



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN PROCESO ALTERNATIVO A
LA PREFRITURA EN PRODUCTOS
REBOZADOS CONGELADOS ELABORADOS
CON DISTINTOS IMPULSORES.**

AUTOR: MIGUEL ÁNGEL SÁEZ MURCIA

TUTOR: MARÍA ISABEL HERNANDO HERNANDO

COTUTORA: AMPARO QUILES CHULIA

Curso Académico: 2016-17

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que de una forma u otra me han ayudado de alguna manera a llevar a cabo este trabajo final de grado:

A la Dra. Isabel Hernando y la Dra. Amparo Quiles, mis tutoras del proyecto, por su paciencia, dedicación, consejos y apoyo para ayudarme a encauzar el progreso y finalización de este trabajo.

A la Dra. Empar Llorca, por su ayuda día a día en el laboratorio, por su dedicación y por estar siempre disponible para cualquier duda.

A Arantxa Rizo y Susana Fiszman, por explicarme la metodología de trabajo y su aporte de conocimientos en el estudio de la textura.

A la empresa ADÍN S.A. por su participación en la investigación y el suministro de los distintos productos necesarios para la realización del proyecto.

Al Servicio de Microscopía Electrónica de la Universidad Politécnica de Valencia por proporcionarme el nitrógeno necesario para la realización de ensayos.

A mi familia por animarme y apoyarme en todas las decisiones que tomo. A mis padres que han estado siempre a mi lado y dándome las fuerzas necesarias para realizar este trabajo. A mis hermanos por ser un pilar fundamental en mi vida. A mis abuelos, en particular a mi abuelo Paco que siempre será un ejemplo que seguir.



Resumen:

La demanda de productos rebozados ha aumentado considerablemente debido a la facilidad de almacenamiento y conservación y al tiempo reducido que es necesario para su preparación. En la actualidad estos productos se realizan a escala industrial mediante un proceso que sigue los siguientes pasos: mezclado de ingredientes, enharinado, rebozado, prefritura, congelación y fritura. En este trabajo se propone estudiar las características del rebozado obtenido por una prefritura mediante coagulación con agua. Se estudian ocho distintas formulaciones realizando un análisis estructural de las masas durante el microhorneado y un estudio de la microestructura, textura y grado de adhesión en los productos finales obtenidos. La mitad de las formulaciones llevan ácido cítrico como impulsor, y la otra mitad lleva pirofosfato. Por otra parte, también se incluye distinto tipo de bicarbonato en las formulaciones: encapsulado o no encapsulado.

A nivel microestructural se puede observar que las formulaciones que llevan ácido cítrico presentan burbujas de mayor tamaño que las que contienen pirofosfato. En las formulaciones que presentan bicarbonato encapsulado se observa que la liberación de CO₂ es mayor provocando un número mayor de burbujas de mayor tamaño que las que contienen bicarbonato no encapsulado.

En cuanto a la textura, cabe destacar que las formulaciones que mayor dureza presentan tienen, también, una mayor resistencia a la rotura; además, las que incluyen pirofosfato presentan una dureza mayor que las formulaciones con ácido cítrico. En cuanto a la fragilidad se obtuvieron valores similares entre las distintas formulaciones a excepción de algunas que llevan pirofosfato.

Palabras clave: Rebozado, prefritura, formulación, textura, adhesión, microestructura, dureza, resistencia, fragilidad.



Resum:

La demanda dels productes arrebossats ha augmentat considerablement a causa de la facilitat d'emmagatzematge i conservació i al temps reduït que és necessari per a la seua preparació. En l'actualitat aquests productes es realitzen a escala industrial mitjançant un procés que segueix els següents passos: barrejat d'ingredients, enfarinat, arrebossat, prefritura, congelació i fritada. En aquest treball es proposa estudiar les característiques de l'arrebossat obtingudes per una prefritura mitjançant coagulació amb aigua. S'estudien vuit diferents formulacions realitzant una anàlisi de les masses durant el microenfornat, i un estudi de la microestructura, textura i grau d'adhesió en els productes finals obtinguts. La meitat de les formulacions porta àcid cítric com a impulsor, i l'altra meitat porta pirofosfat. D'altra banda també s'inclou diferent tipus de bicarbonat en les formulacions: encapsulat o no encapsulat.

A nivel microestructural es pot observar que les formulacions que porten àcid cítric en la seua formulació presenten bombolles de major grandària. En les formulacions que presenten bicarbonat encapsulat s'observa que l'alliberament de CO₂ és major provocant un nombre major de bombolles de major grandària.

Quant a la textura, cal destacar que les formulacions que major duresa presenten tenen també una major resistència a trencament; a més, les que inclouen pirofosfat presenten una duresa major que les formulacions amb àcid cítric. Quant a la fragilitat es van obtenir valors similars entre les diferents formulacions a excepció d'algunes que porten pirofosfat.

Paraules clau: Arrebossat, prefritura, formulació, textura, adhesió, microestructura, duresa, resistència, fragilitat.



Abstract:

The demand for coated products has increased considerably due to the ease of storage, conservation and the short time needed for their preparation. Today these products are made on an industrial scale by a process that follows the following steps: ingredient mixing, flouring, coating, pre-frying, freezing and frying. In this work it is proposed to study the characteristics of the batter obtained by a prefixing by coagulation with water. Eight different formulations were studied by performing an analysis of the masses during microbreeding and a study of the microstructure, texture and degree of adhesion in the final products obtained. Half of the formulations have citric acid, and the other half carries pyrophosphate. On the other hand also includes different type of bicarbonate in the formulations: encapsulated or non-encapsulated.

At the microstructural level it can be observed that formulations containing citric acid in their formulation have larger bubbles. In formulations containing encapsulated bicarbonate, it is observed that the release of CO₂ is greater, causing a larger number of larger bubbles.

As for the texture, it should be noted that the formulations which have the greatest hardness also have a higher breaking strength, in addition, those containing pyrophosphate have a higher hardness than the formulations with citric acid. Regarding the fragility, similar values were obtained between the different formulations, except for some that carry pyrophosphate.

Key words: Beaded, prefabricated, formulation, texture, adhesion, microstructure, hardness, strength, brittleness.



DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG.

- Memoria.
- Pliego de condiciones.
- Presupuestos.

INDICE DE LA MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Los productos rebozados	1
1.2 Etapas del proceso de fabricación industrial de alimentos rebozados.....	2
1.2.1 Mezclado de los ingredientes	2
1.2.2 Enharinado	2
1.2.3 Rebozado.....	2
1.2.4 Prefritura	3
1.2.5 Congelación del producto	3
1.2.6 Envasado y almacenamiento	4
1.2.7 La fritura.....	5
1.3 Parámetros que influyen en el proceso de fritura	5
1.4 Características importantes de un producto rebozado	6
1.5 Funcionalidad de los ingredientes de la pasta del rebozado	7
1.6 Hidrocoloides.	7
1.7 Estudios recientes acerca de productos rebozados.	13
2. OBJETIVOS.....	15
3. MATERIAL Y MÉTODOS.	16
3.1 Formulaciones de las distintas pastas de rebozados analizadas.....	16
3.2 Procedimiento de preparación de las pastas de rebozado.	17
3.3 Procedimiento de coagulación de la pasta de rebozado mediante el proceso innovador.....	17
3.4 Fritura final del producto	17
3.5 Diagrama de flujo del proceso de elaboración	17
3.6 Análisis de imagen de las pastas de rebozado. Simulación de un micro-horneado	18
3.7 Estudio microestructural.....	19
3.8 Determinación de la textura del rebozado. Ensayos de penetración.....	20
3.9 Determinación del grado de adhesión	22
3.10 Análisis estadístico	22



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1 Análisis de imagen de las masas.	23
4.2 Estudio microestructural.	27
4.3 Análisis de la textura de la capa de rebozado	28
4.4 Grado de adhesión del rebozado.	30
5. CONCLUSIONES.....	32
6. BIBLIOGRAFIA.....	33

INDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES.....	1
1. CONDICIONES GENERALES.....	1
2. CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS.	1
2.1 Derechos y obligaciones del proyectista.	1
2.1.1 Capacidades del promotor del proyecto.	2
2.1.2 Plan de trabajo y condiciones generales de la ejecución de los trabajos.....	2
2.2.1 Precios unitarios.	3
2.2.2 Actualización y modificaciones de las instalaciones y equipos.	3
2.3 CONDICIONES LEGALES.....	3
2.3.1 Marcas registradas y derechos de autor.....	3
2.3.2 Condiciones del trabajo.....	3
2.3.3 Rescisión del contrato del proyecto.....	3
3. CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LOS REACTIVOS.....	4
3.1 Ficha de seguridad del nitrógeno.....	5
4. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.	7
4.1 RESIDUOS PELIGROSOS	7
4.2 RESIDUOS NO PELIGROSOS	7
5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.....	8
5.1 BAÑO TERMOESTÁTICO	8
5.2 TERMÓMETRO	9
5.3 BÁSCULA DE PRECISIÓN	10
5.4 FRIGORÍFICO	11
5.5 MICROONDAS.....	12
5.6 CONTROLADOR TEMPERATURA HOT-STAGE	12
5.7 MICROSCOPIO ÓPTICO	12



5.8 ENVASADORA	13
5.9 AMASADORA	13
5.10 TEXTURÓMETRO	14
6. CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LOS INGREDIENTES.....	16
6.1 Ficha técnica del ácido pirofosfato de sodio.	16
6.2 Ficha técnica del bicarbonato encapsulado.....	17
6.3 Ficha técnica de la metilcelulosa.	18
6.4 Ficha técnica bicarbonato de sodio normal.....	19
6.5 Ficha técnica ácido cítrico.....	20

INDICE DEL PRESUPUESTO

PRESUPUESTOS	1
1. PRESUPUESTOS PARCIALES.	1
1.1 REACTIVOS Y MATERIALES.....	1
1.1.1 Reactivos.....	1
1.1.2 Materiales.	1
1.1.3 Reactivos y materiales	2
1.2 MATERIAL AUXILIAR	3
1.3 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS	4
1.4 MANO DE OBRA	5
2. PRESUPUESTO TOTAL	5

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Los productos rebozados

Este tipo de producto alimentario es comúnmente consumido y constituye una parte fundamental de la dieta de muchas familias. Estos productos originalmente eran elaborados en el hogar, pero en la actualidad estos han pasado a ser realizados de forma masiva industrialmente. Esto es debido a un incremento de la demanda, a la facilidad de almacenamiento doméstico y a la rapidez con la que se pueden cocinar estos productos. Existe una gran intención de ofrecer productos de mayor calidad y las empresas agroalimentarias intentan mejorar al máximo sus características.

Las variedades de calamar más consumidas son: *Loligo pealei*, *Illex illecebrosus* e *Illex Argentinus* aunque existen más de 270 especies. El consumidor medio compra calamar preparado, como anillas de calamar congeladas o producto precocinado sin darle demasiada importancia a la especie del calamar.

En general, el rebozado es una masa líquida que consiste en una mezcla de harina y agua en la que se sumerge el alimento antes de ser cocinado.

Dentro de los rebozados existen dos categorías básicas de rebozados: rebozados de adhesión o interfaciales y rebozados tipo tempura (Loewe, 1993).

Los rebozados de adhesión o interfaciales se caracterizan por tener una capa de empanado adicional, donde el rebozado actúa como la película adhesiva entre el alimento y el empanado. Normalmente se añade pan rallado para aportar color, sabor, un carácter rugoso y crujibilidad al producto final. Este tipo de rebozado normalmente no contiene agente impulsor.

Los rebozados tipo tempura son aquellos que componen por ellos mismos la capa externa del producto. Este tipo de pasta contiene agente impulsor; gracias a él y al contacto con el aceite caliente se produce la creación y desarrollo de la capa exterior esponjosa del alimento. Normalmente, a este tipo de rebozados se le somete a un proceso de prefritura industrial, mediante el cual el rebozado adquiere la consistencia necesaria para su posterior manipulación.

Las fórmulas para producir cualquier tipo de rebozado son extremadamente flexibles en función de las propiedades que se deseen del producto final y del alimento a rebozar.

El objetivo fundamental es conseguir las mejores características y una gran aceptación por parte de los consumidores.

1.2 Etapas del proceso de fabricación industrial de alimentos rebozados.

1.2.1 Mezclado de los ingredientes

En esta etapa el objetivo principal es el mezclado homogéneo de los ingredientes secos de la formulación del rebozado con agua. Con este mezclado se consigue una buena humectación de todas las partículas que constituyen la masa del rebozado de manera que se consigue una optimización de la funcionalidad de los ingredientes (Sunderman, 1990).

Se trata de una etapa fundamental del proceso, ya que una mala homogeneización provocaría la aparición de grumos de harina que en la etapa de fritura causarían probablemente la rotura del rebozado y el desprendimiento de la capa.

1.2.2 Enharinado

Generalmente antes de rebozar el alimento se le somete a una etapa de enharinado que tiene como función reducir la humedad superficial del alimento y conseguir una mayor adhesión de la pasta del rebozado y el alimento. Normalmente, se utiliza un único tipo de harina o mezcla de ellas, incluso puede contener algún ingrediente que aporte funcionalidades diversas al rebozado.

1.2.3 Rebozado

Después de la etapa de enharinado se procede a sumergir el alimento en la pasta del rebozado. La cantidad de pasta adherida al alimento debe tener una distribución homogénea y adecuada. Para obtener una cantidad de pasta adecuada cabe destacar que la velocidad de la cinta transportadora que hace pasar al alimento por el seno de la pasta del rebozado no sea alta ya que esto puede provocar que se adhiera poca cantidad de la pasta y producir una adhesión incompleta. Una velocidad demasiado alta también puede provocar que el exceso de pasta de rebozado no se consiga desprender del alimento y provocar que en la siguiente etapa de prefritura se desprenda provocando la

formación de depósitos en las freidoras. Una velocidad lenta puede provocar una acumulación excesiva de la pasta del rebozado, por lo tanto, es muy importante ajustar perfectamente la velocidad de la cinta transportadora.

También cabe destacar que un problema que puede surgir a la hora de la aplicación del rebozado es la aparición de los llamados vacíos. Los vacíos son zonas donde el rebozado no se adhiere al alimento ya sea por la ausencia de enharinado, una velocidad excesiva de la cinta, una mala superficie, que el alimento contenga cristales de hielo o incluso la aparición de burbujas de aire.

Esta etapa es fundamental ya que tiene relación directa con la apariencia final del producto. Conseguir una apariencia final buena influye directamente en el consumidor, cuanto mejor sea su apariencia final mayor será la aceptación de los consumidores.

1.2.4 Prefritura

El objetivo principal de esta etapa es conseguir coagular la pasta del rebozado con el fin de obtener una consistencia adecuada para la posterior manipulación del producto.

Tanto el tiempo de prefritura como la temperatura del aceite son factores críticos a la hora de la coagulación de la pasta. Generalmente en la industria la temperatura de prefritura ronda entre los 180 °C y 190°C. Una temperatura elevada provocará un cocinado excesivo produciendo un color más oscuro y un rebozado extremadamente crujiente. Si por el contrario la temperatura es baja se producirá un cocinado insuficiente del alimento, además se obtendrá una absorción mayor de aceite. En cuanto al tiempo de prefritura normalmente está sobre los 30 segundos. Un exceso o defecto en el tiempo de prefritura provocará una coagulación excesiva o insuficiente de la pasta.

Esta etapa tiene la denominación de prefritura por que el producto se vuelve a freír antes del consumo durante un tiempo que oscila entre 2 y 3 minutos.

1.2.5 Congelación del producto

El primer paso en la preparación del alimento para su congelación es reducir la temperatura después de la etapa de prefritura. Para conseguirlo generalmente se expone el producto a una corriente de aire a temperatura ambiente. Se produce así una

disminución de la temperatura del rebozado dando lugar a una estructura del rebozado más resistente y estable.

El rebozado en este punto posee una fragilidad alta, por lo tanto, es importante evitar que las diferentes unidades del producto entren en contacto ya que este contacto podría provocar la aparición de fracturas en la superficie del rebozado.

Para llevar a cabo el proceso de congelación se pueden utilizar dos métodos diferentes (Loewe, 1993): una temperatura más elevada (-45 °C) durante más tiempo o un tiempo menor a una temperatura inferior (-73.3°C hasta 128.9°C).

Generalmente se utiliza el primer método si el alimento ha sido previamente cocinado debido a que su temperatura interna no suele ser inferior a 10°C. Este proceso gradual provoca la migración de la humedad y grasa entre el alimento y el rebozado y provoca cambios estructurales del rebozado (Loewe, 1990).

En el segundo método se emplean gases licuados como nitrógeno o dióxido de carbono para realizar la congelación del producto. Mediante este método no se consigue una congelación completa si las porciones del sustrato tienen gran tamaño. Este método presenta el inconveniente de que una rápida disminución de la temperatura puede provocar roturas en el rebozado afectando así a la apariencia final del producto. Sin embargo, este método tiene la ventaja de que al ser una congelación rápida provoca la formación de pequeñas partículas de hielo o micro cristales de hielo mientras que en el método anterior se producen cristales de mayor tamaño. Un tamaño grande de los cristales de hielo provoca un efecto abrasivo sobre el alimento.

1.2.6 Envasado y almacenamiento

Si se produce algún fallo en el mantenimiento de la cadena de frío durante la congelación del producto provocará una disminución de la calidad final. La aparición de hielo alrededor tanto de la caja del producto como en la superficie del rebozado son un indicativo importante de que el producto ha sufrido un ciclo de congelación-descongelación. Durante la fritura para el consumo, las áreas que han sufrido este ciclo obtendrán un color oscuro no atractivo. Otro problema asociado a esta etapa es el efecto de quemado producido por la congelación. Se trata de áreas donde se ha producido una deshidratación que produce después de la fritura final unas áreas donde el rebozado es poco esponjoso y donde también se pierde el brillo.

1.2.7 La fritura

Esta etapa busca mediante la inmersión del alimento en aceite a elevada temperatura y en presencia de aire, lograr que los alimentos adquieran la textura, el color apropiado y la absorción de una cantidad adecuada de aceite.

El uso extendido de este proceso para la preparación industrial es debido a que es un proceso rápido y en la inmersión en aceite se transfiere al alimento una mejora gustativa gracias al aceite que penetra en el alimento.

La elaboración de productos por este proceso ha provocado el desarrollo de tecnología para su realización, como freidoras industriales o domésticas, donde se reutiliza el aceite repetidamente de forma distinta al uso en sartén.

La función del aceite es la transmisión de calor. La temperatura alta empleadas endurece el rebozado y evita que el vapor se desprenda con facilidad. Esto permite la cocción del interior del alimento que provoca una jugosidad mayor. Simultáneamente se realizan procesos de tostado, pardeamiento no enzimático y caramelización. Mediante estas reacciones se consiguen los sabores deseados de este tipo de productos.

1.3 Parámetros que influyen en el proceso de fritura

Los parámetros más significativos del proceso de fritura son: temperatura, tiempo y tipo de calentamiento, grado de renovación y nivel de producción.

Temperatura.

Las grasas son sometidas a diversas alteraciones debido a la temperatura y éstas son más notables a partir de los 200 °C. Una temperatura alta acelera el proceso de cocinado, pero también favorece la descomposición del aceite. Una temperatura baja otorgará un color más claro y una mayor absorción de aceite. Por tanto, es interesante encontrar la relación óptima entre la temperatura y el tiempo de fritura.

Tiempo y tipo de calentamiento.

Cuanto mayor sea la duración de la fritura se conseguirá una mayor alteración de las cualidades del aceite y del alimento cocinado. La estabilidad del aceite disminuirá y se producirá la formación de distintos compuestos.

El calentamiento discontinuo produce una mayor degradación de las grasas que el continuo. Los calentamientos y enfriamientos del aceite aceleran el deterioro. Las reacciones de oxidación se desarrollan en la superficie con el contacto con el aire y mediante el enfriamiento se produce la entrada de aire que provoca la formación de hidroperóxidos y radicales libres.

Nivel de producción.

El nivel de producción por hora debe ser lo más elevado posible, buscando el aumento del grado de renovación del aceite y la disminución del tiempo que esté sometido a una temperatura elevada. Lo ideal es realizar producciones máximas en periodos cortos.

1.4 Características importantes de un producto rebozado

Las características más destacables de los productos rebozados son: adhesión, sabor, carácter crujiente y color. El color del rebozado depende de la densidad de la pasta, así como también de la absorción de aceite y de las reacciones de pardeamiento no enzimático que se producen en la fritura. Generalmente el color se puede controlar modificando el tiempo y temperatura de la fritura o modificando la composición de la pasta.

El carácter crujiente de un rebozado también es un parámetro muy apreciado por el consumidor. El rebozado tipo tempura constituye la capa exterior del alimento, y esta debe ser crujiente en el exterior y mantener la parte interna tierna y jugosa. El rebozado debe tener una estructura que tenga cierta resistencia en el primer mordisco para que luego se deshaga rápida y suavemente en la boca (Loewe, 1990).

En cuanto a la adhesión; ésta se puede definir como la unión física y química del alimento y de la capa exterior del rebozado (Sunderman, 1983). La adhesión es muy importante en el proceso de fabricación, debido a que es fundamental que la capa exterior y el alimento permanezcan unidos.

El sabor del producto depende tanto del método utilizado para cocinarlo como del tiempo y temperatura de cocción, composición y características del aceite.

1.5 Funcionalidad de los ingredientes de la pasta del rebozado

Entender la funcionalidad de la harina de trigo es fundamental para entender la estructura del rebozado. Las proteínas son los componentes más importantes junto con el almidón. Durante la etapa de mezclado, independientemente de la temperatura, la viscosidad de la pasta aumenta debido a que se desarrolla gluten debido a las proteínas. Además, en los rebozados tipo tempura el gluten retiene los gases producidos por el agente impulsor. Gracias a este se obtiene una estructura con poros que proporcionan el carácter crujiente y la textura del rebozado.

El responsable de la absorción de agua es el almidón. La capacidad de absorción de los gránulos de almidón depende del tamaño de estos mismos, a menor tamaño la capacidad de absorber agua es mayor. Por tanto, la etapa de molienda de la harina es muy importante ya que está directamente relacionada con la calidad de esta misma.

Otro ingrediente que es utilizado en la formulación de alimentos rebozados es la harina de maíz. Esto es debido a que contiene un componente llamado caroteno, que es la fuente natural del color amarillo. La harina de maíz otorga el color dorado característico de los productos rebozados. Este tipo de harina también se utiliza como saborizante, debido a que la adición del maíz minimiza el gusto a almidón.

En cuanto al agente impulsor cabe destacar que está compuesto por un ácido y un dador de dióxido de carbono. Gracias a que el impulsor proporciona dióxido de carbono se obtiene una estructura porosa en el rebozado. Mayoritariamente el dador de dióxido de carbono es el bicarbonato sódico. La elección del ácido se basará en su valor de neutralización y la velocidad de reacción. Este factor se calcula dividiendo los gramos del dador de dióxido de carbono entre los gramos de ácido que son necesarios para reaccionar completamente con el multiplicado por 100. El bicarbonato sódico sin reaccionar provocará un aumento del pH provocando un sabor jabonoso al consumir

Para realzar el sabor se utilizan saborizantes como la sal. La sal en general compite por el agua y provoca una ralentización de la hidratación de proteínas. Generalmente se tiene un exceso de agua en las pastas para rebozar.

1.6 Hidrocoloides.

Los hidrocoloides son polímeros solubles en agua cuyo origen puede ser animal, vegetal, sintético y microbiano. Algunos de ellos se obtienen mediante biotecnología, ya que algunos microorganismos cultivados en reactores secretan gomas. En la tabla 1 se

recogen algunos de los hidrocoloides alimentarios y su origen. Lo que caracteriza a este tipo de polímeros es que contienen un elevado número de grupos hidroxilo. Estos grupos hidroxilo se hidratan y retienen mucha agua por la formación de puentes de hidrógeno, dando la posibilidad de conferir viscosidad o gelificar sistemas acuosos.

Estas características aportan funcionalidades importantes en los rebozados, tanto que los hidrocoloides han supuesto el tema principal de la investigación en este tipo de productos en los últimos años.

Tabla 1. Origen y tipos de algunos hidrocoloides alimentarios.

Origen	Naturales	Modificados
Proteínas	Gelatinas, albúminas de huevo, leche o etc..	
Celulosa	Celulosa Microcristalina(E-460)	Carboximetilcelulosa (E-466) Metilcelulosa (E-461) Etilmetilcelulosa (E-465) Hidroxipropilcelulosa (E-463) Hidroxipropilmetilcelulosa (E-464)
Fermentación microbiana	Goma Xantana (E-415) Goma Gelana (E-418) Pululano (E-1204)	
Cereales	Almidón de maíz, trigo y arroz	Almidones modificados del E-1410 a 1450

Diseño de un proceso alternativo a la prefritura en productos rebozados congelados elaborados con distintos impulsores.

Origen	Naturales	Modificados
Algas	Alginatos (del E-400 al E-404) Agar (E-406) Carragenato (E-407)	Alginato de propilenglicol (E-405)
Semillas	Goma Guar (E-412) Goma Tara (E-417) Goma Garrofín (E4-10)	
Exudados	Goma Arábica (E-414) Goma Karaya (E-413) Goma Tragacanto (E-413)	
Frutos	Pectinas HM (E-440)	Pectinas LM (E-440) Pectinas Amidadas (E-440ii)

Entre sus aplicaciones más importantes, está el uso de hidrocoloides para reducir el contenido de grasa en los productos rebozados, que se produce por absorción de aceite durante la prefritura y fritura. Esta absorción de aceite, además, viene influida por la calidad del aceite, la temperatura y el tiempo de fritura, la forma del producto, la humedad, el contenido de proteínas, y el tratamiento de prefritura entre otros (Pinthus y otros, 1992). Los hidrocoloides más usados son los éteres de la celulosa hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y la metilcelulosa (MC). Estos éteres de la celulosa se caracterizan por tener una elevada capacidad de retener agua y por presentar la característica de termogelificación reversible. Esta característica consiste en una solubilidad inversa con la temperatura exclusiva de la MC y la HPMC. Cuando se

calientan inicialmente, la viscosidad disminuye como el resto de hidrocoloides, pero al aumentar más la temperatura se forma una especie de gel que revierte al estado inicial al disminuir la temperatura.

La obtención de estos productos se consigue por eterificación de la celulosa. Se pueden obtener alquil éteres poco sustituidos, que son insolubles en agua y en disolventes orgánicos; alquil éteres con una sustitución media, solubles en agua; y alquil éteres muy sustituidos que no son solubles en agua, pero sí en disolventes orgánicos. La metilcelulosa (MC) y la hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) son éteres pertenecientes al grupo que se disuelven en agua (Grover, 1993).

Las reacciones de obtención de estas celulosas sustituidas siguen el esquema de la figura 1.

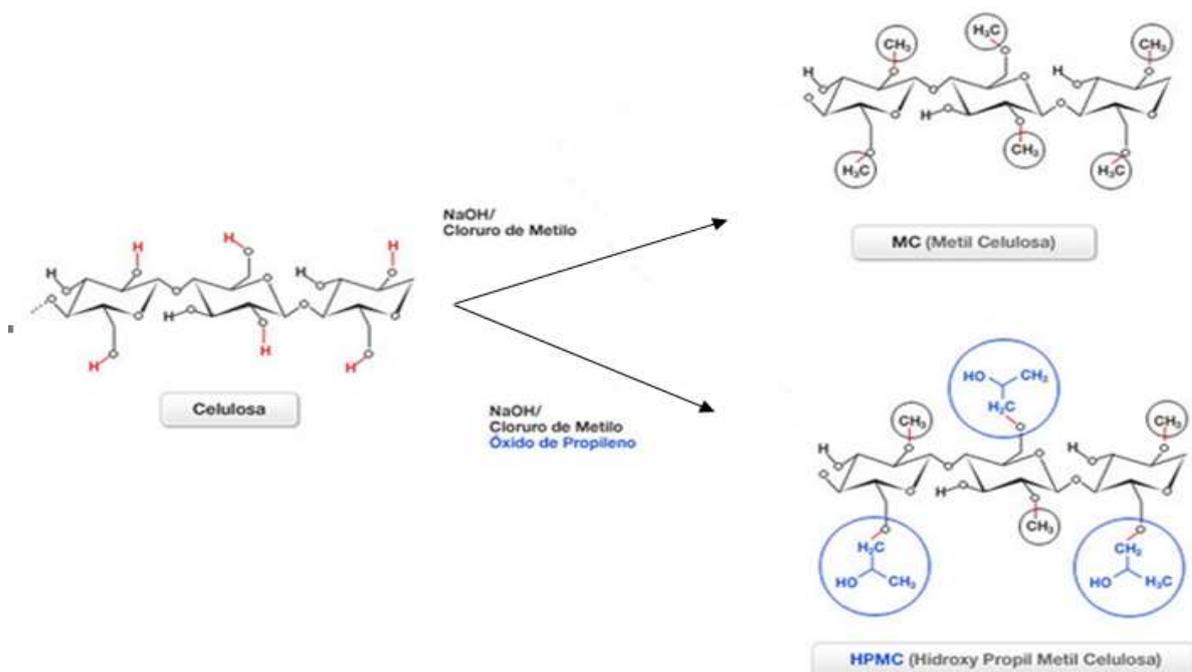


Figura 1. Reacciones de obtención de la MC y de HPMC.

El proceso industrial de eterificación se basa en la reacción de la celulosa con cloruro de metilo para obtener MC, o con una mezcla de óxido de propileno y cloruro de metilo en el caso de la HPMC, a una presión de 13.54 atm y a una temperatura entre 50 y 100 °C durante unas horas (Greminger y Krümel, 1980). De los tres grupos distintos de hidroxilos disponibles por unidad de monosacárido, solo una parte se convierte en éter.

Cuando se pone en contacto la MC o HPMC con el aceite caliente se gelifican de manera que forman una película que aparte de retener agua protege frente a la pérdida de humedad y la entrada de aceite durante el proceso de fritura (Meyers, 1990).

La forma de adicionar estos hidrocoloides parece influir en la capacidad barrera de ambos hidrocoloides. La eficacia observada frente a la absorción de aceite en diferentes alimentos rebozados (pescado, vegetales, trozos de pollo y queso) fue mayor cuando se adicionó el hidrocoloide hidratado que cuando se dispersó en seco junto con el resto de ingredientes; la viscosidad también fue mayor cuando el hidrocoloide se añadió hidratado, lo que sugiere una mayor eficacia cuando el hidrocoloide está hidratado (Meyers, 1990). Cabe destacar que para el uso industrial es bastante más interesante utilizar el hidrocoloide en seco y mezclarlo con el resto de ingredientes que hidratarlo antes de mezclarlo con el resto de ingredientes.

La carboximetilcelulosa sódica (CMC) es otro hidrocoloide derivado de la celulosa cuya función es la misma, aunque presenta una eficacia menor que la MC y HPMC. Se añadió la CMC a una formulación de “boondis” (alimento rebozado común en la India) obteniendo un producto final con menor contenido en aceite. La eficacia óptima se obtuvo con una concentración de CMC del 2%, las concentraciones superiores a éstas no fueron efectivas (Priya y otros, 1996).

Otro hidrocoloide eficaz para reducir la cantidad de aceite absorbido por los alimentos rebozados durante la fritura es la goma gelana. Esta goma es un heteropolisacárido lineal aniónico elaborado por la bacteria *Pseudomonas elodea*. Las películas de esta goma se aplican en forma de disolución en caliente donde se sumerge el alimento obteniendo una película cuando se enfría. Otra opción es sumergir el alimento en una disolución en frío de gelana produciéndose la gelificación tras la adición de iones como Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ o K⁺ (Duxbury, 1993). Las disoluciones de gelana se utilizan para recubrir las migas para el empanado; el uso de estas migas en lugar de las tradicionales dio un producto final con excelentes características y se obtuvo una menor absorción de aceite (Chalupa y Sanderson, 1994).

Se utilizan también hidrocoloides con el fin de aumentar la viscosidad de la pasta del rebozado. Se utiliza por ejemplo en el caso de las pastas de rebozado formuladas con ingredientes que desarrollan una viscosidad baja, por ejemplo, la harina de arroz (Mukprasirt y otros, 2001) o pastas con bajo contenido en sólidos totales. En ambos casos aparte de aumentar la viscosidad de la pasta ayuda a mantener los sólidos en suspensión. Los hidrocoloides que se utilizan con esta finalidad tienen la característica de que se hidratan con agua fría, con lo que se pueden añadir en seco con el resto de

ingredientes. Los más utilizados son: la goma guar, la goma xantana y los derivados de la celulosa, MC, HPMC y CMC (Hsia y otros, 1992). La eficacia de otorgar viscosidad varía en función del hidrocoloide utilizado, así como de la concentración, por lo tanto, dependiendo de la aplicación se utilizará un hidrocoloide distinto para cada producto.

Otro uso de los hidrocoloides es el aumento en el índice de recubrimiento y la mejora del grado de adhesión de la capa de rebozado al sustrato. Por regla general, existe una relación entre la viscosidad de la pasta y la cantidad de la misma que se adhiere, a mayor viscosidad, se obtiene una mayor adhesión. Es el caso de los trozos de pollo rebozados con goma xantana, goma guar y la CMC (Hsia y otros, 1992). Existe controversia en el uso de los hidrocoloides con el fin de aumentar la adhesión debido a que se utilizó MC en una pasta de rebozada basada en harina de arroz donde se obtenía una buena adhesión, pero poseía un inconveniente: no permitía la congelación del producto (Mukprasirt y otros, 2000).

Una propiedad que generalmente se asocia con el uso de hidrocoloides es la mejora de la estabilidad frente a la congelación. Los hidrocoloides tienen la capacidad de captar el agua libre producida durante los ciclos de congelación/descongelación, evitando la formación de grandes cristales de hielo y la migración del agua del sustrato al rebozado, que son las dos mayores causas de la pérdida de calidad del producto durante la congelación.

La fritura expone al aceite a unas condiciones que favorece a la degradación. Esto provoca sabor rancio en el producto, aunque no solo afecta al producto, también puede ser nocivo para la salud. Las reacciones químicas envueltas en la degradación del aceite son la hidrólisis, oxidación y polimerización del triacilglicerol (Blumenthal, 1991). La capacidad de ciertos hidrocoloides de formar películas tiene aplicación para aumentar la vida útil del aceite, ya que actúan como barrera que impide la migración de la humedad y otros componentes al aceite. El uso de HPMC como película alrededor del alimento evitó la migración de agua y ácido acético de las tiras de pollo marinado al aceite de freír, reduciendo la acción prooxidante del ácido acético y aumentando la vida útil del aceite de freír (Holownia y otros, 2000).

La utilización de goma xantana a niveles mayores del 0.2% aportó una textura gomosa (Kuntz, 1995). Se obtuvo una textura menos crujiente en nuggets de pescado cuando se incorporó HPMC al 1% de concentración a la formulación del rebozado. Esto se atribuyó a que se captaron las moléculas de agua en la corteza por el HPMC, resultando como se ha dicho en un menor carácter crujientes y una elasticidad más elevada (Chen y otros, 2008).

La adición de goma xantana a *sev* (producto frito basado en vegetales típico en la India) no alteró significativamente su dureza, fragilidad o crujibilidad (Bajaj y Singhal, 2007); en este caso, aunque se aumentó la humedad del *sev* debido a la captación de agua por parte de la goma xantana, esto no afectó a las características de la textura.

También se comparó el efecto de distintos tipos de HPMC con diferentes grados de sustitución de metilos y hidroxipropilos en la absorción de aceite. Las pastas preparadas con HPMC menos sustituidas con metilos y con mayor sustitución con hidroxipropilos presentaron una mayor crujibilidad (Primo-Martín y otros, 2010).

El uso de dos dextrinas (una cuya solubilidad es alta y otra cuya solubilidad es media) para mejorar el carácter crujiente de nuggets de pescado prefritos utilizando un microondas para su cocción final y haciendo uso de un empaquetado de poliéster de aluminio metalizado ayudó a obtener una mejor textura en los productos obtenidos (Albert y otros, 2010).

1.7 Estudios recientes acerca de productos rebozados.

Debido a la gran acogida que los productos rebozados tienen entre el público, existen diferentes estudios para mejorar tanto la forma de producirlos, como para mejorar sus características típicas como puede ser el sabor o la crujibilidad.

En cuanto a la forma de freír el producto, se realizaron estudios sobre diferencia la de freír el producto a presión atmosférica o a una presión más elevada; consiguiendo diferencias significativas en la jugosidad del producto (Das y otros, 2013). También se estudió una técnica para cocinar los productos rebozados mediante vapor caliente donde se analizaron los parámetros de crujibilidad y se obtuvo un menor contenido en aceite (Primo y Van Deventer, 2011). Por otro lado, se investigó un nuevo método novedoso donde se sustituía la etapa de prefritura por una etapa de coagulación en agua a 85 °C haciendo uso de hidrocoloides (Salvador y otros, 2005). A partir de este estudio se generaron otros relacionados con este método novedoso como el estudio de la microestructura de las anillas rebozadas por este método (Llorca y otros, 2005) o el efecto que podrían tener diferentes ingredientes sobre las cualidades de los productos rebozados por este método (Salvador y otros, 2005).

Un campo amplio de estudio es la sustitución o la utilización de nuevos ingredientes que provoquen una mejora del producto, por ejemplo, la utilización de proteínas para

reducir la absorción de aceite por el rebozado y el efecto de estas proteínas en las características tales como el sabor, el color y la textura del rebozado (Mah y Brannan, 2009). Se utilizó también la MC, la goma xantana y la CMC para ver sus efectos en la entalpía de gelatinización del producto (Xue y Ngadi, 2009). Se estudió también la influencia del almidón de tapioca en las propiedades térmicas del rebozado de alitas de pollo (Ketjarut y Pongsawatmanit, 2015).

En cuanto a la mejora del sabor, se encontraron diferencias significativas en el sabor de las hamburguesas de camarón utilizando almidón de tapioca, alginato de sodio y carragenina tipo iota (Jueanee y otros, 2009).

Se ha estudiado también el efecto de distintos ingredientes de rebozados para nuggets de camarón, a los que no se le habían sometido a la etapa de prefritura, para ver el efecto sobre el modelo cinético de transferencia de masa (Nasiri y otros, 2011).

En cuanto a estudios del sustrato, se ha investigado el efecto del rebozado en cualidades como microestructura, color y textura en porciones de carne magra (Barbut, 2013)

También existen estudios de adhesión. En este sentido, se estudió el efecto de distintos hidrocoloides y tres métodos diferentes de cocción sobre la adhesión de nuggets rebozados (Albert y otros, 2009).

En general en cualquier estudio sobre productos rebozados se evalúa la textura, ya que tiene gran relación con la acogida del producto entre los consumidores. Por ejemplo, se evaluó el efecto de la sal, la harina de maíz y la levadura sobre la textura de productos rebozados (Salvador y otros, 2002). También se investigó sobre el concepto de textura de los consumidores con el objetivo de encontrar un mejor entendimiento en la percepción de la crujibilidad de un producto (Varela y otros, 2008).

En la percepción de la textura de los productos rebozados juega un papel muy importante el impulsor que se añade a la formulación. Sin embargo, no existen muchos estudios relacionados con este tema. Por este motivo, en el presente trabajo se pretende estudiar la influencia de distintos agentes impulsores en las características texturales y estructurales de los rebozados.

2. OBJETIVOS.

El objetivo general del presente trabajo es el **“Diseño de un proceso alternativo a la prefritura en productos rebozados congelados elaborados con distintos impulsores”**.

Para la consecución de este objetivo general, se proponen los siguientes hitos:

1. Estudio de los distintos aspectos microestructurales que influyen en las características macroscópicas de la capa de rebozado.
2. Análisis de la textura de los productos elaborados.
3. Simulación de un microhorneado y análisis de la masa del rebozado.
4. Determinación del grado de adhesión de las capas de rebozado.

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1 Formulaciones de las distintas pastas de rebozados analizadas.

En total se estudiaron 8 distintos tipos de formulaciones, las cuales se diferenciarán por el tipo de agente impulsor y por la cantidad total de este agente en la pasta del rebozado. El agente impulsor se mantuvo con una relación 3:4 (bicarbonato/ácido). Se utilizaron cuatro agentes impulsores diferentes: mezclas de pirofosfato (P) o ácido cítrico (C) con bicarbonato normal (N) o encapsulado (E). Los ingredientes en común fueron la metilcelulosa MC, el agua, y la harina. Para cada formulación se hicieron 300 g de mezcla de los ingredientes secos y luego se añadieron 435 gramos de agua a 4°C.

Cada una de las formulaciones se prepararon a dos niveles distintos: un nivel alto (A) con un 6.3% del total de la masa de agente impulsor y un nivel bajo (B) con un 4.9%. Los pesos totales de cada ingrediente en las distintas formulaciones se recogen en la tabla 2.

Tabla 2. Peso de cada componente para las distintas formulaciones. Una P significa que es una formulación con pirofosfato 10, una C ácido cítrico. Las letras E y N hace referencia al tipo de bicarbonato, la E para el bicarbonato encapsulado, la N para el bicarbonato normal, y las letras A y B hace referencia al nivel alto y bajo.

Formulaciones	B.N(g)	B.E(g)	P(g)	C (g)	MC (g)	Harina(g)	Agua(g)
PEA	0	8,1	10,8	0	6	275,1	435
PEB	0	6,3	8,4	0	6	279,3	435
CEA	0	8,1	0	10,8	6	275,1	435
CEB	0	6,3	0	8,4	6	279,3	435
PNA	8,1	0	10,8	0	6	275,1	435
PNB	6,3	0	8,4	0	6	279,3	435
CNA	8,1	0	0	10,8	6	275,1	435
CNB	6,3	0	0	8,4	6	279,3	435

3.2 Procedimiento de preparación de las pastas de rebozado.

Una vez pesados los ingredientes estos se introdujeron en una amasadora Kenwood Major Classic (Tokyo, Japón) durante 15 s a 325 rpm. A continuación, se añadió el agua a 4°C en la amasadora y se mezclaron durante 15 min a 260 rpm.

3.3 Procedimiento de coagulación de la pasta de rebozado mediante el proceso innovador.

Una vez terminado el mezclado de los ingredientes se dejó reposar la masa a temperatura ambiente durante 20 min. Durante el tiempo de reposo se sacaron las anillas del congelador, se escaldaron en agua destilada a 85°C durante 10 s para evitar que quede algo de hielo en las anillas y se enharinaron para conseguir una mayor adhesión de la pasta del rebozado a la anilla del calamar. Una vez transcurrido este tiempo de reposo se introdujo la anilla ya enharinada en la pasta del rebozado hasta que se observó que la anilla estaba totalmente recubierta por la pasta. Se dejó escurrir para evitar el exceso de pasta que pudiera quedar en la anilla y se introdujo en un matraz de 500 mL con agua destilada a 85 °C durante 30 s. Una vez transcurrido este tiempo se introdujo la anilla ya coagulada en un microondas a unos 700 W durante 10 s para cada lado de la anilla.

A continuación, se envasaron las anillas en bolsas aptas para congelación de productos con un 50% de vacío y se introdujeron en un congelador a -22°C durante una semana.

3.4 Fritura final del producto

Una vez transcurrida una semana de congelación, se frieron las anillas individualmente sin descongelar utilizando una freidora domestica Taurus Professional 2 (Oliana, España) en aceite refinado de girasol Koype Sol a 180°C durante 2.5 min.

3.5 Diagrama de flujo del proceso de elaboración

El proceso de elaboración se realizó en dos fases: La elaboración de la masa y la elaboración de las anillas de calamar. A continuación, en la figura 2, se adjunta el diagrama de flujo del proceso de elaboración:

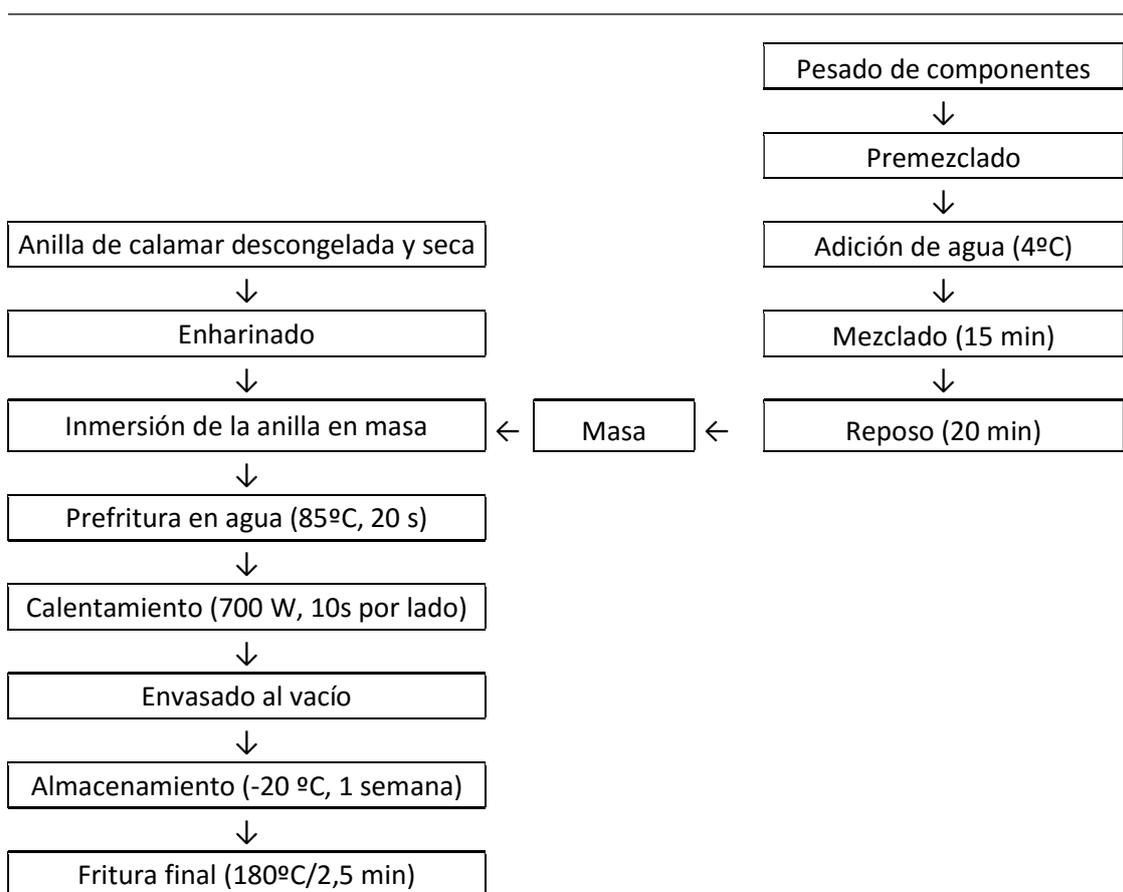


Figura 2. Diagrama de flujo de la elaboración de las anillas de calamar.

3.6 Análisis de imagen de las pastas de rebozado. Simulación de un micro-horneado

Cada formulación se sometió a un microhorneado para observar el crecimiento de las burbujas en la estructura de la pasta del rebozado. Para ello se utilizó una placa de control de temperatura (Analysa-LTS350, Linkam, Surrey, UK) acoplada a un microscopio óptico (Nikon ECLIPSE 80i, Nikon Co., Ltd., Tokyo, Japan). Se colocó una gota de la pasta del rebozado en el portamuestras y este en la pletina de control de temperatura controlada por un sistema de refrigeración con una bomba de nitrógeno líquido (Linkam). El calentamiento siguió una rampa de temperatura de 1,5 °C/min desde los 25°C hasta los 105°C. Estas muestras se observaron a 4X aumentos (Objetivo x4/0.13/-WD 17.1, Nikon). Durante el calentamiento se grabaron las imágenes con una cámara (ExWaveHAD, model no. DXC-190) acoplada al microscopio.

Se analizaron las imágenes mediante el programa Image J (National Institute of Health, Bethesda, MD) determinando el tamaño de las burbujas y la frecuencia de aparición de burbujas a las temperaturas 30, 70, 90 y 105 °C.



Figura 3. Microscopio óptico Nikon con controlador de temperatura Linksys.

3.7 Estudio microestructural

La caracterización microestructural se llevó a cabo por microscopía óptica en un equipo Nikon h600L (Tokyo, Japón). Se utilizaron muestras de la capa del rebozado tras su fritura, y se captaron imágenes a 4X aumentos.



Figura 4. Microscopio óptico.

3.8 Determinación de la textura del rebozado. Ensayos de penetración

Para caracterizar la textura de la corteza de los calamares, éstos se analizaron con un texturómetro TX-AXT Texture Analyser (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido) como el de la figura 5 y se procesaron los datos mediante el programa Texture Exponent Lite versión 6.10 de Stable Micro Systems.



Figura 5. Texturómetro TA-XT plus.

El procedimiento a seguir fue el siguiente: se cortaron los calamares de forma transversal, se retiró el calamar y se cortó el rebozado en 4 trozos de 2x1 cm aproximadamente. Se colocaron sobre una plataforma con una perforación de 7 mm y se penetró la muestra con una sonda cilíndrica de base plana de 4 mm de diámetro. La velocidad de la sonda fue de 1 mm/s durante un tiempo de 20 s. Se obtuvieron unos perfiles de fuerza frente a tiempo a partir de los cuales se determinaron la fuerza máxima, la pendiente y el área.

La perforación de la corteza se realizó entre los 15 y 20 min después de la fritura del producto. Se determinó la textura del rebozado de tres calamares por formulación y se hicieron 3 medidas por calamar. Para cada tipo de formulación se hicieron dos réplicas.

3.9 Determinación del grado de adhesión

El grado de adhesión del sustrato al rebozado se determinó realizando cortes transversales al producto como se observa en la figura 6 y realizando fotos del corte con una cámara de Olympus E-510 (Tokyo, Japón).

El valor del grado de adhesión vendrá dado por la siguiente expresión:

$$\%_{Adhesión} = \frac{P}{T} \cdot 100$$

Donde P es el número de píxeles que corresponde a la parte del perímetro donde el sustrato y el rebozado esta adherido y T corresponde al número de píxeles total del perímetro del sustrato.



Figura 6. Corte transversal de la anillo de calamar para determinar el grado de adhesión.

3.10 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante análisis de la varianza de una vía al no encontrarse interacciones entre los factores estudiados: ácido utilizado, encapsulamiento o no del bicarbonato y niveles de impulsor. Para ello se calculó si había diferencias significativas entre las distintas formulaciones con un intervalo de confianza del 95%. Se utilizó el programa Statgraphics Centurion XVI.I (Statpoint Technologies, Inc.m Warrenton, Va, Estados Unidos).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Análisis de imagen de las masas.

En la figura 7 se muestran las imágenes de las distintas pastas de rebozados (PNA, PNB, CNA, CNB, PEA, PEB, CEA y CEB) a las temperaturas (30,70,90 y 105 °C) durante la simulación de un microhorneado.

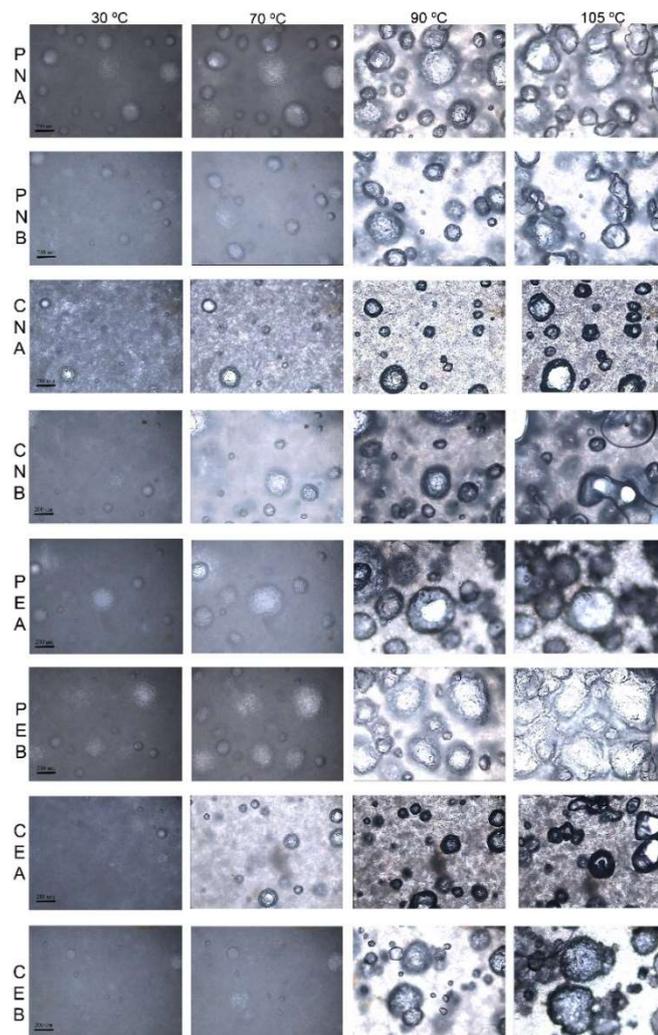


Figura 7. Imágenes del crecimiento de las burbujas de CO₂ a distintas temperaturas durante el microhorneado. P: pirofosfato, C: cítrico, N: bicarbonato no encapsulado, E: bicarbonato encapsulado, A: nivel alto de impulsor, B: nivel bajo de impulsor.

Se observa que conforme aumenta la temperatura hay un incremento de burbujas y del tamaño de las mismas. Existe un incremento generalizado a los 70°C, debido a que a esta temperatura se produce gelatinización del almidón que consiste en

que los gránulos de almidón, los cuales a baja temperatura son insolubles, empiezan a absorber agua. Cabe destacar en estas muestras que, en general las formulaciones que contienen ácido cítrico tienen menos cantidad de burbujas y un tamaño algo más pequeño a las temperaturas de 30 y 70 °C.

Estas imágenes fueron analizadas para cuantificar los resultados obtenidos para cada muestra. La figura 8 muestra los histogramas de distribución de los tamaños de las burbujas a diferentes temperaturas.

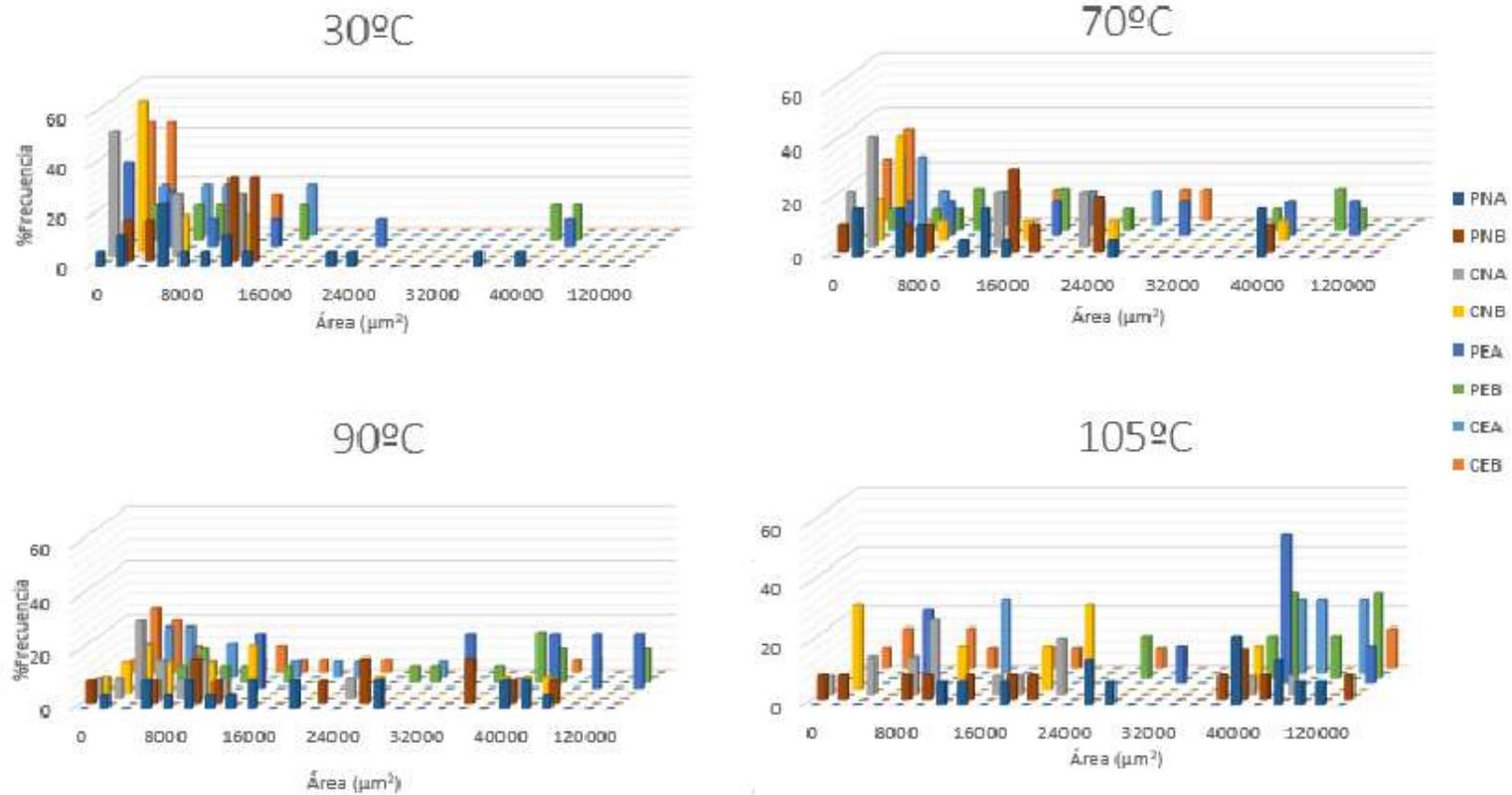


Figura 8. Frecuencia de aparición de burbujas frente al área.

A 30 °C se observa que mayoritariamente en todas las formulaciones predominan las burbujas de pequeño tamaño, excepto en las formulaciones PEA y PEB donde se observa que hay alguna burbuja de tamaño mayor. A 70°C se observa una evolución generalizada del tamaño en todas las formulaciones. A 90°C se aprecia como en general las formulaciones con bicarbonato encapsulado tiene mayor cantidad de burbujas de gran tamaño. A 105°C las burbujas siguen una tendencia más uniforme, observándose una gran cantidad de burbujas de tamaño grande, y al igual que sucedía a 90°C, con tamaño mayor en el caso de la utilización de bicarbonato encapsulado en la formulación.

Comparando las temperaturas y formulaciones de la figura 8, se aprecia que no hay diferencias en general entre el nivel de agente impulsor, la evolución del tamaño de burbujas es similar cuando se usa el mismo agente impulsor ya se añada éste a nivel más alto o más bajo. Entre los ácidos se observa que por lo general las formulaciones con ácido cítrico presentan menos burbujas. En cuanto al bicarbonato, se observa en el histograma que los bicarbonatos encapsulados presentan una mayor cantidad de burbujas de mayor tamaño.

4.2 Estudio microestructural.

En la figura 9 se presentan las imágenes de las capas de rebozado elaboradas con las distintas formulaciones y tomadas con un microscopio óptico.

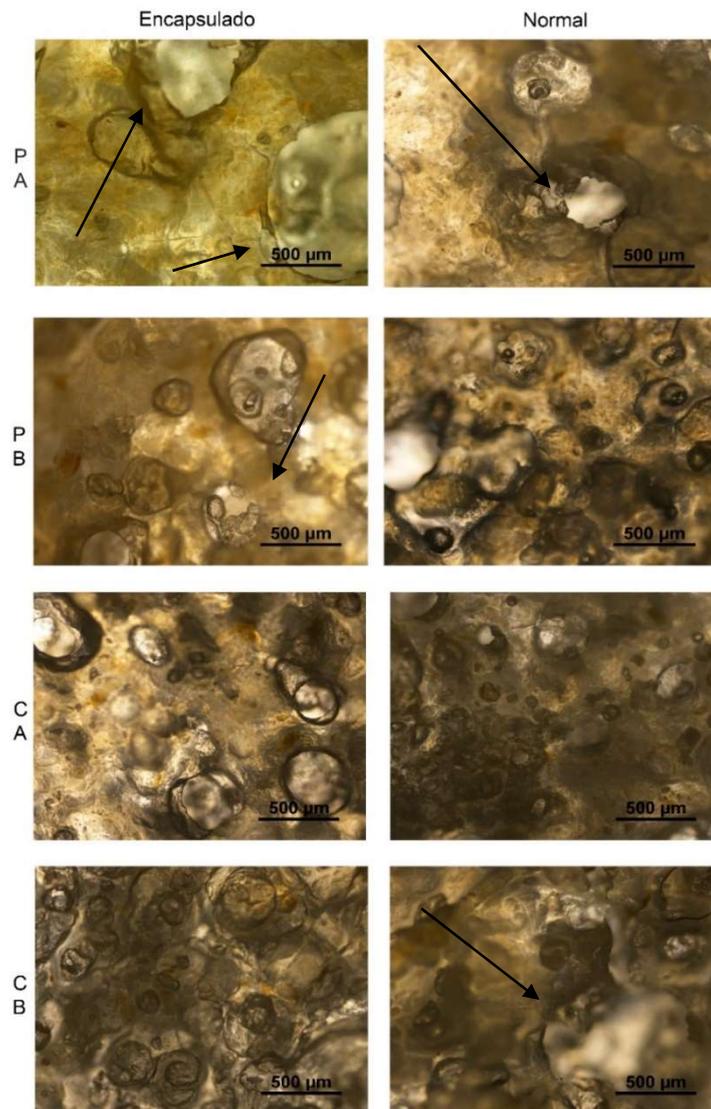


Figura 9. *Imágenes de la microestructura de la capa del rebozado a 4X aumentos. Las flechas de la imagen señalan los huecos en la microestructura.*

Se observa la microestructura de la masa compuesta por gránulos de almidón totalmente gelatinizados ya que han sido sometidos a un proceso de fritura. También se puede observar los alveolos generados por el impulsor de las distintas formulaciones.

Se puede apreciar que el bicarbonato encapsulado libera más fácilmente el CO₂ y tiene mayor cantidad de burbujas de gran tamaño. Se observa que algunas formulaciones como PEA, PNA, CNB y PNB presentan huecos en su microestructura.

4.3 Análisis de la textura de la capa de rebozado

Para determinar la textura de la capa de los calamares se realizaron ensayos de penetración. La figura 10 muestra a modo de ejemplo el perfil de textura obtenido para una muestra de la formulación PEB.

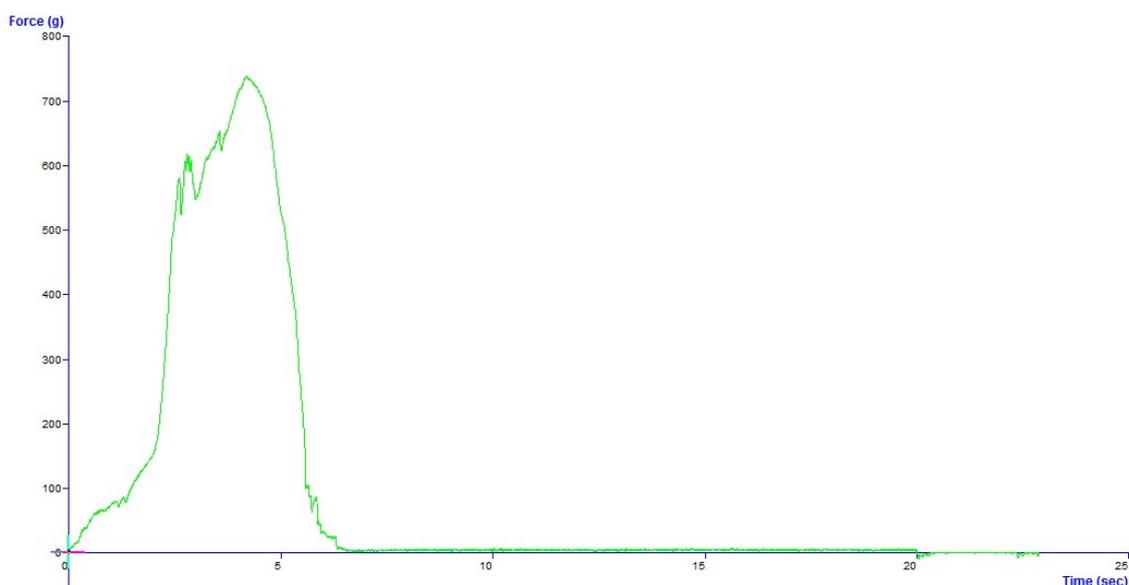


Figura 10. Perfil de textura para la muestra PEB.

A partir de estos perfiles de fuerza se determinó la dureza (fuerza necesaria para perforar la muestra), la fragilidad (relacionada con el valor de la pendiente de la curva) de cada rebozado y la resistencia a la penetración (área bajo la curva). Una muestra será más dura cuanto mayor sea la fuerza, será más frágil con valores mayores de pendiente y presentará mayor resistencia cuanto mayor sea el área bajo la curva. Un aspecto a destacar es la aparición de picos de rotura antes de que el émbolo penetre en la muestra, lo que se relaciona con el hecho de que son muestras crujientes. En la tabla 3 se recogen los parámetros medidos con el texturómetro.

Tabla 3. Valores medios de la textura de la corteza del calamar.

	Fuerza Máxima (N)	Pendiente(N/s)	Área (N s)
PNA	3,35(0,27) ^{bc}	0,71(0,25) ^b	11,57(1,52) ^{bcd}
PNB	3,92(0,66) ^{ab}	0,97(0,38) ^a	13,29(4,03) ^{abc}
CNA	2,67(0,28) ^d	0,66(0,08) ^b	9,37(1,75) ^d
CNB	3,14(0,81) ^{cd}	0,66(0,15) ^b	10,53(1,75) ^{cd}
PEA	3,80(0,66) ^{ab}	0,67(0,20) ^b	16,10(6,09) ^a
PEB	4,01(0,19) ^a	0,78(0,08) ^{ab}	14,34(1,53) ^{ab}
CEA	3,22(0,90) ^{bc}	0,55(0,24) ^b	12,67(4,25) ^{abc}
CEB	2,73(0,86) ^d	0,61(0,20) ^b	9,62(2,80) ^d

Los valores entre paréntesis son la desviación estándar. Los valores con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas ($P < 0.05$).

En cuanto a la dureza del producto, las formulaciones PEB, PNB y PEA son significativamente ($P < 0.05$) las que mayor dureza presentan mientras que la CNA, CNB y CEB son las que presentan una menor dureza. Se observa que las formulaciones con pirofosfato presentan una dureza mayor que las que tienen ácido cítrico. En cuanto a los niveles de impulsor no se observan diferencias entre muestras, en general la cantidad de impulsor en la formulación no parece influir en este parámetro.

La fragilidad de la capa de rebozado está relacionada con la pendiente del perfil. A un mayor valor de la pendiente, mayor será la fragilidad de la muestra. Las muestras estudiadas son similares estadísticamente ($P > 0.05$) a excepción de las formulaciones PEB y PNB que son las formulaciones más frágiles, ya que estas difieren significativamente ($P < 0.05$) con el resto de las formulaciones estudiadas.

En cuanto a la resistencia a la rotura, las muestras PNB, PEA, PEB y CEA presentan significativamente ($P < 0.05$) una resistencia mayor al resto. Las muestras PEB, PNB y PEA coinciden con las muestras que más dureza presentan y las muestras PEB y PNB presentan también una mayor fragilidad significativa comparada con el resto de las muestras. Las muestras que menos resistencia ofrecen significativamente ($P < 0.05$) son PNA, CNA, CNB y CEB. Dos de estas muestras coinciden con las mismas que menos dureza presentan (CNB y CEB).

4.4 Grado de adhesión del rebozado.

Los resultados obtenidos para el grado de adhesión obtenidos a partir del análisis de imagen de las formulaciones estudiadas se recogen en la tabla 4.

Tabla 4. Valores medios del grado de adhesión de la corteza del calamar.

Grado de Adhesión	
PNA	49,39(4,27) ^a
PNB	28,78(7,62) ^c
CNA	41,41(7,29) ^b
CNB	43,91(7,70) ^{ab}
PEA	39,74(9,01) ^b

Grado de Adhesión

PEB	42,73(4,69) ^{ab}
CEA	18,50(4,30) ^d
CEB	25,844(6,18) ^{cd}

Los valores entre paréntesis son la desviación estándar. Los valores con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Se observa que la formulación que mayor grado de adhesión tiene entre el sustrato y la capa de rebozado es PNA, que junto con CNB y PEB difieren significativamente ($P < 0.05$) del resto. Cabe destacar que las formulaciones con ácido cítrico y bicarbonato encapsulado (CEA y CEB) son las muestras que menor valor de grado de adhesión presentan ($P < 0.05$) y por otro lado las formulaciones PEA, PEB, CNA, CNB presentan valores parecidos, siendo ligeramente mayor las formulaciones con bicarbonato no encapsulado y cítrico. En general los valores de las formulaciones con bicarbonato no encapsulado son mayores que las formulaciones con bicarbonato encapsulado, a excepción de PNB.

5. CONCLUSIONES

Mediante la ejecución del presente proyecto, se ha profundizado en las características de las distintas formulaciones obtenidas mediante un proceso novedoso de prefritura industrial.

En el estudio de las masas, se observa que durante el aumento de la temperatura se produce un aumento generalizado de las burbujas. Las formulaciones que presentan ácido cítrico presentan un menor número de burbujas en su microestructura.

La evolución del tamaño de las burbujas es similar también independientemente del nivel del impulsor utilizado. En cuanto al tipo de bicarbonato, se observa que el bicarbonato encapsulado genera burbujas de un tamaño mayor.

En cuanto al estudio microestructural, se observa la masa compuesta por los gránulos de almidón gelatinizados y los alveolos generados por el impulsor durante el procesado. Las formulaciones que presentan bicarbonato encapsulado liberan una mayor cantidad de CO₂ provocando la presencia de un mayor número de alveolos de gran tamaño.

En el estudio de la textura, en general, las formulaciones con pirofosfato presentan una dureza mayor que las formulaciones con ácido cítrico, concretamente las formulaciones que presentan una mayor dureza son las formulaciones PEB, PNB y PEA.

Las formulaciones PEB y PNB presentan una fragilidad mayor que el resto. Estas formulaciones también presentan una dureza elevada, lo que indica que estos rebozados son duros y frágiles, características que buscan los consumidores en este tipo de productos rebozados.

Respecto a los resultados relativos al grado de adhesión, las formulaciones PNA, PEB y CNB son las que muestran una mayor adhesión.

Según los resultados obtenidos, la formulación PEB podría ser una de las más adecuadas para el diseño de estos rebozados, ya que aúna unas buenas cualidades texturales y un elevado grado de adhesión rebozado-sustrato.

6. BIBLIOGRAFIA.

Ahmed, M. A. M. (2013). Quality of battered and breaded chicken meat products as affected by adhesion enhancers.

Albert, A., Perez-Munuera, I., Quiles, A., Salvador, A., Fiszman, S. M., & Hernando, I. (2009). Adhesion in fried battered nuggets: Performance of different hydrocolloids as preducts using three cooking procedures. *Food Hydrocolloids*, 23(5), 1443-1448.

Albert, A., Varela, P., Salvador, A., & Fiszman, S. M. (2010). Improvement of crunchiness of battered fish nuggets. *European Food Research and Technology*, 228, 923-930.

Albert, Á., Varela, P., Salvador, A., & Fiszman, S. M. (2009). Improvement of crunchiness of battered fish nuggets. *European Food Research and Technology*, 228(6), 923-930.

Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A., & Fiszman, S. M. (2003). Effect of the addition of dextrin or dried egg on the rheological and textural properties of batters for fried foods. *Food Hydrocolloids*, 17(3), 305-310.

Bajaj, I., & Singhal, R. (2007). Gellan gum for reducing oil uptake in sev, a legume based product during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 104, 1472-1477.

Barbut, S. (2013). Frying—effect of coating on crust microstructure, color, and texture of lean meat portions. *Meat science*, 93(2), 269-274.

Blumenthal, M. M., Stockler, J. R., & Van Tassell, H. M. (1991). U.S. Patent No. 5,055,410. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Chalupa, W. F., & Sanderson, G. R. (1994). Process for preparing low-fat fried food.

Chen, H. H., Kang, H. Y., & Chen, S. D. (2008). The effects of ingredients and water content on the rheological properties of batters and physical properties of crusts in fried foods. *Journal of Food Engineering*, 88(1), 45-54.

Das, R., Pawar, D. P., & Modi, V. K. (2013). Quality characteristics of battered and fried chicken: comparison of pressure frying and conventional frying. *Journal of food science and technology*, 50(2), 284-292.

Duxbury, D. D. (1993). Multi-functional gum gets final FDA approval: gellan gum offers formulators low use levels and high versatility. *Food Processing*, 54, 62.

Greninger, G. K., Krumel, K. L., & Davidsson, R. L. (1980). Handbook of water-soluble gums and resins. by RL Davidson, McGraw-Hill, New York.

Grover, J. A. (1993). Methylcellulose and its derivatives. Industrial gums, polysaccharides and their derivatives, 475-504.

Holownia, K. I., Chinnan, M. S., Erickson, M. C., & Mallikarjunan, P. (2000). Quality Evaluation of Edible Film-Coated Chicken Strips and Frying Oils. Journal of Food Science, 65(6), 1087-1090.

Hsia, H. Y., Smith, D. M., & Steffe, J. F. (1992). Rheological Properties and Adhesion Characteristics of Flour-Based Batters for Chicken Nuggets as affected by Three Hydrocolloids. Journal of Food Science, 57(1), 16-18.

Juemanee, P., Kijroongrojana, K., Usawakesmanee, W., & Posri, W. (2009). Juiciness improvement of frozen battered shrimp burger using modified tapioca starch, sodium alginate, and iota-carrageenan. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 31(5), 491-500.

Ketjarut, S., & Pongsawatmanit, R. (2015). Influence of Tapioca Starch on Thermal Properties of Wheat Flour-Based Batter and Quality of Fried Battered Chicken Wingsticks. International Journal of Food Engineering, 11(5), 641-650.

Kuntz, L. A. (1995). Building better fried foods. Food Product Design, 5, 129-146.

Llorca, E., Hernando, I., Pérez-Munuera, I., Quiles, A., Larrea, V., & Lluch, M. Á. (2007). The structure of starch granules in fried battered products. Food Hydrocolloids, 21(8), 1407-1412.

Llorca, E., Hernando, I., Pérez-Munuera, I., Quiles, A., Larrea, V., Fiszman, S. M., & Lluch, M. Á. (2005). Microstructural study of frozen batter-coated squid rings prepared by an innovative process without a pre-frying step. Food Hydrocolloids, 19(2), 297-302.

Loewe, R. (1990). Ingredient Selection for Batter systems. En: Kulp, K. y Loewe, R (eds), Batters and Breadings in Food Processing San Pablo, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc, pp 11-28.

Loewe, R. (1993). Role of Ingredients in Batter Systems. Cereal Foods World 38 (9): 6673-677.

Mah, E., & Brannan, R. G. (2009). Reduction of oil absorption in deep-fried, battered, and breaded chicken patties using whey protein isolate as a postbreeding dip: Effect on flavor, color, and texture. *Journal of food science*, 74(1), S9-S16.

Meyers M.A. y Conklin, J.R. (1990) Method of Inhibiting Oil Adsorption in Coated Fried Foods Using Hydroxypropyl Methyl Cellulose. Patente norteamericana 4,900,573.

Meyers, M.A. (1990). Functionality of Hydrocolloids in Batter Coating Systems. En: *Batters and Breadings in Food Processing* San Pablo, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc. pp 117-141.

Mukprasirt, A., Herald, T. J., Boyle, D. L., & Boyle, E. A. E. (2001). Physicochemical and microbiological properties of selected rice flour-based batters for fried chicken drumsticks. *Poultry science*, 80(7), 988-996.

Mukprasirt, A., Herald, T. J., Boyle, D. L., & Rausch, K. D. (2000). Adhesion of rice flour-based batter to chicken drumsticks evaluated by laser scanning confocal microscopy and texture analysis. *Poultry Science*, 79(9), 1356-1363.

Nasiri, F. D., Mohebbi, M., Yazdi, F. T., & Khodaparast, M. H. H. (2011). Kinetic modeling of mass transfer during deep fat frying of shrimp nugget prepared without a pre-frying step. *Food and Bioproducts Processing*, 89(3), 241-247.

Pinthus, E. J., Weinberg, P., & Saguy, I. S. (1992). Gel-strength in Restructured Potato Products Affects Oil Uptake during Deep-fat frying. *Journal of Food Science*, 57(6), 1359-1360.

Primo-Martín, C., Sanz, T., Steringa, D. W., Salvador, A., Fiszman, S. M., & Van Vliet, T. (2010). Performance of cellulose derivatives in deep-fried battered snacks: Oil barrier and crispy properties. *Food Hydrocolloids*, 24(8), 702-708.

Primo-Martín, C., Sanz, T., Steringa, D. W., Salvador, A., Fiszman, S. M., & vanVliet, T. (2010). Performance of cellulose derivatives in deep-fried battered snacks: oil barrier and crispy properties. *Food Hydrocolloids*, 24, 702-708.

Primo-Martín, C., & Van Deventer, H. (2011). Deep-fat fried battered snacks prepared using super heated steam (SHS): Crispness and low oil content. *Food Research International*, 44(1), 442-448.

Priya, R., Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. (1996). Carboxymethylcellulose and hydroxypropylmethylcellulose as additives in reduction of oil content in batter based deep-fat fried boondis. *Carbohydrate polymers*, 29(4), 333-335.

Salvador, A., Sanz, T., & Fiszman, S. (2002). Effect of corn flour, salt, and leavening on the texture of fried, battered squid rings. *Journal of food science*, 67(2), 730-733.

Salvador, A., Sanz, T., & Fiszman, S. M. (2005). Effect of the addition of different ingredients on the characteristics of a batter coating for fried seafood prepared without a pre-frying step. *Food hydrocolloids*, 19(4), 703-708.

Sunderman, R.D. (1983). Application of Batters and Breadings to Seafood. En: Suderman, D.R. y Cunningham, F.E. (eds), *Batter and Breading Westport, Connecticut: Avi Publishing Company Inc.* pp 61-75.

Sunderman, R.D. (1990). Effective Use of Flavorings and Seasoning in Batter and Breading Systems. En: Kulp, K. y Loewe, R. (eds), *Batters and Breadings in Food Processing San Pablo, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc.* pp. 73-91.

Varela, P., & Fiszman, S. M. (2011). Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1801-1812.

Varela, P., Salvador, A., Gámbaro, A., & Fiszman, S. (2008). Texture concepts for consumers: A better understanding of crispy–crunchy sensory perception. *European Food Research and Technology*, 226(5), 1081-1090.

Xue, J., & Ngadi, M. (2009). Effects of methylcellulose, xanthan gum and carboxymethylcellulose on thermal properties of batter systems formulated with different flour combinations. *Food hydrocolloids*, 23(2), 286-295.

PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES.

En este pliego de condiciones se reúnen las exigencias tanto legales como técnicas para la ejecución de este proyecto cuyo objetivo principal es el diseño de un proceso alternativo a la prefritura en productos rebozados congelados elaborados con distintos impulsores.

1. CONDICIONES GENERALES.

Este apartado tiene como objetivo concretar las condiciones de índole económica, facultativa y legal que dirigen el desarrollo de este proyecto.

2. CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS.

2.1 Derechos y obligaciones del proyectista.

Las obligaciones generales del proyectista constan de los siguientes puntos:

- Entender y cumplir con la legislación correspondiente.
- Conocer el proyecto.
- Asegurarse del cumplimiento de la normativa de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia correspondiente a la realización de un Trabajo Final de Grado.
- Consultar cualquiera de las modificaciones de las características iniciales del proyecto al promotor de éste, así como solventar problemas y proponer soluciones alternativas.
- Mantener informado al promotor del proyecto de la situación en el que se encuentra el proyecto.

Los derechos fundamentales del proyectista se recogen en los siguientes puntos:

- La exigencia de un ejemplar completo del proyecto.
- La disponibilidad tanto de instalaciones, equipos y materiales necesarios para poder ejecutar el proyecto.

- Proporcionar asistencia técnica frente a los problemas técnicos no previstos que se puedan encontrar durante la realización del proyecto.

2.1.1 Capacidades del promotor del proyecto.

Las profesoras Titulares de Universidad Dra. Maria Isabel Hernandez y Dra. Amparo Quiles Gómez, promotoras de este proyecto, sujetas a la reglamentación de la Escuela Técnica superior de Ingenieros Industriales.

Las tutoras del proyecto reúnen tanto la facultad de dirigir y supervisar este trabajo como la capacidad de adaptar la estructura y contenido del trabajo en general.

La responsabilidad del director del proyecto es asesorar al proyectista para que su Trabajo Final de Grado reúna y cumpla todos los requisitos científicos, formales y técnicos para la obtención por parte del proyectista del grado de Ingeniero Técnico Químico de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Valencia.

2.1.2 Plan de trabajo y condiciones generales de la ejecución de los trabajos.

El plan de trabajo en el que se establece el plazo de inicio y finalización del proyecto, así como las condiciones generales, que se deben cumplir, serán establecidos por mutuo acuerdo entre el promotor del proyecto y el proyectista.

2.2 CONDICIONES GENERALES ECÓNOMICAS

Al tratarse de un proyecto en el que el objetivo es la obtención de experiencia, conocimientos y obtención del grado de Ingeniero Técnico Químico por parte del proyectista, éste no recibirá ninguna compensación económica en concepto de honorarios.

2.2.1 Precios unitarios.

Los precios unitarios utilizados para el cálculo del presupuesto de este proyecto están actualizados, tanto para materias primas como para mano de obra, así como también éstos incluyen los porcentajes de medios auxiliares.

En el caso de la necesidad de añadir una partida no presupuestada, la Dirección Facultativa deberá estudiar y aprobar dicha partida para que se pueda ejecutar.

2.2.2 Actualización y modificaciones de las instalaciones y equipos.

Si surge la necesidad de actualizar o modificar algún equipo para la ejecución del proyecto, la dirección del proyecto será la encargada de decidir si es totalmente imprescindible realizarse esta modificación, teniendo siempre en cuenta que ésta modificación no provoque un aumento importante del presupuesto del proyecto inicial.

2.3 CONDICIONES LEGALES

2.3.1 Marcas registradas y derechos de autor.

Tanto el promotor y el proyectista del proyecto harán públicas las marcas registradas que se utilicen durante el proyecto, así como reconocerán la propiedad intelectual de los elementos utilizados en el proyecto provenientes de otros autores.

2.3.2 Condiciones del trabajo

En todo momento durante el desarrollo del proyecto se debe cumplir las exigencias del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. El proyectista debe conocer perfectamente las características y especificaciones de los equipos y materiales con los que realizará el proyecto con el fin de garantizar un entorno de trabajo libre de riesgos.

2.3.3 Rescisión del contrato del proyecto.

El promotor tiene el derecho de acabar el contrato con el proyectista por los motivos explicados en los siguientes puntos:

- Por un retraso excesivo en la ejecución del proyecto.
- Por un abandono del proyecto por parte del proyectista sin causa justificada.

- Por un acuerdo entre el promotor y el proyectista, siempre y cuando no se vean ninguna de las partes perjudicadas.

3. CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LOS REACTIVOS.

Para saber qué medidas de seguridad se deben considerar es necesario conocer los riesgos derivados de los reactivos utilizados. A continuación, se adjunta la ficha de seguridad del nitrógeno, ya que es el único reactivo empleado, esta ficha de seguridad está conforme a la directiva 91/155/CEE de la Comisión Europea. En esta ficha de seguridad se exponen los datos del reactivo en cuestión: empresa suministradora, propiedades físicas

3.1 Ficha de seguridad del nitrógeno.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

NITROGENO (líquido refrigerado)

ICSC: 1199

 <p style="text-align: center;">NITROGENO (líquido refrigerado) Nitrógeno líquido (licuado) N₂ Masa molecular: 28.01</p> <p>Nº CAS 7727-37-9 Nº RTECS QW9700000 Nº ICSC 1199 Nº NU 1977</p>			
			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION			
INHALACION	Asfixia. Ver notas.	Ventilación.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
PIEL	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACION: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa y proporcionar asistencia médica.
OJOS	Dolor, quemaduras profundas graves. Además, ver Piel	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
INGESTION			
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. Traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.		A prueba de incendio, si está en local cerrado. Mantener en lugar bien ventilado.	Botella especial aislada. Clasificación de Peligros NU: 2.2
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 1199		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 2005	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

NITROGENO (líquido refrigerado)

ICSC: 1199

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, inodoro, extremadamente frío.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.
	PELIGROS FISICOS El gas frío es más pesado que el aire y puede acumularse a nivel del suelo, causando una deficiencia de oxígeno con riesgo de asfixia.	RIESGO DE INHALACION Al producirse pérdidas en zonas confinadas este líquido se evapora muy rápidamente originando una saturación total del aire con grave riesgo de asfixia (véanse Notas).
	LIMITES DE EXPOSICION TLV: asfixiante simple (ACGIH 2004), MAK no establecido.	EFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION El líquido puede producir congelación.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: -196°C Punto de fusión: -210°C	Densidad del líquido en el punto de ebullición: 0.808 kg/l Solubilidad en agua: escasa
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.		
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1977 o 20G3A Código NFPA: H 3; F 0; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 4-157 NITROGENO (líquido)		Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: www.insht.es
ICSC: 1199		NITROGENO (líquido refrigerado)
© CCE, IPCS, 2005		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.	

4. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.

Durante la realización de los ensayos se pueden generar residuos que no cumplan la normativa para poder verterlos a la red de saneamiento, debido a su carácter peligroso y/o contaminante. Si existe algún residuo de este tipo deberá ser gestionado de acuerdo con la normativa vigente.

Por lo tanto, el proyectista debe estudiar todos y cada uno de los residuos generados y si estos resultan peligrosos realizar una gestión correcta. En el siguiente apartado se hace un estudio de los residuos generados.

4.1 RESIDUOS PELIGROSOS

El aceite usado para freír los calamares rebozados está clasificado como residuo peligroso según el Real Decreto 952/1997, por lo tanto, la correcta gestión de este residuo, se tiene que envasar correctamente el residuo y etiquetar el envase de los mismos para su posterior tratamiento en una planta autorizada.

4.2 RESIDUOS NO PELIGROSOS

A continuación, se incluyen todos y cada uno de los residuos generados durante la investigación, que por su naturaleza pueden asimilarse como residuos urbanos:

Formulaciones de pasta de rebozados.

Todos los ingredientes que intervienen en las formulaciones de la pasta de rebozado no tienen ningún tipo de peligro, dichas pastas serán vertidas a la red de saneamiento una vez no tengan utilidad.

Restos de calamar y rebozados.

Al ser un alimento comestible estos restos generados en los ensayos realizados serán depositados en una papelera para ser tratados junto al resto de residuos sólidos orgánicos urbanos producidos en el laboratorio.

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.

A continuación, se recogen las especificaciones y características técnicas de los equipos usados para desarrollar el proyecto:

5.1 BAÑO TERMOESTÁTICO

Baño térmico JP SELECTA DIGITERM TFT

Dimensiones	280x180x190 mm
Voltaje	230 V
Frecuencia	50 Hz
Potencia	2060 W
Peso	4.5 Kg
Fusible exterior	Reemplazable (Tipo: 10x5mm)
Rango de temperatura	Desde Tª ambiente + 5°C hasta 200°C
Resolución del display	0.1°C
Funcionamiento temporizado	Semanal, hora, minuto

5.2 TERMÓMETRO

Termómetro TESTO 925

Temperatura de almacenamiento	De -40°C a 70°C
Temperatura de funcionamiento	De -20°C a 50°C
Tipo de pila	Pila bloque de 9V, 6F22
Peso	171 g.
Medidas	182x64x40 mm.
Tipo de sonda. Tipo K	
Rango de medición	De -50°C a 1000°C
Exactitud	(0.5 °C +0.3% del v. medida) (De -40 a 900°C) (0.7 °C + 0.5% del v. medida) (Rango restante)
Resolución	0.1°C (-50 a 199.9 °C) 1°C (Rango restante)

5.3 BÁSCULA DE PRECISIÓN

Báscula de precisión METTLER TOLEDO XP 2002S

Precisión	10 mg
Capacidad máxima	2100 g
Linealidad	20 mg
Deriva de sensibilidad	8 mg
Tiempo de estabilización	1.2 s
Intervalo de tarado	0-2100 g
Ajuste con pesas externas	Peso personalizado
Ajuste con pesas internas	Ajuste y linealización automáticos
Dimensiones de la báscula:	
Altura	96 mm
Profundidad	257 mm
Anchura	194 mm

Báscula de precisión METTLER TOLEDO XP 2002S

Dimensiones del plato de pesada	
Altura	58 mm
Profundidad	133 mm
Anchura	194 mm

5.4 FRIGORÍFICO

Frigorífico Siemens EN153 CLASS SN-T

Volumen total	438 l
Volumen Neto	317 l
Capacidad de frío	12 kg/24h
Voltaje del compresor	220-240 V
Frecuencia del compresor	50 Hz
Potencia del compresor	0

5.5 MICROONDAS

Microondas Moulinex AET2

Voltaje	220-230 V
Frecuencia	50 Hz
Potencia máxima	0

5.6 CONTROLADOR TEMPERATURA HOT-STAGE

Controlador de temperatura Lynksys LTS350

Temperatura máxima	350°C
Temperatura mínima	-196°C con LNP95
Rampa de temperatura máxima	°C/min

5.7 MICROSCOPIO ÓPTICO

Microscopio óptico NIKON ECLIPSE 80i

Potencia de consumo	100 W
----------------------------	-------

Diseño de un proceso alternativo a la prefritura en productos rebozados congelados elaborados con distintos impulsores.

Voltaje	230 V
Intensidad	2 A
Frecuencia	50-60 Hz

5.8 ENVASADORA

Envasadora Edesa VAS 10S +GV

Voltaje	220V
Frecuencia	50 Hz
Fases	2
Kw	0,54

5.9 AMASADORA

Amasadora Kenwood MAJOR CLASSIC KM800

Voltaje	220-240 V
Frecuencia	50/60 Hz

Potencia	0
-----------------	---

5.10 TEXTURÓMETRO

Texturómetro Aname modelo TA-XTPlus

Voltaje	220-240 V
Frecuencia	50/60 Hz
Célula de carga	5, 30 ó 50 kgF
Velocidad máxima	40 mm/s
Velocidad mínima	0.01 mm/s
Rango de velocidad	de 0.01 a 40 mm/s
Precisión de Velocidad	Mejor que 0.1%
Distancia de trabajo	0.1 hasta 295 mm.
Resolución de Distancia	0.001 mm
Temperatura de trabajo	0-40 °C

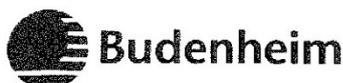
Diseño de un proceso alternativo a la prefritura en productos rebozados congelados elaborados con distintos impulsores.

Ambiente de trabajo	Condiciones de Laboratorio
Dimensiones	665x280x440 mm

6. CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LOS INGREDIENTES.

En los siguientes apartados se muestran las fichas técnicas de los ingredientes utilizados durante este Trabajo Final de Grado.

6.1 Ficha técnica del ácido pirofosfato de sodio.



Chemische Fabrik Budenheim KG, P.O. Box 1197-1149, 65253 Budenheim, Germany
to whom it may concern
MV 5382

Certificate of Analysis	
Date	27.01.2015
Purchase order/date	
Delivery item/date	
Order item/date	
Contact:	
CSC: , Tel. + , Mail:	

LEVALL AR 10
Sodium acid pyrophosphate
EU 231/2012, FCC, JECFA
Powder
for food

Ingredients
E 450(i) DISODIUM DIPHOSPHATE

Material-No.	Batch-No.:	Production date:	Best before:
0000007660	C15804A	(D.M.Y) 27.08.2014	(D.M.Y) 26.08.2016

Characteristic	Unit	Value	Lower Limit	Upper Limit	Method
Assay	%		95,0		P11
P2O5	%		63,0	64,5	P11
Loss on Drying (105 Deg. C)	%			0,5	TV1
pH (1%)		4,5	3,7	5,0	PH-POT
Arsenic	ppm			1	AS10
Aluminium	ppm			200	OES
Lead	ppm			1	OES
Cadmium	ppm			1	OES
Mercury	ppm			1	HG1
Fluoride	ppm			10	F10
Identification (Tests)				passes Test	ID10
H2O-insoluble substances	%	1		1	UR10

The results of analysis were obtained using the methods listed above. If results are not listed, the conformity to specification is assured by periodical testing.

Country of Origin: Germany

Budenheim, 27.01.2015

Manager Quality Control Dr. Rainer Wallwitz

This certificate of analysis is computer generated, thus no signature is required.

Chemische Fabrik Budenheim KG · RheinstraÙe 27 · 65257 Budenheim · Germany · phone: +49(0)6129-89-0 · fax: +49(0)6129-37-264 · info@budenheim.com · www.budenheim.com
Gewerblich eingetragen (registered office): Budenheim · Handelsregister (commercial register): Amtsgericht Mainz (local court) HR A 0850 · VAT-IdNr.-no. DE 149 024 125 · Tax no. 26 200 0930 5

6.2 Ficha técnica del bicarbonato encapsulado.



FICHA TÉCNICA

A-244

BLEND-A-KERN PMB 101

Nombre de producto

Bicarbonato Sódico Microencapsulado 90/10

Funcionalidad

Gasificante en polvo para masas batidas en general

Ingredientes

Gasificante E500ii (90% ± 5%)
Grasa de palma refinada

Características

Pérdida en secado (100°C, 3h) 2% máx.

Dosificación

Según convenga

Aspecto físico

Polvo color marfil

Modo de empleo

Mezclar con el resto de ingredientes

Envase

Caja de cartón con bolsa de plástico

Caducidad

12 meses

Almacenaje

Un año manteniéndolo en lugar fresco y seco

Esta ficha técnica se debe entender como guía indicativa y ha sido redactada en base a informaciones de buena fe y consideradas como fiables. El producto no debe utilizarse para fines distintos a aquellos que se especifican. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones

Alta Ribagorza, 6 - 8
Parc Empresarial Mas Blau II
08820 El Prat del Llobregat
Barcelona - España

T. +34 93 506 91 00
F. +34 93 506 91 99
indukern@indukern.es
www.indukern.es

6.3 Ficha técnica de la metilcelulosa.

PAGE 1



THE DOW CHEMICAL COMPANY
SALES SPECIFICATION

Date Printed: 2014-10-21

Effective Date: 2013-11-21

Supersedes Date: 2011-05-18

Name: METHOCEL™ SG A7C Food Grade Modified Cellulose

Specification Number: 000000080352

Previous Specified Material: 00117886

Government and Industry Standards

Current FCC - Food & Chemicals Codex
EC (European Communities)
FAO/WHO (Food and Agriculture Org./World Health Org.)
U.S. FDA 21 CFR 182.1480
U.S. FDA (Food and Drug Administration)

Final Testing Requirements				
Test and Test Condition	Limit	Unit	Method	Note
Methoxyl	29.0 — 31.5	%	Current FCC	1
Viscosity, 2% in Water, @ 20degC	525 — 980 700 Aim	cP	Current FCC	2
Moisture, as packaged	5.0 Max	%	DOWM 100667	
Residue on Ignition Test Frequency: audit basis	1.5 Max	%	Current FCC	
Sulfiting Agents, as Sulfur Dioxide Test Frequency: audit basis	10 Max	ppm	U.S. FDA 21 CFR	3
Lead Test Frequency: audit basis	2 Max	ppm	Current JECFA	

Final Testing Requirements Notes:

- 1 DOWM 100755 = Current FCC
- 2 DOWM 101537 = Current FCC
- 3 Part 101, Appendix A. Monier-Williams procedure (with modifications) for sulfites in food, Center for Food and Safety and Applied Nutrition Food and Drug Administration (FDA), November, 1985.

® TM Trademark of The Dow Chemical Company ("Dow") or an affiliated company of Dow



6.4 Ficha técnica bicarbonato de sodio normal.



Emilio Peña, S.A.
Llibers, 19
P.I Masia del Juez..
46900 Torrente (VALENCIA-Spain)

Tel 96.156.71.68
Fax 96.156.71.76
epsa@epsa.net
www.epsa.net



ESPECIFICACIÓN / SPECIFICATION

BICARBONATO SÓDICO FCC 0/50 / SODIUM BICARBONATE FCC 0/50

Código EPSA / EPSA code: 3401062502SO

Nº E / E number: 500(ii)
Formula química / Chemical formula: NaHCO_3
Peso molecular / Molecular weight: 84
Aspecto / Appearance: Polvo cristalino, blanco, inodoro / Crystalline, white odourless powder.

CARACTERÍSTICAS / CHARACTERISTICS	
Concentración / Assay (NaHCO_3)	99.0 – 100.5 %
Peso específico por caída libre / Free flowing density (kg/dm^3)	0,8 – 1,3
pH (1% en agua) / pH (1% in water)	8,0 – 8,6
Sustancias insolubles / Insoluble substances	Límpida / Clear
Pérdida por desecación / Loss on drying	≤ 0,25 %
Sales de amonio / Ammonium salts	Sin olor / No odour.
Arsénico / Arsenic (As)	≤ 3 ppm
Plomo / Lead	≤ 2 ppm
Mercurio / Mercury (Hg)	≤ 1 ppm

mm	0/50	0/13	13/27	27/50
< 0,5	≥ 90			≥ 90
< 0,315			≥ 95	
< 0,2		≥ 80		
< 0,16				≥ 10
< 0,125			≥ 20	
< 0,063		≥ 40		

INFORMACIÓN NUTRICIONAL / NUTRITIONAL DATA	
Calorías / Calories (kJ)	0
Grasa total / Total fat (g)	0
Grasas saturadas / Saturated fat (g)	0
Proteínas / Proteins (g)	0
Azúcares / Sugars (g)	0
Carbohidratos totales / Total carbohydrate (g)	0
Colesterol / Cholesterol (mg)	0
Humedad / Moisture (g)	Menos de 0,25 / Less than 0,25
Calcio / Calcium (mg)	Menos de 10 / Less than 10
Sodio / Sodium (g)	27,4
Hierro / Iron (mg)	Menos de 1 / Less than 1

Dosis de uso para aditivos / Dosage for additives:

Dosis máxima permitida para cada alimento según el Reglamento (UE) 1129/2011 y sus sucesivas modificaciones. / Maximum dosage for each food product according to Regulation (UE) 1129/2011 and its subsequent amendments.

Toda la información contenida en este documento es transcripción literal del original recibido de nuestro proveedor. / All the information contained in this document has been copied from the original received from our supplier.

REV. 5 15/07/13



Emilio Peña, S.A.
Llibers, 19
P.I Masía del Juez..
46900 Torrente (VALENCIA-Spain)

Tel 96.156.71.68
Fax 96.156.71.76
epsa@epsa.net
www.epsa.net



INFORMACION NUTRICIONAL / NUTRITIONAL VALUE

BICARBONATO SÓDICO TIPO FCC 0/50 / SODIUM BICARBONATE FCC 0/50

Código EPSA / EPSA Code: 3401062502SO

VALOR POR 100 gr / VALUE 100 G

Energía / Energy value (KJ/Kcal)	0
Proteína / Protein	0
Carbohidratos / carbohydrate	0
Azúcares / Sugars	0
Humedad / Water	< 0.25 g
Grasa / Fat	0
• De las cuales saturadas / of which saturates	0
Sodio / Sodium	27.4 g
Colesterol / Cholesterol	0
Hierro / Iron	< 1 mg
Calcio / Calcium	< 10 mg

En nuestro conocimiento actual, la información contenida en este documento es bastante precisa a partir de la fecha del presente documento. Sin embargo, no hacemos ninguna garantía, expresa o implícita, ni se asume ninguna responsabilidad en relación con el presente en la formación o de su uso. Esta información es para su uso por personas técnicamente capacitadas bajo su propia responsabilidad y riesgo y no se refiere a la utilización de este producto en combinación con cualquier otra sustancia o cualquier otro proceso. Esto no es una licencia bajo cualquier patente o derecho de propiedad. El usuario debe determinar la idoneidad de cualquier información o material para cualquier uso contemplado, la manera de uso en cumplimiento de las legislaciones pertinentes y si se infringe alguna patente. Esta información indica sólo las propiedades típicas y no debe usarse para las especificaciones. Nos reservamos el derecho de hacer adiciones, supresiones o modificaciones de la información en cualquier momento y sin notificación previa. / To our present knowledge, the information contained herein is accurate as of the date of this document. However, we do not make any warranty, express or implied, or accept any liability in connection with this information or its use. This information is for use by technically skilled persons at their own discretion and risk and does not relate to the use of this product in combination with any other substance or any other process. This is not a license under any patent or other proprietary right. The user alone must finally determine suitability of any information or material for any contemplated use, the manner of use in compliance with relevant legislations and whether any patents are infringed. This information gives typical properties only and is not to be used for specification purposes. We reserve our right to make additions, deletions, or modifications to the information at any time without prior notification.

Torrente, a 29 de agosto de 2013



Toda la información contenida en este documento es transcripción literal del original recibido de nuestro proveedor.

6.5 Ficha técnica ácido cítrico.



M.P. 5014

ESPECIFICACIONES

ACIDO CITRICO

DESCRIPCION

El Acido Cítrico es un polvo cristalino de color blanco, consistente en ácido cítrico de gran pureza. Carece de olores extraños y tiene un agradable sabor ácido.

PROPIEDADES FUNCIONALES

El Acido Cítrico Monohidrato muestra las características de un ácido medio-fuerte, con muy buena solubilidad en agua y capacidad de tamponamiento. Debido a su fuerte poder quelante con metales, el ácido cítrico tiene propiedades como antioxidante, anticoagulante y para la limpieza de metales. Su agradable sabor ácido lo hacen también apropiado como agente aromatizante.

ANALISIS TIPO

Pureza (como $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$)	(%)	99,50	
Humedad	(%)	< 8,80	
Cenizas sulfatadas	(%)	< 0,05	
Oxalatos (como ác. Oxálico)	(mg/kg)	< 350,00	
pH (sol. 0,1 N)		2,20	
Granulometría:	tipo	<u>60111</u>	<u>60112</u>
		3/C	4/C
> 1000 μ	(%)	13	1
> 600 μ	(%)	55	2
> 500 μ	(%)	13	8
> 350 μ	(%)	10	53
> 250 μ	(%)	3	25
> 180 μ	(%)	3	6
< 180 μ	(%)	3	5

APLICACIONES

Industria alimentaria: bebidas carbónicas y no carbónicas, bebidas analcohólicas en polvo, mermeladas, gelatinas, conservas de frutas y verduras, caramelos y bebidas alcohólicas.

C/ ITALIA, 1 2º 4ª - 08320 - EL MASNOU - BARCELONA
Tel. 902 40 51 40 - Fax. 902 40 51 41 - e.mail. arkem@arkemsa.com

ORIGEN:



Industria no alimentaria: detergentes, líquidos, limpiadores de metales, acabados de metales y otras aplicaciones industriales.

Industria farmacéutica: soluciones anticoagulantes y en preparados farmacéuticos (como agente aromatizante y estabilizante).

EMBALAJE

Sacos de papel de 25 Kg. de peso neto.

ALMACENAJE

Los sacos deberán almacenarse en un lugar fresco, seco y bien ventilado, separados del suelo y de productos químicos y materiales olorosos.
Es práctica común no almacenar el producto más de 2 años.

POSICION ARANCELARIA

2918 14 00

SEGURIDAD E HIGIENE

Este producto no está considerado como sustancia peligrosa.
El producto es moderadamente irritante.

C/ ITALIA, 1 2º 4ª - 08320 - EL MASNOU – BARCELONA
Tel. 902 40 51 40 – Fax. 902 40 51 41 – e.mail. arkem@arkemsa.com

PRESUPUESTO

El presupuesto mostrado a continuación muestra el coste necesario para la realización de este proyecto de investigación para el diseño de un proceso alternativo a la prefritura en productos rebozados congelados elaborados con distintos impulsores. Este presupuesto consta de la cantidad de materiales y reactivos, material auxiliar y equipos y la mano de obra.

Para los equipos que ya estaban en el laboratorio y que no ha sido necesario adquirirlos se tendrá en cuenta en el presupuesto el valor de amortización del equipo en un plazo de diez años. Estos costes se destacan con (A).

Los gastos energía, luz, mantenimiento de equipos y transporte se incluirán en los "Gastos generales".

PRESUPUESTOS

1. PRESUPUESTOS PARCIALES.

1.1 REACTIVOS Y MATERIALES.

1.1.1 Reactivos

Cantidad	Uds	Descripción	Precio Unitario (€)	Importe (€)
0,008	m ³	NITROGENO LIQ. E.M. 210 LT	1,74	0,01392
TOTAL REACTIVOS				0,01392

1.1.2 Materiales.

Cantidad	Uds	Descripción	Precio Unitario (€)	Importe (€)
0,06	Kg	Bicarbonato de sodio normal	Facilitado por la empresa Adín	

Diseño de un proceso alternativo a la prefritura en productos rebozados congelados elaborados con distintos impulsores.

Cantidad	Uds	Descripción	Precio Unitario (€)	Importe (€)
0,06	Kg	Bicarbonato de sodio microencapsulado	Facilitado por la empresa Adín	
0,08	Kg	Ácido cítrico	Facilitado por la empresa Adín	
0,08	Kg	Pirofosfato de sodio	Facilitado por la empresa Adín	
0,1	Kg	Metilcelulosa	Facilitado por la empresa Adín	
4,5	Kg	Harina de trigo	Facilitado por la empresa Adín	
5	Ud	Agua mineral Bezoya	0,51	2,55
50	L	Agua destilada	1,20	60,00
TOTAL MATERIAL				62,55

1.1.3 Reactivos y materiales

Descripción	Importe (€)
Reactivos	0,01392
Materiales	62,55
TOTAL REACTIVOS Y MATERIALES	62,56

1.2 MATERIAL AUXILIAR

Cantidad	Uds	Descripción	Precio Unitario (€)	Importe (€)
1	Ud	Portaobjetos de 2 poncillos	94,61	94,61
1	Ud	Cubreobjetos #1 22x22mm, 10 oz	126,60	126,60
1	Caja	Bandeja de pesada de poliestireno 100 mL	28,14	28,14
1	Ud	Frasco lavador de cuello estrecho 750 mL	2,42	2,42
1	Caja	Varilla para agitación de vidrio 300 mm	2,73	2,73
1	Ud	Tijera de acero inoxidable 145 mm	2,63	2,63
1	Caja	Pinza de laboratorio de acero inoxidable 125 mm	5,52	5,52
1	Caja	Espátula cuchara plana 175x17mm	6,73	6,73
1	Caja	Pinzas para crisoles 200 mm	5,85	5,85
1	Caja	Pipeta Pasteur graduada de polietileno 5 mL	8,51	8,51
1	Caja	Vaso de precipitados forma baja 500 mL	6,10	6,10
1	Caja	Vaso de precipitados forma baja 1000 mL	11,13	11,13

Diseño de un proceso alternativo a la prefritura en productos rebozados congelados elaborados con distintos impulsores.

Cantidad	Uds	Descripción	Precio Unitario (€)	Importe (€)
TOTAL MATERIAL AUXILIAR				300,97

1.3 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS

Cantidad	Uds	Descripción	Precio Unitario (€)	Importe (€)
1	Ud	Amasadora Kenwood MAJOR CLASSIC KM800 (A)	56,00	56,00
1	Ud	Texturómetro Aname modelo TA-XTPlus (A)	2.328,42	2.328,42
1	Ud	Báscula de precisión METTLER TOLEDO XP 2002S (A)	50,93	50,93
1	Ud	Envasadora Edesa VAS 10S +GV (A)	350,63	350,63
1	Ud	Frigorífico Siemens EN153 CLASS SN-T (A)	203,65	203,65
1	Ud	Termómetro TESTO 925 (A)	9,60	9,60
1	Ud	Microscopio NIKON Eclipse 80i con controlador de temperatura Lynksys LTS350 (A)	2.507,43	2.507,43
1	Ud	Microondas Moulinex AET2 (A)	14,68	14,68
1	Ud	Microscopio NIKON Eclipse 80i (A)	1.815,43	1.815,43

Diseño de un proceso alternativo a la prefritura en productos rebozados congelados elaborados con distintos impulsores.

Cantidad	Uds	Descripción	Precio Unitario (€)	Importe (€)
TOTAL EQUIPOS				7.336,39

1.4 MANO DE OBRA

Cantidad	Uds	Descripción	Precio Unitario (€)	Importe (€)
250	H	Ingeniero técnico	20,00	5.000,00
TOTAL MANO DE OBRA				5.000,00

2. PRESUPUESTO TOTAL

Capítulo	Descripción	Importe (€)
1.1	Reactivos y materiales	62,56
1.2	Material auxiliar	300,97
1.3	Equipos	7.336,39
1.4	Mano de obra	5.000,00
TOTAL		12.699,92

Asciende el presupuesto a la cantidad de **DOCE MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS**

TOTAL PRESUPUESTO	12.699,92 €
15% Gastos generales y cargas fiscales	1904,99 €
SUMA	14.604,91 €
21% IVA	3.067,03 €
PRESUPUESTO TOTAL	17.671,94 €

Asciende el presupuesto total, IVA incluido, a la cantidad de **DIECISIETE MIL SEISCIENTOS SETENTA Y UN EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS**