

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



FORMULACIÓN/DISEÑO DE NUEVAS SALSAS FUNCIONALES LIBRES DE GLUTEN: ESTUDIO DE SUS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, MICROESTRUCTURALES Y SENSORIALES.

Autora: **ÁNGELA GÓMEZ GÓMEZ**

Tutora: **AMPARO QUILES CHULIÁ**

Curso Académico 2013-2014

VALENCIA, JUNIO 2014



FORMULACIÓN/DISEÑO DE NUEVAS SALSAS FUNCIONALES LIBRES DE GLUTEN: ESTUDIO DE SUS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, MICROESTRUCTURALES Y SENSORIALES.

RESUMEN

El consumidor valora de forma muy positiva aquellos alimentos que, además de ser de conveniencia, poseen sustancias con posibles efectos saludables a largo plazo, como los compuestos bioactivos. En los últimos años, el pimiento está siendo objeto de estudio por su elevado contenido en algunos compuestos bioactivos que presentan actividad antioxidante y antiinflamatoria. Las salsas son una parte importante de la dieta humana y representan productos con un alto valor añadido. Debido a la estrecha relación que existe entre la alimentación y la salud, es de gran interés diseñar nuevos productos funcionales y de conveniencia. El objetivo de este trabajo es diseñar/formular nuevas salsas libres de gluten, convenientes y ricas en compuestos bioactivos (carotenoides, fibra, compuestos fenólicos,...). Para ello se ha estudiado la microestructura (CLSM y LM), algunas características fisicoquímicas (SST, pH, color, μ_{app} , sinéresis) y sensoriales de salsas formuladas con tejido de pimiento y dos tipos de almidón de maíz, nativo y modificado a diferentes concentraciones (4 y 6%). Los resultados muestran que las salsas elaboradas con almidón nativo y con almidón modificado presentan una microestructura totalmente diferente. El tejido de pimiento resiste el procesado de la salsa, los carotenoides se observan íntegros. La incorporación de pimiento en la formulación de salsas libres de gluten, convenientes y funcionales, tiene una buena aceptación por parte de los consumidores y las mejor evaluadas son las elaboradas con almidón modificado. Las salsas elaboradas con almidón modificado son más viscosas y presentan una mayor estabilidad al almacenamiento.

Palabras clave: salsas, pimiento, almidón, libre de gluten, alimentos convenientes, alimentos funcionales, compuestos bioactivos, microestructura, viscosidad, sensorial, propiedades fisicoquímicas.

Autora: Ángela Gómez Gómez

Tutora: Amparo Quiles Chuliá

Valencia, junio de 2014

FORMULATION / DESIGN OF NEW GLUTEN-FREE FUNCTIONAL SAUCES: STUDY OF THEIR PHYSICOCHEMICAL, MICROSTRUCTURAL AND SENSORY PROPERTIES

ABSTRACT

The consumer values very positively food that, in addition to being convenience food, they have substances with possible long-term healthy effects, such as bioactive compounds. In recent years, pepper is being subject of study for its high content of some bioactive compounds with antioxidant and anti-inflammatory activity. Sauces are an important part of the human diet and they represent products with high added value. Because of the close relation between food and health, it is interesting to design new functional and convenience products. The aim of this paper is to design / formulate new gluten-free, convenient and rich in bioactive compounds (carotenoids, fiber, phenolic compounds, ...) sauces. To achieve this, the microstructure (CLSM and LM), some physicochemical (TSS, pH, color, μ app, syneresis) and sensory properties of sauces made with pepper and two kinds of corn starch, native and modified in different concentrations (4 to 6%) have been studied. The results show that the sauces made with native starch and modified starch show a totally different microstructure. Pepper tissue resists the production process of the sauces, carotenoids are observed intact. The incorporation of pepper in the formulation of gluten-free convenient and functional sauces, has a good acceptance by consumers and the best evaluated sauces are the produced with modified starch. The sauces prepared with modified starch are more viscous and have a higher storage stability.

Keywords: sauces, pepper, starch, gluten-free, convenient food, functional food, bioactive compounds, microstructure, viscosity, sensory, physicochemical properties.

ÍNDICE

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN	1
2.OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	4
2.1. OBJETIVOS	4
2.2. PLAN DE TRABAJO	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS	6
3.1. ALMIDONES.....	6
3.2 MATERIAL VEGETAL	6
3.3 PREPARACIÓN DE LA SALSA	6
3.4. TÉCNICAS MICROSCÓPICAS	7
3.4.1. Microscopía Óptica (LM)	7
3.4.1.1. Equipamiento y agentes de tinción	7
3.4.1.2. Observación de las muestras.....	8
3.4.2. Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM)	8
3.4.2.1. Equipamiento y agentes de tinción	8
3.4.2.2. Observación de las muestras.....	8
3.5. ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS	9
3.5.1. Viscosidad aparente	9
3.5.2. Pérdida de estabilidad (sinéresis)	9
3.5.3. Medidas de color	9
3.5.4. Contenido en sólidos solubles (SST) y pH	10
3.6. ANÁLISIS SENSORIAL	10
3.6.1. Consumidores	10
3.6.2. Muestras	10
3.6.3. Test de aceptabilidad	11

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1. MICROESTRUCTURA DE LAS SALSAS	12
4.2. VISCOSIDAD APARENTE	15
4.3. PERDIDA DE ESTABILIDAD (SINÉRESIS).....	16
4.4. MEDIDAS DE COLOR	17
4.5. CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES (SST) Y PH.....	18
4.6. ANÁLISIS SENSORIAL	19
5. CONCLUSIONES.....	21
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 -Nomenclatura de las diferentes salsas blancas.	7
Tabla 2 -Efecto del tipo de almidón, concentración de almidón, concentración de pimienta y de la interacción de éstos en las propiedades físicas de las salsas.....	19
Tabla 3 - Resultados del test de aceptabilidad de consumidores.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 -Imágenes de Microscopía Óptica (LM) de las diferentes salsas teñidas con azul de toluidina y lugol	14
Figura 2 -Imágenes de Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM) de las diferentes salsas (A, B, C, D, E, F, G, H). Imágenes obtenidas por fluorescencia (LM) de las salsas con pimienta (I,J,K,L).	15
Figura 3 -Diferencias de color de las salsas.....	18

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumidor valora de forma positiva aquellos alimentos que, además de proporcionar nutrientes esenciales para el normal desarrollo y funcionamiento del organismo (vitaminas, hidratos de carbono, lípidos, proteínas...) poseen sustancias con posibles efectos saludables a largo plazo, como los compuestos bioactivos, en concreto los fotoquímicos o fitonutrientes (carotenoides, clorofilas, fibra y flavonoides, entre otros) (Tomás-Barberán, 2003; Drago et al., 2006). Estas sustancias biológicamente activas confieren al alimento color, aroma, sabor, y proporcionan significantes efectos beneficiosos; por ejemplo los compuestos con actividad antioxidante protegen al organismo frente a los radicales libres (García-Alonso et al., 2004; Araya et al., 2006; Kim et al., 2014). Numerosas publicaciones (Liu, 2004; Serrano et al., 2006; Lutz, 2009) demuestran que el consumo de alimentos ricos en compuestos bioactivos, o alimentos funcionales, disminuye el riesgo de padecer obesidad, degeneración macular, cáncer de colon y recto y enfermedades cardiovasculares y renales entre otras. El consumo de estos fotoquímicos, además parece atenuar los efectos de la diabetes, reducir el nivel de colesterol sérico y favorecer la evacuación intestinal.

Alimentos tradicionales como algunas frutas y verduras han pasado a considerarse alimentos con efectos beneficiosos para la salud por contener componentes bioactivos (Santiago-Silva et al., 2011; Zapata et al., 2013). Uno de estos alimentos es el pimiento, que pertenece a la especie *Capsicum annuum* y se incluye dentro de la familia botánica de las solanáceas. El pimiento es una excelente fuente de nutrientes esenciales para el ser humano, por su contenido en hidratos de carbono, vitaminas y minerales (Nuez et al., 1996; Faustino et al., 2007; Kim et al., 2014), y se le atribuyen numerosas propiedades beneficiosas para la salud debido a su elevado contenido en algunos compuestos bioactivos (fibra, fenoles, flavonoides y carotenoides) con actividad antioxidante y antiinflamatoria (Duma & Alsina, 2012; Kim et al., 2014). Su consumo parece mejorar los procesos de cicatrización, evitar hemorragias, prevenir la aterosclerosis y otras enfermedades cardiovasculares, disminuir el riesgo de padecer diabetes y cáncer, evitar el aumento de los niveles de colesterol en sangre, y mejorar la resistencia física (Faustino et al., 2007; Abdel-Aal et al., 2013; Jomova & Valko, 2013). Por sus propiedades nutritivas, el pimiento constituye una parte importante de la dieta del ser humano debido a la gran versatilidad que presenta en cuanto a su uso. Los pimientos tipo Lamuyo, se caracterizan por ser frutos dulces, largos y cuadrados, con carne gruesa. Además, presentan la ventaja de

ser menos sensibles al frío que otras variedades de pimiento, como los tipo California (Gázquez, 2007).

La situación económica, social y cultural actual fomenta que cada vez haya menos tiempo para cocinar, y que los platos preparados o precocinados tengan una mayor presencia en el mercado. Se denomina alimentos de conveniencia a cualquier plato total o parcialmente preparado, en el que una parte significativa del tiempo, la energía o la habilidad culinaria se asume por el fabricante, el procesador o el distribuidor de estos alimentos, liberando de esta tarea al consumidor. Son alimentos de conveniencia los platos preparados, los alimentos precocinados y toda una nueva gama de productos procesados que solo requieren, si es necesario, ser calentados para su consumo (Feliciano, 2005). Entre los alimentos de conveniencia se incluyen las salsas.

Debido a la estrecha relación que existe entre la alimentación y la salud, es de gran interés dirigir futuras investigaciones hacia el estudio, aprovechamiento y diseño de nuevos alimentos de conveniencia y a la vez ricos en componentes bioactivos (alimentos funcionales). Durante los últimos años, el consumo de salsas ha aumentado considerablemente debido a los nuevos hábitos alimentarios de los consumidores. Las salsas son una parte importante de la dieta humana y representan productos con un alto valor añadido. Los ingredientes típicos de la salsa blanca (bechamel) son la leche, el aceite, la harina o almidón y la sal. Entre estos diferentes ingredientes, el almidón influye de forma decisiva en las propiedades texturales de la salsa (Arocas et al., 2009), pero ésta podría no ser apta para enfermos de celiaquía si el almidón utilizado contiene gluten.

La celiaquía es una enfermedad provocada por el gluten y prolaminas relacionadas, en individuos que son genéticamente susceptibles. Se caracteriza por la presencia de una combinación variable de manifestaciones clínicas (Catassi & Fasano, 2008; ESPGHAN, 2012; Vitoria, 2013; Namatovu, 2014). Los síntomas clásicos derivados de la enfermedad celíaca incluyen esteatorrea (diarrea debido a la mala absorción de grasa), pérdida de peso, debilidad y anemia (Heap & Van Heel, 2009), debido a la disminución en la absorción de varios nutrientes importantes, como hierro, zinc, magnesio, fibra, ácido fólico, calcio y vitaminas liposolubles (Catassi & Fasano, 2008; Thompson et al. 2005). Se estima que padecen enfermedad celíaca en torno al 1-3% de la población (McGough & Cummings, 2005; Catassi & Fasano, 2008; Rodrigo, 2006; Namatovu, 2014).

El gluten se encuentra en el endospermo de cereales como el trigo, la cebada y el centeno. Además de en productos horneados y de pastelería, el gluten está presente en muchos otros alimentos, por ejemplo en salsas tipo bechamel (Okazaki et al., 2001; Nishimura et al., 2001) y en pastas (Huang et al., 2001). Se consideran alimentos libres de gluten aquellos elaborados o

bien con ingredientes que no contienen ninguna prolamina de trigo, triticale, espelta, kamet, avena, cebada, centeno, ni de variedades cruzadas, con un nivel de gluten que no exceda los 20 mg/kg, y los elaborados con ingredientes de trigo, triticale, espelta, kamet, avena, cebada, centeno o con sus variedades cruzadas, a los cuales se les ha eliminado el gluten, con un nivel de gluten que no exceda los 200 mg/kg (Catassi & Fasano, 2008). El único tratamiento efectivo para la enfermedad celíaca es seguir una estricta dieta libre de gluten durante toda la vida del paciente (Gallagher et al., 2004; Chand & Mihos, 2006; Rodrigo, 2006; Catassi & Fasano, 2008; Roma et al, 2010 ; Koning et al 2013) lo que muchas veces resulta difícil. En la actualidad muchos de los alimentos sin gluten que se encuentran disponibles en el mercado son de baja calidad y presentan pobre sabor y sensación bucal (Gallagher et al. 2004).

Siguiendo las tendencias de los consumidores y de los mercados sería interesante la formulación de salsas libres de gluten, convenientes y funcionales mediante la incorporación de ingredientes que aumenten su valor nutricional y que mejoren su textura, sensación bucal y aceptabilidad. En este trabajo se estudia el uso como ingrediente de dos tipos diferentes de almidones de maíz (modificado y nativo) para conseguir una mayor estabilidad de las salsas y textura adecuada. El almidón de maíz no contiene gluten por lo que puede ser consumido por personas con enfermedad celíaca. Además de por celíacos, también puede ser consumido por fenilcetonúricos, por su bajo contenido en fenilalanina, y por enfermos renales, por su bajo contenido en sodio. Para obtener salsas funcionales podría incorporarse como ingrediente tejido de pimiento rojo con alto contenido en carotenoides y en otros compuestos bioactivos. El objetivo de este trabajo es diseñar/formular nuevas salsas libres de gluten, convenientes y ricas en compuestos bioactivos (carotenoides, fibra, compuestos fenólicos,...). Para ello se ha estudiado la microestructura (CLSM y LM), algunas características fisicoquímicas (SST, pH, color, μ_{app} , sinéresis), y sensoriales de salsas formuladas con tejido de pimiento y dos tipos de almidón de maíz, nativo y modificado, a diferentes concentraciones (4 y 6%).

OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

2.1. OBJETIVOS

El presente Trabajo Final de Grado tiene como objetivo general “diseñar/formular nuevas salsas libres de gluten, convenientes y funcionales. Para ello se ha estudiado la microestructura (CLSM y LM), algunas características fisicoquímicas (SST, pH, color, μ_{app} , sinéresis), y sensoriales de nuevas salsas formuladas con tejido de pimiento rico en compuestos bioactivos (carotenoides, fibra, compuestos fenólicos,...) y dos tipos de almidón de maíz, nativo y modificado, a diferentes concentraciones (4 y 6%).

Para alcanzar dicho objetivo general, se proponen los siguientes objetivos parciales:

- Estudiar el efecto del tipo de almidón de maíz y de su concentración sobre la microestructura, algunas propiedades fisicoquímicas y sensoriales de las salsas.
- Estudiar el efecto del uso como ingrediente de tejido de pimiento rico en compuestos bioactivos sobre la microestructura, algunas propiedades fisicoquímicas y sensoriales de las salsas.
- Estudiar las interacciones entre los diferentes componentes de la salsa y relacionarlas con sus propiedades fisicoquímicas.
- Analizar las características sensoriales de las nuevas salsas, para evaluar su aceptación por parte de los consumidores.

2.2. PLAN DE TRABAJO

Para alcanzar los objetivos expuestos en el apartado anterior, se programa el siguiente plan de trabajo:

- Búsqueda y estudio bibliográfico, de manera sistemática, durante la realización del Trabajo Final de Grado. Estudio de la normativa y protocolos a seguir en la parte experimental.

- Diseño de experimentos.
- Obtención y selección de diferentes salsas libres de gluten, convenientes y funcionales.
- Elaboración de las salsas libres de gluten, convenientes y funcionales a partir de dos tipos diferentes de almidón de maíz (nativo y modificado) a diferentes concentraciones y de tejido de pimiento.
- Determinación de la microestructura de las nuevas salsas mediante microscopía láser confocal de barrido (CLSM) y microscopía óptica (LM).
- Determinación de algunas propiedades fisicoquímicas de las nuevas salsas. Para la determinación de los sólidos solubles totales (SST) se utilizó un refractómetro Atago ATC-1E, (Japón). El pH se midió mediante un pH-metro Basic 20+ de Crison (Barcelona, España). El color se determinó mediante un colorímetro Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japón) y la viscosidad aparente mediante un reómetro Brookfield digital viscotester Haake 6 R Plus de Thermo Scientific (Waltham, USA). La sinéresis mediante almacenamiento de la muestra durante 15 días a 4°C.
- Estudio de la aceptación sensorial de las salsas libres de gluten, convenientes y funcionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ALMIDONES

Para la elaboración de las salsas blancas con o sin pimiento, se emplearon dos tipos diferentes de almidón de maíz: almidón nativo, N (C Gel 03401) y almidón waxy modificado, M (almidón waxy adipato acetilado entrecruzado de grado medio, C Tex 06214). Los almidones fueron proporcionados por Cargill Inc. (Minneapolis, Minn., USA).

3.2 MATERIAL VEGETAL

El material vegetal utilizado para formular las salsas blancas fue pimiento rojo tipo Lamuyo, en estado de maduración comercial. Los pimientos, que se adquirieron en un mercado local en enero de 2014, fueron lavados, cortados en trozos de aproximadamente 15 mm de lado y se envasaron a vacío en bolsas flexibles de plástico tipo Doypack de 200x200 mm (Doypack type, Amcor, Spain). Las bolsas, que contenían aproximadamente 100 g de pimiento, se termosellaron y ultracongelaron a -80°C hasta su uso para la preparación de la salsa blanca.

Para formular las salsas blancas con pimiento rojo, los trozos de pimiento se homogeneizaron en un robot de cocina (Thermomix TM 31, Wuppertal, Alemania) usando dos velocidades de agitación diferentes: 7600 rpm durante 1 min seguidos de 10200 rpm durante 30 s. El puré de pimiento rojo fue descongelado a temperatura ambiente y posteriormente, para igualar el tamaño de partícula, se pasó por un tamiz de metal de 3 mm de luz de malla.

3.3 PREPARACIÓN DE LA SALSA

Se prepararon ocho salsas diferentes (Tabla 1) utilizando dos tipos diferentes de almidón de maíz (nativo, N, y modificado, M) a dos concentraciones diferentes (4 g/100g y 6 g/100g p/p), y con una cantidad de pimiento rojo de 15g/100g p/p. Las salsas estaban constituidas por los siguientes ingredientes: almidón (4 o 6 g/100 g), aceite de girasol (2,5 g/100g p/p) (Coosol, Vilches, Jaen, Spain), leche desnatada en polvo (3,2 g/100g p/p) (Central Lechera Asturiana, Asturias, España), sal (0,8 g/100g p/p), pimienta (0,03 g/100g p/p), nuez moscada (0,03 g/100g p/p), pimiento rojo (0 o 15 g/100g) y agua mineral hasta 100 g/100g p/p (Font Vella, Sant Hilari Sacalm, Girona, Spain). Para la preparación de las salsas, todos los ingredientes se introdujeron

en un robot de cocina (Thermomix TM 31, Wuppertal, Alemania) y se calentaron hasta 90°C (17°C/min) a 1100 rpm y se mantuvieron a 90°C a la misma velocidad de agitación durante 6 min. Las salsas se introdujeron en botellas de pyrex (200 g), se enfriaron a temperatura ambiente, se almacenaron a 4°C y se analizaron en las 48 h siguientes a su preparación. Para estudiar la pérdida de estabilidad y las diferencias de color, las salsas fueron almacenadas a 4°C durante 15 días.

Tabla 1-Nomenclatura de las diferentes salsas blancas.

	Tipo de almidón	Almidón (g/100 g)	Pimiento (g/100 g)
4N0P	Nativo	4	0
4N15P	Nativo	4	15
6N0P	Nativo	6	0
6N15P	Nativo	6	15
4M0P	Modificado	4	0
4M15P	Modificado	4	15
6M0P	Modificado	6	0
6M15P	Modificado	6	15

3.4. TÉCNICAS MICROSCÓPICAS

Para estudiar la microestructura de las diferentes salsas se utilizaron dos técnicas microscópicas, microscopía óptica (LM) y microscopía laser confocal de barrido (CLSM).

3.4.1. Microscopía Óptica (LM)

3.4.1.1. Equipamiento y agentes de tinción

Para el estudio de la microestructura de las distintas salsas se utilizó un microscopio óptico Nikon Eclipse E800 (Nikon Eclipse 80i, Nikon Co., Ltd., Tokyo, Japan). Se utilizaron dos agentes de tinción diferentes: lugol (1 g/L) para teñir almidón y azul de toluidina (0.1 g/L) para teñir proteína y tejido de pimiento rojo. Además se observó la autofluorescencia de las salsas

blancas con pimienta roja utilizando como fuente de excitación una lámpara de mercurio con el filtro FITC ($\lambda_{\text{ex max}}=482 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em max}}=536 \text{ nm}$).

3.4.1.2. Observación de las muestras

Para observar las diferentes salsas blancas, con o sin pimienta roja, en el microscopio, se tomó una gota de la salsa y se colocó en un portaobjetos de vidrio, se tiñó con el agente de tinción adecuado, se cubrió con un cubreobjetos de vidrio y se visualizó a 10x, 20x, and 40x aumentos. Las imágenes fueron capturadas y almacenadas en formato 1280 x 1024 píxeles usando el software del microscopio (NIS-Elements F, Version 4.0, Nikon, Tokyo, Japan).

3.4.2. Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM)

3.4.2.1. Equipamiento y agentes de tinción

Para la observación de las diferentes salsas por CLSM, se utilizó un microscopio Nikon Eclipse E800 acoplado a una unidad C1 Confocal (Nikon, Tokyo, Japan). Para excitar los agentes de tinción fluorescentes rodamina B y Nile red, se empleó como fuente de luz un láser Ar-Kr (488 nm). La Rodamina B (Fluka, Sigma-Aldrich, Missouri, USA), con una $\lambda_{\text{ex max}}$ de 488 nm y $\lambda_{\text{em max}}$ de 580 nm, se disolvió en agua destilada a una concentración de 2 g/L. Este agente de tinción se utilizó para teñir proteínas e hidratos de carbono. El Nile red (Fluka, Sigma-Aldrich, Missouri, USA), con una $\lambda_{\text{ex max}}$ de 488 nm y $\lambda_{\text{em max}}$ de 515 nm, se disolvió en polietilenglicol (PEG) 200 a una concentración de 0.1 g/L y se utilizó para teñir grasa. Se utilizaron dos lentes objetivas diferentes: 60x/1.40NA/Oil/ Plan Apo VC Nikon y 40x/1.0/Oil DIC H/Plan Apo Nikon.

3.4.2.2. Observación de las muestras

Para observar la muestra por CLSM, se colocó una gotita de la salsa blanca, con o sin pimienta roja, sobre un portaobjetos de vidrio y se le añadió 20 μL de disolución de rodamina B y 20 μL de disolución de Nile red. Las observaciones se realizaron 10 min después de la difusión de los agentes de tinción en la muestra. Las imágenes se obtuvieron y almacenaron con una resolución de 1024 x 1024 píxel utilizando el software del microscopio (EZ-C1 v.3.40, Nikon, Tokyo, Japan).

3.5. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

3.5.1. Viscosidad aparente

La viscosidad de las muestras se determinó mediante un viscosímetro Brookfield digital viscotester Haake 6 R Plus de Thermo Scientific (Waltham, USA). Se utilizaron los husillos adecuados para tomar los datos a una velocidad de 10 rpm y a una temperatura de muestra de 50°C. Las medidas se tomaron cada 30 s durante 30 min. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

3.5.2. Pérdida de estabilidad (sinéresis)

La pérdida de estabilidad (sinéresis) de las salsas blancas, con o sin pimiento rojo, se evaluó de acuerdo a Heyman et al., (2010) con modificaciones. Muestras de las salsas fueron introducidas en tubos de centrifuga y almacenadas durante 15 días a 4°C. Después de atemperarse a 20°C, las muestras fueron centrifugadas durante 15 min a 6000 x g. La cantidad de agua liberada se decantó y el porcentaje de sinéresis se calculó como:

$$\% \text{ sinéresis} = (\text{Peso del líquido decantado} / \text{peso total de la salsa antes de la centrifugación}) \times 100 \quad (1)$$

3.5.3. Medidas de color

El color de las diferentes muestras se midió utilizando un Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japón). Los resultados se expresan por el sistema CIE L*a*b* con referencia al iluminante C y observador próximo al estándar 2º (CIE Colorimetric Comité, 1974; McLaren y Rigg, 1976). El sistema proporciona los valores del componente de color, L* (L* = 0 (negro) y L* = 100 (blanco), a* y b*. El colorímetro se estandarizó con una placa blanca estándar de coordenadas (Y = 92,9; x = 0,3137, y = 0,3198). Se determinó la diferencia de color (ΔE^*), a los 15 días de almacenamiento en refrigeración, de las salsas mediante la ecuación 2:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)} \quad (2)$$

Los valores utilizados para determinar si las diferencias de color son perceptibles son los siguientes:

$\Delta E^* < 1$; las diferencias de color no son obvias para el ojo humano.

$1 < \Delta E^* < 3$; las diferencias de color no se aprecian por el ojo humano.

$\Delta E^* > 3$; las diferencias de color se observan por el ojo humano.

3.5.4. Contenido en sólidos solubles (SST) y pH

La determinación del contenido en SST en las salsas se realizó con un refractómetro (Atago ATC-1E, Japón) y los resultados se expresaron en °Brix. Para la determinación del pH de las salsas se utilizó un pH-metro Basic 20+ de Crison (Barcelona, España). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

3.6. ANÁLISIS SENSORIAL

Para evaluar la aceptabilidad de las cuatro salsas formuladas con pimienta, se llevó a cabo un test de consumidores.

3.6.1. Consumidores

El test de consumidores se realizó en Valencia (Spain). Para hacer este estudio, fueron convocados un total de 100 consumidores, de entre los empleados y estudiantes de la Universitat Politècnica de València. La edad de los consumidores osciló entre 18-62 años. De los participantes, el 61% fue mujeres y el 39% hombres.

3.6.2. Muestras

Las muestras fueron evaluadas en una habitación estándar, equipada con compartimentos individuales (ISO, 1988). Cada consumidor recibió cuatro muestras de salsa blanca con pimienta roja en una serie secuencial monódica, en una única sesión, siguiendo un diseño experimental de bloques completo (William's design). Las muestras se sirvieron en vasos de plástico codificados con un número de tres cifras escogidos al azar. Las salsas blancas con

pimiento rojo se mantuvieron en un baño a 50°C y se sirvieron al azar (William's design). Se proporcionó agua mineral y pan tostado para eliminar el sabor residual entre muestras.

3.6.3. Test de aceptabilidad

Las diferentes formulaciones de salsas blancas con pimiento se analizaron mediante una escala hedónica de 9 puntos (el 9 expresa el nivel más alto de aceptación y el 1 el más bajo). Para cada salsa, los consumidores puntuaron el grado de aceptación. Es decir, cuánto les gustaba “globalmente la salsa”, “su apariencia”, “su sabor/aroma y “su consistencia/textura”.

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El tratamiento estadístico de los valores obtenidos en las determinaciones analíticas de las salsas se llevó a cabo con el software estadístico XLSTAT (versión 2.5.2012, Microsoft Excel, Barcelona, España). Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) y la menor diferencia significativa TUKEY (HSD) fue calculada a nivel de significación $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MICROESTRUCTURA DE LAS SALSAS

En la figura 1 se pueden observar las imágenes obtenidas por microscopía óptica (LM) con tinciones de azul de toluidina y lugol de las salsas blancas elaboradas a partir de diferentes tipos de almidón de maíz (nativo y modificado), a diferentes concentraciones (4 g/100 g y 6 g/100 g). Las salsas sin pimienta formuladas con almidón nativo y teñidas con lugol (Figura 1 E y F) presentan de color azul una fase continua homogénea de apariencia fluida. Esta fase continua es más consistente, densa, y está más intensamente teñida de azul cuando la concentración de almidón es mayor (6 g/100 g) (Figura 1 B). La fase dispersa está formada mayoritariamente por glóbulos de grasa. La fase continua está constituida por componentes de los gránulos de almidón desintegrados, principalmente por amilosa, y por componentes de la leche. Cuando estas salsas se tiñen con azul de toluidina (Figura 1 A y B), se puede diferenciar una red que aparece intensamente teñida de azul, formada probablemente por la parte proteica, procedente de la leche, y por las interacciones entre la proteína de la leche y la amilosa. Esta red es más densa en la salsa 6NOP (Figura 1 B) que en la 4NOP (Figura 1 A), lo que parece indicar que existe una interacción estable entre los polímeros del almidón y la proteína de la leche. Algunos gránulos aislados de almidón gelatinizados, que no han llegado a desintegrarse, y los glóbulos de grasa se pueden observar en forma de fase dispersa distribuidos por toda la salsa (Figura 1 A y B). Las imágenes obtenidas por CLSM de las salsas de almidón nativo (Figura 2 A y B) permiten confirmar que la fase continua de la salsa elaborada con mayor concentración de almidón (6NOP) es más densa que la de la 4NOP.

Las salsas elaboradas con almidón modificado (Figura 1 G y H) muestran una fase formada por gránulos de almidón gelatinizados y deformados que interaccionan unos con otros constituyendo un tapiz. Este tapiz de gránulos es mucho más denso cuando la salsa tiene una mayor concentración de almidón (6MOP) (Figura 1 H). De forma dispersa y entre los huecos que dejan los gránulos de almidón, se pueden observar glóbulos de grasa y los componentes de la leche que parecen mantener una cierta continuidad a modo de red. Los glóbulos de grasa se asocian con la parte proteica de la salsa (Figura 1 C y D) que en ocasiones aparece en forma de aglomerados. En las salsas elaboradas con almidón modificado (Figura 2 C y D) parece producirse mayor coalescencia de los glóbulos de grasa que en las elaboradas con almidón nativo (Figura 2 A y B). En las salsas elaboradas con almidón

modificado los glóbulos tienden a agruparse en los huecos que quedan entre los gránulos, lo que favorece la coalescencia.

En general en las salsas elaboradas con pimiento y almidón nativo, se aprecia una fase continua teñida de azul por el lugol (Figura 1 M y N) y de violeta por el azul de toluidina (Figura 1 I y J), homogénea pero más agregada y con menor sensación de fluidez que la elaborada sin pimiento. La fase dispersa aparece constituida por glóbulos de grasa que parecen situarse entre los huecos que van dejando los componentes de los gránulos de almidón desintegrados. Se pueden observar aglomerados de proteína de la leche distribuidos por toda la salsa que parecen interactuar con los componentes del almidón. Las porciones de tejido de pimiento se distribuyen por toda la salsa y parecen superponerse a las otras dos fases. No se aprecia ningún tipo de interacción entre el tejido vegetal y los componentes de la fase continua y dispersa (Figura 1 I y J). Al incorporar pimiento a la formulación de las salsas, la compactación de la fase continua se hace muy evidente. Parece establecerse una competencia por el agua entre todos los componentes de la salsa lo que genera una salsa de apariencia compacta y poco fluida. El tejido de pimiento aparece intacto e incluso pueden llegar a apreciarse restos de paredes celulares y los cromoplastos, donde se alojan los pigmentos carotenoides responsables del color rojo del pimiento (Figura 1 I y J). Las salsas con pimiento formuladas con almidón modificado presentan una estructura diferente a las formuladas con almidón nativo. Sin embargo en las salsas con almidón modificado no se aprecian grandes diferencias entre las formuladas con y sin pimiento. Las salsas con elevada concentración de almidón modificado (6 g/100 g) y pimiento (Figura 1L) parecen presentar una fase continua más homogénea y fluida que la que no lleva pimiento en su composición (Figura 1 D). En los huecos que dejan los gránulos se aprecian glóbulos de grasa y aglomerados de proteína de la leche (Figura 1 O y P). No se aprecian interacciones entre el tejido de pimiento y los otros componentes de las salsas. El tejido de pimiento aparece intacto (Figura 1 K, L, O y P).

En la figura 2 se presentan las imágenes obtenidas por CLSM y por fluorescencia (LM) de todas las salsas libres de gluten, convenientes y funcionales. Todas las salsas estudiadas presentan una importante autofluorescencia intrínseca (Figura 2 I, J, K y L) debido a la presencia de carotenoides, por lo que se pueden observar las paredes celulares en las porciones de tejido vegetal. El tejido de pimiento parece resistir el proceso de elaboración de la salsa y aparece íntegro. En las salsas elaboradas con almidón nativo (Figura 2 E y F), los gránulos se desintegran durante el proceso de elaboración, mientras que en las elaboradas con almidón modificado (Figura 2 G y H) los gránulos se muestran gelatinizados e interaccionando unos con otros. En las salsas elaboradas con almidón nativo, los glóbulos de grasa se distribuyen homogéneamente entre los componentes de los gránulos de almidón desintegrados. En las

salsas formuladas con almidón modificado los glóbulos se distribuyen entre los gránulos gelatinizados pero parecen presentar mayor grado de coalescencia que en las de almidón nativo.

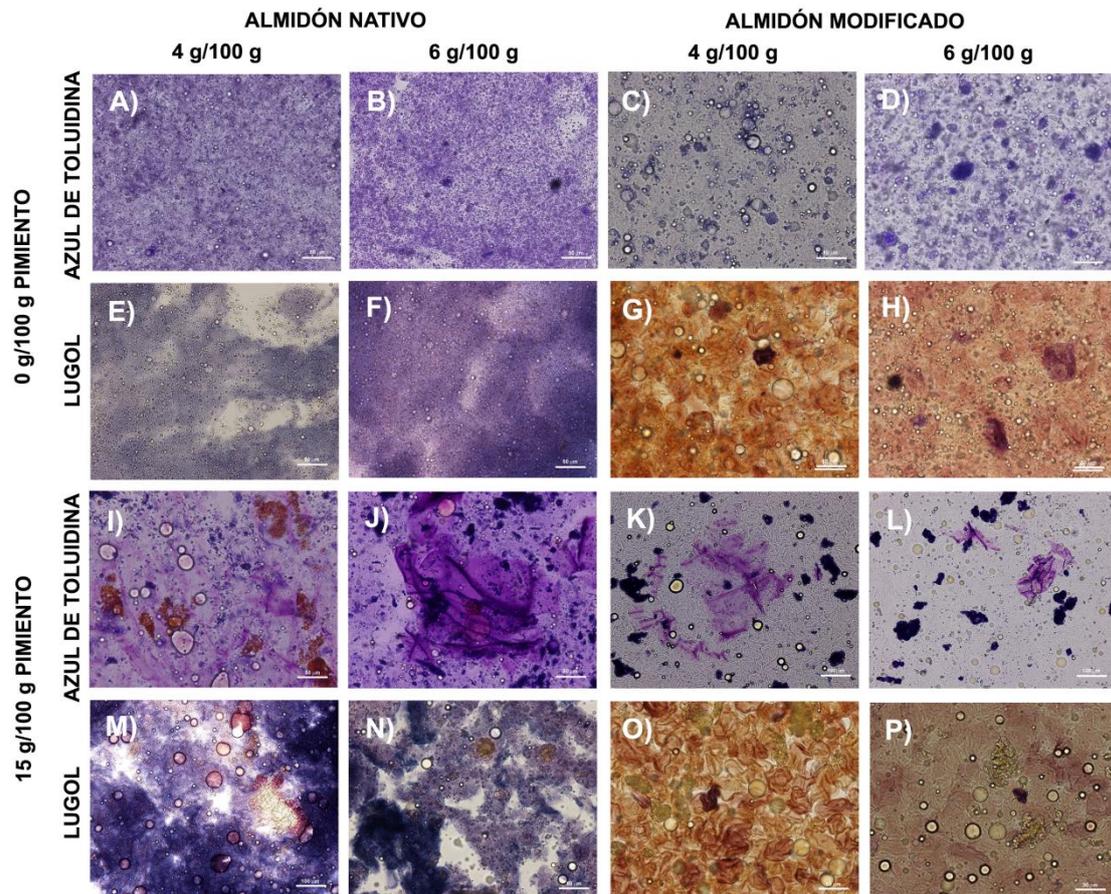


Figura 1-Imágenes de Microscopía Óptica (LM) de las diferentes salsas teñidas con azul de toluidina y lugol.

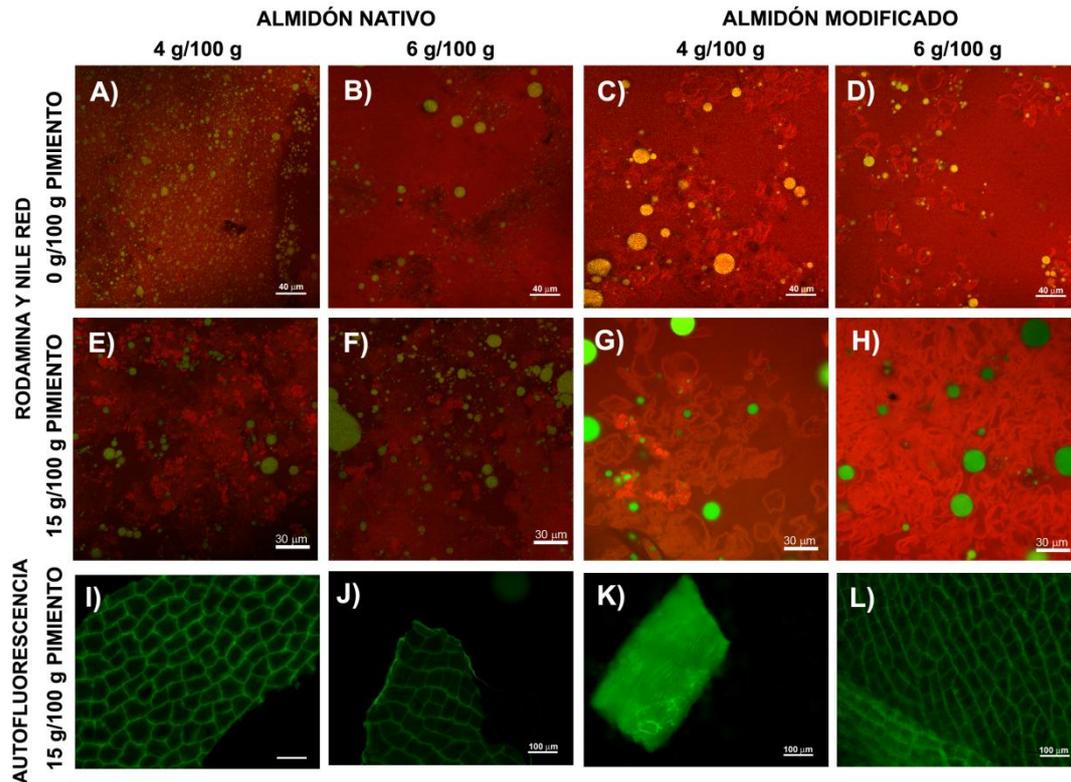


Figura 2-Imágenes de Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM) de las diferentes salsas (A, B, C, D, E, F, G, H). Imágenes obtenidas por fluorescencia (LM) de las salsas con pimienta (I,J,K,L).

4.2. VISCOSIDAD APARENTE

Los valores de viscosidad aparente (η_{app}), para las distintas salsas estudiadas en este trabajo, oscilaron entre $3050.0 \text{ mPa s}^{-1}$ (4N0P) y $18570.0 \text{ mPa s}^{-1}$ (6M0P) (tabla 2). De las salsas elaboradas con almidón nativo, la 6N15P fue la que presentó mayor viscosidad ($15160,00 \text{ mPa s}^{-1}$) y la 4N0P la menor (3050 mPa s^{-1}). De las salsas elaboradas con almidón modificado la 6M0P fue la más viscosa (18570 mPa s^{-1}) y la 4M0P la menos viscosa ($3313.33 \text{ mPa s}^{-1}$). Existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los valores de η_{app} entre todas las formulaciones estudiadas. Al comparar las salsas con la misma concentración de ingredientes, las elaboradas con almidones modificados presentaron los valores de η_{app} significativamente ($p < 0.05$) más elevados que las formuladas con almidones nativos, excepto en las salsas con $4 \text{ g}/100 \text{ g}$ de almidón y pimienta, ya que estas salsas presentaron valores significativamente ($p < 0.05$) más elevados de η_{app} cuando se elaboraron con almidón nativo que con modificado. La concentración de almidón, además estuvo directamente relacionada con la viscosidad de todas las salsas estudiadas, a mayor concentración de almidón mayor η_{app} .

La η_{app} de todas las salsas elaboradas con almidón nativo (4 g/100 g y 6 g/100 g) aumentó significativamente ($p < 0.05$) con la incorporación de pimienta. En cuanto a las salsas elaboradas con almidón modificado, la incorporación de pimienta como ingrediente, provocó un aumento significativo ($p < 0.05$) de la η_{app} solo cuando las salsas se elaboraron con una concentración de almidón de 4 g/100 g. Cuando la concentración de almidón fue de 6 g/100 g, la incorporación de pimienta produjo un descenso significativo ($p < 0.05$) de la η_{app} . Esto coincide con lo que se ha comentado en el apartado de microestructura, ya que la salsa 6M15P parece presentar un aspecto más fluido que la 6M0P. La η_{app} de las salsas parece depender del tipo de almidón utilizado, de la concentración de almidón y de la presencia de pimienta como ingrediente.

Como se ha visto en el estudio de la microestructura, las salsas elaboradas con almidón nativo y pimienta presentan una fase continua densa, aglomerada y menos homogénea que las que no contienen pimienta. Las salsas con pimienta presentan valores de η_{app} más elevados probablemente porque contienen menos cantidad de agua y hay una mayor competición por ella que en las que no contienen pimienta. Las salsas elaboradas con almidón modificado a una concentración de 6 g/100 g presentan menor η_{app} cuando llevan pimienta en su composición probablemente porque los gránulos presentan un menor grado de gelatinización, al tener que competir con más ingredientes por el agua.

4.3. PERDIDA DE ESTABILIDAD (SINÉRESIS)

La sinéresis es un fenómeno que se suele observar en salsas que contienen almidón. Consiste en la liberación de agua, principalmente por un proceso de retrogradación del almidón. Durante el enfriamiento de las salsas las cadenas moleculares de amilosa, y en menor medida las de amilopectina, se reorganizan favoreciendo la lixiviación de agua.

La aparición de sinéresis es un aspecto negativo para la calidad de las salsas y podría ser una causa de rechazo por parte del consumidor.

Durante los 15 días de almacenamiento a temperaturas de refrigeración, las salsas 4M0P, 4M15P, 6M0P Y 6M15P no presentaron sinéresis (tabla 2). Es decir, ninguna de las salsas formuladas con almidón modificado presentó pérdida de estabilidad. Todas las salsas elaboradas con almidón nativo, presentaron sinéresis. Los valores de sinéresis para las salsas elaboradas con almidón nativo con o sin pimienta no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$). Tanto la incorporación de pimienta a la formulación de las salsas como la concentración de almidón, no parece influir en la pérdida de estabilidad de la salsa. Por tanto, en base a los

resultados obtenidos, para la elaboración de salsas con tejido de pimiento y estables al almacenamiento en refrigeración, parece recomendable utilizar en la formulación almidón modificado para ambas concentraciones de almidón. Estos resultados coinciden con los observados por varios autores (Arocas et al., 2009; Guardado et al., 2012, 2013; y Quiles et al., 2012), en sus estudios sobre salsas blancas preparadas con diferentes almidones de maíz, en los que se concluye que no se produce sinéresis cuando se utilizan almidones modificados.

4.4. MEDIDAS DE COLOR

En la gráfica 1 se presentan las diferencias de color (ΔE^*), de las salsas estudiadas, después de 15 días de almacenamiento en refrigeración. Todas las salsas elaboradas con pimiento presentaron diferencias de color apreciables por el ojo humano, por presentar valores superiores a 3, excepto la 4M15P. Las salsas que no se formularon con pimiento mantuvieron estables las propiedades de color. De las salsas elaboradas con pimiento la que presentó mayores valores de ΔE^* fue la 4N15P, seguida de la 6N15P y la que presentó los valores significativamente ($P < 0.05$) inferiores fue al 4M15P. De las elaboradas sin pimiento, las salsas 4M0P y 6M0P fueron la que presentaron los valores de ΔE^* significativamente ($p < 0.05$) inferiores, sin que hubiera diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellas, y las salsas 4N0P y 6N0P las que mostraron los valores de ΔE^* significativamente ($p < 0.05$) superiores, sin que hubiera diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellas. Esto parece indicar que la concentración de almidón utilizada en la formulación de las salsas sin pimiento no influye en los valores de ΔE^* . Sin embargo en las salsas con pimiento, el tipo de almidón y la concentración de almidón influye significativamente ($p < 0.05$) en los valores de ΔE^* . Para la elaboración de salsas de pimiento libres de gluten, convenientes, ricas en compuestos bioactivos, y con una buena estabilidad en las propiedades de color sería recomendable el uso de almidón modificado. La adición de conservantes podría ser aconsejable para disminuir las variaciones en el color debidas a la incorporación de pimiento.

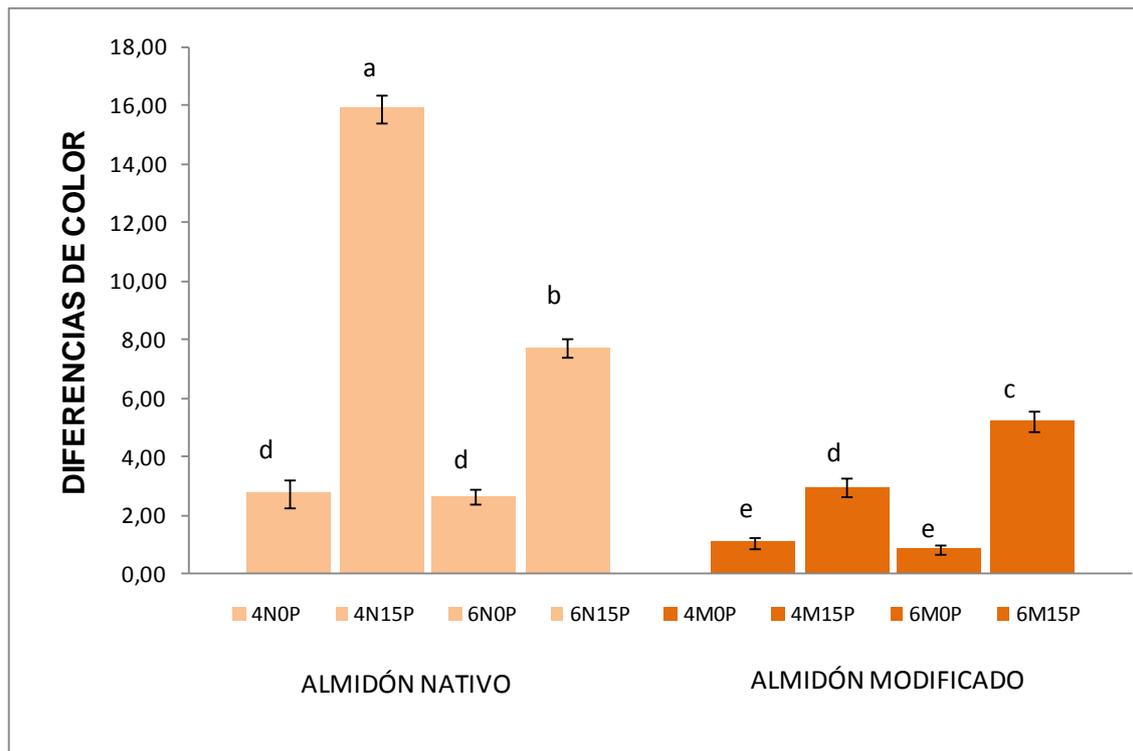


Figura 3- Diferencias de color de las salsas.

Las barras de error de cada columna son las desviaciones estándar.

Los columnas que tienen diferentes letras indican que las medias son significativamente diferentes ($p < 0,05$) de acuerdo con el test de comparaciones múltiples Tukey (HSD).

4.5. CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES (SST) Y PH

Los valores de pH de las diferentes salsas (Tabla 2) variaron entre 6,20 (salsa 4N15P) y 6,70 (salsas 4NOP y 6NOP).

Los resultados indicaron que las salsas con menores valores de pH (las salsas más ácidas) fueron las que contenían pimienta en su formulación, excepto la salsa elaborada con 4 g/100 g de almidón modificado (4M15P), que no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) en el valor de pH en comparación a la salsa sin pimienta elaborada con el mismo tipo y la misma concentración de almidón (4MOP). El pimienta es un vegetal con un pH ácido, la media de pH de los pimientos utilizados en este trabajo fue 5. Esto explicaría por qué la adición de pimienta tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) en el aumento de acidez de las salsas.

En cuanto a la influencia del tipo de almidón y de su concentración, para los dos tipos de almidones utilizados en la formulación, modificado y nativo, los resultados parecen indicar que no tienen ningún efecto significativo ($p > 0.05$) en el valor de pH.

En cuanto al contenido en SST (Tabla 2), se puede observar que los mayores valores los presentaron las salsas elaboradas con 6 g/100 g de almidón modificado (6M0P y 6M15P). Por otro lado, las salsas que presentaron los menores valores de SST fueron las salsas 4N0P, 4N15P, 4M0P y 4M15P. Además entre estas salsas no existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido en SST. En base a los resultados, se puede observar que la incorporación de pimienta como ingrediente en la formulación de las salsas, no afectó de manera significativa al contenido en SST.

En cuanto al porcentaje de almidón, al aumentar éste, aumentó significativamente ($p < 0.05$) el contenido en SST en todas las salsas; excepto en la formulada con almidón nativo y pimienta, que no presentó diferencias significativas.

Tabla 2- Efecto del tipo de almidón, concentración de almidón, concentración de pimienta y de la interacción de éstos en las propiedades físicas de las salsas.

Tipo almidón	%Almidón	%Pimiento	TSS	pH	μapp (mPa s^{-1})	%Sinéresis
N	4	0	8,03 ^d (0,23)	6,70 ^a (0,01)	3050,00 ^h (17,3)	0,21 ^{ab} (0,13)
	4	15	8,63 ^{cd} (0,06)	6,20 ^c (0,20)	10300,00 ^e (115,33)	0,38 ^{ab} (0,23)
	6	0	10,27 ^b (0,31)	6,70 ^a (0,05)	10466,67 ^d (60,28)	0,32 ^{ab} (0,29)
	6	15	10,07 ^{bc} (0,06)	6,29 ^c (0,04)	15160,00 ^c (10)	0,49 ^a (0,24)
M	4	0	7,77 ^d (0,06)	6,52 ^{ab} (0,03)	3313,33 ^g (5,77)	0,00 ^b (0,00)
	4	15	8,17 ^d (0,06)	6,34 ^{bc} (0,04)	6176,67 ^f (5,77)	0,00 ^b (0,00)
	6	0	12,43 ^a (0,4)	6,61 ^a (0,01)	18570,00 ^a (17,32)	0,00 ^b (0,00)
	6	15	11,93 ^a (1,42)	6,28 ^c (0,05)	15566,67 ^b (20,82)	0,00 ^b (0,00)

Los valores entre paréntesis son las desviaciones estándar.

Las medias con diferentes letras son significativamente diferentes ($p < 0,05$) de acuerdo con el test de comparaciones múltiples Tukey (HSD).

4.6. ANÁLISIS SENSORIAL

En la tabla 3 se muestran los resultados del test de aceptabilidad realizado por los consumidores de las diferentes salsas elaboradas con pimienta. Los atributos evaluados en este test fueron: “apreciación global”, “aparición”, “sabor/aroma” y “consistencia/textura”. Para todos los atributos valorados, existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las salsas elaboradas con almidón nativo y modificado. Sin embargo para el atributo sabor/aroma no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las salsas elaboradas con menor cantidad de almidón (4M15P y 4N15P). Las salsas elaboradas con almidón modificado fueron las mejor valoradas ya que presentaron valores significativamente ($p < 0.05$) mayores en todos los

atributos. En cuanto a las salsas formuladas con almidón nativo, las elaboradas con mayor porcentaje de almidón (6N15P) fueron las peor valoradas.

En las salsas elaboradas con almidón modificado, el consumidor no apreció diferencias significativas ($p < 0.05$) en ninguno de los atributos estudiados al variar el contenido en almidón. En cambio, al valorar las salsas formuladas con almidón nativo, el consumidor sí consideró que al variar el contenido de almidón existían diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuanto a la aceptabilidad global y a la apariencia de las salsas.

Tabla 3- Resultados del test de aceptabilidad de consumidores.

Muestra	GLOBAL	APARIENCIA	SABOR/AROMA	CONSISTENCIA/TEXTURA
4M15P	6,62 ^a (1,56)	6,64 ^a (1,86)	6,52 ^{ab} (1,93)	6,52 ^a (1,98)
6M15P	6,74 ^a (1,70)	6,71 ^a (1,70)	6,77 ^a (1,81)	6,65 ^a (2,08)
4N15P	5,52 ^b (1,90)	4,99 ^b (2,10)	5,90 ^{bc} (2,16)	4,44 ^b (2,24)
6N15P	4,80 ^c (2,20)	3,60 ^c (2,00)	5,40 ^c (2,00)	3,80 ^b (2,3)

Los valores entre paréntesis son las desviaciones estándar.

Para cada atributo, las medias con letras diferentes indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ellas, de acuerdo con el test de comparaciones múltiples Tukey (HSD).

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Las salsas elaboradas con almidón nativo y con almidón modificado presentan una microestructura diferente. La fase continua de las salsas con almidón nativo se muestra fluida y es el resultado de la interacción entre los componentes del gránulo desintegrado y la leche. Las salsas elaboradas con almidón modificado, se muestran más densas y los gránulos de almidón aparecen gelatinizados pero no desintegrados. En las salsas libres de gluten, convenientes y funcionales, el tejido de pimiento parece resistir del proceso de preparación de la salsa por lo que aparece íntegro, con las paredes celulares y los cromoplastos, donde se encuentran los pigmentos carotenoides, intactos. En las salsas elaboradas con almidón nativo (a cualquier concentración) y con almidón modificado, a una concentración de 4 g/100 g, la adición de pimiento conlleva a una agregación de los componentes de la fase continua y un aumento en la viscosidad de la salsa. En las salsas elaboradas con elevadas concentraciones (6 g/100 g) de almidón modificado, la presencia de pimiento disminuye la viscosidad de la salsa, los gránulos de almidón aparecen menos deformados que en la salsa que no contiene pimiento. Las salsas elaboradas con almidón modificado presentan mayor coalescencia de los glóbulos de grasa y son más viscosas que las elaboradas con almidón nativo. En cuanto a la η_{app} de las salsas, ésta depende del tipo de almidón utilizado, de la concentración de almidón y de la presencia o no de pimiento como ingrediente. Para elaborar salsas libres de gluten, convenientes y funcionales, con buena aceptación por parte del consumidor y estables al almacenamiento es aconsejable la utilización de almidón modificado. Por último, sería recomendable en futuros trabajos estudiar posibles agentes de conservación en vista a evitar o disminuir las variaciones en el color de las salsas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-AAL, E. M., AKHTAR, H., ZAHEER, K., & ALI, R. (2013). Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. *Nutrients*, 5(4), 1169-1185.
- ARAYA, H., CLAVIJO, C., & HERRERA, C. (2006). Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivados en Chile. *Arch Latinoam Nutr*, 56(4), 361-365.
- AROCAS, A., SANZ, T., & FISZMAN, S. (2009). Influence of corn starch type in the rheological properties of a white sauce after heating and freezing. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 901-907.
- CATASSI, C., & FASANO, A. (2008). Celiac disease. In E. K. Arendt, & F. Dal Bello (Eds.), *Gluten-free cereal products and beverages*. London: Academic Press.
- CHAND, N., & MIHAS, A. A. (2006). Celiac disease: Current concepts in diagnosis and treatment. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 40(1), 3-14.
- DRAGO, M.E., LÓPEZ, M., Y SAINZ, T. (2006) Bioactive components of functional foods from vegetable origin. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37 (4), pp. 58-68
- DUMA, M., & ALSINA, I. The content of plant pigments in red and yellow bell peppers. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 56 (2012), pp. 105-108
- ESPGHAN. (2012). European society for paediatric gastroenterology, hepatology and nutrition, visto el 20 de Junio de 2014
www.espgan.med.up.pt.
- FAUSTINO, J., BARROCA, M. J., & GUINÉ, R. (2007). Study of the drying kinetics of green bell pepper and chemical characterization. *Food and Bioproducts Processing*, 85(3), 163-170.
- FELICIANO, D. (2005). El consumo de platos preparados en España, Francia y Gran Bretaña. *Distribución y Consumo*, (79), 91-104.
- GALLAGHER, E., GORMLEY, T., & ARENDT, E. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3), 143-152.

- GARCÍA-ALONSO, M., DE PASCUAL-TERESA, S., SANTOS-BUELGA, C., & RIVAS-GONZALO, J. C. (2004). Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food Chemistry*, 84(1), 13-18.
- GÁZQUEZ, J. (2007). Cultivo del pimiento en Almería, en: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino (eds), *Pimiento: Cultivo y comercialización. Situación actual y perspectivas desde el punto de vista técnico y comercial.*, V.A. impresores, S.A., Madrid, 141-194.
- GUARDEÑO, L., PUIG, A., HERNANDO, I., & QUILES, A. (2013). Effect of different corn starches on microstructural, physical and sensory properties of Gluten-Free white sauces formulated with soy protein and inulin. *Journal of Food Process Engineering*, 36(4), 535-543.
- GUARDEÑO, L. M., HERNANDO, I., LLORCA, E., HERNÁNDEZ-CARRIÓN, M., & QUILES, A. (2012). Microstructural, physical, and sensory impact of starch, inulin, and soy protein in Low-Fat gluten and lactose free white sauces. *Journal of Food Science*, 77(8), C859-C865.
- HEAP, G. A., & VAN HEEL, D. A. (2009). Genetics and pathogenesis of coeliac disease. *Seminars in Immunology*, 21. (6) pp. 346-354.
- HEYMAN, B., DEPYPERE, F., DELBAERE, C., & DEWETTINCK, K. (2010). Effects of non-starch hydrocolloids on the physicochemical properties and stability of a commercial béchamel sauce. *Journal of Food Engineering*, 99 (2), 115-120.
- HUANG, J., KNIGHT, S., & GOAD, C. (2001). Model prediction for sensory attributes of non-gluten pasta. *Journal of Food Quality*, 24(6), 495-511.
- ISO 1988. *ISO sensory analysis. General guidance for the design of test rooms.* Standard np. 8589. Geneve, Switzerland.
- JOMOVA, K., & VALKO, M. (2013). Health protective effects of carotenoids and their interactions with other biological antioxidants. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 70(0), 102-110.
- KIM, WOO-RI KIM, EUN KIM, KYUNGSU KANG, SARANGEREL OIDOVSAMBUU, SANG JUNG, BYUNG KIM, CHU NHO, & BYUNG-HUN. (2014). Antioxidant activity of phenolics in leaves

- of three red pepper (*capsicum annuum*) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(4), 850-859.
- KONING, F KONING, M MOL, M L. (2013). The million-dollar question: Is "gluten-free" food safe for patients with celiac disease? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 97(1), 3-4.
- LIU, R. H. (2004). Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: Mechanism of action. *The Journal of Nutrition*, 134(12 Suppl), 3479S-3485S.
- LUTZ, M. (2009). III. alimentos funcionales en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles. *Aspectos Nutricionales y Saludables De Los Productos De Panificación* , 38.
- MCGOUGH, N., & CUMMINGS, J. H. (2005). Coeliac disease: A diverse clinical syndrome caused by intolerance of wheat, barley and rye. *Proceedings of the Nutrition Society*, 64(04), 434-450.
- NAMATOVU, F. (2014). Celiac disease risk varies between birth cohorts, generating hypotheses about causality: Evidence from 36?years of population-based follow-up. *BMC Gastroenterology*, 14, 59.
- NISHIMURA, K., GOTO, M., HIGASA, T., KAWASE, S., & MATSUMURA, Y. (2001). Aggregation behaviour of bovine serum albumin as a cause of sauce liquid separation by heating. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(1), 76-81.
- NUEZ, F., GIL, R., & COSTA, J. (1996). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. *Madrid: Mundi-prensa*, 607
- OKAZAKI, T., YAMAUCHI, S., YONEDA, T., & SUZUKI, K. (2001). Effect of combination of heating and pressurization on browning reaction of glucose-glycine solution and white sauce. *Food Science and Technology Research*, 7(4), 285-289.
- QUILES, A., LLORCA, E., HERNÁNDEZ-CARRIÓN, M., & HERNANDO, I. (2012). Effect of different cornstarch types in new formulations of Gluten-and Lactose-Free white sauces with high protein content. *Journal of Food Quality*, 35(5), 341-352.
- RODRIGO, L. (2006). Celiac disease. *World Journal of Gastroenterology*, 12(41), 6585.

- ROMA, E., ROUBANI, A., KOLIA, E., PANAYIOTOU, J., ZELLOS, A., & SYRIOPOULOU, V. (2010). Dietary compliance and life style of children with coeliac disease. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 23(2), 176-182.
- SANTIAGO SILVA, P. (2011). Functional potential of tropical fruits with respect to free bioactive amines. *Food Research International*, 44(5), 1264.
- SERRANO, M. E. D., LÓPEZ, M. L., & ESPUÑES, TERESITA DEL ROSARIO SAINZ. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana De Ciencias Farmacéuticas*, 37(4), 58-68.
- THOMPSON, T., DENNIS, M., HIGGINS, L., LEE, A., & SHARRETT, M. (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), 163-169.
- TOMÁS BARBERÁN, F. (2003). Los polifenoles de los alimentos y la salud. *Alimentación Nutrición y Salud*, 10(2), 41-53.
- VITORIA, J. C. (2013). Novedades en enfermedad celíaca. *Anales De Pediatría*, 78(1), 1-5.
- ZAPATA, K., CORTES, F. B., & ROJANO, B. A. (2013). Polifenoles y actividad antioxidante del fruto de guayaba agria (psidium araca). *Información Tecnológica*, 24(5), 103-112.