

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Campus de Palencia



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS

TRABAJO DE FÍN DE MASTER

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN ANÁLOGO DE
QUESO PARA PIZZA A PARTIR DE ALMIDONES
MODIFICADOS**

MASTER EN CALIDAD, DESARROLLO E INNOVACIÓN DE ALIMENTOS

ALUMNO: PAULA RODRÍGUEZ IGLESIAS

TUTORES: ENCARNACIÓN FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ

JOSÈ MANUEL RODRÍGUEZ NOGALES

SEPTIEMBRE 2013

INDICE

1. RESUMEN/ABSTRACT.....	Página 2
2. ANTECEDENTES.....	Página 3
2.1. Marco económico.....	Página 3
2.2. Los análogos de queso para pizza.....	Página 4
3. OBJETIVO.....	Página 5
4. DEFINICION Y PROPIEDADES DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	Página 6
4.1. Definición de queso análogo.....	Página 6
4.2. Materias primas.....	Página 7
4.3. Modificaciones del almidón.....	Página 9
5. DISEÑO Y DESARROLLO.....	Página 11
5.1. Pruebas previas.....	Página 11
5.2. Diseño del análogo de queso.....	Página 15
5.3. Proceso de producción.....	Página 17
6. EVALUACIÓN.....	Página 18
6.1. Parámetros fisicoquímicos.....	Página 18
6.2. Análisis de textura.....	Página 20
6.3. Pruebas subjetivas.....	Página 23
7. CONCLUSIONES.....	Página 27
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	Página 28
9. ANEXOS.....	Página 30
ANEXO I. HOJAS DE CÁLCULO FÓRMULAS	
ANEXO II. FOTOGRAFÍAS PRUEBAS ALMIDÓN Y AGUA	
ANEXO III. FOTOGRAFÍAS ELABORACIÓN ANÁLOGOS	
ANEXO IV. FOTOGRAFÍAS ANÁLOGOS ANTES DEL HORNEADO	
ANEXO V. FOTOGRAFÍAS HORNEADO ANÁLOGOS	
ANEXO VI. FOTOGRAFÍAS DESCONGELACION ANÁLOGOS	

1. RESUMEN.

El objetivo principal de este trabajo es el diseño y desarrollo de una fórmula de fabricación de un análogo de queso a partir de almidones modificados, destinado a la elaboración de pizzas caseras y precocinadas, que consiga reducir los costes de producción conservando unas propiedades funcionales y fisicoquímicas aptas para su comercialización.

Para reducir los costes, este proyecto se centra en la sustitución de parte de la caseína cuajo por una combinación de almidones modificados, por esta razón se realiza una serie de pruebas previas con distintos almidones modificados y se seleccionan los que mejor funcionan: E-1404 Almidón oxidado y E-1442 Fosfato de hidroxipropil dialmidón.

Con el fin de estudiar su comportamiento dentro del producto final, se elaboran cinco fórmulas de fabricación con los siguientes ingredientes: agua, grasa vegetal, caseína cuajo, E-1404 Almidón oxidado y E-1442 Fosfato de hidroxipropil dialmidón, lactosuero dulce, E-331 Citrato, E-210 Ácido láctico, sal y E-160b Colorante. Las muestras resultantes son analizadas y se describen sus parámetros fisicoquímicos, perfil de textura (TPA) y propiedades funcionales.

Finalmente se concluye que la utilización de estos dos almidones tanto en un porcentaje de: 77% E-1442 y 23% E-1404, como de: 85% E-1442 y 15% E-1404, permite la obtención de un producto que soporta el rallado, funde correctamente, tiene elasticidad y una apariencia deseable, con una reducción de costes del 30,65% respecto al producto en el que no se ha sustituido parte de la caseína.

ABSTRACT

The aim of this work is the design and development of a formula for manufacturing a cheese analogue from modified starches, for the preparation of pre-cooked and homemade pizzas, which successfully reduces production costs while preserving functional and physicochemical properties suitable for the market.

Looking forward to reduce the costs, this project is focused on replacement of rennet casein for a blend of modified starches. Thereby, testing an assortment of different starches is needed to figure out which ones are the best qualified to accomplish our aim, turning out to be the E-1404 oxidized starch and E-1442 hydroxypropyl phosphate distarch.

In order to study their behavior in the final product, five formulas are manufactured with the following ingredients: water, vegetable fat, rennet casein, E-

1404 Starch oxidized and E-1442 Distarch hydroxypropyl phosphate, whey, E-331 Citrate, E-210 lactic acid, salt and E-160b. The resulting samples are analyzed and their physicochemical parameters, texture profile (TPA) and functional properties are described.

To conclude, the use of both starches in a proportion of 77% E-1442 and 23% E-1404, as 85% E-1442 and 15% E-1404, allows to obtain a product which supports the cooking, melts properly, has resiliency and a desirable appearance, with a cost reduction of 30,65% from the product that part of the casein has not been replaced.

2. ANTECEDENTES.

2.1. Marco económico.

En los últimos años el crecimiento del sector de las comidas preparadas se ha visto reflejado en un incremento de la demanda de las mismas. Los platos precocinados y preparados conforman un amplio grupo de productos dentro del cual se encuentra la pizza, cuya oferta representó más del 40% de todas las ventas de este grupo en volumen y un 51% en valor en España durante el ejercicio de 2009. La venta de pizzas sigue aumentando moderadamente, y su consumo se estima en 1,96 kg de pizza per cápita al año en los hogares españoles. Las pizzas concentran el 27,1% del gasto, con un total de 11,92 euros por persona. (Observatorio del consumo y la distribución alimentaria del MAGRAMA, 2010)

La crisis económica ha provocado que se reduzcan los márgenes de beneficio, que la competencia se vuelva más intensa y que las cuotas de las marcas de distribución adquieran preponderancia en las ofertas más consolidadas. Por esta razón, los fabricantes de pizza tienen que buscar nuevas fórmulas que reduzcan costes ofreciendo un producto de calidad competitivo. Tradicionalmente han tenido que elegir entre subir los precios, limitar el tamaño de las porciones o utilizar diferentes quesos dependiendo de su valor en el mercado. Otra opción consiste en reducir los costes de producción de cada uno de los ingredientes, entre ellos, el queso para pizza. El queso representa aproximadamente el 15% de la pizza, tiene un precio elevado y fluctuante, por lo que su sustitución por quesos análogos tiene un impacto significativo en el coste final de producción de la pizza.

2.2. Los análogos de queso para pizza.

El diseño del queso para pizza está en constante evolución adaptándose a las necesidades del mercado. Actualmente se están elaborando quesos análogos con propiedades funcionales similares a la mozzarella tradicional.

Los quesos análogos son en esencia quesos de imitación que consisten en una emulsión de grasa en agua, donde un componente proteico estabiliza la emulsión y contribuye a la estructura del queso. (Ennis y Mulvihill, 1999). Dentro de los ingredientes que se emplean para su fabricación, es la caseína la que condiciona los costes de producción y por lo tanto, va a depender de su uso la obtención de un producto final competitivo o no.

Las nuevas líneas de innovación y desarrollo de análogos de queso para pizza se dirigen hacia la elaboración de quesos donde la utilización de almidones modificados en sustitución de caseína va ganando protagonismo.

La eliminación de los sólidos lácteos permite una estabilidad del precio que se manifestará en el coste total de la pizza. Esta es una opción muy atractiva si se tiene en cuenta que se reduce un 60% el coste de producción con un queso análogo estándar (que contiene de media un 15% de proteínas lácteas) y sobre un 200% cuando se compara con un queso tradicional como la mozzarella o el emmental.

Es necesario encontrar el tipo de almidones y la concentración adecuada para obtener productos que cumplan las características funcionales, organolépticas, nutricionales y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de un queso análogo para pizza de bajo coste y calidad alimentaria.

La innovación permite obtener un rendimiento (coste-producción efectiva) casi del 100% en las preparaciones de análogos para pizza elaborados con productos no lácteos, esto es debido a que no existen pérdidas por eliminación de sustancias como el suero y las devoluciones pueden ser reprocesadas dentro del sistema. (Mosquera y Grass, 2004). La combinación de almidones modificados permite replicar la funcionalidad de la proteína láctea y reemplazarla consiguiendo una ventaja en costes para el fabricante.

Además de la importancia de los beneficios que se obtienen tanto en el coste como en la producción, también se observan ventajas en términos nutricionales, ya que se pueden desarrollar fórmulas que contengan menos calorías (menos grasas) y menos sal. También cabe señalar la oportunidad que se presenta para los vegetarianos ofreciendo un producto que tiene las características y el sabor del queso, pero sin la utilización de ingredientes derivados de animales. Por último, un análogo de queso, debidamente formulado, puede ser apto para la certificación Halal y Kosher.

3. OBJETIVO.

El objetivo central de este trabajo es el diseño de una fórmula de fabricación de un análogo de queso para pizzas caseras y precocinadas utilizando almidones modificados en sustitución de parte de la caseína para conseguir una reducción del coste total del producto.

El producto final se presentará rallado y envasado en bolsas de plástico selladas. Deberá de cumplir una serie de especificaciones funcionales y tecnológicas similares a las que ofrece el queso mozzarella (Rowney, et al., 1999).

- a) Propiedades funcionales del queso antes del calentamiento:
 - Rallabilidad: Es la capacidad para cortar limpiamente en tiras largas y delgadas de dimensiones uniformes, con baja susceptibilidad a la fractura o a la formación de polvo durante el rallado y resistir la aglutinación durante el rallado y envasado.
 - Migosidad o desmigado: Es la capacidad de un queso para fracturarse con facilidad en pequeñas piezas de forma irregular cuando se frota.

- b) El destino final del análogo de queso es ser horneado dentro del conjunto de la pizza, por lo tanto se buscan también unas determinadas propiedades funcionales en el queso inducidas por el calentamiento. El queso al derretirse tiene que fluir fácilmente para formar una capa fundida continua, con pérdida de su forma de rallado. Adicionalmente, ha de poseer capacidad de estiramiento, ser moderadamente elástico, tener consistencia masticable, mostrar limitada formación de ampollas superficiales y un color superficial dorado y brillante, pero no excesivo aceite libre en la superficie.
 - Capacidad de fusión y flujo: El grado en que el queso fundido fluye y se extiende sobre la superficie caliente se conoce como la capacidad de flujo.
 - Capacidad de estiramiento y elasticidad: la capacidad de estiramiento es la habilidad del queso fundido para formar fibras cohesivas, hilos o láminas cuando es extendido. La elasticidad es la capacidad de las fibras de queso de resistir la deformación durante la extensión y se relaciona con masticabilidad.
 - Liberación de aceite: es la capacidad del queso para liberar una pequeña cantidad de grasa libre cuando es calentado. La excesiva liberación de aceite resulta en la formación de pequeños conjuntos de

gotas de grasa sobre la superficie y por todas partes del queso fundido, dando al queso un aspecto graso y una sensación en la boca que generalmente son considerados como indeseables. Sin embargo, una moderada liberación de aceite contribuye a las características deseables de fusión, mediante la creación de una película hidrofóbica en la superficie del queso durante el horneado, dando a la superficie un brillo atractivo y frenando la pérdida de humedad por evaporación. La excesiva deshidratación durante el fundido, como ocurre cuando existe una insuficiente liberación de aceite, resulta en la formación de una piel resistente en la superficie del queso que inhibe el flujo y provoca que el producto se queme fácilmente.

- Pardeamiento: los quesos de pasta hilada contienen azúcares reductores (lactosa) y otros grupos nitrogenados reactivos que son susceptibles a reacciones de pardeamiento de Maillard. Estas reacciones son deseables en la pizza. Pero un pardeamiento intenso es inaceptable desde el punto de vista estético y nutricional.

4. DEFINICION Y PROPIEDADES DE LAS MATERIAS PRIMAS.

4.1. Definición de queso análogo.

Se define queso análogo como cualquier alimento similar al queso o a los productos del queso, preparado con ingredientes no lácteos que reemplazan total o parcialmente la leche. Básicamente, un queso análogo es una emulsión de aceite en agua, en el cual, las gotas de grasa son incorporadas en un gel de caseína que funciona como emulsionante. (Mosquera y Grass, 2004).

La fabricación de un queso análogo consiste en la formación de una mezcla homogénea de caseína (25%) con grasa vegetal (22%), agua (47%) y ciertos ingredientes funcionales (6%) bajo unas condiciones de alta temperatura y elevada cizalla durante el mezclado. (Hokes et al., 1989).

4.2. Materias primas.

4.2.1. Agua.

La composición química de los quesos procesados afecta a sus propiedades funcionales que definen la finalidad del producto, concretamente en relación a las características texturales y capacidad de fundido.

El agua juega un papel importante en este tipo de productos, particularmente por su interacción con las proteínas. La hidratación, disgregación, estabilización de la red proteica y su solubilización tienen lugar en la fase acuosa, lo cual es esencial en una emulsión de grasa en agua. La humedad trabaja en la red proteica como un plastificante haciéndola más elástica y menos fracturable. (Hennelly, et al., 2004)

4.2.2. Grasa.

La grasa proporciona a la mezcla características de textura y fundido, facilita la formación de la emulsión y previene la exudación del producto. El aceite vegetal se ha utilizado con buenos resultados en la elaboración de análogos de queso. (Bachmann, 2001).

4.2.3. Proteínas lácteas.

La mejor fuente de proteína en los análogos de queso que utilizan lácteos parcialmente es el caseinato o caseína cuajo. La caseína cuajo es preferida para los análogos de queso semiduros, ya que proporciona mejores cualidades para el rallado y estiramiento que la caseína ácida o los caseinatos de sodio o calcio. (Chavan y Jana, 2007). Además, la caseína cuajo presenta varias ventajas gracias a su sabor y su estabilidad durante el almacenamiento. (Bachmann, 2001).

La caseína cuajo no es soluble en agua, y requiere de sales emulsionantes para romper los puentes de calcio entre las moléculas de proteína y ayudar en su hidratación durante la fabricación del queso. (Amiri, et al., 2011).

4.2.4. Sales emulsionantes.

En general, las sales emulsionantes consisten en un catión monovalente y un anión polivalente. No son anfifílicas e incluso no son emulsionantes “per se”. Sin embargo, las sales emulsionantes promueven, con la ayuda del calor y cizalla, una

serie de cambios fisicoquímicos en la mezcla de queso que, como consecuencia, resulta en una rehidratación del agregado de caseína y su conversión en un agente emulsionante activo. Estas sales complementan las propiedades funcionales de la proteína de leche. Sus funciones principales consisten en: secuestrar los iones de calcio de la micela; solubilizar la proteína; hidratar y aumentar la proteína; emulsionar la grasa y estabilizar la emulsión; controlar y estabilizar el pH; y formar una estructura apropiada en el queso procesado después del enfriamiento. (Tamine, 2011).

La habilidad de las sales emulsionantes para secuestrar el calcio que permita la hidratación de la proteína con la subsiguiente emulsión de la grasa depende del tipo de sal emulsionante y la concentración utilizada en la formulación. Los más comúnmente utilizados son los fosfatos y los citratos. (El-Bakry, et al., 2010).

4.2.5. Agentes acidificantes.

Los agentes acidificantes tienen una amplia variedad de funciones en el queso como son la conservación, desarrollo de textura, ajuste de pH y contribución al sabor. Dentro de los distintos acidificantes, la adición de ácido láctico proporciona buenos resultados en la fabricación de quesos análogos. (Shah, et al., 2009).

4.2.6. Sal.

La sal frena el desarrollo de bacterias, mejora el sabor, selecciona la flora microbiana, regula la humedad y mejora las características de conservación. (Chavan y Jana, 2007).

4.2.7. Colorante.

Para el queso se utiliza un colorante natural aislado, la bixina, que es liposoluble y su color puede variar desde los marrones a los amarillos dependiendo de la concentración empleada. (Chavan y Jana, 2007).

4.2.8. Almidones.

El elevado coste de la caseína es la razón que provoca su sustitución parcial por ingredientes de menor coste, siendo el almidón la alternativa más efectiva y barata. (Mounsey y O'Riordan, 2006).

El almidón es un polisacárido hidrocarbonado formado por unidades de glucosa unidas entre sí por puentes glucosídicos que se extrae en forma de gránulo de los órganos de ciertas plantas. La mayoría de los almidones contienen dos tipos de polímeros de glucosa: una cadena lineal llamada amilosa y una cadena ramificada denominada amilopectina. Estas dos fracciones se encuentran en diferentes cantidades en los almidones de varias fuentes botánicas. La amilosa abarca el 15-30% de los almidones más comunes.

Los gránulos de almidón son insolubles en agua por debajo de los 50°C. Cuando la suspensión de almidón en agua es calentada hasta una temperatura crítica o temperatura de gelatinización (55-80°C), los gránulos absorben agua y aumentan hasta varias veces su tamaño original formando una masa viscosa. Si el calentamiento se prolonga, los gránulos de almidón hinchados empiezan a desintegrarse en agregados de almidón. A temperaturas de 100-160°C tiene lugar el fenómeno de retrogradación que se manifiesta formando un precipitado no deseado e irreversible.

En su forma nativa, los almidones tienen un uso limitado en la industria alimentaria. En general, los almidones nativos producen cuerpos débiles, pegajosos, pastas gomosas cuando se calientan y geles indeseables cuando se enfrían. Es por esto que los fabricantes de alimentos procesados prefieren almidones con características que ofrezcan mejor comportamiento que aquellas que proporcionan los almidones nativos. (Abbas, 2010).

4.3. Modificaciones del almidón.

Las propiedades de los almidones nativos pueden ser mejoradas con varias modificaciones haciéndolos adecuados para usos específicos. Las principales ventajas que se obtienen con los almidones modificados son: el incremento de la capacidad de retención de agua; una mayor resistencia al calor, la acidez y la cizalla; la minimización de la sinéresis; y reforzar la capacidad espesante del almidón.

Existen diferentes métodos de modificación de los almidones que conseguirán mejorar una o varias de sus características:

- a. Pregelatinización
- b. Almidones de baja viscosidad:
 - i. Dextrinas.
 - ii. Almidones acidificados.
 - iii. Almidones oxidados.
 - iv. Almidones modificados enzimáticamente.
- c. Almidones entrecruzados.

- d. Almidones sustituidos.
- e. Combinación de sustitución y entrecruzamiento.

La selección de almidones modificados, que se emplean para la elaboración del análogo de queso para pizza, se realiza en función de las propiedades que cada uno puede aportar al producto.

4.3.1. Almidones de baja viscosidad.

Dentro de este grupo se encuentra el almidón de tipo oxidado: E-1404 Almidón oxidado.

La oxidación es el único tratamiento en el que una sola modificación del reactivo causa dos modificaciones químicas importantes: despolimerización e introducción de grupos carboxilo. Las características de estos almidones son: mayor solubilidad que el almidón nativo, mayor rapidez de gelatinización y menor pico de viscosidad, menor tasa de retrogradación, pastas más transparentes y poder antibacteriano.

4.3.2. Almidones entrecruzados.

El entrecruzamiento tiene como objetivo la creación de puntos de unión inter o intramoleculares dentro del grano de almidón. Estas modificaciones afectan fundamentalmente a la fracción de amilopectina. Los almidones entrecruzados, al contrario que el almidón nativo, mantienen el estado de sus gránulos hinchados pero no se produce la solubilización de su contenido debido a las uniones químicas formadas. La suspensión forma una estructura de microgel con escasa fase continua, esto hace que los gránulos no se destruyan por tratamientos térmicos, cizalla y acidez. Por lo tanto, su uso industrial garantiza la retención de agua y viscosidad. Además, sus versiones sustituidas mejoran su comportamiento.

4.3.3. Almidones sustituidos.

La estabilización mediante la introducción de grupos acetato e hidroxipropilo reduce los fenómenos unidos a la retrogradación: aumento de la viscosidad, evita la gelificación, evita la sinéresis y mejora la conservación.

Dentro de este grupo los almidones se subdividen en:

- a. Sustitución de los grupos –OH del almidón por ésteres: E-1420 Almidón acetilado y E-1450 Octenil succinato sódico de almidón.
- b. Sustitución de los grupos –OH de los almidones entrecruzados por ésteres: E-1422 Adipato de dialmidón acetilado.
- c. Sustitución de los grupos –OH de los almidones entrecruzados por éteres: E-1442 Fosfato de hidroxipropil dialmidón.

Son los almidones que combinan las modificaciones de sustitución y entrecruzamiento los que mejoran la estabilidad del producto, ya que el entrecruzamiento proporciona mayor resistencia a las condiciones de fabricación y la sustitución asegura su conservación.

Hay que tener en cuenta las posibles interacciones de los almidones con otras moléculas. En el caso de los lípidos existe escasa interacción ya que las grasas se encuentran en la fase dispersa y los almidones en la fase acuosa, excepto los succinatos. Con las proteínas a priori no se producen interacciones, sin embargo, compiten por el agua, limitando la cantidad de agua disponible para la gelificación de las mismas.

5. DISEÑO Y DESARROLLO.

5.1. Pruebas previas al diseño del análogo de queso.

En primer lugar, se realizan una serie de pruebas para observar el comportamiento de los diferentes almidones modificados en presencia de agua y así poder descartar aquellos que claramente muestren las características menos apropiadas para el desarrollo del producto. (Ver ANEXO II)

5.1.1. PRUEBA 1A.

En la primera prueba se preparan seis muestras con cinco almidones diferentes mezclando un litro de agua fría a la que se adicionan 200 gramos de almidón en la Thermomix VORWERK.

- Muestra 1. E-1404 Almidón oxidado.
- Muestra 2. E-1420 Almidón acetilado.
- Muestra 3. E-1422 Adipato de dialmidón acetilado.
- Muestra 4. E-1442 Fosfato de hidroxipropil dialmidón.
- Muestra 5. E-1450 Octenil succinato sódico de almidón.

- Muestra 6. 75% E-1442 Fosfato de hidroxipropil dialmidón + 25% E-1404 Almidón oxidado. Con esta combinación se trata de utilizar almidones que van a proporcionar cualidades muy diferentes uniendo un almidón entrecruzado y sustituido con un almidón oxidado.

El preparado se agita a 1100 rpm durante 10 minutos hasta alcanzar los 70°C (“Digital thermometer”). Una vez que se ha producido la gelatinización del almidón, las mezclas son depositadas en envases de 1,3 litros de capacidad y se mantienen en refrigeración a 4°C.

Después de 24 horas se desmoldan las seis muestras y se pesan 10 gramos de producto que posteriormente son introducidos en el horno (Middleby Marshall ® 1400 TOASTMASTER DRIVE) a 270°C durante 5 minutos.

Los resultados son los siguientes:

- Muestra 1. No conserva bien la forma al desmoldar, pero la superficie es homogénea. Funde completamente y forma una pequeña costra crujiente.
- Muestra 2. La forma es irregular pero se mantiene compacto al desmoldar. No funde bien.
- Muestra 3. Se rompe completamente al desmoldar, no retiene bien el agua. Funde y se deshace.
- Muestra 4. Se desmolda muy bien y mantiene la forma completamente. Bastante duro, homogéneo y presenta un corte limpio. Mantiene la estructura después del horneado.
- Muestra 5. Después del periodo en refrigeración continua en estado líquido, no ha formado gel y la textura es similar a la nata líquida. Se quema por los bordes y se deshace por completo.
- Muestra 6. Desmolda muy bien y mantiene la forma completamente. Se aprecia menos dureza que en la muestra 4. Mantiene la consistencia después del horneado, pero funde el interior.

5.1.2. PRUEBA 2A.

A la vista de los primeros resultados se seleccionan dos almidones, E-1404 Almidón oxidado y E-1442 Fosfato de hidroxipropil dialmidón, ya que uno aporta mayor capacidad de fundido y el otro una resistencia adecuada para soportar el rallado. En la

segunda prueba se combinan a distintas concentraciones (Tabla 1) realizando el mismo procedimiento y en las mismas condiciones que en la prueba 1A.

Tabla 1. PRUEBA 2A.				
Nº MUESTRA	E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón		E-1404 Almidón oxidado	
1	100 g/l	50%	100 g/l	50%
2	125 g/l	62.5%	75 g/l	37.5%
3	145 g/l	72.5%	55 g/l	27.5%
4	165 g/l	82.5%	35 g/l	17.5%
5	175 g/l	87.5%	25 g/l	12.5%
6	185 g/l	92.5%	15 g/l	7.5%

- Muestra 1. Es la de mayor viscosidad y menor dureza, al ejercer presión la huella no se recupera. Después del horneado funde completamente. No ralla bien y se forma una pasta adhesiva.
- Muestra 2. Menor viscosidad que la muestra anterior, pero tampoco tiene mucha consistencia y al ejercer presión la huella tampoco termina de recuperarse. Se desmenuza. Después del horneado se funde casi por completo y deja una leve costra. No ralla bien y las tiras que se forman se adhieren entre sí.
- Muestra 3. Tiene más consistencia y menor viscosidad, la huella se recupera con rapidez. Funde bastante, pero no por completo. Ralla bien aunque las tiras se rompen levemente.
- Muestra 4. Presenta mayor dureza, es elástico y no deja huella al ejercer presión. Funde bastante pero forma una capa superficial que protege el interior. Ralla bien manteniendo la forma de las tiras.
- Muestra 5. Es muy parecida a la anterior en cuanto a dureza y elasticidad. Funde bastante. Ralla muy bien, las tiras que se forman son largas y no se apelmazan.
- Muestra 6. Esta muestra es la de mayor dureza. No se funde, queda una pasta viscosa sin fundir. Ralla, pero al ser poco elástico tiende a romperse.

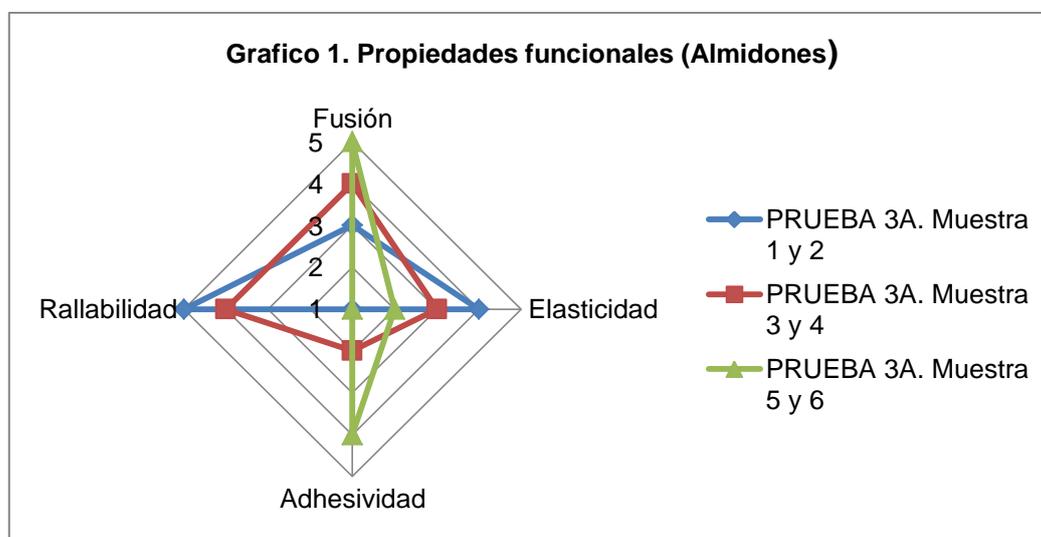
Las muestras que mejores resultados presentan para la obtención de una mezcla que ofrezca las propiedades funcionales buscadas en la preparación del análogo de queso son la muestra 3, la 4 y la 5.

5.1.3. PRUEBA 3A.

Se decide realizar una tercera prueba por duplicado utilizando los mismos almidones a unas concentraciones similares a las seleccionadas en la prueba anterior (Tabla 2).

Nº MUESTRA	E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón		E-1404 Almidón oxidado	
1	170 g/l	85%	30 g/l	15%
2				
3	160 g/l	80%	40 g/l	20%
4				
5	150 g/l	75%	50 g/l	25%
6				

Una vez que se han preparado las muestras en las mismas condiciones de elaboración y conservación que en las pruebas anteriores, un panel de 4 evaluadores familiarizadas con este tipo de productos puntúa en una escala del 1 al 5 (siendo 1 nada y 5 mucho) cuatro características: fusión, rallabilidad, elasticidad y adhesividad. (Gráfico 1). En conjunto son las muestras 3 y 4 las que ofrecen un resultado bastante aproximado al buscado en los análogos de queso, pero es necesario estudiar el comportamiento de estos almidones junto con el resto de los ingredientes que conforman el queso para poder confirmar las proporciones más adecuadas.



5.2. Diseño del análogo de queso.

5.2.1. Formulación (ver ANEXO I).

Según Fox et al. (2000), un análogo de queso para pizza basado en caseína cuajo óptimo debe presentar una serie de parámetros que cumplan lo siguiente: humedad del 49,9%; proteína del 18,5% y materia grasa del 25% (Tabla 3). Siguiendo esta premisa, y teniendo en cuenta la distribución de dichos parámetros en los ingredientes descritos para la elaboración del queso, se diseña una primera fórmula que no contiene almidones modificados muy similar a la elaborada por Mounsey y O’Riordan (2008).

Posteriormente, se establecen otras cuatro fórmulas en las que el contenido en caseína se reduce a la mitad y se sustituye por los dos almidones que mejor se han comportado en las pruebas previas, E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón y E-1404 Almidón Oxidado.

Como se muestra en la Tabla 4, para la prueba 1B se emplea el 100% de E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón, en la prueba 2B el 100% de E-1404 Almidón Oxidado, en la prueba 3B se combinan el 77% de E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón con el 23% de E-1404 Almidón Oxidado, y en la prueba 4B la combinación es 85% de E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón con el 15% de E-1404 Almidón Oxidado. De este modo se podrán observar claramente las propiedades que aporta cada tipo de almidón por separado y cómo al combinarlos se obtienen las ventajas de cada uno en el mismo producto.

	Tabla 3. Estimación parámetros físico-químicos.					
	FOX et al. (2000)	CONTROL	PRUEBA 1B	PRUEBA 2B	PRUEBA 3B	PRUEBA 4B
% Humedad	49,9%	51%	52%	52%	52%	52%
% E.S.	50,1%	49%	48%	48%	48%	48%
% M.G.	25%	25%	25%	25%	25%	25%
% Proteína	18,5%	18%	9%	9%	9%	9%

Tabla 4. Fórmulas de análogos de queso para pizza.										
PRUEBA	CONTROL		1B		2B		3B		4B	
Nº MUESTRA	C.I	C.II	1B.I	1B.II	2B.I	2B.II	3B.I	3B.II	4B.I	4B.II
Caseína Cuajo (%)	21,96		10,98		10,98		10,98		10,98	
Grasa vegetal (%)	25,00		25,00		25,00		25,00		25,00	
E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón (%)	-		10,98		-		8,48		9,37	
E-1404 Almidón Oxidado (%)	-		-		10,98		2,50		1,61	
Lactosuero dulce (%)	0,89		0,89		0,89		0,89		0,89	
E-331 Citrato (%)	1,52		1,52		1,52		1,52		1,52	
E-210 Ácido Láctico (%)	0,89		0,89		0,89		0,89		0,89	
Sal (%)	1,52		1,52		1,52		1,52		1,52	
E-160b Colorante (%)	0,02		0,02		0,02		0,02		0,02	
Agua (%)	48,21		48,21		48,21		48,21		48,21	
TOTAL (%)	100		100		100		100		100	

5.2.2. Costes.

Una vez diseñadas las fórmulas, observamos que hay una diferencia significativa en el coste total de materias primas para fabricar un kilogramo de análogo de queso cuando se reduce el contenido en caseína a la mitad (Tabla 5), ya que la diferencia entre un producto elaborado únicamente con caseína y un producto elaborado con almidones es de 63 céntimos de euro por kilogramo producido, es decir, un 30,65% inferior.

En la producción a gran escala, esta reducción representa una ventaja muy considerable dentro de una industria alimentaria en la que impera minimizar los costes y obtener los máximos beneficios con altos rendimientos de fabricación.

Tabla 5. Coste materia prima y producto final.			
INGREDIENTES	COSTE* (€/Kg)	Análogo de queso 100% caseína (€/Kg)	Análogo de queso 50% caseína 50% almidón modificado (€/Kg)
Caseína Cuajo	7,8	1,7129	0,8565
Grasa vegetal	1,2	0,2999	0,2999
E-1442 Fosfato Hidroxiopropil Dialmidón E-1404 Almidón Oxidado	2,04	-	0,2240
Lactosuero dulce	0,98	0,0087	0,0087
E-331 Citrato	1,53	0,0232	0,0232
E-210 Ácido Láctico	1,8	0,0161	0,0161
Sal	0,14	0,0021	0,0021
E-160b Colorante	6,05	0,0011	0,0011
Agua	-	-	-
TOTAL		2,0641	1,4316

*Datos facilitados por LUXTOR S.A. Julio 2013.

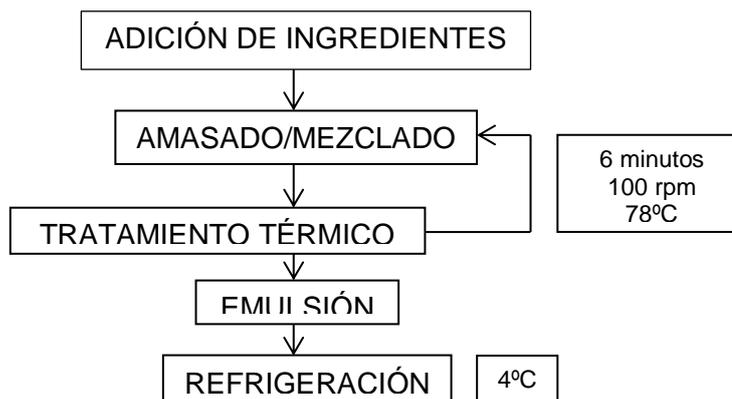
5.3. Proceso de producción del análogo de queso.

La importancia del impacto de la formula diseñada del análogo de queso en el producto final está claramente evidenciada, pero el efecto del proceso de fabricación también influye en su textura y propiedades funcionales (Noronha y O’Riordan, 2008)

A escala industrial, para la fabricación de análogos de queso es común la utilización de fundidoras de doble tornillo sin fin que pueden trabajar a bajas velocidades de mezclado desde las 50 hasta las 150 rpm, dentro de un rango de temperaturas de 65-90°C durante tiempos de 3 a 7 minutos. (Hoyer y Pernille, 2007)

En el siguiente flujograma se enumeran las fases principales que tienen lugar en la elaboración del análogo de queso para pizza:

Figura 1. Flujoograma del proceso productivo.



A nivel piloto la metodología de fabricación que se sigue consiste en (Ver ANEXO III):

- i. Pesado de todos los ingredientes en el mismo recipiente, excepto un 8% del agua, que es reservado para el final de la preparación ya que se tienen en cuenta los condensados.
- ii. Con el fin de simular el efecto de los tornillos sin fin de la fundidora, se utiliza una amasadora (Multimix 350 Watt. BRAUN) a 100 rpm, que dispone de dos tornillos que giran en sentido contrario. Primero se amasa la mezcla en frío y posteriormente se va introduciendo en el microondas (Amana Commercial Microwave RS591SS) cada minuto y 30 segundos amasando alternativamente hasta llegar a 6 minutos dentro del microondas.
- iii. Una vez que se alcanza la temperatura ($75^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$) se adiciona el agua restante y se termina de amasar.
- iv. Se obtiene una masa homogénea y elástica que es almacenada en moldes de plástico y ultracongelada durante una hora a -18°C para que solidifique. Después se guarda en refrigeración (4°C) durante 24 horas.

6. EVALUACIÓN.

6.1. Parámetros fisicoquímicos.

Cada muestra es triturada y analizada en un espectrofotómetro de infrarrojo cercano de doble haz (SPECTRAALYZER. ZEUTEC) diseñado para el análisis de leche cruda, productos intermedios y productos lácteos acabados, que se fundamenta

en una técnica óptica no destructiva. El espectrofotómetro realiza una doble medida de cada muestra que a su vez es analizada dos veces para obtener los parámetros fisicoquímicos que se muestran en la Tabla 6.

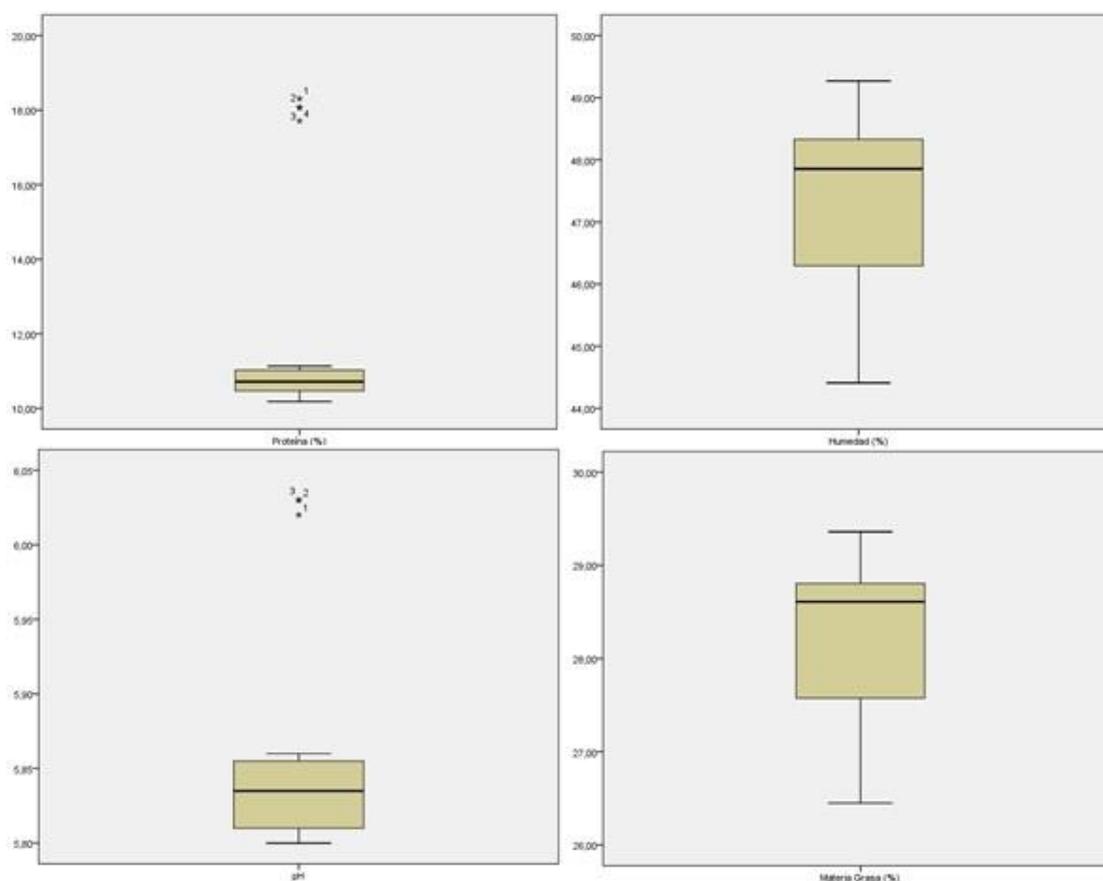
Tabla 6. Análisis parámetros físico químicos.

MUESTRA	REPETICIÓN	pH	HUMEDAD (%)	E.S. (%)	M.G. (%)	PROTEÍNA (%)
CONTROL I	1	6,02	44,48	55,52	26,85	18,31
CONTROL I	2	6,03	45,4	54,6	26,45	18,08
CONTROL II	1	6,03	45,25	54,75	27,19	18,06
CONTROL II	2	6,03	44,41	55,59	27,57	17,71
P1B. I	1	5,80	47,86	52,14	28,54	10,7
P1B. I	2	5,81	47,93	52,07	28,62	10,68
P1B. II	1	5,85	48,52	51,48	27,43	11,13
P1B. II	2	5,85	48,75	51,25	27,58	10,86
P2B. I	1	5,81	46,19	53,81	28,76	10,92
P2B. I	2	5,82	46,4	53,6	28,68	10,88
P2B. II	1	5,84	47,07	52,93	29,36	10,58
P2B. II	2	5,85	47,9	52,1	28,97	10,73
P3B. I	1	5,83	47,35	52,65	28,75	10,59
P3B. I	2	5,83	47,01	52,99	28,85	10,73
P3B. II	1	5,81	47,85	52,15	28,85	10,38
P3B. II	2	5,82	48,63	51,37	28,73	10,35
P4B. I	1	5,81	48,07	51,93	29,16	10,3
P4B. I	2	5,81	48,14	51,86	28,6	10,56
P4B. II	1	5,85	49,27	50,73	28,37	10,18
P4B. II	2	5,86	48,86	51,14	28,41	10,34

Mediante el análisis de los descriptivos estadísticos proporcionados por el programa informático SPSS (Tabla 7 y Figura 1), se observa que la mediana y la media de todos los componentes son muy similares y que no existen valores extremos, por lo que podemos decir que la distribución de estas variables es simétrica y se asume normalidad, exceptuando los cuatro valores correspondientes a las muestras CONTROL I y II cuyos valores de pH y % Proteico se alejan de la distribución ya que se han elaborado con el 100% de caseína.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Humedad (%)	20	44,41	49,27	47,2670	1,46220
Proteína (%)	20	10,18	18,31	12,1035	3,05575
Materia Grasa (%)	20	26,45	29,36	28,2860	0,81075
pH	20	5,80	6,03	5,8680	0,08364

Figura 2. Diagramas Boxplot.



6.2. Análisis de textura.

Para determinar las propiedades texturales de las muestras de los análogos de queso, se enviaron las muestras a un laboratorio externo (Premium Ingredients) que realizaron una prueba empírica denominada Perfil de Textura (TPA). La prueba consiste en un ensayo de doble compresión en la que el producto es sometido a una compresión del 70 al 90% de su altura inicial.

El análisis de las curvas fuerza-tiempo permite obtener diferentes parámetros texturales muy bien correlacionados con la evaluación sensorial. Estos parámetros son:

- Dureza o fuerza necesaria para alcanzar la deformación máxima preseleccionada. También puede definirse como la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares.
- Elasticidad o altura que el alimento tiene cuando se inicia la segunda compresión respecto a la que tenía inicialmente. Mide cuanta estructura original de la muestra se ha roto por la compresión inicial.
- Adhesividad o área de fuerza negativa que se obtiene tras la primera compresión y que representa el trabajo necesario para separar el émbolo de compresión del alimento. Es la medida de trabajo necesaria para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales.
- Cohesividad o relación de áreas originadas en los dos ciclos de compresión, excluyendo la zona bajo las áreas de descompresión de cada ciclo. Representa el trabajo necesario para comprimir la muestra por segunda vez respecto al que ha sido necesario para comprimirla la primera vez. La cohesividad representa el punto límite hasta el cual puede deformarse el material antes de romperse.
- Masticabilidad representa la energía requerida para desintegrar un alimento sólido hasta que esté listo para ser tragado.

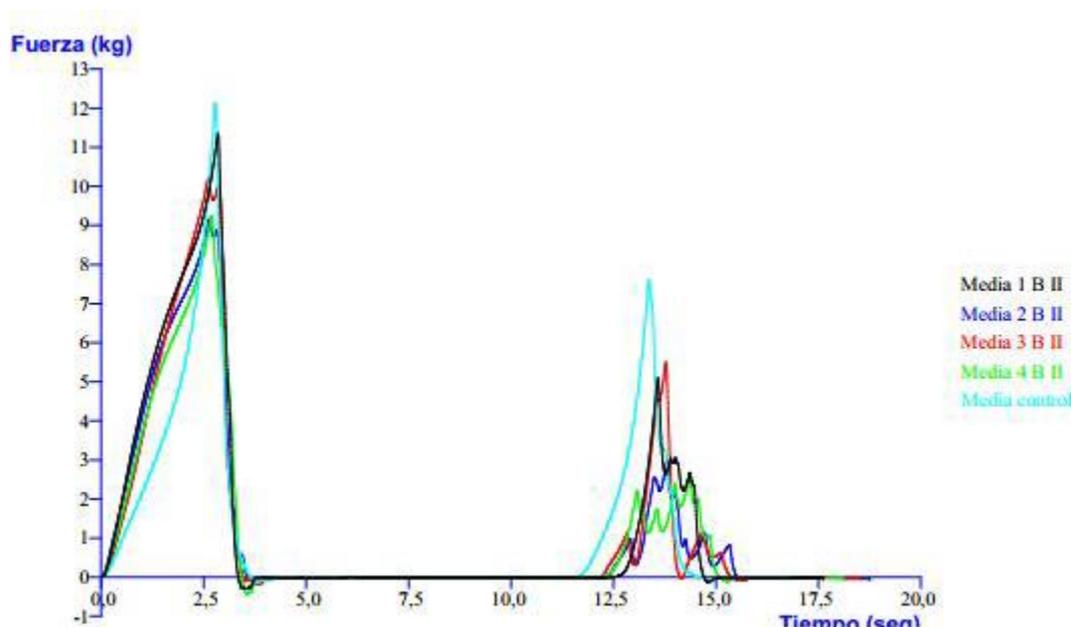
Los quesos procesados son poco quebradizos, y para ellos la dureza y la elasticidad son parámetros determinantes en la evaluación de textura. Por eso una medida en doble compresión ofrece mucha información.

Las muestras se cortaron en cubos de 20x20x20 mm. Se utilizó un texturómetro (Texture Analyser XTplus) con una sonda cilíndrica SMP P/50 (50mm). La velocidad de descenso fue de 1 mm/s pre-ensayo y 5 mm/s en ensayo, con un grado de compresión del 70%. El tiempo de espera fueron 5 segundos y la fuerza de activación 5 g.

Los resultados proporcionados por el test se reflejan en la Tabla 8 y figura 3.

Tabla 8. Perfil de Textura.					
Parámetro	Prueba				
	CONTROL	1B	2B	3B	4B
Dureza (g)	12142,106	11354,571	9161,233	10187,181	9249,112
Adhesividad (g)	-117,277	-221,926	-175,278	-203,906	-257,087
Elasticidad	0,691	0,494	0,943	0,558	0,653
Cohesividad	0,492	0,234	0,188	0,193	0,226
Masticabilidad	4134,877	1313,151	849,241	1099,509	1328,523

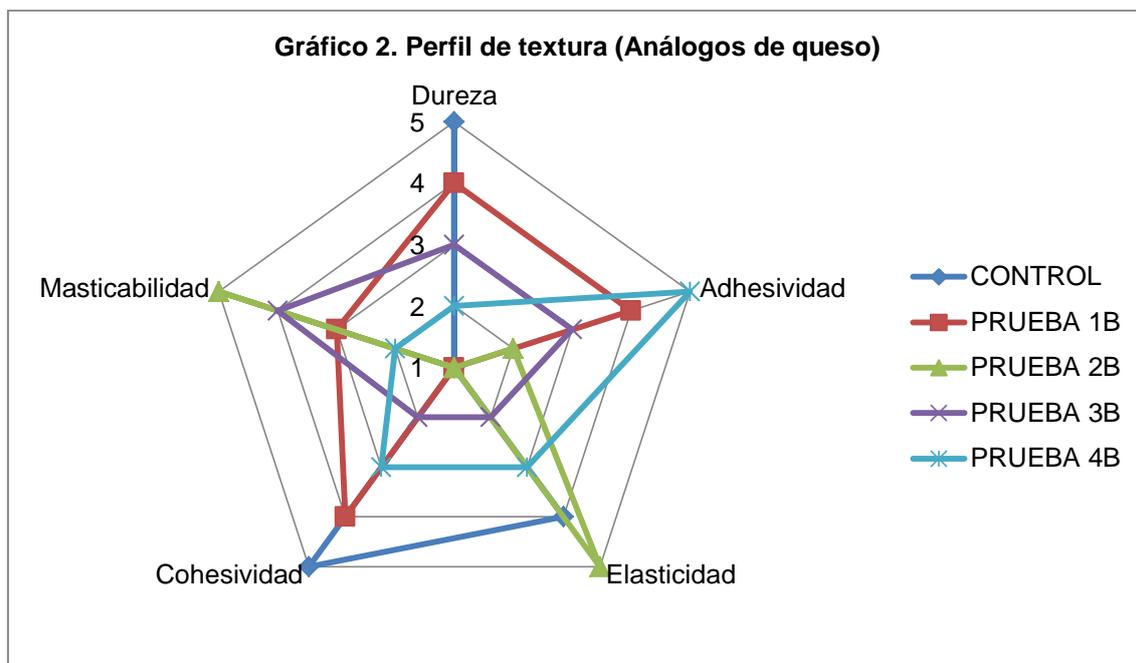
Figura 3. Curva Fuerza-Tiempo TPA.



Con este análisis confirmamos que la prueba CONTROL es la de mayor dureza, seguida de la prueba 1B que contiene el 100% de E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón, mientras que la menos dura es la prueba 2B que contiene el 100% de y E-1404 Almidón Oxidado. En el caso de la elasticidad ocurre lo contrario, es la prueba 1B la menos elástica y la 2B la que mayor elasticidad presenta, siendo la combinación realizada en la prueba 4B la que más se acerca a la prueba CONTROL. La prueba CONTROL también fue la menos adhesiva y más cohesiva, pero menos masticable.

Trasladamos los datos a un gráfico (Gráfico 2) en el que cada parámetro es puntuado del 1 al 5, según la posición que ocupa cuando se han ordenando de menor a mayor los valores obtenidos en el análisis TPA, y así poder comparar gráficamente los resultados.

La prueba 3B parece la más equilibrada y cuyas características se ajustan mejor a las definidas en los objetivos que han de cumplir las propiedades del queso análogo fabricado.



6.3. Pruebas subjetivas.

Nuevamente los cuatro evaluadores, que conocen el tipo de producto y las distintas pruebas que se han de realizar sobre las muestras de análogo de queso, puntúan en escalas del 1 al 5, siendo 1 la puntuación menos favorable y 5 la más favorable, cada característica o parámetro funcional (Gráficos 3 y 4).

6.3.1. Pruebas subjetivas antes del horneado (ver ANEXO IV).

Después de 24 horas en refrigeración se preparan las muestras para las pruebas.

Antes de preparar las pizzas, se cortan las piezas para observar el comportamiento ante el corte y después se rallan en una picadora de tipo industrial.

6.3.2. Pruebas subjetivas después del horneado (ver ANEXO V).

Se desea observar el comportamiento del análogo de queso en el conjunto de la pizza, para ello:

- Se pesan 50 gramos de salsa de tomate para cada 70 gramos de cada muestra de análogo de queso, que son colocados sobre una masa entera de pizza.
- Se hornean las pizzas 5 minutos a 270°C en un horno industrial (Middleby Marshall® 1400 TOASTMASTER DRIVE).

En esta primera simulación la temperatura resultó muy elevada y la prueba CONTROL se quemó, mostrando un color muy oscuro y no deseado. El resto de las pruebas fueron aptas, pero se decide repetir el horneado.

La segunda simulación se realiza de la siguiente manera:

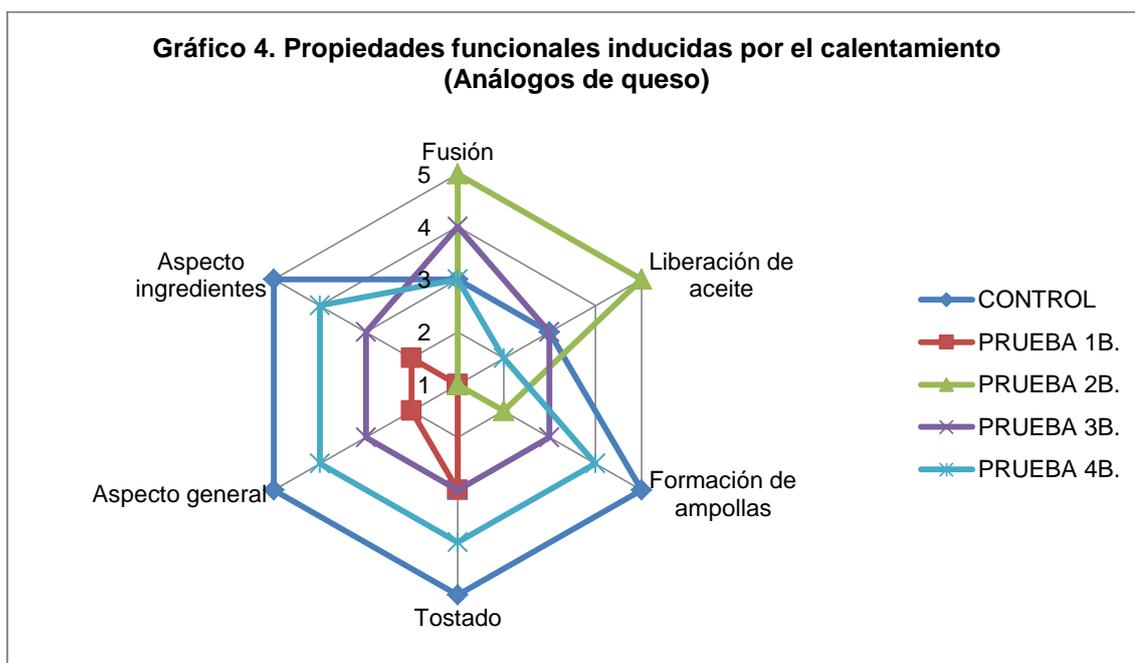
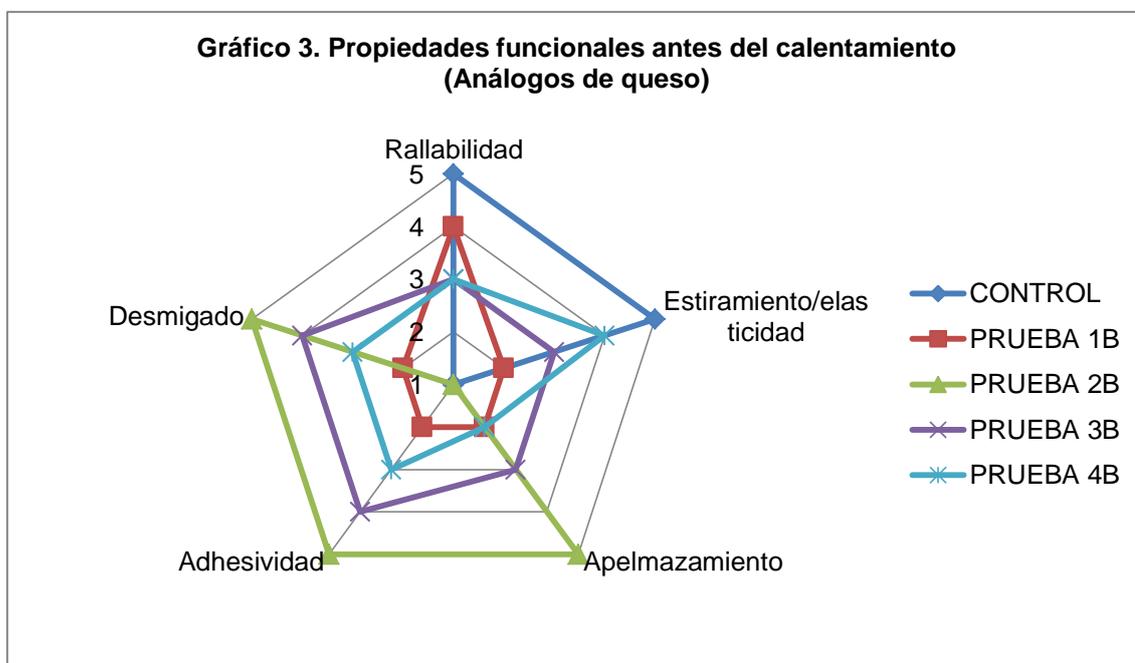
- Se rallan las muestras de forma manual.
- Se pesan 25 gramos de salsa de tomate para cada 35 gramos de cada muestra de análogo de queso, que son colocados sobre la mitad de una masa de pizza.
- Se hornean en un horno no industrial (UNINSA) durante 10 minutos a 200°C.

Finalmente se realiza una tercera simulación consistente en elaborar un posible producto final para consumo en el hogar, incluyendo en las pizzas con otro ingrediente adicional. En este caso las pizzas se preparan por mitades de la misma forma e incluyendo 30 gramos de bacon como ingrediente complementario.

Los resultados observados en cada prueba son:

- CONTROL: Ralla muy bien, se desmiga poco en frío, no se apelmaza. Funde bien, forma blíster, adquiere color tostado pero no se quema. Buena apariencia general. Libera algo de aceite. Con ingredientes también funciona igual.
- PRUEBA 1B: Ralla bastante bien, desmiga poco en frío, no se apelmaza mucho. Funde poco, no forma blíster, adquiere algo de color tostado. Apariencia regular. No libera aceite. Con ingredientes se comporta igual.
- PRUEBA 2B: Ralla muy mal, se desmiga, se apelmaza. Funde mucho, forma poco blíster, no adquiere color tostado. Apariencia mala. Libera aceite. Con ingredientes se comporta igual.

- PRUEBA 3B: Ralla bien, desmiga poco en frío, no se apelmaza. Funde más que la 1B, forma blíster, poco color tostado. Apariencia buena. Libera poco aceite. Con ingredientes se comporta igual.
- PRUEBA 4B. Ralla bien, desmiga poco en frío, no se apelmaza. Funde similar a 3B, forma blíster, algo de color tostado. Apariencia buena. Libera un poco aceite. Con ingredientes se comporta igual.



6.3.3. Comportamiento Congelación-Descongelación (ver ANEXO VI).

El producto debe soportar condiciones de congelación y descongelación a las que previsiblemente será sometido a lo largo de su vida útil. Para comprobar su posible comportamiento frente a esta situación, se almacenan las muestras que han sido ralladas en ultracongelación a -18°C durante 4 días. Una vez transcurrido este tiempo, se descongelan a temperatura ambiente durante 1 hora. Se observa que al descongelar se desmigán levemente todas las muestras, pero no se apelmazan más que antes de ser congeladas.

Se repite la simulación en el horno (200°C durante 10 minutos). Para ello se preparan las mitades de masa de pizza con 25 gramos de salsa de tomate por cada 35 gramos de cada muestra de análogo de queso descongelado.

Los resultados observados en cada prueba son:

- CONTROL: Adquiere color tostado. Forma blíster. Funde.
- PRUEBA 1B: Color tostado ligero. No forma blíster. No funde.
- PRUEBA 2B: Funde mucho y libera aceite. Tiene un aspecto no deseable.
- PRUEBA 3B: El tostado es suave. Forma pequeños blíster. Funde adecuadamente. Apariencia buena.
- PRUEBA 4B: Buen color tostado. Forma pequeños blíster. Funde ligeramente menos que la 3B. Apariencia buena.

6.4.4. Conservación.

Después de 10 días en refrigeración a 4°C en sus moldes, las muestras se conservan en perfecto estado. Se observa que la muestra CONTROL mantiene muy buena su elasticidad y la 1B parece que se fractura con más facilidad, pero el resto de las muestras presentan las mismas propiedades que las caracterizaban tras su elaboración.

Como se ha señalado previamente, la utilización de estos dos almidones modificados mejora las propiedades de estabilización y conservación del producto durante el almacenamiento, pero este beneficio puede verse incrementado gracias a la reducción del contenido proteico, dificultando el desencadenamiento de reacciones asociadas a la degradación de las proteínas.

7. CONCLUSIONES.

Dentro de una industria alimentaria en constante evolución donde impera la minimización de los costes de fabricación, los análogos de queso para pizza representan una gran ventaja frente a sus alternativas tradicionales.

En los últimos años el precio de la caseína se ha visto incrementado progresivamente y sometido a constantes fluctuaciones, lo cual insta a los fabricantes a buscar sustitutos a este producto. A su vez, el uso de almidones modificados en la elaboración de análogos de quesos está cada vez más desarrollado y extendido.

Este trabajo se ha focalizado en la elaboración de una fórmula en la cual se ha sustituido parte de la caseína por almidones modificados (en una proporción del 50/50) y que permite preservar una serie de propiedades fisicoquímicas y funcionales haciéndolo apto para su producción industrial y competir en un mercado cada vez más agresivo.

Después de estudiar el comportamiento de los almidones modificados, tanto en presencia de agua como dentro de una fórmula de análogo de queso, se concluye que son las combinaciones de E-1404 Almidón oxidado y E-1442 Fosfato de hidroxipropil dialmidón en porcentajes tanto del 77% E-1442 y 23% E-1404, como del 85% E-1442 y 15% E-1404, las que mejor funcionan. Con ambas se consigue un producto que soporta el rallado, funde correctamente, tiene elasticidad, apariencia deseable y aguanta las condiciones del almacenamiento.

El almidón E-1404 Almidón oxidado aporta las características de fluidez y capacidad de fundido, evita la retrogradación y posee poder antibacteriano; mientras que el almidón E-1442 Fosfato de hidroxipropil dialmidón confiere resistencia a las condiciones de fabricación y contribuye a la estabilización del producto.

En cuanto al coste del análogo de queso para pizza, la reducción del contenido en caseína a la mitad en referencia con un producto elaborado sin almidones modificados, permite una disminución del 30,65% en los costes de las materias primas. Esto repercute significativamente en el coste del producto final ya que el rendimiento de este tipo de elaboraciones se acerca al 100%.

Con el objetivo de persistir en la mejora continua, el diseño de fórmulas de análogos de queso innovadoras tiene un largo recorrido que pasa por la inclusión de nuevos ingredientes, como son los hidrocoloides y fibras alimentarias, que permitirán obtener nuevas propiedades de interés para la industria alimentaria.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abbas, K.A., Khalill, S.K., Hussin, A.S.M., 2010. Modified starches and their usages in selected food products: a review study. *Journal of Agricultural Science* 2: 90-100.

Arimi, J.M., Duggan, E., O'Sullivan, M., Lyng, J.G., O'Riordan, E.D., 2011. Effect of protein: starch ration on microwave expansion of imitation cheese-based product. *Food Hydrocolloids* 25: 1069-1076.

Bachmann, H.P., 2001. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal* 11: 505-515.

Boix, A.M., Navarrete, N.M., Martínez, C.G., Oliag, P.T., Ballesteros, G.M., 2007. *Propiedades físicas de los alimentos*. Editorial de la UPV. 192-195.

Chavan, R.S., Jana, A., 2007. Cheese substitutes: an alternative to natural cheese-a review. *International Journal of Food Science, Technology & Nutrition* 2: 25-39.

El-Bakry, M., Duggan, E., O'Riordan, E.D., O'Sullivan, M., 2010. Effects of emulsifying salts reduction on imitation cheese manufacture and functional properties. *Journal of Food Engineering* 100: 596-603.

Ennis, M.P., Mulvihill, D.M., 1999. Compositional characteristics of rennet caseins and hydration characteristics of the caseins in a model system as indicators of performance in Mozzarella cheese analogue manufacture. *Food Hydrocolloids* 13: 325-337.

Fleche G., 1985. Chemical Modification and Degradation of Starch. *Starch Conversion Technology*: 73-87.

Fox, P.F., Guinee, T.R., Cogan, T.M., Mc Sweeney, P.H.L., 2000. Cheese as a food ingredient. *Fundamentals of cheese science*. 452-483.

Hennelly, P.J., Dunne, P.G., O'Sullivan, M., O'Riordan, E., 2005. Increasing the moisture content of imitation cheese: effects on texture, rheology and microstructure. *European Food Research and Technology* 220: 415-420.

Hoyer, K.F., Pernille. K., 2007. Continuous production of analogue cheese. *Dairy Industries International* 72: 28-29.

Mosquera, S.A., GRASS, J.S., 2004. Analogous cheeses production. *Facultad de Ciencias Agropecuarias Vol 2. (1)*: 62-65.

Mounsey, J.S., O'Riordan, E.D., 2008. Alteration of imitation cheese structure and melting behavior with wheat starch. *European Food Research and Technology* 226: 1013-1019.

Mounsey, J.S., O'Riordan E.D., 2008. Modification of imitation cheese structure and rheology using pre-gelatinised starches. *European Food Research and Technology* 226: 1039-1046.

Navas, J.S.R., 2010. Propiedades funcionales de los quesos. *Tecnología láctea latinoamericana* 64: 40-46.

Noronha, N., O'Riordan, E.D., O'Sullivan M., 2008. Influence of processing parameters on the texture and microstructure of imitation cheese. *European Food Research and Technology* 226: 385-393.

Rowney, M., Roupas, P., Hickey, M.W., Everett, D.W., 1999. Factors affecting the functionality of mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology* 54: 94-102.

Shah, R., Jana, A.H., Aparnathi, K.D., Prajapati, P.S., 2010. Process standardization for rennet casein based Mozzarella cheese analogue. *Journal of Food and Science Technology* 47(5): 574-578.

Tamime, A.Y., 2011. *Processed Cheese and Analogues: An Overview*. Blackwell Publishing Ltd. 1-24.

Agricultura. FAO, 1998. Los almidones tropicales no llegan al mercado.

<http://www.fao.org/ag/esp/revista/9809/spot3.htm>

Alimarket. Pizza Refrigerada: Cede espacio a otras categorías el mercado vierte una mayor presión sobre el pequeño fabricante.

<http://www.alimarket.es/noticia/99000/Pizza-Refrigerada--Cede-espacio-a-otras-categorias>

Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente (MAGRAMA), 2010. Observatorio del consumo y la distribución alimentaria. Platos precocinados y preparados: 387-393.

<http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/observatorio-de-consumo-y-la-distribucion-alimentaria/>

TATE & LYLE. World leader in carbohydrate ingredients. AMYLUM GROUP. Almidones modificados. www.amylumgroup.com.

ANEXOS

ANEXO I. HOJAS DE CÁLCULO FÓRMULAS

Prueba CONTROL

CASEÍNA 22 % ALMIDÓN 0%		MMPP					PF					COSTE MMPP	COSTE PF
	CANTIDAD	% HUM	% MG	% PROT	% SAL	% HC	% HUM	% MG	% PROT	% SAL	% HC	€/kg	€/kg
Caseína Cuajo	246	9,00%		81,00%			2%	0%	18%	0%	0%	7,8	1,7129
Grasa vegetal	280		100%				0%	25%	0%	0%	0%	1,2	0,2999
E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón	0	18%				72%	0%	0%	0%	0%	0%	2,04	0,0000
E-1404 Almidón Oxidado	0	18%				72%	0%	0%	0%	0%	0%	2,04	0,0000
Lactosuero dulce	10	4,30%	1,10%	13,50%		73,60%	0%	0%	0%	0%	1%	0,98	0,0087
E-331 Citrato	17	11%					0%	0%	0%	0%	0%	1,53	0,0232
E-210 Ácido Láctico	10	11%					0%	0%	0%	0%	0%	1,8	0,0161
Sal	17	11%			89%		0%	0%	0%	1%	0%	0,14	0,0021
E-160b Colorante	0,2						0%	0%	0%	0%	0%	6,05	0,0011
Agua	540	100%					48%	0%	0%	0%	0%		0,0000
TOTAL	1120,2						0%	0%	0%	0%	0%		0,0000
							51%	25%	18%	1%	1%		2,0641
	21,96												
	25,00												
	0,00												
	0,00												
	0,89												
	1,52												
	0,89												
	1,52												
	0,02												
	48,21												
	100,00												

Prueba 1B

CASEÍNA 11,5% MPT 11,5% EMP 0%		MMPP					PF					COSTE MMPP	COSTE PF
	CANTIDAD	% HUM	% MG	% PROT	% SAL	% HC	% HUM	% MG	% PROT	% SAL	% HC	€/kg	€/kg
Caseína Cuajo	123	9,00%		81,00%			1%	0%	9%	0%	0%	7,8	0,8565
Grasa vegetal	280		100%				0%	25%	0%	0%	0%	1,2	0,2999
E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón	123	18%				72%	2%	0%	0%	0%	8%	2,04	0,2240
E-1404 Almidón Oxidado	0	18%				72%	0%	0%	0%	0%	0%	2,04	0,0000
Lactosuero dulce	10	4,30%	1,10%	13,50%		73,60%	0%	0%	0%	0%	1%	0,98	0,0087
E-331 Citrato	17	11%					0%	0%	0%	0%	0%	1,53	0,0232
E-210 Ácido Láctico	10	11%					0%	0%	0%	0%	0%	1,8	0,0161
Sal	17	11%			89%		0%	0%	0%	1%	0%	0,14	0,0021
E-160b Colorante	0,2						0%	0%	0%	0%	0%	6,05	0,0011
Agua	540	100%					48%	0%	0%	0%	0%		0,0000
TOTAL	1120,2						0%	0%	0%	0%	0%		0,0000
							52%	25%	9%	1%	9%		1,4316
	10,98												
	25,00												
	10,98												
	0,00												
	0,89												
	1,52												
	0,89												
	1,52												
	0,02												
	48,21												
	100,00												

Prueba 2B

CASEÍNA 11,5% MPT 0% EMP 11,5%		MMPP					PF					COSTE MMPP	COSTE PF
	CANTIDAD	% HUM	% MG	% PROT	% SAL	% HC	% HUM	% MG	% PROT	% SAL	% HC	€/kg	€/kg
Caseína Cuajo	123	9,00%		81,00%			1%	0%	9%	0%	0%	7,8	0,8565
Grasa vegetal	280		100%				0%	25%	0%	0%	0%	1,2	0,2999
E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón	0	18%				72%	0%	0%	0%	0%	0%	2,04	0,0000
E-1404 Almidón Oxidado	123	18%				72%	2%	0%	0%	0%	8%	2,04	0,2240
Lactosuero dulce	10	4,30%	1,10%	13,50%		73,60%	0%	0%	0%	0%	1%	0,98	0,0087
E-331 Citrato	17	11%					0%	0%	0%	0%	0%	1,53	0,0232
E-210 Ácido Láctico	10	11%					0%	0%	0%	0%	0%	1,8	0,0161
Sal	17	11%			89%		0%	0%	0%	1%	0%	0,14	0,0021
E-160b Colorante	0,2						0%	0%	0%	0%	0%	6,05	0,0011
Agua	540	100%					48%	0%	0%	0%	0%		0,0000
TOTAL	1120,2						0%	0%	0%	0%	0%		0,0000
							52%	25%	9%	1%	9%		1,4316
	10,98												
	25,00												
	0,00												
	10,98												
	0,89												
	1,52												
	0,89												
	1,52												
	0,02												
	48,21												
	100,00												

Prueba 3B

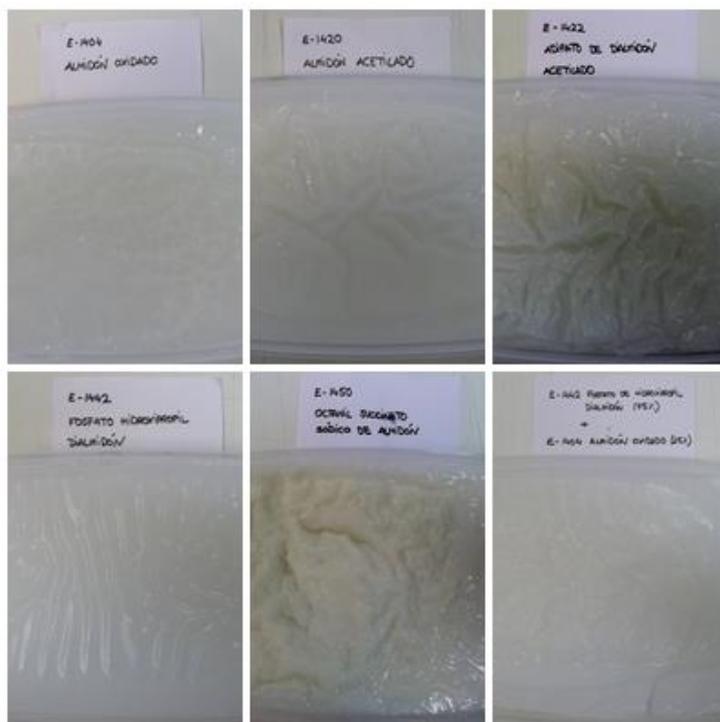
CASEÍNA 11,5% MPT 9,2% EMP 2,3%		MMPP					PF					COSTE MMPP	COSTE PF
	CANTIDAD	% HUM	% MG	% PROT	% SAL	% HC	% HUM	% MG	% PROT	% SAL	% HC	€/Kg	€/Kg
Caseína Cuajo	123	9,00%		81,00%			1%	0%	9%	0%	0%	7,8	0,8565
Grasa vegetal	280		100%				0%	25%	0%	0%	0%	1,2	0,2999
E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón	95	18%				72%	2%	0%	0%	0%	6%	2,04	0,1730
E-1404 Almidón Oxidado	28	18%				72%	0%	0%	0%	0%	2%	2,04	0,0510
Lactosuero dulce	10	4,30%	1,10%	13,50%		73,60%	0%	0%	0%	0%	1%	0,98	0,0087
E-331 Citrato	17	11%					0%	0%	0%	0%	0%	1,53	0,0232
E-210 Ácido Láctico	10	11%					0%	0%	0%	0%	0%	1,8	0,0161
Sal	17	11%			89%		0%	0%	0%	1%	0%	0,14	0,0021
E-160b Colorante	0,2						0%	0%	0%	0%	0%	6,05	0,0011
Agua	540	100%					48%	0%	0%	0%	0%		0,0000
TOTAL	1120,2						0%	0%	0%	0%	0%		0,0000
							52%	25%	9%	1%	9%		1,4316
	PORCENTAJE %												
	10,98												
	25,00						% ES	48%					
	8,48												
	2,50												
	0,89												
	1,52												
	0,89												
	1,52												
	0,02												
	48,21												
	100,00												

Prueba 4B

CASEÍNA 11,5% MPT 9,8% EMP 1,7%		MMPP					PF					COSTE MMPP	COSTE PF
	CANTIDAD	% HUM	% MG	% PROT	% SAL	% HC	% HUM	% MG	% PROT	% SAL	% HC	€/Kg	€/Kg
Caseína Cuajo	123	9,00%		81,00%			1%	0%	9%	0%	0%	7,8	0,8565
Grasa vegetal	280		100%				0%	25%	0%	0%	0%	1,2	0,2999
E-1442 Fosfato Hidroxipropil Dialmidón	105	18%				72%	2%	0%	0%	0%	7%	2,04	0,1912
E-1404 Almidón Oxidado	18	18%				72%	0%	0%	0%	0%	1%	2,04	0,0328
Lactosuero dulce	10	4,30%	1,10%	13,50%		73,60%	0%	0%	0%	0%	1%	0,98	0,0087
E-331 Citrato	17	11%					0%	0%	0%	0%	0%	1,53	0,0232
E-210 Ácido Láctico	10	11%					0%	0%	0%	0%	0%	1,8	0,0161
Sal	17	11%			89%		0%	0%	0%	1%	0%	0,14	0,0021
E-160b Colorante	0,2						0%	0%	0%	0%	0%	6,05	0,0011
Agua	540	100%					48%	0%	0%	0%	0%		0,0000
TOTAL	1120,2						0%	0%	0%	0%	0%		0,0000
							52%	25%	9%	1%	9%		1,4316
	PORCENTAJE %												
	10,98												
	25,00						% ES	48%					
	9,37												
	1,61												
	0,89												
	1,52												
	0,89												
	1,52												
	0,02												
	48,21												
	100,00												

ANEXO II. FOTOGRAFÍAS PRUEBAS ALMIDONES Y AGUA

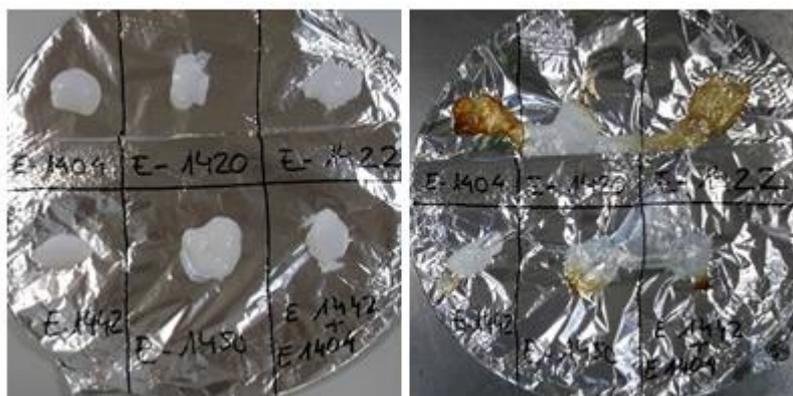
1. Prueba 1A. Muestras en frío.



2. Prueba 1A. Desmoldado.



3. Prueba 1A. Antes y después horneado.



4. Prueba 2A. Desmoldado.



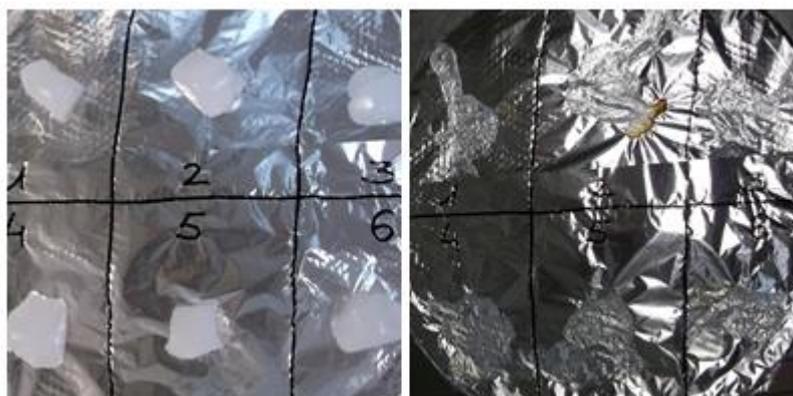
5. Prueba 2A. Corte.



6. Prueba 2A. Rallado.



7. Prueba 2A. Antes y después del horneado.



8. Prueba 3A. Antes de refrigeración.



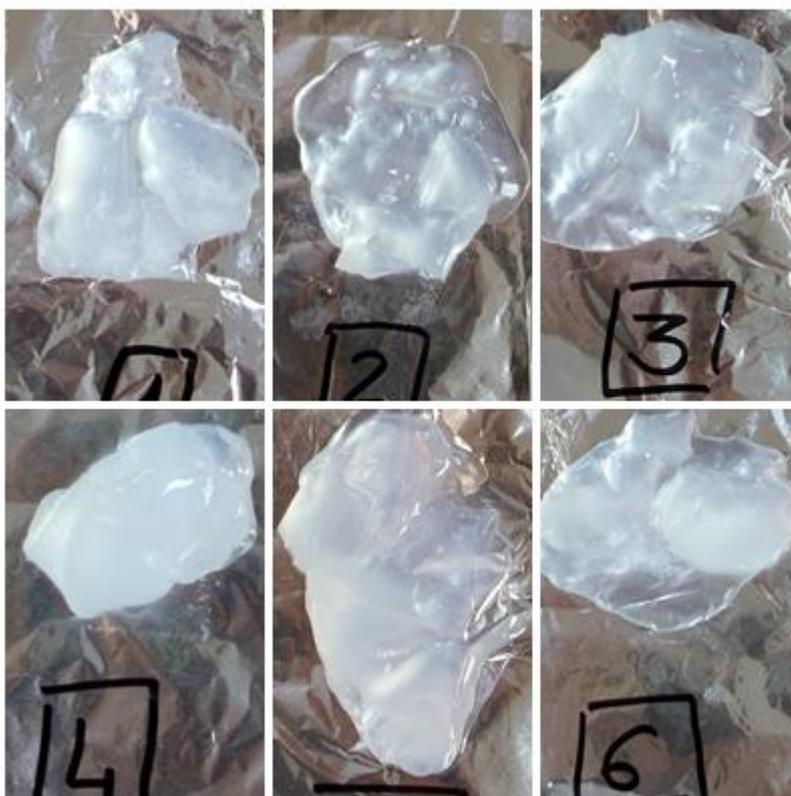
9. Prueba 3A. Desmoldado.



10. Prueba 3A. Rallado.



11. Prueba 3A. Fundido.



ANEXO III. FOTOGRAFÍAS ELABORACIÓN ANÁLOGOS DE QUESO

1. Pruebas análogos. Elaboración.



2. Pruebas análogos. Refrigeración.



ANEXO IV. FOTOGRAFÍAS PRUEBAS ANÁLOGOS DE QUESO ANTES DEL HORNEADO

1. Prueba CONTROL. Corte.



2. Prueba 1B. Corte



3. Prueba 2B. Corte.



4. Prueba 3B. Corte.



5. Prueba 4B. Corte.



6. Pruebas análogos. Rallado picadora industrial.



7. Pruebas análogos. Rallado manual.



ANEXO V. FOTOGRAFÍAS PRUEBAS DE HORNEADO DE ANÁLOGOS DE QUESO

1. Prueba CONTROL. Horno 270°C.



2. Prueba 1B. Horno 270°C.



3. Prueba 2B. Horno 270°C.



4. Prueba 3B. Horno 270°C.



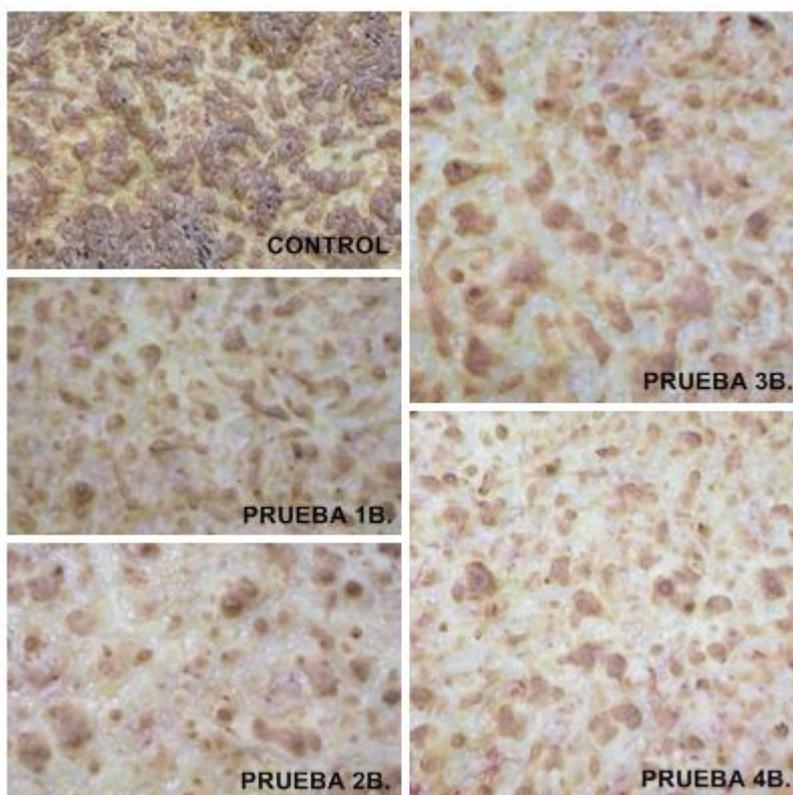
5. Prueba 4B. Horno 270°C.



6. Conjunto pruebas análogos. Horno 270°C.



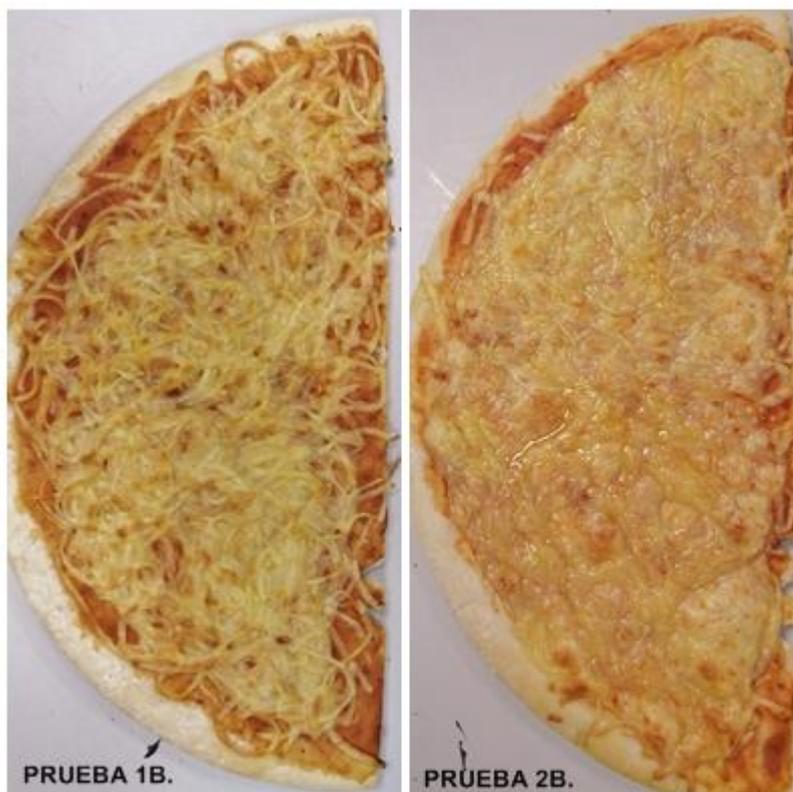
7. Pruebas análogos. Blíster horno 270°C.



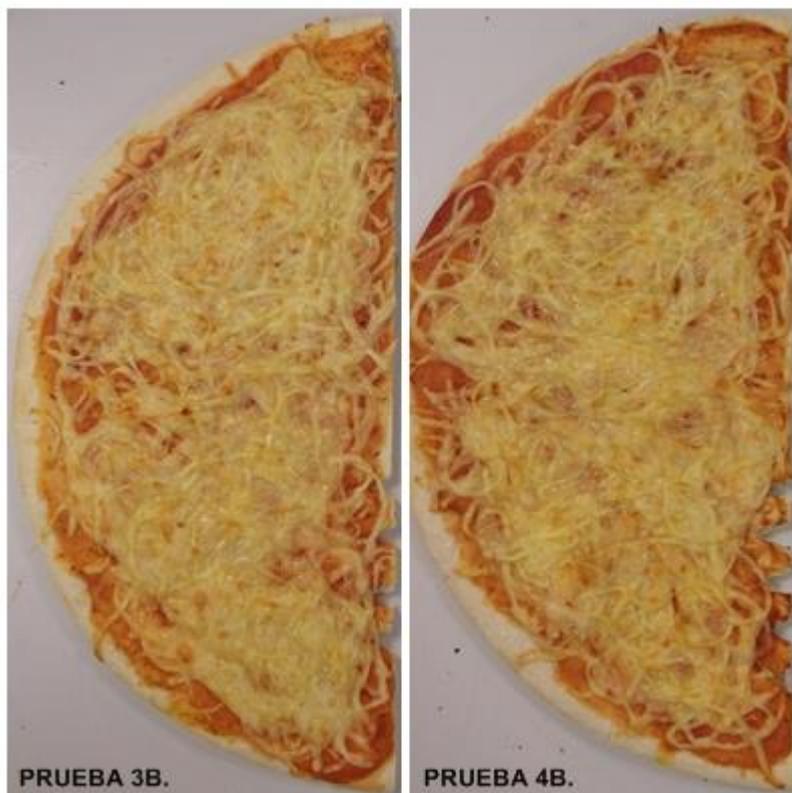
8. Prueba CONTROL. Horno 200°C.



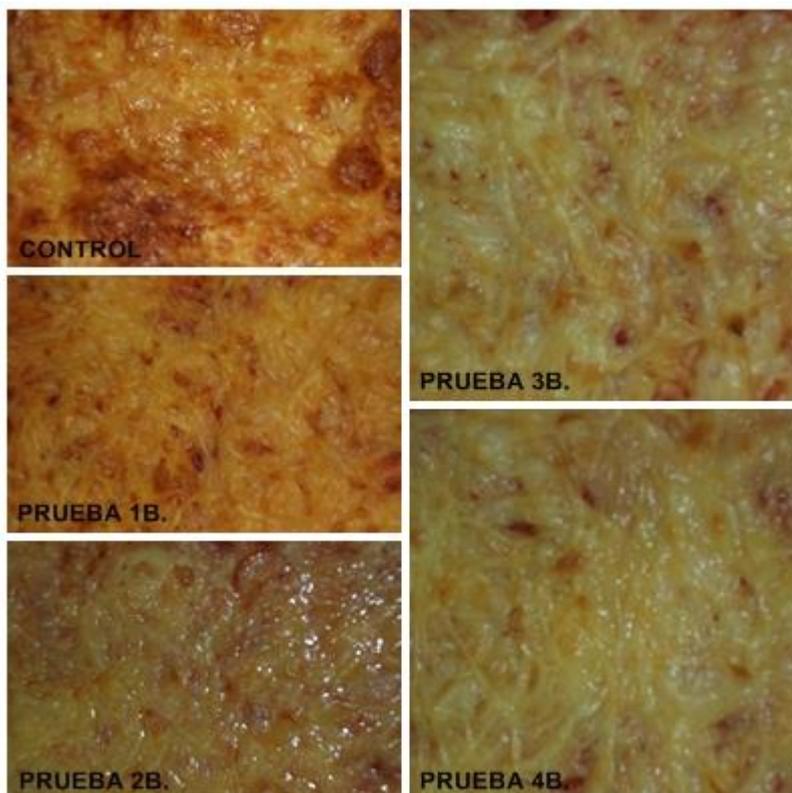
9. Prueba 1B y 2B. Horno 200°C.



10. Prueba 3B y 4B. Horno 200°C.



11. Pruebas análogos. Blíster horno 200°C.



12. Prueba CONTROL. Ingredientes. Horno 200°C.



13. Prueba 1B y 2B. Ingredientes. Horno 200°C.



14. Prueba 3B y 4B. Ingredientes. Horno 200°C.



ANEXO VI. FOTOGRAFÍAS DESCONGELACIÓN ANÁLOGOS

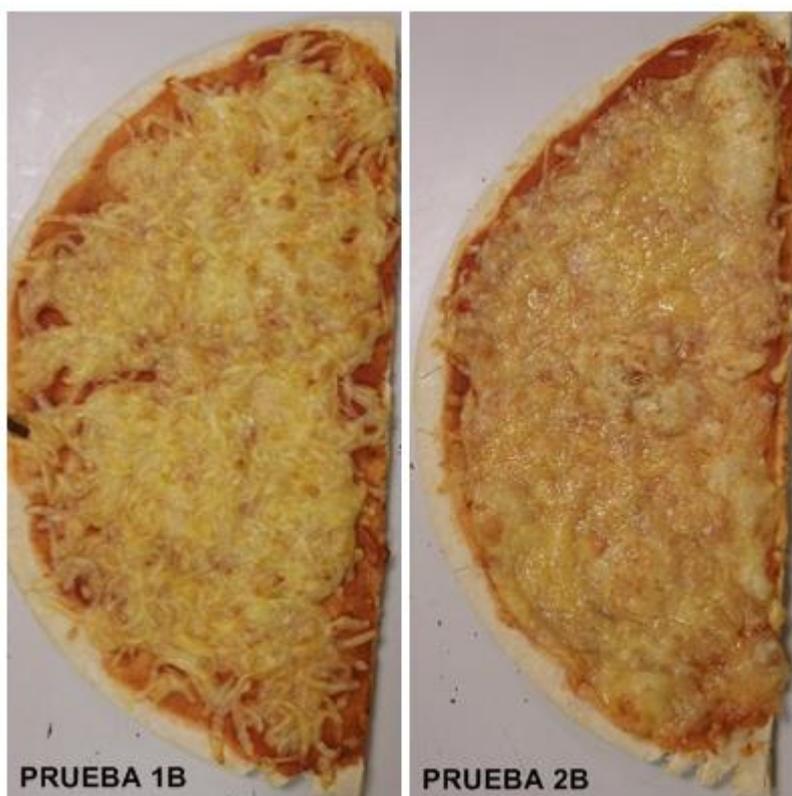
1. Pruebas análogos. Rallado descongelado.



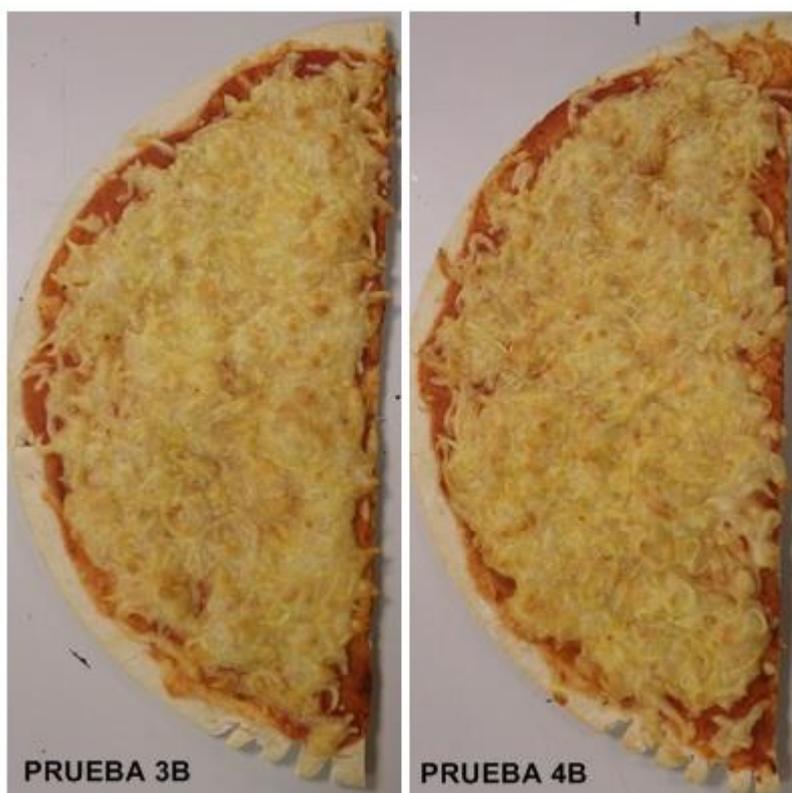
2. Prueba CONTROL (descongelado). Horno 200°C.



3. Prueba 1B y 2B (descongelado). Horno 200°C.



4. Prueba 3B y 4B (descongelado). Horno 200°C.



5. Pruebas análogos descongelados. Blíster horno 200°C.

