificados pueden además ser utilizados en la fabricación de helados, conservas y salsas espesas del tipo de las utilizadas en la cocina china. En nuestro país, España, se limita el uso de los almidones modificados solamente en la elaboración de yogures y de conservas vegetales.

Por tratarse de un almidón precocinado, mejora las actividades bacterianas y enzimáticas naturales, acelerando tanto el proceso fermentativo como el secado en estufas. Esto significa menor tiempo de proceso, más rendimiento y mejor calidad.

Los almidones modificados se metabolizan de una forma semejante al almidón natural, rompiéndose en el aparato digestivo y formando azúcares más sencillos y finalmente glucosa, que es absorbida. Aportan por lo tanto a la dieta aproximadamente las mismas calorías que otro azúcar cualquiera.

Algunos de los restos modificados (su proporción es muy pequeña, como ya se ha indicado) no pueden asimilarse y son eliminados o utilizados por las bacterias intestinales.

### 6.3.2 Distribución y características de los gránulos de almidón en los cereales

#### **Maíz:**

Existen diversas variedades de maíz cada una presenta diferentes características, las más conocidas son:

- a) Blanco:** posee un endospermo flojo y harinoso, no contiene almidón córneo.
- b) Dentiforme:** es el más importante económicamente, posee almidón córneo en los lados del grano.
- c) Duro:** en el interior de su grano contiene sólo endospermo harinoso y los lados impostados por almidón córneo, por lo que adquiere cierta dureza y protección contra el secamiento.
- d) Waxy o palomino:** el endospermo en su casi totalidad es almidón córneo, con calor se revienta la cutícula de la semilla al gelificarse el almidón y se expansiona el endospermo hacia el exterior. Su mayor uso es para hacer Palomitas.
- e) Dulce:** sólo contiene amilopectina en su endospermo, pues por mutación en su ADN, no posee todos los enzimas de la síntesis del almidón total. Tiene un mayor contenido en grasa, proteínas y carbohidratos solubles que le dan el sabor dulce, se emplea ampliamente como verdura.

Según sus propiedades físicas y/o funcionales los maíces pueden ser clasificados en: blanco, azul y morado, dentado, cristalino, palomero, alto en amilasa, alto en lisina, alto en aceite, pazolero o cuzco, amarillo, ceroso; siendo los dos últimos los de mayor importancia en la obtención de almidón; así tenemos que el maíz amarillo es el más producido a nivel mundial, se caracteriza por contener alto contenido de pigmentos carotenoides en el endospermo y son los maíces preferidos por la industria refinadora de almidón, en tanto el maíz ceroso tiene bajo contenido de amilosa (0 – 5 %), con una apariencia del endospermo cerosa utilizados por la industria refinadora de almidón,

sus propiedades funcionales son contrastantes con el almidón procedente de endospermos normales 11.

El componente glusídico más abundante en el maíz también es el almidón. Sus gránulos son semejantes a los de avena, pero algo mayores y poligonales, con una fisura de forma de estrella en hilo. La conocida maicena es esencialmente almidón de maíz, ella posee gran utilidad en repostería y como mejorador del pan 11.

El maíz contiene además, dextrinas y de un 2 a un 4 % de sacarosa, que en el caso del maíz dulce puede sobrepasar el 6 %.

### **Trigo, centeno y cebada:**

La semilla del trigo consiste de tres partes: endosperma, aproximadamente el 83% de la semilla; salvado, alrededor del 14.5% y germen, alrededor del 2.5%.

La endosperma es la fuente de la harina blanca, contiene aproximadamente el 90% de almidón y proteína, el resto es humedad y pequeñas cantidades de grasa, ceniza y pentosanos.

La diferencia entre el trigo duro y suave reside en la endosperma, la parte interior almidonosa de la semilla. En las variedades de trigo suaves, los gránulos de almidón están unidos menos estrechamente a la matriz de la proteína que los trigos duros. Esto se debe aparentemente a la friabilina, pequeña proteína presente en el trigo suave.

El almidón es el principal carbohidrato del trigo y la harina. El almidón de trigo normal contiene 25% de amilosa (la molécula de almidón menor y linear) y 75% amilopectina (la molécula ramificada más grande). En presencia de exceso de agua, como en un amilógrafo, el almidón se gelatiniza a 65°C (159°F). En sistemas limitados de agua, incluyendo la mayoría de las formulaciones para horneado, la temperatura de gelatinización es de 5°C a 15°C (9°F a 27°F) más alta. En situaciones extremas de limitación de agua, tales como masa para galletas, la mayoría del almidón se granula, nunca se gelatiniza.

El trigo, el centeno (*Secale cereale*) y la cebada (*Hordeum vulgare*) tiene dos tipos de granos de almidón: los grandes lenticulares y los pequeños esféricos. En la cebada, los granos lenticulares se forman durante los primeros 15 días después de la polinización. Los pequeños gránulos, representando un total de 88% del número de granos, aparecen a los 18-30 días posteriores a la polinización.

### **Características de los almidones en algunos cereales:**

El almidón desde el punto de vista químico es un hidrato de carbono, que puede encontrarse no solo en los cereales sino en otros grupos de alimentos del reino vegetal.

El almidón es la mezcla de dos polisacáridos: la amilosa y la amilopectina. Ambos están formados por unidades de glucosa, en el caso de la amilosa unidas entre ellas por enlaces  $\alpha$  1-4 lo que da lugar a una cadena lineal y en el caso de la amilopectina, aparecen ramificaciones debidas a enlaces  $\alpha$  1-6.

En general, los almidones contienen entre el 20% y el 30% de amilosa, aunque existen excepciones. En el maíz céreo, llamado así por el aspecto del interior del grano, casi no existe amilosa, mientras que en las variedades amiláceas representa entre el 50% y el 70%.

Resumiendo la proporción amilasa/amilopectina en el grano más común es 25/75%, pero pueden ser encontradas un 50% amilopectina en variedades como la Cerosa o Waxy y por el contrario los Amiloliptidos que poseen alta proporción en amilosas.

En función de la proporción amilasa/amilopectina así serán las dos propiedades fundamentales que presentan: Absorción y retención de agua y Capacidad de formación de gel. Así mismo esta proporción determinará las propiedades funcionales de los almidones.

Los gránulos de almidón nativos son insolubles en agua fría. Cuando estos gránulos se calientan en agua, estos gelatinizan cuando se alcanza una determinada temperatura (según el tipo de almidón) absorbiendo agua y aumentando la viscosidad de la suspensión. Posteriormente a la temperatura de gelatinización, la viscosidad disminuye por la ruptura del gránulo y la solubilización de los componentes.

Al descender la temperatura, las cadenas de almidón interaccionan entre sí capturando el agua en su estructura en modo de geles. Tiempo después, la interacción entre las cadenas del polisacárido aumenta expulsando agua de la estructura dando lugar al fenómeno de retrogradación.

Las propiedades tecnológicas del almidón dependen mucho de su origen, y de la relación amilosa/amilopectina.

## 6.4 Almidones nativos

El almidón de maíz es un polisacárido natural obtenido de la molienda húmeda del grano referido.

El método de obtención del almidón de maíz es la molienda húmeda la cual es una técnica que permite separar algunas de las partes del grano en sus constituyentes químicos. Cuando se le realiza al maíz se obtienen almidones y otros productos (aceites, alimento para el ganado como piensos, harinas de gluten o tortas de germen y productos de la hidrólisis del almidón como la glucosa).

Las operaciones que tienen lugar en este método se describen a continuación:

- **Secado.** El maíz es un producto que una vez recolectado, suele tener niveles de humedad demasiado elevados, por lo que para su adecuado almacenamiento debe sufrir un proceso de desecación. Este secado se debe efectuar a temperaturas menores de 54 °C, ya que a temperaturas mayores se producen alteraciones en la proteína, que provocan el hinchamiento del grano en la maceración y una mayor tendencia de éste a retener el almidón. Por otra parte, si en el secado se superan los 54 °C, el germen se pondrá gomoso y tenderá a unirse en una suspensión de maíz sólido, cuando para su separación debe flotar en éste, con lo que el almidón retendrá un alto porcentaje de aceite.

El SO<sub>2</sub> se utiliza para detener el crecimiento de microorganismos que originarían putrefacción y para facilitar que el almidón se libere con más facilidad de la proteína.

- **Maceración.** Tras una limpieza del maíz, éste se sumerge en agua, con un contenido del 0,1 - 0,2 % de SO<sub>2</sub>, la temperatura se controla para que permanezca entre 48 - 52 °C, y se mantiene así durante 30 - 50 horas. A este proceso se le denomina maceración, y se realiza en una serie de depósitos a través de los cuales se bombea agua a contracorriente. Con este proceso el grano se ablanda, y conseguimos por tanto, favorecer la posterior separación de cáscara, germen y fibra.

El germen recuperado se lava y se elimina el almidón adherido para posteriormente ser escurrido en prensas y secado en secaderos rotatorios a vapor. Una vez seco el germen, se destina principalmente a la producción de aceite.

- **Separación del germen.** Una vez macerado el maíz, éste se debe triturar con agua, de forma grosera, en un molino de fricción.
- **Separación almidón - proteína.** Después de la separación del germen, el material restante se criba y las partículas más gruesas como cáscara y trozos de endospermo se vuelven a moler con rodillos de piedras, de puntas de acero o de impacto. Tras este proceso, la fibra tiende a permanecer en tamaños más grandes, por lo a fin de eliminarla, se criba el producto en tambores rotatorios, y una vez separada, se lava para eliminar el almidón adherido, tras lo cual se prensa y se deseca para su uso como alimento de ganado. Las fibras finas que interfieren en la posterior separación del almidón y la proteína, se deben eliminar en tambores de giro dotados de una fina tela de nylon.

Tras la separación de la fibra, el almidón y la proteína restantes se separan por medio de grandes centrifugadoras continuas, o bien con hidrociclones, ya que el almidón es más denso que la proteína. El gluten se somete posteriormente a centrifugación para eliminar el agua y después se deseca quedando un producto muy rico en proteína y muy valorado en alimentación animal.

El almidón, una vez separado, contiene todavía mucha proteína y debe ser purificado por medio de centrifugación o con hidrociclones, aunque más pequeños y en mayor número que los utilizados en el caso del germen; el almidón, así obtenido, se filtra y se seca a 5 - 12 % de humedad en hornos o túneles de secado, y todavía posteriormente, se suele secar hasta el 1 - 7%, según países mediante secado a vacío.

El siguiente esquema muestra de forma resumida el método anteriormente detallado:

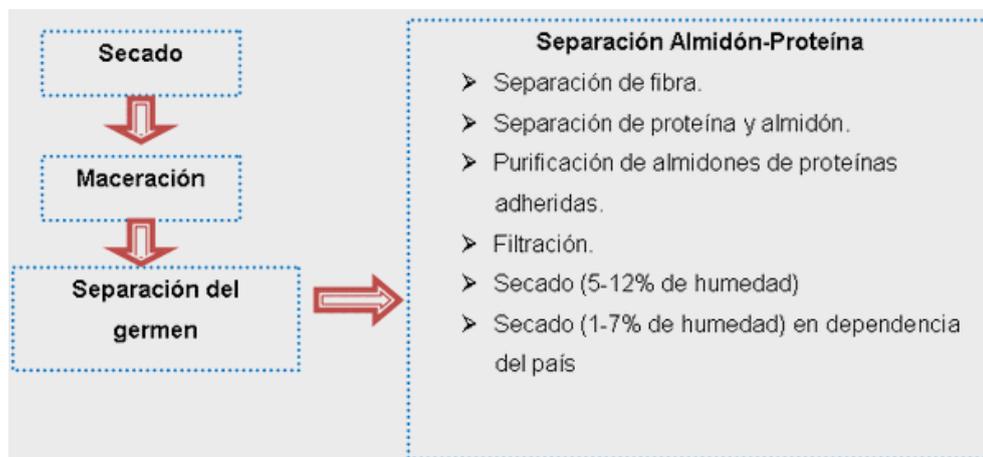


Fig. 14. Proceso de extracción de almidón de maíz.

Aunque la mayor producción de almidón proviene de la molturación del maíz, también existe una cantidad significativa de almidón que se extrae del trigo, sin embargo, éste se obtiene más como un subproducto de la obtención de gluten de trigo que por sus propiedades nutritivas o usos industriales.

En el caso del trigo, lo más frecuente es partir de harinas con bajo grado de extracción, en vez de partir del grano. Lo habitual es hacer una masa con harina y agua, con lo cual el gluten del trigo se hidratará y formará una masa muy cohesiva, que tenderá a unirse consigo mismo, permaneciendo en piezas grandes. Una vez formada la masa, se lava el gluten, y el almidón arrastrado por el agua se separa mediante cribas.

Otra forma de extracción consiste en amasar la mezcla bajo un chorro de agua con lo que el gluten se aglomera y el almidón es arrastrado por el agua, pudiendo elevar la pureza del gluten con sucesivos lavados. A este último proceso se le denomina sistema Martin.

El partir de harina en vez de trigo para la obtención de almidón, supone que en la molturación seca (proceso que se realiza en una fase anterior), parte de este almidón, habrá sido lesionado en la molienda y por tanto, será de peor calidad. Con este proceso se obtendrá, por tanto, una mayor proporción de almidón tipo B, de colas o escurrido, que es el compuesto por granos pequeños de almidón, pentosanas y granos lesionados y una menor proporción de almidón de tipo A, más apreciado, formado por grandes gránulos lenticulares y parte de los pequeños esféricos.

En la extracción de almidón a partir de trigo, no se utiliza SO<sub>2</sub>, ya que el agua por sí sola consigue ablandar las partículas de harina y permite la separación de proteína y almidón. Si se usara SO<sub>2</sub> se desnaturalizaría el gluten y éste perdería por tanto, la capacidad de formar una masa con la cualidad de retener gas.

## 6.5 Comparación entre almidón de maíz y de trigo

Existen diferencias en cuanto a la calidad del almidón obtenido a partir de maíz y el de trigo, así como también difieren los procesos de obtención. El siguiente cuadro muestra de manera resumida algunas de esas diferencias explicadas en los acápites anteriores.

<b>Aspectos comparativos</b>	<b>Almidón de maíz</b>	<b>Almidón de trigo</b>
<b>Materia prima</b>	Grano entero de maíz	Harina con bajo grado de extracción
<b>Utilización de SO<sub>2</sub> en el proceso de separación</b>	Se utiliza facilitando la separación del almidón-proteína	No se utiliza porque el agua permite ablandar las partículas de harina facilitando la separación proteína-almidón
<b>Calidad</b>	Mayor proporción de almidón tipo A (lenticular y pequeños esféricos)	Mayor proporción de almidón tipo B que es de menos calidad (pequeños y lesionados)

Tabla 7. Comparativa entre almidón de maíz y almidón de trigo. Fuente: Elaboración propia. Pág.

Los almidones nativos por sus propiedades pueden de ser utilizados en la alimentación.

## 6.6 Aplicaciones del almidón de maíz

En la siguiente tabla cual se muestra de manera resumida dos usos importantes del almidón de maíz así como los correspondientes beneficios:

<b>Usos</b>	<b>Beneficios</b>
<b>FABRICACIÓN DE CERVEZA</b>	Auxiliar en la reducción de Nitrógeno y contenido de fibras.

	<p>Mejorador de estabilidad.</p> <p>Disminuye la sensación de saciedad o pesadez.</p> <p>Cerveza mas clara y brillante.</p> <p>Aumento en la velocidad de filtración.</p>
<b>PRODUCTOS DE CONFITERÍA</b>	<p>Gelificante en la producción de gomas, natillas, cajetas, etc.</p> <p>Espesante de bajo costo en rellenos, jarabes, etc.</p> <p>Agente de moldeo en artículos depositados.</p> <p>Antiadherente en productos suaves tipo malvaviscos</p>
<b>ESPESANTE</b>	<p>Por su capacidad de hinchamiento en solución, el almidón de maíz es un espesante de bajo costo utilizado en productos alimenticios, gomas y adhesivos.</p>
<b>VEHÍCULO</b>	<p>Su compatibilidad con ingredientes diversos lo hacen un excelente vehículo o extensor de diversos productos alimenticios, industriales y farmacéuticos.</p>
<b>GELIFICANTE</b>	<p>Las cualidades de retrogradación de los almidones, permiten usarlos como gelificantes en diversos productos,</p>

<b>SUSTRATO DE FERMENTACIÓN</b>	principalmente del sector alimenticio.  Su alta pureza, permite a los almidones una gran funcionalidad como fuente de carbohidratos fermentables.
<b>AGENTE DE ACABADO</b>	La propiedad de formar películas resistentes y lisas, es aprovechada para dar acabado en superficies en diferentes tipos de industrias.
<b>AGLUTINANTE</b>	La capacidad de formar pastas viscosas, permite al almidón de maíz la posibilidad de uso como ligante o aglutinante de una amplia gama de ingredientes.
<b>CONTROL DE TEXTURA</b>	Tanto crudo como en dispersión, el almidón de maíz funciona como un eficaz medio para el control de la consistencia de diversos productos.
<b>AGENTE DE MOLDEO</b>	El almidón crudo tiene la capacidad de retener formas estampadas sobre su superficie, cualidad importante en la industria alimentaria principalmente.

Tabla 8. Usos y beneficios del almidón de maíz. Fuente: Elaboración propia.

El almidón actúa muy bien como espesante en condiciones normales, pero tiene tendencia a perder líquido cuando el alimento se congela y se descongela. Algunos derivados del almidón tienen mejores propiedades y se utilizan con valores nutricionales semejantes y aportando casi las mismas calorías.

La utilización del almidón como componente alimentario se basa además de sus propiedades funcionales en sus propiedades de interacción con el agua, especialmente en la capacidad de formación de geles. Sin embargo, el almidón tal como se encuentra

en la naturaleza no se comporta bien en todas las situaciones que pueden presentarse en los procesos de fabricación de alimentos. Concretamente presenta problemas en alimentos ácidos o cuando éstos deben calentarse o congelarse, inconvenientes que pueden obviarse en cierto grado modificándolo químicamente.

La estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso (temperatura, pH y presión) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, debido a la baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis.

## 7. Elección y justificación de las distintas partes de las elaboraciones

Para realizar los productos y como parte del proceso creativo realizamos unas tablas con productos para escoger entre ellos cuales serían los que mejor funcionarían para nuestra elaboración, buscando cuales regeneran mejor en microondas. Dicha elaboración estaba dividida en tres subapartados: relleno, encolante y empanado.

Para nuestro rebozado hemos elegido un producto que nos ha proporcionado la casa Maheso encolante HA-SJ/2 como sustituto del huevo que es la parte que marca la definición de rebozado.

Para la fracción de harina o de hidrato de carbono que le daría ese toque crujiente a la elaboración si la hiciéramos en fritura por inmersión. Hemos elegido el Panko por tener menos humedad que el resto de aislantes como el pan rallado o la harina, ya que la absorción de agua después de la ultracongelación sería un inconveniente para la textura crujiente. Así que decidimos adelantar procesos tostando el panko para el posterior rebozado en una sartén con aceite para evitar al máximo la humedad interna del producto aislante dándole esa textura crujiente que el microondas no es capaz por el tipo de cocción que genera.

Finalmente decidimos hacer dos croquetas, porque son elaboraciones muy aceptadas en el mercado y fáciles de vender; además, al tener un centro semilíquido suponían un reto superior.

Si las pruebas de cocción hubiesen sido negativas hubiésemos cambiado la croqueta por un San Jacobo, que tiene el centro sólido y una forma más regular y, por lo tanto, más fácil de cocer. También se decidió hacer dos croquetas con rellenos distintos para comprobar que el resultado positivo no fuese fruto de la casualidad y realmente hubiéramos encontrado las claves para regenerar correctamente en microondas.

Las recetas son originales y hechas a partir de un proceso creativo en el que ha prevalecido la calidad gustativa usando combinaciones simples pero efectivas y el uso de productos que no son los más usados, como podrían ser unas croquetas de cocido o jamón.

Las dos opciones son aptas para vegetarianos pero no para veganos al contener leche. Dadas las tendencias actuales de hábitos, hemos creído que sería una buena apuesta en este mercado que cada vez tiende a abrirse más para hacer productos aptos para este tipo de dietas.

Los dos productos tienen lactosa y gluten como alérgenos, Maheso tiene productos sin gluten pero como no era una premisa necesaria en este proyecto optamos por no utilizar productos sin lactosa ni gluten, que por otra parte nos hubiesen encarecido el precio final del producto.

## 7.1 Tipos de roux

En la anterior elaboración hemos utilizado roux, de modo que a continuación analizaremos esta importante parte de la croqueta tradicional, que forma parte del relleno.

Un roux es una mezcla entre harina y una grasa que se utiliza como base para espesar algunas preparaciones y como base de muchas sopas o salsas, como la bechamel, la velouté o la salsa española. La grasa que se añade al roux suele ser mantequilla, aunque también se puede realizar con aceite de oliva o manteca. Es más común utilizar harina de trigo, pero puede realizarse con harina de maíz igualmente. Ambos ingredientes se mezclan en la misma proporción. El roux se cocina a fuego lento y suave. Es necesario removerlo constantemente con: cuchara, espátula o varillas, para evitar la formación de grumos y conseguir un cocinado más uniforme.

Existen diferentes tipos de roux, los cuales dependen del tiempo de cocinado de sus ingredientes. Cada uno tiene una aplicación en cocina y presentan tonalidades u sabores ligeramente distintos.

- **Roux blanco:** La mezcla de harina y grasa se cocina lo justo para evitar que empiece a adquirir color. Serán suficientes unos dos o tres minutos, dependiendo de la cantidad que vayamos a hacer. Sirve como base para algunas salsas ligeras y para ligar fondos de cocción. Tiene un sabor muy suave.

- **Roux dorado:** También llamado rubio o amarillo. Para realizar este tipo de roux la mezcla entre harina y grasa se cocinan un promedio de cinco minutos, hasta que adquiera un ligero tono dorado. Su sabor también será más tostado e intenso que la anterior preparación. El roux dorado es la base de la famosa bechamel y otras salsas similares.

- **Roux moreno o tostado:** Finalmente nos encontramos en el roux moreno o tostado, que ofrece un tono más intenso y un sabor que recuerda al de la avellana. Esto es gracias a la cocción de la mantequilla, que cuando se cocina por lo menos ocho minutos adquiere aromas a fruto seco y un color pardo. Es importante vigilar el punto de cocción e ir removiendo bien la preparación, pues así evitaremos que se nos queme y obtendremos un tostado más uniforme. El roux moreno se utiliza principalmente para espesar salsas de sabor más intenso, como las que acompañan a las carnes, por ejemplo.

## 7.2 Sinéresis

En química significa: separación de las fases que componen una suspensión o mezcla. Es la extracción o expulsión de un líquido de un gel, por lo que el gel pasa de ser una sustancia homogénea a una segregación de componentes sólidos separados y contenidos en la fase líquida.

Por ejemplo: la separación del suero sanguíneo de la sangre coagulada, así como la separación en suero y cuajada a partir de la leche cortada ilustran este proceso. (Kunitz, M. 1928).

La bechamel puede sufrir sinéresis, por lo que usualmente se le agregan estabilizantes o gelificantes para prevenir este fenómeno. Si eso ocurriese la fase acuosa o suero podrían empapar el panko provocando un mal resultado. Por eso, en la segunda receta de croqueta con garbanzos al curry no usamos bechamel. Así evitamos la sinéresis y prevenimos que el agua del relleno se transforme en vapor y rompa el empanado.

## 8. Fichas técnicas de las elaboraciones

## 8.1 Croqueta de queso Idiazabal

Ficha técnica croqueta de queso Idiazabal			
<b>Ingredientes:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Queso Idiazabal: 0,100 Kg</li> <li>- Leche entera: 1,0 Kg</li> <li>- Harina de trigo: 0,100 Kg</li> <li>- Mantequilla: 0,060 Kg</li> <li>- Sal: 0,010 Kg</li> <li>- Encolante Maheso: 0,100 Kg</li> <li>- Agua: 0,425 Kg</li> <li>- Panko tostado: 0,005 Kg</li> <li>- Aceite de oliva: 0,005 Kg</li> </ul>			
nº	Explicación	Tiempo medio (')	Temperatura (°C)
1	En un cazo poner 60 gramos de mantequilla y 60 gramos de harina para elaborar el roux.	5'	50°C
2	Una vez esté ligeramente tostada la elaboración anterior se le añade la leche entera, por su cantidad de grasa y la sal. Se cocina, antes de que llegue al hervor, momento que espesa la elaboración.	20'	75°C
3	Bajamos el fuego y agregamos el queso previamente rallado, para que se integre mejor y removemos a baja temperatura hasta tener una masa homogénea sin presencia de grumos.	7'	50°C
4	Ponemos la masa en una gastronom, estirándola y la enfriamos en una nevera para que se pueda manipular mejor.	45'	2°C
5	Extrusionamos tiras de masa y boleamos porciones de	30'	Ambiente

	20gr de masa. Reservamos en otra gastronorm.		14°C
6	Congelar un mínimo de cuatro horas.	240'	-20°C
7	Mezclar el encolante con el agua y batir hasta que quede homogéneo.	4'	Ambiente 23°C
8	Sacamos las porciones del congelador, las pasamos por la mezcla de encolante y luego por el panko tostado. Reservamos de nuevo.	45'	Ambiente 14°C
9	Congelar.	30'	-20°C
10	Pulverizar aceite.	3'	Ambiente 14°C
11	Congelar.	30'	-20°C
12	Girar las croquetas y pulverizar aceite de nuevo.	5'	Ambiente 14°C
13	Congelar hasta que queramos cocinar la elaboración, dejando reposar mínimo una hora más.	60'	-20°C
Tabla 9. Ficha técnica croqueta de queso Idiazabal. Fuente: Elaboración propia.			

## 8.2 Croqueta de garbanzos al curry

<b>Ficha técnica croqueta de garbanzos al curry</b>	
<b>Ingredientes:</b>	
- Garbanzo escurrido: 0,400 Kg	- Curry: 0,005 Kg

- Aceite de oliva (masa): 0,050 Kg  
 - Agua: 0,425 Kg  
 - Aceite de oliva: 0,005 Kg

- Encolante Maheso: 0,100 Kg  
 - Panko tostado: 0,005 Kg

nº	Explicación	Tiempo medio (')	Temperatura (°C)
1	Trituramos los garbanzos con: el aceite, el curry y la sal; hasta obtener una masa homogénea.	6'	Ambiente 14°C
2	Ponemos la masa en una gastronom, estirándola y la enfriamos en una nevera para que se pueda manipular mejor.	45'	2°C
3	Extrusionamos tiras de masa y boleamos porciones de 20 gramos. Reservamos en otra gastronom.	30'	Ambiente 14°C
4	Congelar un mínimo de cuatro horas.	240'	-20°C
5	Mezclar el encolante con el agua y batir hasta que quede homogéneo.	4'	Ambiente 14°C
6	Sacamos las porciones del congelador, las pasamos por la mezcla de encolante y luego por el panko tostado. Reservamos de nuevo.	45'	Ambiente 14°C
7	Congelar.	30'	-20°C
8	Pulverizar aceite.	3'	Ambiente 14°C
9	Congelar.	30'	-20°C
10	Girar las croquetas y pulverizar aceite de nuevo.	5'	Ambiente

			14°C
11	Congelar hasta que queramos cocinar la elaboración, dejando reposar mínimo una hora más.	60'	-20°C
Tabla 10. Ficha técnica croqueta de garbanzos al curry. Fuente: Elaboración propia.			



Fig. 15. Extrusión de las masas de croquetas durante su elaboración.

## 9. Análisis de los costes del producto final

Antes de realizar las pruebas de cocción correspondientes debemos calcular el coste de cada producto desarrollado anteriormente. Ya que si su coste por unidad fuese por ejemplo de un euro o más, deberíamos replantear la fórmula, porque una de las premisas es que el proyecto tiene que ser económicamente viable. Y no podemos presentar un producto que no dará beneficios.

### 9.1 Escandallo croqueta de queso Idiazabal

Croqueta de queso Idiazabal			
Relleno			
Producto	Peso (Kg)	Precio (€/Kg)	Coste (€)

Queso Idiazabal	0,100 Kg	16,25 €/Kg	1,625€
Leche entera	1,0 Kg	0,84 €/Kg	0,84€
Harina de trigo	0,100 Kg	1,22 €/Kg	0,122€
Mantequilla	0,060 Kg	6,39 €/Kg	0,38€
Sal	0,010 Kg	0,20 €/Kg	0,002€
<b>RELLENO</b>	<b>1,27 Kg</b>	<b>2,34 €/Kg</b>	<b>2,97€</b>
<b>PRECIO UNIDAD</b>	<b>0,02 Kg</b>	<b>2,34 €/Kg</b>	<b>0,047€</b>
<b>Encolante</b>			
Producto	Peso (kg)	Precio (€/Kg)	Coste (€)
Encolante Maheso	0,100 Kg	1,27 €/Kg	0,127€
Agua	0,425 Kg	0,0017 €/Kg	0,0007€
<b>ENCOLANTE</b>	<b>0,525 Kg</b>	<b>0,067 €/Kg</b>	<b>0,128€</b>
<b>Empanado</b>			
Relleno	0,020 Kg	2,34 €/Kg	0,047€
Encolante	0,002 Kg	0,067 €/Kg	0,0001€
Panko tostado	0,005 Kg	4,67 €/Kg	0,023€
Aceite de oliva 0'4	0,001 Kg	2,2 €/Kg	0,0022€

<b>PRECIO FINAL UNIDAD</b>	<b>0,0723€</b>
Tabla 11. Escandallo croqueta de queso Idiazabal. Fuente: Elaboración propia.	

## 9.2 Escandallo croqueta de garbanzos al curry

<b>Croqueta de garbanzos al curry</b>			
<b>Relleno</b>			
Producto	Peso (kg)	Precio (€/Kg)	Coste (€)
Garbanzo escurrido	0,400 Kg	0,36 €/Kg	0,144€
Curry	0,005 Kg	2,95 €/Kg	0,0015€
Aceite de oliva	0,050 Kg	2,2 €/Kg	0,11€
<b>RELLENO</b>	<b>0,455 Kg</b>	<b>0,12 €/Kg</b>	<b>0,256€</b>
<b>Encolante</b>			
Producto	Peso (kg)	Precio (€/Kg)	Coste (€)
Encolante Maheso	0,100 Kg	1,27 €/Kg	0,127€
Agua	0,425 Kg	0,0017 €/Kg	0,00070€
<b>ENCOLANTE</b>	<b>0,525 Kg</b>	<b>0,067 €/Kg</b>	<b>0,128 €</b>

<b>Empanado:</b>			
Producto	Peso (kg)	Precio (€/Kg)	Coste (€)
Relleno	0,020 Kg	0,12 €/Kg	0,0024€
Encolante	0,002 Kg	0,067 €/Kg	0,0001€
Panko tostado	0,005 Kg	4,67 €/Kg	0,023€
Aceite de oliva 0'4	0,001 Kg	2,2 €/Kg	0,0022€
<b>PRECIO FINAL UNIDAD</b>			<b>0,028€</b>
Tabla 12. Escandallo croqueta de garbanzos al curry. Fuente: Elaboración propia.			

Después de consultar los precios del departamento de compras de Maheso facilitados por la misma empresa. Encontramos que producir las croquetas de Idiazabal nos saldría a 0,07 € la unidad y la croqueta de garbanzos a 0,02 la unidad.

Hay una diferencia muy remarcable entre las dos elaboraciones, en la segunda no utilizamos un producto gourmet como es el queso Idiazabal que tiene un coste elevado en comparación a otro queso sin denominación de origen. Tampoco utilizamos bechamel de modo que nos ahorramos el coste de: la leche, la mantequilla y la harina. Todo junto tenemos una diferencia de cinco céntimos, lo que hace prevalecer la croqueta de garbanzos y la vuelve más competitiva.

El escandallo refleja el coste de producto neto, la empresa tendrá que añadir a esta producción el coste de personal, maquinaria y todos los costes de producción propios de su lineal. Sumarlo a este precio dado y analizar de nuevo si el producto tiene un precio competitivo y si se obtendrían beneficios de él.

## 10. Pruebas y análisis de resultados

Después de crear dos recetas, queda el punto clave que definirá si este proyecto es viable o no: las pruebas de cocción.

Debemos obtener una croqueta con: el centro completamente descongelado, un crujiente potente y sin roturas. Sino Maheso no aceptará esta receta, ya que no alcanzaría el estandarte de calidad que ofrecen en el resto de sus productos.

Este ensayo se hará mediante el proceso de prueba-error, por el cual, midiendo los resultados obtenidos ajustaremos la forma de cocción, por ejemplo, combinando dos programas en el microondas, o bien cambiando algún aspecto de la formulación.

Las pruebas se llevaron a cabo en un plato cerámico apto para microondas, ya que estos transmiten mejor el calor en la parte inferior de la croqueta y así el resultado será más homogéneo. Por otro lado, si usásemos una barqueta de plástico, al ser un material aislante no tendríamos tan buen resultado.

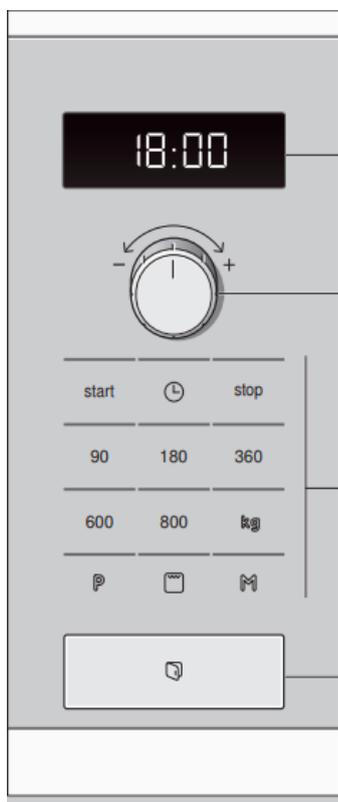
## 10.1 Metodología

Para nuestro experimento disponemos de la sala del cuarto frío de un restaurante a una temperatura de 14º C, dado que, por motivos de seguridad y privacidad empresarial, Maheso no nos da la posibilidad de trabajar en las instalaciones de la empresa.

Los elementos que utilizaremos para el experimento serán los siguientes:

1. Microondas marca Bosch modelo HMT75G654.
2. Plato cerámico.
3. Elaboración de croquetas de queso Idiazabal.
4. Elaboración de croquetas de garbanzos al curry.

### 10.1.1 Microondas marca Bosch modelo HMT75G654



1. Indicador de la hora o duración de la exposición.
2. Joystick giratorio para ajustar la hora y la duración de cada programa.
3. Teclas de selección de potencia y programación.
  - a. START: Inicio del funcionamiento.
  - b. RELOJ: Ajuste de hora.
  - c. STOP: detención del funcionamiento.
  - d. 90: Potencia en W.
  - e. 180: Potencia en W.
  - f. 360: Potencia en W.
  - g. 600: Potencia en W.
  - h. 800: Potencia en W.
  - i. P: Seleccionar programa.
  - j. Kg: seleccionar kg en los programas.
  - k. GRILL.

4. Botón de apertura de puerta. Dentro de la caja encontraremos el plato giratorio, utensilio clave para el buen uso y óptimo rendimiento del microondas, en este modelo el plato giratorio rota en ambos sentidos, izquierda y derecha.

#### POTENCIAS DEL MODELO HMT75G654

POTENCIA (W)	OBJETIVO DE COCCIÓN EN LOS ALIMENTOS
<b>90 W</b>	Descongelación de alimentos delicados.
<b>180W</b>	Descongelación y cocción continúa.
<b>360W</b>	Cocción de carne y calentamiento de alimentos delicados.

<b>600W</b>	Calentamiento y cocción de alimentos
<b>800 W</b>	Calentamiento de líquidos.
<b>1000W</b>	Calor superficial intenso y propicia una pseudo-reacción de Maillard creando un dorado uniforme en los alimentos.
Tabla 13. Potencias del microondas Bosch HMT75G654. Fuente: Elaboración propia.	

#### DATOS TÉCNICOS DEL MODELO BOSCH HMT75G654

FICHA TÉCNICA	
Tensión de entrada	CA 220-230V, 50 Hz
Consumo de potencia	1270 W
Potencia de salida máxima	800 W
Potencia de grill	1000 W
Frecuencia de las microondas	2450 MHz
Fusible	10 A
Dimensiones (Al x L x An)	
Aparato	382 x 594 x 317 mm
Compartimento de cocción	201 x 308 x 282 mm
Homologación VDE	Sí

Distintivo CE	Sí
Tabla 14. Ficha técnica del microondas Bosch HMT75G654. Fuente: Elaboración propia.	

### 10.1.2 PLATO CERÁMICO

La propagación del calor por conducción no es más que el estado de agitación de las moléculas de los cuerpos en busca de equilibrio térmico. Eso es porque el calor tiende a propagarse de molécula a molécula, y este fenómeno es característico de sólidos, aunque también se produce con gases y líquidos, pero con menor intensidad.

Los recipientes de cerámica contienen un tipo de aislamiento térmico, es decir, al recibir el alimento, la cerámica entra en equilibrio térmico con la temperatura de la elaboración y conserva por un periodo mayor esa temperatura. Este tipo de material es capaz de retener con mayor precisión el intercambio de calor entre los cuerpos, este fenómeno se ajusta a la Ley de Fourier que rige de manera física la transmisión de calor por conducción entre dos puntos separados por un determinado medio.

El flujo de calor es la cantidad de ese mismo calor que atraviesa el cuerpo en un determinado intervalo de tiempo y es representado por la siguiente ecuación del flujo de calor:

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} = K \frac{A(\theta_1 - \theta_2)}{L}$$

## 10.2 Pruebas de cocción de croquetas de queso Idiazabal

La primera elaboración que pondremos a prueba es una croqueta de queso Idiazabal, con un empanado de panko previamente tostado en aceite.

Para esta prueba, sacamos la croqueta sin descongelación directa del congelador al microondas.

Daremos un intervalo máximo de 60 segundos y con solo una croqueta, si aumentáramos la cantidad de producto y el peso deberíamos aumentar la variable del tiempo en cada una de las potencias.

POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES
90 W	5 segundos	A1	Producto sin cambios notables
90 W	10 segundos	A1	Producto sin cambios notables
90 W	15 segundos	A1	Producto sin cambios notables
90 W	20 segundos	A1	Producto sin cambios notables
90 W	25 segundos	A1	Producto sin cambios notables
90 W	30 segundos	A1	Producto sin cambios notables
90 W	35 segundos	A1	Producto sin cambios notables
90 W	40 segundos	A1	Producto sin cambios notables
90 W	45 segundos	A1	Producto sin cambios notables
90 W	50 segundos	A1	Producto sin cambios notables
90 W	55 segundos	A1	Producto sin cambios notables
90 W	60 segundos	A1	Producto sin cambios notables
OBSERVACIONES GENERALES: El producto no presenta cocción, sigue con el corazón de producto congelado.			
POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES
180 W	5 segundos	A2	Producto sin cambios notables

180 W	10 segundos	A2	Producto sin cambios notables
180 W	15 segundos	A2	Producto sin cambios notables
180 W	20 segundos	A2	Producto sin cambios notables
180 W	25 segundos	A2	Producto sin cambios notables
180 W	30 segundos	A2	Producto sin cambios notables
180 W	35 segundos	A2	Producto sin cambios notables
180 W	40 segundos	A2	Producto sin cambios notables
180 W	45 segundos	A2	Perdida de congelación superficial
180 W	50 segundos	A2	Perdida de congelación superficial
180 W	55 segundos	A2	Perdida de congelación superficial
180 W	60 segundos	A2	Perdida de congelación superficial
OBSERVACIONES GENERALES: en la última prueba de cocción el corazón del producto sigue frío y el exterior no está tostado.			
POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES
360 W	5 segundos	A3	Producto sin cambios notables
360 W	10 segundos	A3	Producto sin cambios notables
360 W	15 segundos	A3	Producto sin cambios notables

360 W	20 segundos	A3	Producto sin cambios notables
360 W	25 segundos	A3	Perdida de congelación superficial
360 W	30 segundos	A3	Perdida de congelación superficial
360 W	35 segundos	A3	Perdida de congelación superficial
360 W	40 segundos	A3	Perdida de congelación superficial
360 W	45 segundos	A3	Cocción parcial
360 W	50 segundos	A3	Cocción parcial
360 W	55 segundos	A3	Cocción parcial
360 W	60 segundos	A3	Cocción parcial
OBSERVACIONES GENERALES: El núcleo ya no se encuentra congelado pero sigue frío, el rebozado está empapado y el resultado es muy malo.			
POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES
600 W	5 segundos	A4	Producto sin cambios notables
600 W	10 segundos	A4	Producto sin cambios notables
600 W	15 segundos	A4	Producto sin cambios notables
600 W	20 segundos	A4	Perdida de congelación superficial
600 W	25 segundos	A4	Perdida de congelación superficial

600 W	30 segundos	A4	Cocción parcial
600 W	35 segundos	A4	Cocción parcial
600 W	40 segundos	A4	Cocción parcial
600 W	45 segundos	A4	Cocción completa
600 W	50 segundos	A4	Cocción completa
600 W	55 segundos	A4	Cocción completa
600 W	60 segundos	A4	Cocción completa
OBSERVACIONES GENERALES: en el interior la croqueta esta cocida, sin embargo el rebozado esta empapado y el resultado no es organolépticamente correcto.			
POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES
800 W	5 segundos	A5	Producto sin cambios notables
800 W	10 segundos	A5	Producto sin cambios notables
800 W	15 segundos	A5	Producto sin cambios notables
800 W	20 segundos	A5	Perdida de congelación superficial
800 W	25 segundos	A5	Perdida de congelación superficial
800 W	30 segundos	A5	Cocción parcial
800 W	35 segundos	A5	Cocción completa

800 W	40 segundos	A5	Cocción completa exterior crujiente
800 W	45 segundos	A5	Cocción completa exterior crujiente
800 W	50 segundos	A5	Elaboración con roturas parciales
800 W	55 segundos	A5	Elaboración con roturas parciales
800 W	60 segundos	A5	Elaboración con roturas parciales y derrame del relleno
OBSERVACIONES GENERALES: A partir de los 45' el empanado no resiste la presión del agua excitada en el relleno de la croqueta y rompe la capa de encolante, si seguimos este se sale.			
POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES
1000W (función grill)	5 segundos	A6	Perdida de congelación superficial
1000W (función grill)	10 segundos	A6	Perdida de congelación superficial
1000W (función grill)	15 segundos	A6	Cocción parcial
1000W (función grill)	20 segundos	A6	Cocción parcial
1000W (función grill)	25 segundos	A6	Cocción completa

1000W (función grill)	30 segundos	A6	Elaboración con roturas parciales
1000W (función grill)	35 segundos	A6	Elaboración con roturas parciales
1000W (función grill)	40 segundos	A6	Elaboración con roturas parciales
1000W (función grill)	45 segundos	A6	Elaboración con roturas y derrame de relleno
1000W (función grill)	50 segundos	A6	Elaboración con roturas y derrame de relleno
1000W (función grill)	55 segundos	A6	Elaboración con roturas y derrame de relleno, superficie levemente quemada en algunos puntos
1000W (función grill)	60 segundos	A6	Elaboración con roturas y derrame de relleno, superficie levemente quemada en algunos puntos
OBSERVACIONES GENERALES: el resultado final es muy malo, el queso y bechamel del relleno se queman superficialmente en las partes derramadas del interior, dejando un olor y sabor desagradable.			
Tabla 15. Pruebas de cocción: croqueta de croqueta de queso Idiazabal. Fuente: Elaboración propia.			



Fig. 16. Prueba de cocción a 1000W 60

### 10.3 Pruebas de cocción de croquetas de garbanzos al curry

La segunda elaboración es una croqueta de garbanzo y curry con un empanado de panko previamente tostado en aceite.

Para esta prueba, sacamos la croqueta sin descongelación directa del congelador al microondas.

Daremos un intervalo máximo de 60 segundos y con solo una croqueta, si aumentáramos la cantidad de producto y el peso deberíamos aumentar la variable del tiempo en cada una de las potencias.

POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES
90 W	5 segundos	B1	Producto sin cambios notables
90 W	10 segundos	B1	Producto sin cambios notables
90 W	15 segundos	B1	Producto sin cambios notables
90 W	20 segundos	B1	Producto sin cambios notables
90 W	25 segundos	B1	Producto sin cambios notables
90 W	30 segundos	B1	Producto sin cambios notables
90 W	35 segundos	B1	Producto sin cambios notables
90 W	40 segundos	B1	Producto sin cambios notables
90 W	45 segundos	B1	Producto sin cambios notables

90 W	50 segundos	B1	Producto sin cambios notables
90 W	55 segundos	B1	Producto sin cambios notables
90 W	60 segundos	B1	Producto sin cambios notables
OBSERVACIONES GENERALES: El producto no presenta cocción, no hay dorado ni crujiente, sólo pérdida leve de frío en el corazón de la croqueta			
POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES
180 W	5 segundos	B2	Producto sin cambios notables
180 W	10 segundos	B2	Producto sin cambios notables
180 W	15 segundos	B2	Producto sin cambios notables
180 W	20 segundos	B2	Producto sin cambios notables
180 W	25 segundos	B2	Producto sin cambios notables
180 W	30 segundos	B2	Producto sin cambios notables
180 W	35 segundos	B2	Producto sin cambios notables
180 W	40 segundos	B2	Producto sin cambios notables
180 W	45 segundos	B2	Perdida de congelación superficial
180 W	50 segundos	B2	Perdida de congelación superficial
180 W	55 segundos	B2	Perdida de congelación superficial

180 W	60 segundos	B2	Perdida de congelación superficial
OBSERVACIONES GENERALES: A pesar de la descongelación superficial sigue congelado en el interior.			

POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES
360 W	5 segundos	B3	Producto sin cambios notables
360 W	10 segundos	B3	Producto sin cambios notables
360 W	15 segundos	B3	Producto sin cambios notables
360 W	20 segundos	B3	Producto sin cambios notables
360 W	25 segundos	B3	Perdida de congelación superficial
360 W	30 segundos	B3	Perdida de congelación superficial
360 W	35 segundos	B3	Perdida de congelación superficial
360 W	40 segundos	B3	Perdida de congelación superficial
360 W	45 segundos	B3	Cocción parcial
360 W	50 segundos	B3	Cocción parcial
360 W	55 segundos	B3	Cocción parcial
360 W	60 segundos	B3	Cocción parcial

OBSERVACIONES GENERALES: El interior sigue demasiado frío para poder ser consumido.

POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES
600 W	5 segundos	B4	Producto sin cambios notables
600 W	10 segundos	B4	Producto sin cambios notables
600 W	15 segundos	B4	Producto sin cambios notables
600 W	20 segundos	B4	Perdida de congelación superficial
600 W	25 segundos	B4	Perdida de congelación superficial
600 W	30 segundos	B4	Cocción parcial
600 W	35 segundos	B4	Cocción parcial
600 W	40 segundos	B4	Cocción parcial
600 W	45 segundos	B4	Cocción parcial
600 W	50 segundos	B4	Cocción parcial
600 W	55 segundos	B4	Cocción completa
600 W	60 segundos	B4	Cocción completa
OBSERVACIONES GENERALES: El relleno ya no presenta congelación sin embargo el exterior aún no está crujiente.			
POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES

800 W	5 segundos	B5	Producto sin cambios notables
800 W	10 segundos	B5	Producto sin cambios notables
800 W	15 segundos	B5	Producto sin cambios notables
800 W	20 segundos	B5	Perdida de congelación superficial
800 W	25 segundos	B5	Perdida de congelación superficial
800 W	30 segundos	B5	Perdida de congelación superficial
800 W	35 segundos	B5	Cocción parcial
800 W	40 segundos	B5	Cocción completa
800 W	45 segundos	B5	Cocción completa exterior crujiente
800 W	50 segundos	B5	Elaboración con roturas parciales
800 W	55 segundos	B5	Elaboración con roturas parciales
800 W	60 segundos	B5	Elaboración con roturas parciales
<p>OBSERVACIONES GENERALES: el resultado organoléptico final es un poco seco con roturas en el exterior, pero sin derrames. Porque esta receta no lleva bechamel y por lo tanto la cantidad de agua del relleno es inferior.</p>			
POTENCIA	TIEMPO	MUESTRA	OBSERVACIONES
1000W (función grill)	5 segundos	B6	Perdida de congelación superficial

1000W (función grill)	10 segundos	B6	Perdida de congelación superficial
1000W (función grill)	15 segundos	B6	Cocción parcial
1000W (función grill)	20 segundos	B6	Cocción parcial
1000W (función grill)	25 segundos	B6	Cocción parcial
1000W (función grill)	30 segundos	B6	Cocción completa
1000W (función grill)	35 segundos	B6	Cocción completa exterior crujiente
1000W (función grill)	40 segundos	B6	Elaboración con roturas parciales
1000W (función grill)	45 segundos	B6	Elaboración con roturas parciales
1000W (función grill)	50 segundos	B6	Elaboración con roturas parciales
1000W (función grill)	55 segundos	B6	Elaboración con grandes roturas superficie levemente quemada en algunos puntos

grill)			
1000W (función grill)	60 segundos	B6	Elaboración con grandes roturas superficie levemente quemada en algunos puntos
OBSERVACIONES GENERALES: el relleno esta cocido incluso se nota una textura seca y gomosa. En el exterior encontramos que las zonas del empanado que se han quebrado tienen algunos granos de panko ligeramente quemados.			
Tabla 16. Pruebas de cocción: croqueta de garbanzos al curry. Fuente: Elaboración propia.			



Fig. 17. Prueba de cocción a 1000W  
60 segundos.

#### 10.4 Pruebas de cocción combinadas croqueta de queso Idiazabal

Nº de prueba	1		2		3	
Programa	Automático	Grill	Automático	Grill	Automático	Grill
Potencia	800w	800W	800w	800W	800W	800W
Tiempo	1'	4'	0'45"	3'	0'45"	3'
Descongelado		Completo		Completo		Completo
Crujiente		Medio/Bajo		Medio		Alto
Rotura del empanado		Completa		Sin rotura		Sin rotura
Cocción del relleno		Completa		Completa		Completa
Resultado general		Muy malo		Bueno		Muy bueno



Empezamos a hacer pruebas combinadas, es decir, someter el producto a dos programas diferentes de microondas diferentes durante tiempos distintos, así pretendemos: primero descongelar el relleno y después, con el segundo programa, que el empanado quede crujiente.

En la primera prueba combinada número 1, el resultado es casi tan negativo como el anterior, de modo que nos planteamos una reformulación para el empanado, ya que este no reacciona como queremos. Volvemos al proceso creativo de la receta y repasamos la teórica, damos con una posible solución: poner un empanado ya cocinado y que sea muy crujiente. Escogemos el panko tostado y comprobamos su desarrollo en la prueba número 2, que con una cocción menor a la prueba 1 el resultado es muy superior.

Llegados a este punto y con una prueba positiva, buscamos cómo mejorar este proceso. Como se menciona en el último punto teórico de este trabajo, el aceite de oliva reacciona positivamente a las ondas del microondas, y lo aplicamos en la prueba 4 rociando aceite de oliva en las croquetas antes de la cocción.

El resultado es un empanado más crujiente y un mejor sabor final. Puntuamos el resultado de la prueba 3 como excelente y decidimos que el resultado será el que presentaremos a Maheso.

### 10.5 Pruebas de cocción combinada croqueta de garbanzos al curry

Nº de prueba	1		2		3	
Programa	Automático	Grill	Automático	Grill	Automático	Grill
Potencia	800w	800W	800w	800W	800W	800W
Tiempo	1'	5'	0'45"	3'	0'45"	3'
Descongelado		Completo		Completo		Completo
Crujiente		Medio		Medio		Alto
Rotura del		Parcial		Sin rotura		Sin rotura

<b>empanado</b>						
<b>Cocción del relleno</b>		Completa		Completa		Completa
<b>Resultado general</b>		Malo		Bueno		Muy bueno
<b>Foto</b>						

Tabla 18. Pruebas de cocción combinada croqueta de garbanzos al curry. Fuente: Elaboración propia.

En esta receta ya teníamos el antecedente de las pruebas anteriores de modo que se ha podido obtener un resultado positivo en menos pruebas.

En estas pruebas empezamos directamente utilizando la cocción combinada. En la prueba número 1 el resultado es malo, ya que se quiso probar la receta original con pan rallado. Aunque en el anterior el resultado no fue positivo quisimos hacer la prueba de todos modos para ver si el problema era debido a la cocción escogida o por culpa de la formulación. Al obtener una prueba negativa se confirma que el problema se encontraba en la elección del crujiente.

Con el resultado anterior, para la prueba 2 hacemos el empanado con panko tostado y probamos con los mismos tiempos que en la croqueta anterior para comprobar si los dos rellenos reaccionan igual. Nos sorprende ver que el resultado final es muy parecido en los dos tipos de croqueta, y vemos que esta segunda receta no necesita probar otros tiempos de cocción.

Finalmente hacemos la prueba 3 esparciendo aceite de oliva antes de la cocción y volvemos a encontrar que al aplicarle el aceite el resultado final es superior que en la prueba 2. Concluimos que la prueba 3 también es excelente y será presentada a Maheso junto con la croqueta de queso Idiazabal.

## 10.6 Análisis de resultados de cocción

A pesar de las primeras pruebas muy negativas, el proceso de prueba-error nos ha llevado finalmente a unos resultados muy buenos, que podrán ser presentados y tienen muchas posibilidades de ser aprobados.

Antes de hacer las pruebas no esperábamos obtener unos tiempos de cocción iguales para la croqueta de queso Idiazabal y para la croqueta de garbanzos, ya que el queso de la primera se funde más rápido. El tener dos resultados homogéneos es una ventaja, porque así el consumidor final no verá una diferencia negativa en el de mayor tiempo. Además las empresas prefieren tener las mayores semejanzas posibles dentro de la misma línea de producto. Si hubiésemos presentado dos croquetas con tiempos y empanados diferentes lo más probable es que la empresa Maheso solo hubiese llevado a industrializar una.

Al realizar las croquetas hemos tenido un gran inconveniente y es que no disponíamos de un congelador industrial para tratar la croqueta y poder ultracongelarla. Se ha hecho una congelación común a temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , de modo que las croquetas de las pruebas tienen unos cristales más grandes y un tanto por ciento de humedad en el crujiente superior que si lo hiciésemos de forma industrial.

Maheso sí dispone de esta tecnología, de modo que cuando hagan la producción de estas croquetas en su planta el resultado será aún más crujiente que en las pruebas presentadas en este trabajo, porque el empanado no se habrá humedecido tanto.

## 11. Ventajas y desventajas de nuestro producto respecto a otros

Las croquetas para cocinar en microondas con sabor Idiazabalo con garbanzos al curry tienen la siguiente gran ventaja: no hay ningún otro producto similar al mercado, es decir, no encontramos unas croquetas congeladas con instrucciones específicas ni diseñadas exclusivamente para ser regeneradas en microondas. Por otra parte, sí existen centenares de productos comerciales que son croquetas en múltiples formatos e infinidad de sabores en el mercado retail.

Nuestro producto se diferencia por el método de cocción usado. Es rápido y fácil de cocinar, la cocción de este producto solo lleva un poco menos de cuatro minutos totales. Además no requiere de preparación previa, como podría ser calentar aceite o precalentar el horno, solo hay que poner las croquetas que se deseen consumir en un plato cerámico y programar correctamente el microondas.

Otro punto a favor es que esta cocción es muy limpia, solo ensuciaremos un plato y el riesgo de sufrir quemaduras es casi nulo.

El producto final resultante será un crujiente sin el uso de fritura y por lo tanto con menor cantidad de aceite, de modo que el resultado será menos calórico. Aun así tampoco podremos considerarlo una comida sana.

## 12. Conclusiones

### 12.1 Conclusiones sobre el objetivo general

El objetivo general consistía en desarrollar un producto empanado y congelado que se pudiese regenerar por microondas buscando la temperatura óptima de cocción, la elaboración debía tener una gran aceptación entre los consumidores y tenía que poder ser industrializada por la empresa Maheso.

No solo hemos cumplido con el objetivo, sino que lo hemos hecho con dos elaboraciones. Dos croquetas con distintos rellenos, que después de ser expuestas durante cuatro minutos a las ondas electromagnéticas, salen completamente cocidas y crujientes.

Maheso ya produce y vende croquetas, el proceso de elaboración de las recetas desarrolladas en el trabajo se puede hacer con la tecnología de la que ya dispone la empresa. Además, usamos su encolante e ingredientes fáciles de conseguir, por lo que no tendrán que adaptar la receta o cambiar sus componentes por falta de disponibilidad.

### 12.2 Conclusiones sobre los objetivos específicos

Para analizar el cumplimiento de los objetivos específicos, estos volverán a ser nombrados y seguidamente comparados con el resultado final, para poder argumentar si el objetivo se cumple o no.

1. Dar solución a esa parte de la población que por problemas de tiempo o circunstancias ajenos a ellos, gustan de comida de IV Gama para poder elaborar en cualquier lugar con el único utensilio de un microondas.

- **Objetivo cumplido:** el tiempo de preparación total de nuestro producto es de cuatro minutos, muy reducido en comparación a preparar una paella con aceite

caliente o precalentar el horno o una freidora. Además, no ensuciaremos nada más que un plato.

2. Se tiene que poder realizar en las instalaciones de la empresa Maheso. Tendremos que analizar si disponemos de la tecnología suficiente para poder producir el producto que queremos o deberemos reajustarlo para que se amolde a la producción de la empresa.

- **Objetivo cumplido:** la elaboración de este producto no precisa de tecnología extra, usamos productos comunes de temporada anual y el mismo encolante que la empresa usa en su producción habitual.

3. El producto final debe tener ventajas enfrente de los productos que actualmente se comercializan, por ejemplo: ser más sano, ahorrar tiempo de preparación al consumidor, o más económico, entre otras.

- **Objetivo cumplido:** este producto presenta muchas ventajas tal y como se recopila en el punto anterior del trabajo, en el que se remarca que no hay en el mercado retail unas croquetas diseñadas exclusivamente para ser regeneradas en microondas. No podemos definir esta elaboración de croquetas como un producto sano, sin embargo, sí presenta menos calorías finales y aceite residual que si lo friésemos de forma convencional.

4. Estudiar la regeneración por microondas y ver cómo usarla correctamente para obtener un resultado final de producto óptimo.

- **Objetivo cumplido:** las pruebas de cocción demuestran un buen conocimiento aplicado de la regeneración por microondas. De no ser así no hubiésemos obtenido unos resultados tan favorables.

5. Hacer un estudio sobre el envasado y conservación del producto, analizar distintas opciones teniendo en cuenta que se regenerará en un microondas.

- **Objetivo no cumplido:** se ha hecho un estudio sobre materiales para hacer el envase; sin embargo, el plástico es aislante, de modo que no dejará transmitir todo el calor que genera el microondas a la parte inferior de las croquetas, dejándolas con una cocción irregular. Por ello, las pruebas de cocción se hicieron en un plato cerámico, hecho que se enumera repetidamente como instrucción de preparación del producto final.

6. El producto final debe ser económicamente viable.

- **Objetivo cumplido:** el coste de cada uno de los dos tipos de croqueta es de menos de un céntimo cada unidad. Precio competitivo y del que se pueden sacar beneficios. Aún hay que sumarle costes de producción y analizar la rentabilidad final, pero esto queda en manos de Maheso si decide continuar el proyecto y sacarlo al mercado.

### 12.3 Futuras líneas de investigación

Existen futuras líneas de investigación que se pueden desarrollar a partir de este estudio sobre la regeneración de empanados congelados en microondas. Una de ellas sería crear más rellenos y probar otros tipos de empanado y comprobar su funcionalidad para alargar la línea de croquetas para cocinar en microondas de Maheso. También se podrían desarrollar otras recetas como San Jacobos o calamares rebozados, diseñados para ser regenerados exclusivamente en microondas, como ejemplo.

Otra línea que completaría esta investigación sería desarrollar un envase exclusivo para regenerar completamente estas croquetas, objetivo que no hemos podido realizar en este estudio, ya que para ello es requerido un ingeniero de producto.

### 13. Bibliografía

- Kunitz, M. (1928). «Syneresis and Swelling of Gelatin» (en Inglés). The Journal of General Physiology: p. 289. <http://jgp.rupress.org/content/12/2/289.full.pdf>.
- Prasad, Mata; Sundaram, V. (1950). «Syneresis of sodium oleate gels inorganic solvents» (en Inglés). Proceedings Mathematical Sciences 33 (6): p. 344.
- Amani N, K. A, Rolland-Sabate A, Colonna P. Stability of yam starch gels during processing. Afr. J. Biotechnol. vol. 4 pág 94-101. 2005. Balagopalam, C.; Padmaja, G.; Nanda, S.K; Moorthy, S.N. Cassava in food, feed and industry. CRC press. 1988. Boca Raton, Fl, E.U. pp 205.

- Biliaderis, C.G. Structures and phase transitions of starch in food systems. *Food Technology* 46 (6), 98-109. 1992
- Craig, S. A., Maningat, C. C., Seib, P. A., Hosney, R. C. Starch paste clarity. *Cereal Chemistry (USA)*. v66, #3, 1989.
- CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo). 2000. Métodos de caracterización de carbohidratos: Obtención y caracterización de carbohidratos para su aplicación en regímenes especiales. Proyecto de investigación precompetitiva XI.8.
- Díaz-Molina, M.; Carreras-Collazo, I. Síntesis y caracterización del almidón oxidado para su posterior evaluación como agente aglutinante en tabletas. *Rev Cubana Farm, La Habana*, v. 33, n.2 pág. 98-103, 1999.
- Eerlingen, R.C., Delcour, J.A. Formation, analysis, structure and properties of Type III enzyme resistant starch. *Journal of Cereal Science*. 1995.22:129-138.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Database. Roma, Italy, 2001.
- Guan, J.; Hanna, A. M. Extruding foams from corn starch acetate and native corn starch. *Biomacromolecules*, v. 5, p. 2329-2339, 2004.
- Guevara, Carlos. Almidones Modificados. Disponible en: [es.scribb.com/bo/doc/154238811/ALMIDONES-MODIFICADOS](http://es.scribb.com/bo/doc/154238811/ALMIDONES-MODIFICADOS). Consultado en: 15 marzo 2014.
- Guilbot, A., Mercier, C. Starch. Pages 209-282 in: *The Polysaccharides*. Vol.3. Academic Press: Orlando, FL. 1985. 14
- Knutzon, C. A.; Grove, M. J. Rapid Method For Estimation Of Amylose In Maize Starches. *Cereal Chemistry*, v. 71, n. 5, p. 469, 1994.
- Manrique Quevedo, N. Producción de almidones pregelatinizados a partir de mezclas de almidones de fuentes no convencionales usando un extrusor de doble tornillo. Tesis de grado Maestría. Instituto Politecnico Nacional, Morelios, México. 2006. 71 p.

- Martínez Bustos, F. ; El-Dash, A.A. Elaboration of instant corn flour by hydrothermal process. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 1993. 43: 310-315.
- Meneses, J.; Corrales, C.M.; Valencia, M. Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. Revista EIA, Medellín, ISSN 1794-1237 Número 8, p. 57-67. Diciembre 2007.
- Prieto Méndez, J.; Rubio Hinojosa, C.U.; Román Gutiérrez, A.D.; Méndez Marzo, M.A.; González Ramírez, C.A.; Prieto García, F. Degradación física del almidón de cebada (HordeumsativunJess). Correlación entre la gelatinización y el tamaño de gránulos, MULTICIENCIAS, Vol. 9, N° 2, 2009 (115 - 125)
- QSI, Almidón Modificado: Origen y Aplicaciones. Disponible en: <http://www.qsindustrial.biz/es/experiencias/peru/almidon-modificado-origen-y-aplicaciones>. Consultado en: 5 de mayo 2014.
- Wang, L. Z.; White, P. J. Structure and physicochemical properties of starches from oats with different lipid content. Cereal Chemistry, v. 71, n. 5, p. 443-450, 1994a
- Zhao, J.; Wistler, R. L. Spherical aggregates of starch granules as flavor carriers. Food Technology, v. 48, n. 7, p. 104-105, 1994. Zobel, H.F. Starch granule Structure. In Developments in Carbohydrate Chemistry. Eds. J. Alexander and H.F.
- Zobel. American Association of Cereal Chemist, St Paul Minnesota, 1-36. 15
  - Aditivos alimentarios. [Online]. [Julio 2018]. Disponible en :<>.
  - Agboola, S. O. Akingbala, J. O. Oguntimein, G. B. Physicochemical and functional properties of low DS cassava starch acetates and citrates. Starch/Stärke. 43: 62-66 1991
  - Agricultura. [Online]. FAO, 1998. [Julio 2018]. Disponible en: <<http://www.fao.org/ag/esp/revista/9809/spot3.htm>>.
  - Almidón de trigo modificado "PS". [Online]. [Julio 2018]. Disponible en: <<http://www.universoindias.com>>.

- Almidones modificados. [Online]. Última actualización: 1 de abril del 2002 [Julio 2018]. Disponible en: <http://www.berlin/und/mehr>
- Almidones. [Online]. [Julio 2018]. Disponible en: <http://www.cpimex.com>.
- Bello, L. Contreras, S. Y Col. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de Plátano musa paradisiaca l. (var. Macho).Agrociencia. [Online]. Marzo-Abril. Vol 36, 002 [Julio 2018]. Disponible en: < <http://redalyc.uaemex.30230236204.pdf>>
- Biliaderis, C.G.. The structure and interactions of starch with food constituents. Canadian Journal of Physiology and Pharmacology. Pp 60-78. 1991.
- Chen, J. Jane, J. Preparation of granular cold -water-solu- ble starches prepared by alcoholic-alkaline treatment. Cereal Chemistry 71: 618-622 1994.Disponible en: <http://www.portalalimentos.com>
- Eastman, J. E. Moore, C. O. Cold water soluble granular starch for gelled food composition. U.S. Patent 4465702. 1984
- Ellis, R. Cochrane, M. Y Col. Starch production and industrial use, J Sci Food Agric. 1998, 77, 289.
- Enciclopedia Wikipedia. Almidón. [Online]. Última actualización: [Julio 2018]. Disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Almidon>>.
- Enciclopedia Wikipedia. Derivados del almidón. [Online]. Última actualización: 25 febrero del 2006 [Julio 2018]. Disponible en: <[http://es.wikipedia.org/wiki/Derivados\\_del\\_almidón](http://es.wikipedia.org/wiki/Derivados_del_almidón)>
- Fleche, G. Chemical modification and degradation In: Starch Conversion Technology. 1985.
- French, D. Organization of starch granules. In: Starch: Chemistry and Tecnology. AcademicPress. 1984. pp: 183-247.

- Gelatine manufacture of Europe. La gelatina es un multit talento [Online]. [Julio 2018]. Disponible en: <<http://www.gelatine.org.es>>
- Los espesantes. [Online]. [Julio 2018]. Disponible en: <<http://www.pasqualinonet.com>>.
- Memorias Cereales. [Offline]. [Julio 2018]. Disponible en: <<http://www.qui.reduc.edu.cu>>
- Oportunidades Tecnológicas: Documentos Cotec. Pdf [Offline]. [Julio 2018]. Disponible en: <<http://www.qui.reduc.edu.cu>>.
- Portal Alimentos. Almidones modificados. [Online]. [Julio 2018].
- Rydings, Mari. Fundamentos de la harina de trigo. BSIMagazine.com [Online]. 01 August 2002. [Julio 2018]. Disponible en: <[http://www.bsimagazine.com/Feature\\_Stories](http://www.bsimagazine.com/Feature_Stories)>.
- Van Der Bij, J.. The analysis of starch derivatives. In: Examination and Analysis of Starch. Radley, pp: 189-213,1976.

## 14.Webgrafía

- Arocas Marín, M. (2019). INFLUENCIA DE LA MODIFICACIÓN DEL ALMIDÓN EN LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE UNA SALSA BLANCA DESPUÉS DEL CALENTAMIENTO Y LA CONGELACIÓN. [online] Riunet.upv.es. Available at: <https://riunet.upv.es/handle/10251/12621#> [Accessed 3 Jul. 2019].
- Casero, C. and Rechupete, E. (2019). Cómo hacer Panko casero - Recetas de rechupete - Recetas de cocina caseras y fáciles. [online] Recetas de rechupete - Recetas de cocina caseras y fáciles. Available at: <https://www.recetasderechupete.com/como-hacer-panko-casero/19874/> [Accessed 3 Jul. 2019].
- Enciclonet.com (2019). Sinéresis. [online] Available at: <http://www.enciclonet.com/articulo/sineresis/> [Accessed 10 Jul. 2019].

- Es.wikipedia.org. (2019). Almidón. [online] Available at: <https://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n> [Accessed 3 Jul. 2019].
- Google.com. (2019). ALMIDON ACETILADO - Google Search. [online] Available at: [https://www.google.com/search?q=ALMIDON+ACETILADO&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjJbv846jjAhWfQkEAHU5fDbEQ\\_AUIECgB&biw=1366&bih=657#imgrc=fGLjkkjj42U1dM](https://www.google.com/search?q=ALMIDON+ACETILADO&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjJbv846jjAhWfQkEAHU5fDbEQ_AUIECgB&biw=1366&bih=657#imgrc=fGLjkkjj42U1dM): [Accessed 3 Jul. 2019].
- Industriaalimenticia.com. (2019). [online] Available at: <https://www.industriaalimenticia.com/articles/82971-almidones-modificados> [Accessed 3 Jul. 2019].
- Itson.mx. (2019). [online] Available at: <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v6-A1-4-acetilacion-y-caracterizacion-del-almidon-de-cebada.pdf> [Accessed 3 Jul. 2019].
- Los diccionarios y las enciclopedias sobre el Académico. (2019).  Gel. [online] Available at: <https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/521229> [Accessed 3 Jul. 2019].
- Quimidroga. (2019). Mejorador del índice de viscosidad para lubricantes. [online] Available at: <https://www.quimidroga.com/2018/11/14/mejorador-del-indice-de-viscosidad-para-lubricantes/> [Accessed 3 Jul. 2019].
- Tecnolacteoscarnicos.com. (2019). [online] Available at: <https://www.tecnolacteoscarnicos.com/resumen/2014/p7.pdf> [Accessed 3 Jul. 2019].
- Zamudio-Flores, P., Vargas-Torres, A., Gutiérrez-Meraz, F. and Bello-Pérez, L. (2019). Caracterización fisicoquímica de almidones doblemente modificados de plátano. [online] Scielo.org.mx. Available at: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952010000300004&script=sci\\_arttext&lng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952010000300004&script=sci_arttext&lng=en) [Accessed 3 Jul. 2019].

## 15. Índice de tablas

- Tabla 1. Rango de frecuencia en el espectro. Fuente: Elaboración propia. Pág.19

- Tabla 2. Definición, características y formulación química del PET. Fuente: Elaboración propia. Pág.27
- Tabla 3. Definición, características y formulación química del PS. Fuente: Elaboración propia. Pág.28
- Tabla 4. Definición, características y formulación química del PP. Fuente: Elaboración propia. Pág.29
- Tabla 5. Composición en hidratos de carbono de los cereales. Fuente: Elaboración propia. Pág. 35
- Tabla 6. Características de los gránulos de almidón en cereales. Fuente: Elaboración propia. Pág. 37
- Tabla 7. Comparativa entre almidón de maíz y almidón de trigo. Fuente: Elaboración propia. Pág. 45
- Tabla 8. Usos y beneficios del almidón de maíz. Fuente: Elaboración propia. Pág.47
- Tabla 9. Ficha técnica croqueta de queso Idiazabal. Fuente: Elaboración propia. Pág.51
- Tabla 10. Ficha técnica croqueta de garbanzos al curry. Fuente: Elaboración propia. Pág.52
- Tabla 11. Escandallo croqueta de queso Idiazabal. Fuente: Elaboración propia. Pág.54
- Tabla 12. Escandallo croqueta de garbanzos al curry. Fuente: Elaboración propia. Pág.56
- Tabla 13. Potencias del microondas Bosch HMT75G654. Fuente: Elaboración propia. Pág.59
- Tabla 14. Ficha técnica del microondas Bosch HMT75G654. Fuente: Elaboración propia. Pág.60
- Tabla 15. Pruebas de cocción de croqueta de queso Idiazabal. Fuente: Elaboración propia. Pág.61

- Tabla 16. Pruebas de cocción: croqueta de garbanzos al curry. Fuente: Elaboración propia. Pág.68

- Tabla 17. Pruebas de cocción combinada croqueta de queso Idiazabal. Fuente: Elaboración propia. Pág.74

- Tabla 18. Pruebas de cocción combinada croqueta de garbanzos al curry. Fuente: Elaboración propia. Pág.75

## 16. Índice de imágenes

- Fig.1. Ejemplos gráficos de transferencia de calor: a) conducción, b) convección y c) radiación. (Supuesto de Kern, 1999). Pág.10

- Fig.2. Partes del microondas. Pág.14

- Fig. 3 El espectro electromagnético. Imagen tomada de la ChemWiki de UC Davis (Universidad de California en Davis), CC-BY-NC-SA 3.0. Pág.16

- Fig.4 Giro de la molécula de agua en la oscilación del campo. Pág.17

- Fig.5 Polarización iónica según los modelos de Ramaswamy y Tang. Pág.18

- Fig.6 Espectro electromagnético según Maxwell. Pág.19

- Fig.7 Arreglo esquemático del calentamiento dieléctrico. Adaptado de Marra et al. (2009). Pág.20

- Fig. 8 Representación gráfica de la generación y distribución de microondas en un horno doméstico (Adaptada de Bastianet al., 2001). Pág.20

- Fig. 9. Recipiente para cocinar al vapor dentro del microondas. Pág.22

- Fig.10. Nuggets para microondas de Maheso. Pág.24

- Fig. 11. Tabla comparativa entre almidones nativos y almidón acetilado de malanga. Pág.33

- Fig. 12. Estructura del grano de maíz. Pág.35
  
- Fig. 13. Microscopia de barrido mostrando los diferentes tipos de almidones de (A) Maíz, (B) Cebada, (C) Mango y (D) Plátano. Pág.36
  
- Fig. 14. Proceso de extracción de almidón de maíz. Pág.43
  
- Fig. 15. Extrusión de las masas de croquetas durante su elaboración. Pág.54
  
- Fig. 16. Prueba de cocción a 1000W 60 segundos. Pág.67
  
- Fig. 17. Prueba de cocción a 1000W 60 segundos. Pág.74



# ANEXOS

TRABAJO FINAL DE GRADO

EN CIENCIAS CULINARIAS Y GASTRONOMIA

## ESTUDIO SOBRE LA MEJORA DE LA REGENERACIÓN DE LOS EMPANADOS EN MICROONDAS



BARCELONA, 2019

## INDICE DE CONTENIDOS

Anexo 1.....	pàg.03
Anexo 2.....	pàg.04
Anexo 3.....	pàg.04

## Anexo 1

Base		
Producto	Ventajas	Desventajas
<b>Setas</b>	Muy apreciadas Fácil de vender	Durante la cocción pierden mucha agua Mermas elevadas Producto caro
<b>Pescado</b>	Producto aceptado en mercado	Producto caro Mermas elevadas No reacciona bien al microondas Muy utilizado, ya existen muchos productos con pescado
<b>Pollo</b>	Vendible para niños Producto aceptado	Se reseca con facilidad Muy utilizado, ya existen muchos productos con pollo No se regenera bien con microondas
<b>Cerdo</b>	Dentro de las carnes es de las más económicas Contiene grasa	No se regenera bien en microondas Carne poco valorada
<b>Tenera</b>	Alta aceptación en el mercado	Se seca con facilidad No se regenera bien en microondas
<b>Queso</b>	Alta aceptación en el mercado Reacciona bien al microondas	Hay mucha gente intolerante a la lactosa Esfuerzo mecánico elevado para integrarlo en una masa, hay que usar calor.
<b>Huevo</b>	Innovador si lográsemos hacer el interior líquido sería un producto vendible como producto gourmet	En la industria alimentaria el huevo es siempre en polvo Muy difícil de regenerar correctamente
<b>Espinacas</b>	Vegano Nutritivo	No se regenera bien por microondas Merma elevada
<b>Legumbres</b>	Vegano Nutritivo Reacciona bien al microondas	Poco usado en empanados
<b>Croqueta de cocido</b>	Fácil de vender	Muy difícil de realizar,

		suelen quebrar el empanado, porque el vapor de agua interior sale.
--	--	--

## Anexo 2

Empanado		
Producto	Ventajas	Desventajas
<b>Super crunch</b>	Muy crujiente	Producto caro y de otra marca que Maheso no usa
<b>Pro tempura</b>	Muy crujiente	Producto caro y de otra marca que Maheso no usa
<b>Lentejas</b>	Vegano Sin gluten	Poco crujiente Muy absorbente
<b>Pan rallado</b>	Barato Fácil obtención y uso	Poco crujiente Hay que hacer doble empanado para que mejora y eso supone más gasto de producto
<b>Panko</b>	Muy crujiente Absorbente bajo	Maheso no lo usa

## Anexo 3

### FICHA TÉCNICA ENCOLANTE HA-SJ/2

#### DESCRIPCIÓN

Preparado a base de harinas de cereales, al y féculas que homogeneizado con la cantidad de agua específica forma un cremo encolante de gran poder adherente, adecuado para todo tipo de materia prima.( carne, pollo, vegetales, ...) Es un producto obtenido mediante un proceso de mezclado.

#### INGREDIENTES

Harina de TRIGO, sal y espesante E1414

#### ESPECIFICACIONES

Humedad (ILB06) (%)	Max 15
Viscosidad	
Relación Mix: Agua	(1:3)
Temperatura de batido	10-14°C
Tiempo de batido	10 minutos
Viscosímetro UK, (ILB01)	
Rotor 5/100 rpm	(1000-2500) Cps

## MICROBIOLOGÍA

Mesófilos (72 h/30°C)(ufc/g)	<10 exo 4
Enterobacterias totales (24h/37°C)(ufc/g)	<10 exo 3
Escherichiacoli (24h/44°C)	Ausencia/g
Listeria monocytogenes (Inmunofluorescencia/24h)	Ausencia/25g
Salmonella spp(Inmunofluorescencia/19h)	Ausencia/25g
Mohos y levaduras (5 días 25°C)(ufc/g)	<10 exp 3
Bacilluscereus(48h/37°C)(ufc/g)	<10 exp 3

## INFORMACIÓN NUTRICIONAL

	UNIDAD	VALOR PROMEDIO
VALOR ENERGÉTICO	k/cal100g	317,67
Grasas	%	1,11
Ácidos grasos saturados	%	0,00
Hidratos de carbono (por diferencia)	%	67,71
Azúcares	%	1,38
Proteínas	%mg/100g	9,21
Sodio	%	1753,6
Fibra dietética	%	3,22

## ALÉRGENOS

DESCRIPCIÓN	En producto	En línea/planta	Puede contener
Cereales con gluten y derivados	SI	SI	SI
Crustáceos y base de crustáceos	NO	NO	NO
Pescado y productos a base de pescado	NO	NO	NO
Cacahuets y productos a base de cacahuets	NO	NO	NO
Soja y productos a base de soja	NO	NO	NO
Leche y sus derivados ( inclusive lactosa)	NO	NO	NO
Frutos secos con cáscara	NO	NO	NO
Apio y productos derivados	NO	NO	NO
Mostaza y productos derivados	NO	NO	NO
Granos de sésamos y productos a base de	NO	NO	NO

sésamo			
Sulfitos >ó 10 mg/l expresados en SO2	NO	NO	NO
Altramuces y productos con base de altramuces	NO	NO	NO
Moluscos o productos en base de moluscos	NO	NO	NO

#### ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS

La dirección de la empresa HARINAS y SÉMOLAS del Noroeste S.A. con domicilio en el polígono industrial de 'As Gándaras' en Porriño (Pontevedra) y nº de R.S.I. 26.00973/PO; 31.00626/PO; 20.1066/P, sobre la base de la documentación aportada por nuestros proveedores declara:

Que los ingredientes;

No se encuentran incluidos en el ámbito de aplicación del reglamento (CE) nº 1929/2003, sobre alimentos y piensos modificados genéticamente.

Que la eventual contaminación accidental por OGM que pudiera existir, no supera el 0,9% tal como establece el reglamento antes citado.

#### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA.

Contaminante:

Nuestro productos cumplen el Reglamento (CE) nº 1881/2006 por el que se fija el contenido máximo de contaminantes en los productos alimentarios y posteriores modificaciones.

Residuos de plaguicidas:

Nuestros productos cumplen con el reglamento (CE) nº 396/2005 relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y pienso de origen vegetal y animal y que modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo.

Radiaciones ionizantes.

Producto no radiado.

#### POBLACIÓN DE DESTINO Y FORMA DE USO.

Se trata de un producto de uso alimentario, destinado para ser consumido por toda la población; se usa fundamentalmente en la elaboración de platos preparados (frescos o congelados).

Ver declaración de alérgenos.

Buenas prácticas de fabricación (B.P.F)

Dilución: recomendamos una parte de HA-SJ-2 frente a 3-4 partes de agua.

Para ser utilizado en croquetas puede diluirse en seis partes de agua.

#### ENVASE

Sacos de papel: 25 kg neto al envasado. Disponible en otros formatos.

#### CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE-CONSUMO PREFERENTE

Conservar en su envase debidamente cerrado, en un lugar seco y fresco. El transporte debe ser acorde con las condiciones indicadas para su conservación. Consumir

preferentemente antes de los seis meses a partir de la fecha de envasado