

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL**



**OBTENCIÓN DE PANES LIBRES DE GLUTEN: EFECTO
ESTRUCTURAL DE DISTINTOS HIDROCOLOIDES SOBRE
MASAS PANARIAS DE MAÍZ**

MÁSTER EN GESTIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

ALUMNA:

CAMELIA AURICA BUT

DIRECTORAS:

DRA. CRISTINA MOLINA ROSELL

CU. M^a ISABEL ESCRICHE ROBERTO

CU. ISIDORA SANZ BERZOSA

Valencia, Septiembre 2015

OBTENCIÓN DE PANES LIBRES DE GLUTEN: EFECTO ESTRUCTURAL DE DISTINTOS HIDROCOLOIDES SOBRE MASAS PANARIAS DE MAÍZ

But, C., Rosell, C.M.¹, Escriche, M^a. I.², Sanz, I.³

RESUMEN

El desarrollo de nuevos productos, y concretamente de panes sin gluten de calidad, sigue siendo un reto tecnológico. Actualmente los panes existentes en el mercado tienen bajo volumen, miga seca y frágil y se endurecen rápidamente, lo cual hace necesaria su reformulación para mejorar la calidad de los mismos. El objetivo de este estudio fue la formulación de un producto horneado sin gluten a partir de harina de maíz, analizando la funcionalidad de los distintos hidrocoloides (hidroxipropilmetilcelulosa “HPMC”, goma xantana y goma guar) para conseguir mejorar su textura calidad. Se evaluó el efecto de distintos porcentajes de uso de goma xantana, HPMC y goma guar y se observó su influencia sobre las características físicas, texturales y color en el pan de maíz. Los resultados obtenidos en cuanto al volumen, humedad, dureza y ratio ancho/alto mostraron que el uso de la goma xantana tuvo mayor influencia en las características del pan de maíz. Las masas panarias que contenían xantana presentaron mayor capacidad de retención de gas durante la fermentación y horneado, dando lugar a panes con una miga más aireada, además con una apariencia visualmente agradable. Los resultados concluyeron la posibilidad de obtener un pan de maíz con adecuadas características tecnológicas mediante el uso de goma xantana al 1%.

Palabras clave: Hidrocoloides, pan de maíz sin gluten, calidad del pan, xantana, HPMC, guar

RESUM

El desenvolupament de nous productes i concretament de pans sense gluten de qualitat, segueix sent un repte tecnològic. Actualment, els pans existents en el mercat són de baix volum, molla seca i fràgil i s'endureixen ràpidament, la qual cosa fa necessària una reformulació per a millorar la seua qualitat. L'objectiu d'aquest estudi va ser la formulació d'un producte torrat sense gluten a partir de farina de dacsa, analitzant la funcionalitat dels diferents hidrocoloid (goma xantana, hidroxipropilmetilcelulosa “HPMC” i goma guar) per a aconseguir millorar la textura i qualitat dels pans lliures de gluten. Es va

¹ Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (IATA-CSIC). Calle Agustín Escardino, 7 46980 Paterna Valencia, España.

² Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n, 46022. Valencia, España.

³ Departamento de Química. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n, 46022. Valencia, España.

avaluar i es va analitzar l'efecte de diferents percentatges d'ús de HPMC, goma xantana i goma guar i es va observar la seua influència sobre les característiques físiques, textures i color en el pa de dacsa.

Els resultats obtinguts quant al volum, humitat, duresa i ràtio ample/alt varen mostrar que l'ús de la goma xantana va tenir major influència en les característiques del pa de dacsa. Les masses panàries contenint xantana van presentar major capacitat de retenció de gas durant la fermentació i torrat, donant lloc a pans amb una molla més airejada i amb una aparença visualment agradable. Els resultats van concloure en la possibilitat d'obtenir un pa de dacsa amb les característiques tecnològiques adequades mitjançant l'ús de goma xantana l'1%.

Paraules clau: Hidrocoloides, pans de dacsa sense gluten, qualitat de pans, xantana, HPMC, guar

ABSTRACT

The development of new products and specifically gluten-free breads with improved quality remains a technological challenge. Currently, marketed breads have low volume, dry and fragile crumb and harden quickly. Altogether those characteristics drive to put additional efforts in revising recipes for improving the quality of gluten free breads.

The objective of this study was the formulation of gluten-free baked product from corn flour analyzing the functionality of the various hydrocolloids (xanthan gum, hydroxypropylmethylcellulose "HPMC" and guar gum) and their effect on the physical properties of corn based gluten free bread.

The results obtained in terms of volume, moisture content, hardness and width/height ratio showed that the use of xanthan gum had the greatest influence on the characteristics of cornbread. The bread dough containing xanthan had higher retention capacity of gas during fermentation and baking, resulting in a more aerated bread crumb, along with a visually pleasing appearance. The results concluded that using xanthan gum 1% we have the possibility to develop a cornbread with appropriate technological features.

Keywords: Hydrocolloids, corn bread gluten free, quality of bread, xanthan, HPMC, guar

1. INTRODUCCIÓN

La enfermedad más común provocada por la ingesta de cereales es conocida como celiacía y se manifiesta en individuos genéticamente susceptibles cuando consumen alimentos que contienen proteínas provenientes del trigo, cebada, centeno y otros cereales que contienen gluten. Esta enfermedad se caracteriza por una respuesta inmune a ciertas secuencias de aminoácidos presentes en la fracción del trigo, avena, cebada, centeno y triticale (Thompson 2001; Chirido y otros 2002).

El único tratamiento efectivo para la enfermedad celíaca es una dieta sin gluten, que conduce a la recuperación de las vellosidades intestinales y reduce el riesgo de sufrir otras complicaciones (Thompson 2001; Porpora y otros 2002; Seraphin y Mobarhan 2002). Siguiendo esta dieta los individuos celíacos deben excluir todos los productos de panificación que contengan gluten.

El pan libre de gluten existente en el mercado posee propiedades físicas y de textura distintas del pan de trigo. El pan sin gluten tienen poco volumen, presenta una miga seca y frágil y se endurece rápidamente durante el almacenamiento (Arendt y otros 2002; Gujral y otros 2003).

En la actualidad, hay una creciente demanda de alimentos sin gluten, dado que se ha producido un importante incremento en el número de pacientes diagnosticados con la enfermedad celiaca, u otras reacciones alérgicas o intolerancias ligadas al consumo de gluten. Por este motivo, en los últimos años la industria alimentaria está innovando para dar respuesta a las demandas de los consumidores. En la industria de la panificación una de las tendencias para conseguir alimentos sin gluten es la introducción de materias primas alternativas que ayuden a obtener productos que puedan tener características de textura, aroma y sabor similares a los elaborados con cereales que contienen gluten.

En el caso de los cereales sin gluten, sus proteínas no son capaces de formar una red viscoelástica capaz de retener el CO₂ producido durante la fermentación, por lo que se hace necesario el uso de aditivos que reproduzcan estas propiedades viscoelásticas. En concreto, la incorporación de hidrocoloides en la masa panaria produce una mejora del volumen del pan, dureza, porosidad y elasticidad de la miga y de su aceptación sensorial por parte de los consumidores (Marco y Rosell, 2008).

Los hidrocoloides están inscritos dentro de la categoría de agentes de textura. Son polímeros hidrófilos de naturaleza coloidal, de origen vegetal, animal, microbiano o sintético. Como consecuencia de esta propiedad hidrófila, son capaces de actuar sobre la estructura y consistencia y por lo tanto, sobre las propiedades funcionales de los alimentos a los que se adicionan. Entre las propiedades específicas de los hidrocoloides se encuentran la mejora de la textura, la capacidad de retardar y controlar la formación de cristales de hielo y cristales de azúcar, la estabilización de emulsiones y espumas, el aumento de la viscosidad y la capacidad de retención de agua. Los efectos de estos agentes de textura sobre las propiedades de la masa y la calidad del pan final suelen ser dependientes de múltiples factores como son: el origen del hidrocoloide, su estructura química,

la concentración a la que se incorpora, su tamaño de partícula, la técnica de aplicación y las propiedades de la harina (Bermiller, 2008; Gray y Bermiller, 2003; Stampfli y Nersten, 1995; Taylor et al., 2006). La eficacia de los hidrocoloides como agentes de textura depende del alimento al que se pretende incorporar, por lo que es necesario estudiar su aplicación en cada caso (Lazaridou et al. 2007; Bárcenas et al., 2009).

En productos horneados, los hidrocoloides son ampliamente utilizados por la industria para retardar el envejecimiento y para mejorar la calidad de los productos de panadería. De hecho, goma guar, goma xantana, carragenatos, alginatos, pectinas y derivados de celulosa se han utilizado para mejorar la calidad del pan (Guarda et al., 2004, Rosell et al., 2001, y Sharadanant y Khan, 2003).

Entre los hidrocoloides más utilizados se encuentran la goma xantana, hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y goma guar. La goma xantana es un heteropolisacárido extracelular de alto peso molecular secretado por el microorganismo *Xanthomonas campestris*. Este hidrocoloide es soluble en agua fría y en solución exhibe un flujo altamente pseudoplástico. En solución, sus moléculas son capaces de formar enlaces intermoleculares que dan lugar a una red compleja débilmente unida.

Los derivados de celulosa (metilcelulosa, carboximetilcelulosa y HPMC) se obtienen por modificación química de la celulosa, lo que garantiza sus propiedades uniformes, en oposición a los hidrocoloides procedentes de fuentes naturales que tienen una alta variabilidad (Guarda et al., 2004). El HPMC es un éter de celulosa con propiedades hidrófilas (Sarkar & Walker, 1995) que le permiten actuar como emulsionante, fortaleciendo la miga y aumentando su capacidad de retener agua (Bell, 1990 y Dziezak, 1991).

La goma guar, polisacárido producido a partir del endospermo de semillas de *Cyamopsis tetragonolobus*, es altamente viscosa a bajas concentraciones, es estabilizante y tiene alta capacidad de ligar moléculas de agua. También se utiliza para mejorar la tolerancia de las mezclas, prolongar el almacenamiento del producto por su propiedad de retención de humedad y para prevenir la sinéresis en los productos alimenticios congelados (Mandala, 2005; Ruperez y Bravo, 2001).

Algunos investigadores han demostrado que la mezcla de hidrocoloides, como xantana y goma guar, podría promover un efecto sinérgico de aumento de las capacidades de viscosidad y gelatinización de una masa (Ruperez y Bravo 2001).

La información en la literatura científica es escasa y no existe datos comerciales en relación al consumo de panes elaborados a base de harina de maíz, debido a la imposibilidad de obtener un producto atractivo organolépticamente para el consumidor. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la adición de distintos porcentajes de hidrocoloides (goma xantana, hidroxipropilmetilcelulosa "HPMC" y goma guar) en las propiedades físicas, texturales y color en pan de maíz horneado sin gluten.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Ingredientes

Para la elaboración de pan de maíz se utilizaron los siguientes ingredientes: Harina de maíz (Arroz Dacsa S.A. Almàssera Valencia), agua potable, azúcar comercial, sal comercial, levadura seca comercial, almidón de patata (Arroz Dacsa Almàssera Valencia), grasa en polvo (Grupo Desarrollo S.A, Chiva, Valencia, España). Hidrocoloides: Hidroxipropilmetilcelulosa, HPMC (The Dow Chemical Company, Bomlitz Germany), Goma xantana (Grupo Desarrollo S.A, Chiva, Valencia, España), Goma guar (The Dow Chemical Company, Bomlitz Germany).

2.2 Métodos

2.2.1. Elaboración de los panes

La elaboración del pan se utilizaron los siguientes ingredientes (g/1000g en base harina-almidón (80%-20%)): agua (95g/100g), levadura seca (8g/100g), sal (15g/100g), grasa en polvo (20g/100g), goma xantana (5g/100g) y azúcar (20g/100g) a partir de los ingredientes principales se le añadieron los diferentes hidrocoloides. Además se analizó el efecto de la concentración de hidrocoloide. Se mezclaron todos los ingredientes en una amasadora Hobart N50CF (Hobart Corporation Estados Unidos) durante once minutos, seis minutos a velocidad uno y otros cinco minutos a velocidad dos. La masa batida obtenida se colocó en una manga desechable marca Dekora (Grupo Dekora Obleas S.A Alicante España) de 55 cm de larga y utilizando un cono de 6 cm de diámetro, y se dividió en porciones de 700g que se colocaron en moldes de aluminio de 22 cm en la parte superior y 19 parte inferior de largo, 10,5 cm parte superior y 8,5 cm parte inferior de ancho y 7,5 cm de alto (España). Los moldes se introdujeron en una cámara de fermentación Salva Lase (Salva, Lase, España) a 30°C y 90% de HR durante 60 minutos. Tras la fermentación se hornearon en un horno eléctrico Eurofours (Eurofours, Gommenies Francia) durante 40 minutos a 185°C. Se desmoldaron y se dejaron enfriar durante 60 minutos a temperatura ambiente, se cortaron en una rebanadora marca E. Gabarro TP85/2 (E. Gabarro, Barcelona España) de espesor 1 cm. Posteriormente se realizaron las determinaciones de peso, volumen, textura y color sobre los panes, además del contenido en humedad.

2.2.2 Determinación volumen específico

El volumen específico fue medido empleando una modificación del método 10-05 de la AACCC, que consiste en determinar el volumen del pan por medio del desplazamiento de semillas de colza en un recipiente cilíndrico de PVC. El método es el siguiente: en un molde se introducen las semillas en el cilindro se marca la altura alcanzada, luego se vacía el molde se introduce la unidad de pan se rellenan con las semillas y se vuelve a introducir las semillas en el

cilindro, se toman los datos y por diferencia de volúmenes se obtiene el volumen del pan. Por otra parte se pesa los panes. El volumen específico se determina mediante la división del volumen (cc) obtenido entre el peso (g) de la unidad de pan. Esta prueba se hizo por triplicado.

2.2.3 Análisis de perfil de textura

El análisis de perfil de textura se realizó en texturómetro TA-XT2i, IATA Versión32, TPA Bread mediante un ensayo de doble compresión, con un tiempo de espera entre las compresiones de 30 segundos. El ensayo de doble compresión simula el proceso de masticación en la boca, con el análisis de textura se puede evaluar la calidad del pan. Para realizar las mediciones se utilizó rebanadas de pan sin corteza, de 1 cm de espesor 3 cm de diámetro. Las muestras se sometieron a una compresión del 50% de su espesor inicial. Se utilizó una sonda de aluminio de diámetro de 25 mm.

2.2.4 Determinación humedad

La humedad fue medida por secado en dos etapas y diferencia de peso siguiendo el método 44-15a de la AACC (2000). En este método la primera etapa consistió en el secado durante 24 horas a temperatura ambiente. Para la segunda etapa, se trituro la muestra, se pesó aproximadamente 2 g y se secaron en una estufa a 130°C durante una hora y media. La determinación se realizó por duplicado. Los cálculos se indican a continuación.

Primera etapa

$$H_1 = (P_1 - P_2) / (P_1 - P_0) * 100$$

Segunda etapa

$$H_2 = (P_1' - P_2') / (P_1' - P_0') * 100$$

Porcentaje humedad total del pan

$\%H = H_1 + H_2(100 - H_1)/100$; %H= humedad del pan; H_1 =Humedad obtenida en la primera etapa(%); H_2 =Humedad obtenida en la segunda etapa(%); P_0 =Peso bandeja vacía(g); P_1 =Peso bandeja pan húmedo(g); P_2 =Peso bandeja pan seco(g); P_1' =Peso crisol muestra húmeda(g); P_2' =Peso crisol muestra seca(g).

2.2.5 Determinación de la relación ancho/alto

Se realizó por escaneo de la rebanada a 600 rpm, introduciendo la imagen en una escala y con la ayuda del software informático ImageJ, se obtuvo el ancho y el alto de la rebanada y a partir de ellos la relación ancho/alto.

2.2.6 Análisis del color

Para analizar el color se utilizó el colorímetro Minolta CR-400, se calibro el colorímetro se mido cuatro rebanadas y en cada rebanada la medición se hizo por duplicado cambiando el lugar de colocación de la lente. Los resultados se expresaron en el espacio de color CIE $L^*a^*b^*$. Se realizaron mediciones sobre cuatro rebanadas de cada elaboración.

2.2.7 Análisis estadístico

Se utilizó una comparación de múltiples muestras para el análisis estadístico de los resultados se realizó Análisis de Varianza (ANOVA) (Statgraphics 5.1). Para la determinación de diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$), se recurrió al test de Fisher de diferencias significativas mínimas (LSD).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Influencia de la incorporación de xantana, HPMC y guar en volumen específico de pan de maíz al 1%

En la Figura 1 se presentan los resultados de volumen específico de los panes empleados en este estudio para cada una de las formulaciones estudiadas. El volumen específico es una de las características visuales más importante de los panes, ya que influye decisivamente en la elección del consumidor, por lo tanto, es un parámetro clave a la hora de evaluar la calidad del pan. Como se observa la adición de los diferentes hidrocoloides influyó significativamente ($p < 0,05$) sobre dicho parámetro, seguramente debido a que los hidrocoloides pueden mejorar el desarrollo de la masa y la retención de gas (Rosell *et al.*, 2001).

La formulación realizada con xantana presentó el mayor volumen específico. Posiblemente, el aumento de la viscosidad y consistencia de la masa sin gluten tras la adición de xantana ayudó a mantener las burbujas de gas y a prevenir su coalescencia, manteniendo el sistema estable hasta la gelatinización del almidón (Lazaridou *et al.*, 2007; Schober, 2009). En los panes con goma xantana, la mayor estabilidad de la masa se mantuvo también durante la cocción y se originó una textura más suave.

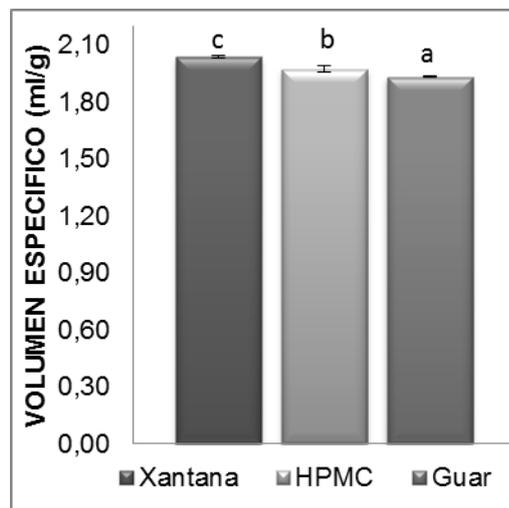
En el estudio Hager *et al.*, (2012) las masas elaboradas con HPMC dieron lugar a panes con mayor volumen específico al del presente estudio, aunque en dicha investigación, los porcentajes de HPMC adicionado fueron mayores. Esta disparidad en los resultados podría indicar que el hidrocoloide en cantidades más bajas no llegó a simular las propiedades visco-elásticas del gluten, no generó un aumento en la retención de gas durante la fermentación y horneado y como consecuencia tampoco ayudó al aumento del volumen específico del pan de este estudio. A su vez, se cree que HPMC mantiene la homogeneidad de la pasta debido a su interacción tanto en la fase acuosa como no acuosa; además el HPMC tiene propiedades tensioactivas, con el metoxilo y hidroxipropoxilo que muestra afinidad a la fase no polar de lípidos o de un sistema multi-fase tal como resulta ser las masas panarias. Por lo tanto, forma una película interfacial en los límites de celdas de gas y, posiblemente, proporciona estabilidad para las células de gas durante la expansión (Bell *et al.*, 1990).

En los panes elaborados con la goma guar, el volumen específico fue significativamente más bajo, esto podría atribuirse a que la goma guar retiene el agua formando una especie de red de gelatina que no deja formar burbujas

de aire tanto en la fermentación como en el horneado. Cabe recordar, que la goma guar es altamente viscosa en bajas concentraciones de ahí la red viscosa tan fuerte que permitió una expansión de la masa. Mezaize *et al.*, (2009), formuló pan sin gluten optimizado para panes de estilo francés, basados en harina de arroz, harina de maíz y almidón de patata utilizando hidrocoloides tales como guar (1,9%), HPMC (2,3 %) y xantana (0,6%). Estos autores obtuvieron un aumento en los volúmenes específicos con HPMC y guar. Las características de los panes sin gluten son muy dependientes de las formulaciones, por lo que la diferencia en los resultados puede atribuirse a la utilización de la mezcla de harina de arroz y harina de maíz que poseen características de hidratación y comportamiento de gelatinización muy diverso. En el presente estudio, la goma xantana fue el ingrediente que ayudó en las propiedades del pan dándole una crecida del volumen.

Atendiendo al volumen específico, los resultados confirmaron que la xantana sería el hidrocoloide de elección para panes elaborados con harina de maíz. Al comparar resultados previamente publicados, podemos afirmar la idoneidad de xantana, mientras que en otros casos se recomienda el HPMC para mejorar el volumen específico y la calidad del pan (Hager *et al.*, 2012; Lazaridou *et al.*, 2007; Schober, 2009). Por el contrario, la goma guar no tiene influencia en estos parámetros.

La aplicación de estos hidrocoloides tiene que ser optimizada para cada formulación, puesto que sus efectos dependen en gran medida la elaboración de pan. Asimismo, se debe tener en cuenta que al comparar el volumen específico del pan de maíz con el que pan tradicional elaborado a partir de harina de trigo (5,8 ml/g), dicho parámetro es más bajo debido a que en el pan sin gluten la formación de red es más escasa y por lo tanto el aumento del volumen no es tan notable.



Las letras diferentes dentro de una columna son significativamente ($p < 0,05$) diferente

FIGURA 1. Gráfico de influencia del tipo de hidrocoloide utilizado en el volumen específico.

3.2 Influencia de la incorporación de xantana, HPMC y guar en la textura del pan de maíz al 1%

Otra característica importante de la calidad del pan es la textura. Los consumidores desean migas suaves y flexibles, es decir, bajos valores de dureza. En la Tabla 1 se muestran los datos de dureza, cohesividad, masticabilidad y resistencia. El análisis ANOVA demostró que no hay diferencias significativas entre los diferentes tipos de hidrocoloide ($p > 0,05$) al mismo nivel de concentración al analizar su efecto sobre la dureza, cohesividad y masticabilidad. Los valores de dureza de la miga de pan de maíz se redujeron mediante la adición de xantana, lo que se atribuyó a la capacidad de la xantana para formar gas durante la fermentación y el horneado, lo que origina poros más grandes y pan esponjoso. Se puede observar que HPMC aumentó el parámetro dureza en el pan de maíz. Por el contrario, Hager *et al.*, (2012) y Mezaize *et al.*, (2009) observaron una disminución de la dureza al utilizar este hidrocoloide a menor concentración.

Los hidrocoloides se añaden a productos horneados para aumentar la humedad de las migas y su suavidad, además ayudan a rebajar valores de dureza. Sin embargo, varios autores observaron un aumento de dureza de la miga después de la adición de xantana utilizando otras mezclas, concentraciones y tipos de harinas (Crockett *et al.*, 2011; Lazaridou *et al.*, 2007; Peressini y Sensidoni, 2009; Sabanis y Tzia, 2011a). Los resultados del presente estudio difieren de otros anteriores, aunque no hubo diferencias significativas a un nivel de 95%. La utilización de xantana ocasionó una reducción del valor de dureza de la miga en comparación con los otros hidrocoloides. En cuanto a la cohesividad, las muestras xantana y HPMC destacaron por presentar valores mas bajos que la goma guar. Cabe recordar que la cohesión interna es deseable en el pan, ya que forma un bolo, en lugar de desintegrarse durante la masticación mientras que la baja cohesión indica una mayor susceptibilidad del pan para fracturar o desmoronarse (Onyango *et al.*, 2010). En la masticabilidad (energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que esté listo para ser tragado) no se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) (Chiralt Boix *et al.*, 2007). Esta propiedad está directamente relacionada con la dureza; por lo tanto, panes con mayor volumen tendrán unos valores de dureza y/o de masticabilidad menores. Sin embargo, esto no sucedió en la resiliencia, que es la capacidad de un cuerpo de almacenar energía elásticamente y que mostró diferencias significativas entre los panes con diferentes hidrocoloide y misma concentración ($p > 0,05$).

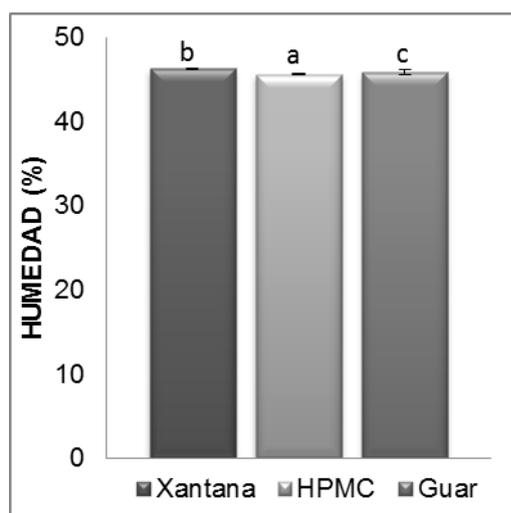
TABLA 1. Propiedades texturales de los panes elaborados con diferentes tipos de hidrocoloides.

Hidrocoloide	Dureza(g)	Cohesividad	Masticabilidad	Resiliencia
Xantana	823±134 ^a	0,61±0,02 ^a	527±129 ^a	0,30±0,02 ^a
HPMC	996±154 ^b	0,62±0,04 ^a	597±127 ^b	0,32±0,03 ^b
Goma Guar	881±145 ^{ab}	0,68±0,03 ^b	586±104 ^b	0,36±0,02 ^c

Las letras diferentes dentro de una columna son significativamente ($p < 0,05$) diferente

3.3 Influencia de la incorporación de xantana, HPMC y guar en humedad de pan de maíz al 1%

La Figura 2 presenta el contenido de humedad en función del tipo de hidrocoloide para todas las formulaciones estudiadas. Todas ellas mostraron valores superiores de contenido de humedad a la recomendada de 45%. La formulación elaborada con HPMC mostró menor humedad que las que contenían xantana o guar. Por el contrario, la formulación realizada con guar mostró la que mayor humedad. Este comportamiento es coherente con la propiedad de unión de agua que tiene la goma guar. La formulación realizada con goma xantana presentó una humedad menor a la goma guar y mayor a HPMC. El estudio ANOVA confirmó las diferencias significativas entre los distintos tipos de hidrocoloide ($p > 0,05$). Los hidrocoloides se utilizan en productos de panadería para controlar la absorción de agua y, en consecuencia, mejorar la reología de la masa y la vida útil (Kohajdová *et al.*, 2009). Por lo tanto, una baja humedad es una característica importante en la obtención y conservación de masas sin gluten con dureza baja, ya que los panes libres de gluten, al comercializarse envasados, necesitan tener una fecha de caducidad más extensa.

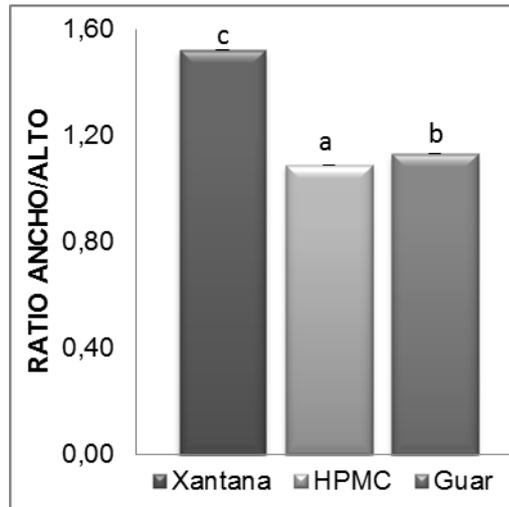


Las letras diferentes dentro de una columna son significativamente ($p < 0,05$) diferente

FIGURA 2. Gráfico de influencia del tipo de hidrocoloide sobre la humedad del pan sin gluten.

3.4 Influencia de la incorporación de xantana, HPMC y guar al 1 % en la relación ancho/alto mediante análisis de imagen

Los resultados del ratio ancho/alto se reflejan en la Figura 3. Se observó que hay diferencias significativas entre los hidrocoloides ($p > 0,05$). En la formulación realizada con xantana se observó menor impulso en altura. HPMC y guar mostraron valores muy parecidos. Con HPMC se obtuvo el mejor resultado al formar un pan más uniforme.



Las letras diferentes dentro de una columna son significativamente ($p < 0,05$) diferente

FIGURA 3. Gráfico de influencia del tipo de hidrocoloide en la relación ancho/alto

En la Figura 4 se presentan, como ejemplo, algunas imágenes de las rebanadas de pan obtenidas con los diferentes hidrocoloides. Se observa que la goma xantana mostró mejor formación de red y estructura de alveolos más grandes, lo que significa que la formación de gas en el interior fue mayor a la de HPMC. A su vez, HPMC presentó mejor aspecto visual con alveolos más pequeños y uniformes. Esto es, posiblemente debido a que se trata de un hidrocoloide con propiedad de gelación térmica reversible, es decir que posee superficies activas en su estructura que le da unas características de hidratación-deshidratación con cambios de temperatura. En cambio, la goma guar no presentó una estructura uniforme, ni compacta, al rebanar el pan da lugar a la rotura de su estructura lo que indicó que no se formó en el proceso de elaboración del pan la red necesaria para ligarlo.

La utilización de análisis de imagen para evaluar la influencia de xantana, HPMC y guar en las características de la miga son escasos, aunque el aspecto visual es un parámetro importante a la hora de escoger un producto u otro.

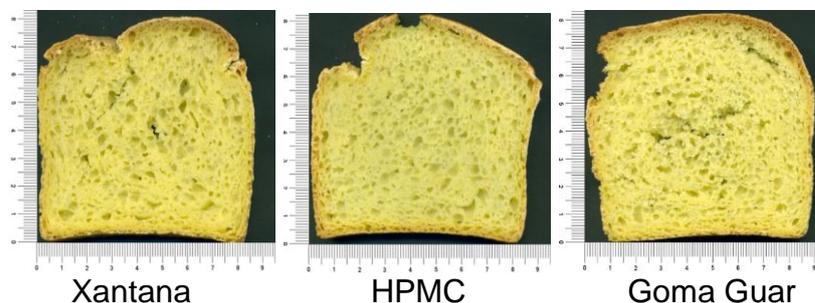


FIGURA 4. Imágenes de panes de maíz en función del tipo de hidrocoloide

3.5 Influencia de la incorporación de xantana, HPMC y guar al 1% en el color de pan de maíz

La Tabla 2 muestra los resultados de color de la miga de los panes obtenidos. En general, todos los panes presentaren unos tonos amarillo-verdosos por la utilización como ingrediente principal de la harina de maíz, cuyo color es amarillo. Como se puede observar el valor L^* , luminosidad, en xantana resultó ser significativamente inferior en comparación con HPMC y guar. La misma tendencia se observó con el valor b^* ; en el caso de xantana se acercó más al color amarillo claro. Por otra parte las muestras HPMC y guar tendieron a tonalidades de amarillo oscuro. También se observó diferencias significativas en a^* ; la intensidad del color verde disminuyó en xantana y guar. Se encontraron diferencias significativas en el tono y croma de la miga.

En general, el impacto de hidrocoloide en el color se puede atribuir a la materia prima principalmente y las reacciones de Maillard y caramelización (Mezaize *et al.*, 2009) que tienen lugar durante el horneado. Sin embargo, la goma xantana tuvo mayor impacto sobre todos los parámetros de color en comparación con las fórmulas que contienen HPMC y guar a la misma concentración.

TABLA 2. Propiedad del color de la miga de los panes dependiendo del tipo de hidrocoloide

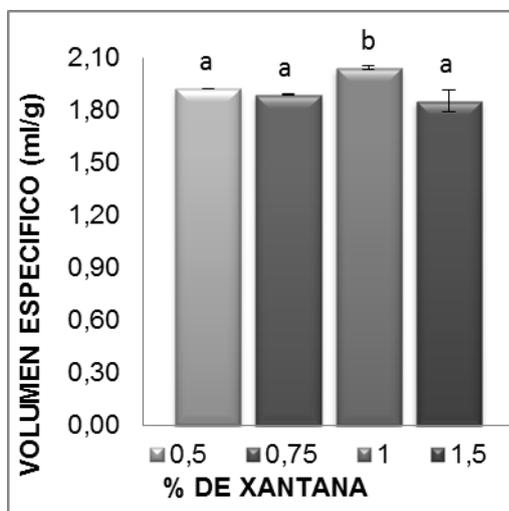
Hidrocoloide	L^*	a^*	b^*	Croma	Tono
Xantana	58,56±1,95 ^a	-4,12±0,08 ^a	20,88±0,90 ^a	21,27±0,89 ^a	78,81±0,48 ^a
HPMC	66,68±0,94 ^b	-4,66±0,21 ^c	33,03±1,05 ^b	33,35±1,06 ^b	81,96±0,29 ^b
Goma Guar	67,52±1,23 ^b	-4,40±0,55 ^b	32,35±1,48 ^b	32,65±1,56 ^b	82,24±1,07 ^b

Las letras diferentes dentro de una columna son significativamente ($p < 0,05$) diferente

3.6 Influencia de la incorporación de diferentes concentraciones de xantana en volumen específico de pan de maíz

En la Figura 5 se presentan los resultados de volumen específico de los panes adicionando xantana a diferentes concentraciones. Se observó que el volumen específico de xantana al 1% aumentó frente a las demás concentraciones. Estudios previos mostraron que la goma xantana aumentó el volumen sólo a niveles bajos (0,5%) (Peressini y Sensidoni, 2009; Sciarini, Ribotta, León, y Pérez, 2010). Por el contrario, niveles de adición más altos de xantana no afectaron significativamente a este parámetro o incluso ocasionaron volúmenes más bajos (Crockett y Vodovotz, 2011; Lazaridou, Duta, Papageorgiou, Belc, y Biliaderis, 2007; Sabanis y Tzia, 2011a). En el presente estudio fue necesario concentraciones 1% para conseguir una adecuada retención de gas y un volumen mayor de pan. Posiblemente la formulación con harina de maíz requiere de mayor cantidad de hidrocoloide para conseguir crear una estructura reticular que retenga el gas. Estos resultados dispares, podrían explicarse por la diferencia en formulación, ingredientes y elaboración del pan. El análisis ANOVA demostró diferencias significativas de volumen a diferentes concentraciones de xantana. La adición

de xantana al 1% ocasionó un aumento significativo del volumen. En general, la goma de xantana mejora las masas al formar una especie de red semejante a la estructura del gluten consiguiendo de esta forma la encapsulación de gas durante el proceso de fermentación y horneado (Rosell *et al.*, 2001).



Las letras diferentes dentro de una columna son significativamente ($p < 0,05$) diferente

FIGURA 5. Gráfico de influencia de la concentración de xantana en volumen específico

3.7 Influencia de la incorporación de diferentes concentraciones de xantana en la textura del pan de maíz

En la Tabla 3, se presentan los resultados de la dureza, cohesividad, masticabilidad y resistencia de los panes elaborados a diferentes concentraciones de xantana. Como anteriormente se ha comentado la goma de xantana forma una red semejante al gluten que favoreció el parámetro dureza aunque no se observaron diferencias significativas entre los valores de concentración ($p < 0,05$). Se observó una tendencia a aumentar la dureza cuanto menor fue el tamaño del poro. Por otra parte, los parámetros cohesividad y resiliencia si mostraron diferencias significativas, lo que no ocurrió en la masticabilidad. Por tanto, la textura de los panes elaborados a una concentración de 1% fue la más adecuada.

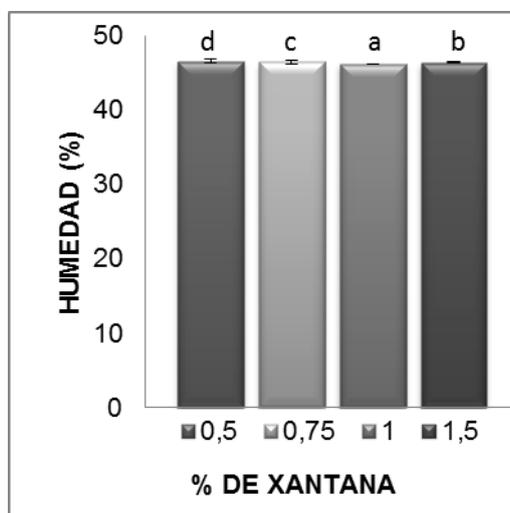
TABLA 3. Propiedades texturales de los panes elaborados con xantana a diferentes concentraciones

Hidrocoloide	Dureza(g)	Cohesividad	Masticabilidad	Resiliencia
Xantana 0,5	880±212 ^{ab}	0,67±0,03 ^c	561±149 ^a	0,33±0,02 ^c
Xantana 0,75	970±121 ^{ab}	0,64±0,02 ^b	586±790 ^a	0,32±0,01 ^{bc}
Xantana 1	823±134 ^a	0,60±0,03 ^a	526±129 ^a	0,30±0,02 ^a
Xantana 1,5	1039±231 ^b	0,63±0,01 ^b	615±157 ^a	0,31±0,01 ^{ab}

Las letras diferentes dentro de una columna son significativamente ($p < 0,05$) diferente

3.8 Influencia de la incorporación de diferentes concentraciones de xantana en humedad de pan de maíz

Los resultados de la humedad a diferentes concentraciones de xantana se presentan en la Figura 6. La humedad disminuyó cuando el porcentaje de hidrocoloide adicionado fue del 1%. A su vez la humedad mejoró la relación volumen específico y dureza de los panes de maíz con la adición de diferentes concentraciones de xantana, ayudando a proporcionar una estructura y miga más uniforme. Cabe destacar que el contenido en humedad de un pan se relaciona con su frescura, la cual está directamente vinculada con la retrogradación del almidón y la migración del agua en el tiempo. Por lo tanto, el aumento en el contenido de humedad de la miga se consideró que era debido a la consistencia de la masa y la capacidad de unión de agua del hidrocoloide (Guarda *et al.*, 2004).

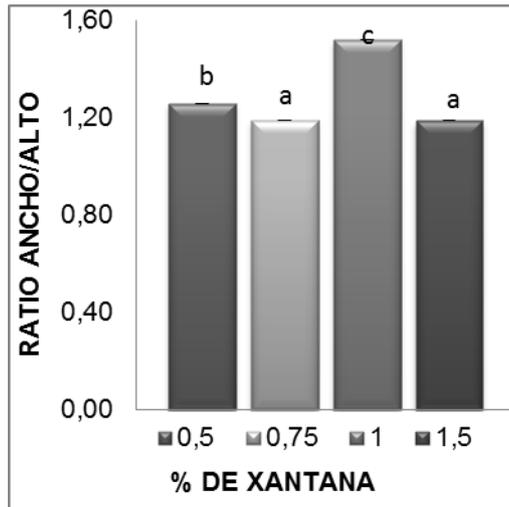


Las letras diferentes dentro de una columna son significativamente ($p < 0,05$) diferente

FIGURA 6. Gráfico de influencia de la concentración de xantana en humedad

3.9 Influencia de la incorporación de diferentes concentraciones de xantana en la relación ancho/alto mediante análisis de imagen

En la Figura 7 se representa el ratio ancho/alto. Se observaron diferencias significativas entre las concentraciones de 0,5% y 1,5%. Las formulaciones realizadas a concentraciones 0,75 y 1,5 mostraron los mejores valores respecto a la relación ancho/alto, al tener una estructura más uniforme y compacta, sin embargo esto no se puede directamente relacionar con una mayor aceptabilidad desde el punto de vista textural y organoléptico.



Las letras diferentes dentro de una columna son significativamente ($p < 0,05$) diferente

FIGURA 7. Gráfico de influencia de la concentración de xantana en la relación ancho/alto

En la Figura 8 se muestran imágenes de la sección transversal de las rebanadas de panes obtenidos con diferentes concentraciones de xantana. Las características de la miga se vieron modificadas por la presencia de xantana, concretamente, se obtuvo mayor porosidad en presencia de 1% xantana. También los panes elaborados a esta concentración tuvieron el área de poro mucho mayor, dando un aspecto más esponjoso y agradable de la miga del pan que los demás panes producidos con otras concentraciones. En cambio, cuando el área del poro fue menor, el aspecto del pan fue más compacto, hecho da lugar a una calidad visual peor de los panes.

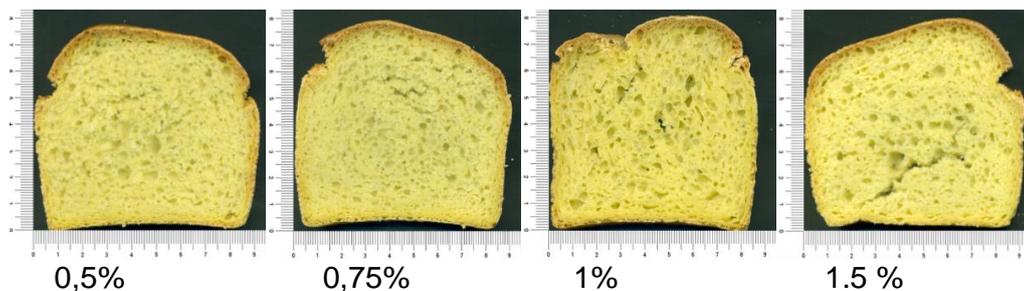


FIGURA 8. Imágenes de las rebanadas de los panes elaborados a diferentes concentraciones

3.10 Influencia de la incorporación de diferentes concentraciones de xantana en el color de pan de maíz

En la Tabla 4 se presentan los resultados del color de la miga de pan. En el estudio del color de la miga la luminosidad de xantana al 1% mostró los valores más bajos, dando una percepción más oscura de las migas. También se observaron diferencias significativas con el resto de los parámetros de color. El color de la miga de pan conteniendo xantana varió de un amarillo-

verdoso claro a tonos más claros de amarillo, dependiendo de la incorporación de diferentes concentraciones de xantana. En esta tonalidad también influyó la oxidación de los pigmentos carotenoides durante el amasado.

TABLA 4. Propiedad del color de la miga de los panes a diferentes concentraciones de xantana.

Hidrocoloide	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	Croma	Tono
Xantana 0,5	70,03±1,99 ^b	-4,55±0,19 ^a	31,29±1,38 ^b	32,30±0,38 ^{bc}	81,24±1,67 ^b
Xantana 0,75	68,48±1,02 ^b	-4,70±0,12 ^a	31,27±1,38 ^b	31,39±0,92 ^b	81,37±0,34 ^b
Xantana 1,0	58,29±1,95 ^a	-4,95±0,09 ^b	28,86±0,91 ^a	21,27±0,88 ^a	78,82±0,47 ^a
Xantana 1,5	68,62±3,06 ^b	-4,47±0,43 ^a	32,76±0,91 ^b	32,80±1,45 ^c	82,17±0,56 ^b

Las letras diferentes dentro de una columna son significativamente ($p < 0,05$) diferente

4. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos, al caracterizar los panes de maíz sin gluten desde el punto de vista de sus características físicas instrumentales (volumen y textura), la goma xantana parece ser mejor hidrocoloide que HPMC y guar.

La adición de xantana a una concentración del 1% fue la mejor opción para la elaboración del pan de maíz, al mostrar un incremento en el volumen y una textura más suave en comparación a la incorporación de otras concentraciones. Esto es debido probablemente a la formación de una estructura reticular suficientemente fuerte como para retener el gas durante la fermentación y el horneado. Sin embargo, será necesario realizar una evaluación sensorial de los panes para confirmar los resultados de calidad instrumental. En estudios futuros sería de especial interés abordar la mezcla de distintos tipos de hidrocoloide con otros componentes para mejorar la calidad de los panes elaborados con harina de maíz.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IATA-CSIC) Valencia. C. A. But agradece al Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IIAD) Universidad Politécnica de Valencia.

6. REFERENCIAS

- AACC, 1995. American Association of Cereal Chemist, métodos aprobados de la AACC (9ª ed.). St. Paul, MN: The Association.
- AACC, 1999. Métodos 56-30. Métodos Aprobados de la American Association of Cereal Chemist. The Association, St. Paul, MN.
- Abdel-Aal, E.M. 2009. Functionality of starches and hydrocolloids in gluten-free foods E. Gallagher (Ed.), *Gluten-free food science and technology*, Blackwell publishing Ltd, Oxford.
- Almeida, E.L.; Chang, Y.K.; Steel, C.J. 2013. Dietary fibre sources in frozen part-baked bread: Influence on technological quality. *Lwt-Food Science and Technology*, 53(1), pp. 262-270.
- Arendt, E.K.; O'Brien, C.M.; Schober, T.J.; Gallagher, E.; Gormley, T.R. 2002. Development of gluten-free cereal products. *Farm and Food*, 12: 21–27.
- Bárceñas, M.E.; Benedito, C.; Rosell, C.M. 2004. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. *Food Hydrocolloids* 18, pp. 769-774.
- Bárceñas, M.E.; De la O-Keller, J.; Rosell, C.M. 2009. Influence of different hydrocolloids on major wheat dough components (gluten and Starch). *Journal of Food Engineering* 94, pp. 241- 247.
- Bárceñas, M.E.; Rosell, C.M. 2006. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. *Journal of Food Engineering* 72, pp. 92-99.
- Bell, D.A. 1990. Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking *Cereal Foods World*, 35 (10), pp. 1001–1006.
- Bermiller, J.N. 2008. Hydrocolloids. In E.K. Arendt & Fabio (Eds.). *Gluten-free cereal products and beverages 2ª ed.*, pp. 203-214.
- Callejo, M. Principales atributos sensoriales del pan. La importancia de la cata. [tesis doctoral]. España. Universidad Politécnica de Madrid.
- Chiralt Boix, A.; Martínez Benavente, N.; González Martínez, C.; Talens Oliag, P.; & Moraga Ballesteros, G. 2007. *Propiedades físicas de los alimentos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Chirido, F.G.; Zwirner, N.W.; Rumbo, M.; Fossati, C.A. 2002. In vitro presentation of gliadin-derived peptides by different cell lines. *Clinica Chimica Acta*, 317: 151–158.
- Crockett, R.P.; Vodovotz, Y. 2011. How do xanthan and hydroxypropyl methylcellulose individually affect the physicochemical properties in a model gluten-free dough. *Journal of Food Science*, 76 (3), pp. E274–E282.
- Czuchajowska, Z.; & Pomeranz, Y. 1993. Gas-formation and gas retention. The system and methodology. *Cereal Foods World*, 38(7), pp. 499-503.
- De la Hera, E.; Talegon, M.; Caballero, P.; Gomez, M. 2013. Influence of maize flour particle size on gluten-free breadmaking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(4), pp. 924-932.
- Dziezak, J.D. 1991. A focus on gums. *Food Technology*, v.45, nº3, p.115.
- Gomez, M.; Ronda, F.; Caballero, P.A.; Blanco, C.A.; Rosell, C.M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, 21(2), pp. 167-173.
- Gray, J.; Bermiller, J.N.; 2003. Bread staling: Molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, pp. 1-21.
- Guarda, A.; Rosell, C.M.; Benedito, C.; Galotto, M.J. 2004. Los diferentes hidrocoloides como mejoradores de pan y agentes antienviejamiento *Food Hydrocolloids*, 18, pp. 241-247.
- Gujral, H.S.; Guardiola, I.; Carbonell, J.V.; Rosell, C.M. 2003. Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51: 3814–3818.
- Hager, A.S.; Arendt, E.K. 2013. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*, pp. 195-203.
- Hager, A.S.; Wolter, A.; Czerny, M.; Bez, J.; Zannini, E.; Arendt, E.K. 2012. Investigation of product quality, sensory profile and ultra-structure of breads made from a range of commercial gluten free flours compared to their wheat counterparts. *European Food Research and Technology*, 235 (2), pp. 333–344.

- Heflich, L.; Hebeda, R.; Zobel, H. 1996. Baked goods freshness: Technology, evaluation and inhibition of staling, Marcel Dekker, New York, pp. 239–256.
- International AACC 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed. Methods 44–15A and 46–30. The Association: St. Pauli, MN.
- Kohajdová, Z.; Karovičová, J. 2009. Chem. Pap., 63, p. 26.
- Lazaridou, A.; Duta, D.; Papageorgiou, M.; Belc, N.; Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering* 79, pp. 1033-1047.
- Mandala, I.G. 2005. Physical properties of fresh and frozen stored, microwave reheated breads, containing hydrocolloids. *Journal of Food Engineering*, 66, pp. 291–300.
- Marco, C.; Rosell, C.M. 2008. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *European Food Research Technology* 227, pp. 1205-1213.
- Mariotti, M.; Pagani, M.A.; Lucisano, M. 2013. The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some comercial gluten-free bread mixtures. *Food Hydrocolloids* 30, pp. 393-400.
- Matos Segura, M.E.; Rosell, C.M. 2011. Chemical Composition and Starch Digestibility of Different Gluten-free Breads. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(3), pp. 224-230.
- Mezaize, S.; Chevallier, S.; Le Bail, A.; de Lamballerie, M. 2009. Optimization of gluten-free formulations for French-style breads. *Journal of Food Science*, 74 (3), pp. E140–E146.
- Mohammadi, M.; Sadeghnia, N.; Azizi, M.H.; Neyestani, T.R.; Mortazavian, A.M. 2014. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, Volume 20, pp. 1812-1818.
- Onyango, C.; Mutungi, C.; Unbehend, G.; Lindhauer, M.G. 2010. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch LWT-Food Science and Technology, pp. 1–6.
- Peressini, D.; Sensidoni, A. 2009. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. *Journal of Cereal Science*, 49, pp. 190–201. *International Journal of Food Science and Technology*, 46 (12), pp. 2591–2597.
- Porpora, M.G.; Picarelli, A.; Porta, R.P.; di Tola, M.; D'Elia, C.; Cosmi, E.V. 2002. Celiac disease as a cause of chronic pelvic pain, dysmenorrhea and deep dyspareunia. *Obstetrics & Gynecology*, 99: 937–939.
- Renzetti, S.; Arendt, E.K. 2009. Effect of protease treatment on the baking quality of brown rice bread: from textural and rheological properties to biochemistry and microstructure. *J Cereal.*
- Rosell, C.M.; Rojas, J.A.; Benedito de Barber, C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15, pp. 75–81.
- Rupérez, P.; Bravo, L. 2001. Oligofructanos y Gomas. En: *Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, Caracterización, Efecto Fisiológico y Aplicación en Alimentos.* Lajolo F., Saura-Calixto F., Wittig de Penna E. y Meneses E. (Ed.), pp. 61-76.
- Sabanis, D.; Zia, C. 2011a. Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. *Food Science and Technology International*, 17 (4), pp. 279–291.
- Sahraian, B.; Naghipour, F.; Karimi, M.; Davoodi, M.G. 2013. Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice–wheat bread. *Food Hydrocolloids*, pp. 698-703.
- Schober, T.J. 2009. Manufacture of gluten-free speciality breads and confectionary products. E. Gallagher (Ed.), *Gluten-free food science and technology*, Blackwell publishing Ltd, Oxford.
- Sciarini, L.S.; Ribotta, P.D.; Leon, A.E.; Perez, G.T. 2010. Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 45 (11), pp. 2306–2313.
- Seraphin, P.; Mobarhan, S. 2002. Mortality in patients with celiac disease. *Nutrition Review*, 60: 116–118.
- Sarkar, N.; Walker, L.C. 1995. Propiedades de hidratación-deshidratación de metilcelulosa e hidroxipropilmetilcelulosa. *Polímeros de carbohidratos*, pp. 177-185.
- Sharadanant, R.; Khan, K. 2003. Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: II. Bread characteristics *Cereal Chemistry*, 80 (6), pp. 773-780.
- Stampfli, L.; Nernsten, B. 1995. Emulsifiers in bread making. *Food chemistry*, 52, pp. 353-360.
- Taylor, J.R.N.; Schoeber, T.J.; Bean, S.R. 2006. Novel food and non-food uses for sorghum and millet. *Journal of Cereal Science*, 44, pp. 252-271.

Thompson, T. 2001. Wheat starch, gliadin and the gluten free diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 101:1456–1459.

Thompson, T.; Dennis, M.; Higgins, L.A.; Lee, A.R.; Sharrett, M. K. 2005. Gluten-free diet survey: are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 18(3), pp. 163-169.
http://www.cerpta.com/premsa/revistes_2009/3.pdf [Consulta: 12 de Mar. 2015]