

**EFFECTOS DE AGLUTINANTES EN LA ELABORACIÓN DE APLICACIONES
GASTRONÓMICAS A PARTIR DE SURIMI DE PEZ LEÓN (*Pterois volitans*)
OBTENIDAS CON ULTRASONIDO**

LUIS MIGUEL JIMÉNEZ MUÑOZ

**UNIVERSIDAD DE LA SABANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN DISEÑO Y GESTIÓN DE PROCESOS
ÉNFASIS DE ALIMENTOS
Chía, Cundinamarca
2018**

**EFFECTOS DE AGLUTINANTES EN LA ELABORACIÓN DE APLICACIONES
GASTRONÓMICAS A PARTIR DE SURIMI DE PEZ LEÓN (*Pterois volitans*)
OBTENIDAS CON ULTRASONIDO**

Luis Miguel Jiménez Muñoz

**Trabajo de grado para optar al título de Magister en Diseño y Gestión de
Procesos
Énfasis en Alimentos**

Director:

Annamaria Filomena Ambrosio, Msc

Co Director:

María Ximena Quintanilla., Ph.D.

Universidad de La sabana

Facultad de Ingeniería

Maestría en Diseño y Gestión de Procesos

Énfasis de Alimentos

Chía, Cundinamarca

2018

“La Universidad no se hace responsable por las opiniones contenidas en el presente documento que exclusiva responsabilidad del autor”

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, gracias a mi familia, a mis padres y a mi hermanos, porque su motivación y apoyo incondicional, que guardo en el recuerdo y es un aliento para seguir escribiendo sobre la infancia.

Por otra parte, deseo expresar mi agradecimiento al director de esta tesis de maestría Annamaria Filomena Ambrosio y a mi codirector María Ximena Quintanilla, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a mis sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida desde que llegué a esta facultad.

Agradecimiento especial al Fondo Patrimonial de la Universidad de La Sabana, por la Financiación de este Proyecto. Código EICEA-98-15, y a la convocatoria de jóvenes investigadores de COLCIENCIAS 761-2016.

RESUMEN

En la actualidad es evidente la preocupación por la sostenibilidad del recurso pesquero, diferentes especies invaden el Caribe Colombiano desequilibrando el ecosistema marino. El pez león (*Pterois volitans*), especie invasora, por sus características bromatológicas y organolépticas, se convierte en una especie prometedora de aplicaciones gastronómicas con alto valor agregado. Una de estas aplicaciones es el surimi, producto de denominación japonesa, que es extraído de filetes de pescado, molidos o picados y sometido a tres procesos de lixiviación para su posterior homogenización. Tradicionalmente, éste proceso requiere altos contenidos de agua (relación p/p 1:3 (filete: agua)) pero con la aplicación de ultrasonido de alta intensidad (37 kHz; 150W), se contribuye a reducir en dos ciclos de lavado. El almidón y la clara de huevo, son dos de los principales aditivos más utilizados en la elaboración de productos sucedáneos de pescado. Por su parte, el almidón tiene una alta capacidad de ligar agua, mejorando la estabilidad de almacenamiento del producto en congelación. Los almidones usados con mayor frecuencia para los productos de surimi incluyen trigo, maíz, papa, maíz ceroso y tapioca. El almidón comúnmente se agrega al surimi a un nivel del 3-12% para mantener la resistencia del gel y alterar las propiedades de textura. Por otra parte, la interacción de la proteína de la clara de huevo con los compuestos de la matriz alimentaria del pescado, permite una estructura más estable para la red proteica. En este trabajo, se desarrollaron tres aplicaciones gastronómicas: hamburguesas, snacks y dips a partir de surimi de pez león (*Pterois volitans*) obtenido con ultrasonido teniendo en cuenta el tipo de aglutinante y su relación entre las principales características estructurales y sensoriales.

Los resultados obtenidos para las hamburguesas evidenciaron que las elaboradas con la aplicación de ultrasonido y con una forma redonda son preferidas por los consumidores a nivel sensorial. Respecto a la adición de aglutinantes en las hamburguesas, estas presentaron una mejora en la capacidad de retención de

agua y la dureza. Sin embargo, otros parámetros de textura como la cohesividad y la dimensión fractal fueron mayores en las muestras procesadas con ultrasonido. Respecto al snack se aplicaron preguntas Check-all-that-apply (CATA) y los resultados mostraron que el gusto general de los panelistas estaba influenciado por los atributos: crujiente, horneado y color uniforme. Se evidenció una relación entre un puntaje alto en el gusto general de una muestra y la intención positiva de voluntad de compra. Los snacks de pescado pre-tratados con ultrasonido (sin aglutinante y con adición de almidón de maíz al 3%) se calificaron con la mayor preferencia general y el mayor nivel de crujiente y crocante.

Finalmente, para la aplicación gastronómica dip se obtuvo que la muestra pre tratada con ultrasonido tuvo mayor adhesividad; en cuanto al análisis sensorial, hubo diferencias significativas para los atributos: gusto general, apariencia, aroma y sabor, siendo la muestra preparada por Ultrasonido con adición de 3% almidón la que tuvo mejor puntaje para el atributo de apariencia. Los resultados anteriores sugieren el potencial que tiene el pez león (*Pterois volitans*) en el desarrollo de aplicaciones gastronómicas con alto valor agregado empleando tecnologías como el ultrasonido.

Este documento está dividido en 5 capítulos, en el primer capítulo se desarrolla un marco conceptual con las definiciones más relevantes para la comprensión del trabajo. Los siguientes 4 capítulos hacen referencia a las aplicaciones gastronómicas desarrolladas, el segundo y tercero para hamburguesas, el cuarto para snacks y el quinto para dip. Es importante aclarar que los últimos 4 capítulos se presentan en formato de artículo, de los cuales, el primero está publicado y el segundo y tercero están sometidos. Por esta razón, algunas ideas relacionadas con la problemáticas con el pez león y la elaboración del surimi se repiten en cada uno de los artículos. En el capítulo Anexos se presentan los formatos en los paneles sensoriales, un quinto Artículo ya publicado con experimentos previos para la determinación de los factores más relevantes estudiados en este trabajo y otros productos relacionados.

ABSTRACT

Lionfish (*Pterois volitans*) is an invasive species that poses serious threats to the integrity of the coral reef food web of the Atlantic. In order to decrease the negative impact the consumption of this species has been promoted. To promote consumption of lionfish, researchers considered adding value to development of lionfish products using surimi as raw material to elaborate new products. Its low local consume is due to lack of culinary knowledge preparation. New ways to consume lionfish were proposed to increase variety and give added value to its consumption. The aim of the first study was to evaluate the effect of high power ultrasound on textural properties by texture profile analysis, sensory attributes and shape appearance preference (Rounded and Square) of surimi burgers made from lionfish. Burgers were prepared using lionfish surimi elaborated with high power ultrasound (37 kHz; 150 W) using sodium citrate (0.3%); sucrose (1%) and salt (2%). Burgers were compared with a control prepared with surimi obtained by lixiviation conventional method. surimi lixiviation by ultrasound method requires three times less water than conventional method. Ultrasound increased hardness of burgers by (35.1%) decreased cohesiveness by (89.7%) and chewiness (49.1%). Overall liking expected flavor of surimi burgers was better for ultrasound treatment with rounded shape ($p < 0.05$), with a 3.57 times lower probability to identify fish flavor. High power ultrasound showed potential as an environmental friendly technology to elaborate surimi as a base of patties with sensory and textural appropriateness, adding more culinary opportunities to lionfish.

In the second study, it was proposed to analyze the effect of ultrasound and binders: egg white liquid (EWL), corn starch (CS) at different levels on texture, micro-texture, sensory evaluation properties of patties made of surimi from lionfish (*Pterois volitans*). Each set of binders was added at 3% varying proportions. To evaluate the quality of the resulting product based on surimi gel, some parameters (gel strength, texture profile, water holding capacity and sensory qualities) were analyzed. The results show that the application of ultrasound and the use of additives enhanced the properties of patties made of lionfish surimi. An

acceptance test was performed using 32 semi-trained panelists; a preference test was also performed in which panelists indicated which sample was the best for attributes texture, overall liking and overall flavor.

In the third study, eight different lionfish surimi snacks were studied varying the processing method (Conventional, Ultrasound) and the binder (corn starch, egg white) concentration. The sensory characteristics of snacks and their liking were studied, and these findings were related with texture, sensory and taste related attitudes. Check-all-that-apply (CATA) questions were applied and results showed that panelist overall liking of a product was highly influenced by the following attributes: crispy, crunchy, baked appearance, nutritive and uniform color. Also a high score on overall liking was positively correlated to the willingness to buy certain sample. Fish snacks pretreated with ultrasound method (without binder and addition of 3% corn starch) were scored with highest overall liking and highest level of crispness and crunchiness. Pre-treating lionfish surimi makes it possible to formulate a fish snack with high acceptability.

Finally, In the last chapter the dip was studied, It was shown that the pre-treated sample with ultrasound had greater adhesiveness; in terms of sensory analysis, there were significant differences for the attributes: overall liking flavor, appearance, aroma and flavor being the sample prepared with ultrasound and with 3% starch addition the one that had a higher score for appearance but the ones prepared with 3% egg white showed better acceptance by panelists. The previous results suggest the potential of the lionfish (*Pterois volitans*) in the development of gastronomic applications with high added value using technologies such as ultrasound.

This document is divided into 5 chapters, in the first chapter a conceptual framework is developed with the most relevant definitions for the understanding of the work. The following 4 chapters refer to the products developed; the second and third chapters are dedicated for surimi patties; the fourth for snacks and the fifth for dip. It is important to clarify that the last 4 chapters are presented in article format, In which, the first one is published and the second and third are submitted. For this

reason, some ideas related to the problems with the lionfish and the elaboration of the surimi are repeated in each of the articles. In the chapter Annexes the formats in the sensorial panels are presented, a fifth Article already published with previous experiments for the determination of the most relevant factors studied in this work and other related products.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. MARCO CONCEPTUAL	4
1.3.1. Pez León	4
1.3.2. Surimi	5
1.3.3. Ultrasonido	6
1.3.4. Aglutinantes alimentarios	7
1.3.5. Aplicaciones gastronómicas	8
CAPITULO II. HAMBURGESAS	11
2.1. Efecto de ultrasonido de alta potencia en la textura, forma y percepción sensorial de hamburguesas de surimi de pez león (<i>Pterois Volitans</i>)	11
2.1.1. Introducción	12
2.1.2. Materiales y métodos	14
2.1.2.1. Proceso de elaboración del Surimi	15
2.1.2.2. Elaboración de hamburguesa	15
2.1.2.3. Análisis de perfil de textura	16
2.1.2.4. Evaluación Sensorial	16
2.1.2.5. Análisis Estadístico	17
2.1.3. Análisis de resultados	18
2.1.3.1. Análisis de perfil de textura	18
2.1.4. Conclusiones	25
2.2. Efecto de ultrasonido y aglutinantes en características texturales y sensoriales de hamburguesas de surimi de pez león (<i>Pterois volitans</i>)	26
2.2.1. Introducción	27
2.2.2. Materiales y métodos	28
2.2.2.1. Proceso de elaboración del Surimi	28
2.2.2.2. Elaboración de hamburguesa	31
2.2.2.3. CRA	31
2.2.2.4. Humedad	31
2.2.2.5. Análisis de perfil de textura	32
2.2.2.6. Análisis Sensorial	32

2.2.2.7 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)	32
2.2.2.8 Análisis de dimensión fractal obtenidas a partir de imágenes del SEM	33
2.2.3 Análisis de resultados	35
2.2.3.1 Capacidad de retención de agua (CRA).....	36
2.2.3.2 Análisis de perfil de textura (TPA).....	39
2.2.3.3 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)	41
2.2.3.4 Análisis Sensorial	45
2.2.3 Conclusiones	46
CAPITULO III.....	48
3.1.1 Introducción	49
3.1.2 Materiales y métodos	51
3.1.2.1 Estudio de percepción de los consumidores	53
3.1.2.2 Análisis de los datos	56
3.1.3 Análisis de resultados	57
3.1.4 Conclusiones	65
CAPITULO IV.....	66
4.1 Efecto del ultrasonido y aglutinantes en dips elaborados con surimi de pez león (Pterois volitans) elaborados con ultrasonido.....	66
4.1.1 Introducción	66
4.1.2 Materiales y métodos	68
4.1.2.1 Procesos de elaboración.....	68
4.1.2.2 Evaluación sensorial	69
4.1.2.3 Análisis de textura	70
4.1.2.4 Análisis estadístico.....	71
4.1.3 Resultados y discusión	71
4.1.3.1 Análisis de perfil de textura.....	71
4.1.3.2 Análisis sensorial (prueba de aceptación).....	73
4.1.4 Conclusiones	76
CAPITULO V. CONCLUSIONES GENERALES	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS	94

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.....	18
Tabla 2.....	30
Tabla 3.....	35
Tabla 4.....	42
Tabla 5.....	46
Tabla 6.....	52
Tabla 7.....	54
Tabla 8.....	62
Tabla 9.....	63
Tabla 10.....	69
Tabla 11.....	73
Tabla 12.....	74

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.....	15
Figura 2.....	17
Figura 3.....	21
Figura 4.....	22
Figura 5.....	24
Figura 6.....	61
Figura 7.....	65

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. INTRODUCCIÓN

La invasión del pez león (*Pterois volitans* y *Pterois miles*) en el mar Caribe ha generado consecuencias ecológicas ampliamente negativas, como la reducción del 95% de algunas especies nativas de peces en arrecifes. Esto se debe principalmente al aumento de la población del pez león en zonas del Caribe por su rápido crecimiento, temprano periodo de reproducción, comportamiento depredador, defensas anti predatorias por lo que la sobre pesca de posibles depredadores del pez león han contribuido a que ésta especie invasora prolifere (Côté, Green, & Hixon, 2013).

Algunas estrategias propuestas para mitigar el impacto del pez león en el mar Caribe promueven el consumo humano de especies invasivas dentro de las cuales se encuentra catalogada este pez como medio para controlar su crecimiento (Varble & Secchi, 2013). Investigaciones como la de James a. Morris et al., 2011, han demostrado que la calidad de la carne del pez león para el consumo es recomendable, teniendo en cuenta el alto contenido de ácidos grasos (omega-3), rendimiento del filete y características organolépticas las cuales son similares a las del Pargo Rojo (*Pagrus pagrus*). Adicionalmente, el consumo de pez león es seguro para la salud humana teniendo en cuenta los contenidos de micronutrientes y baja concentración de metales pesados en los tejidos del mismo (Hoo Fung, Antoine, Grant, & Buddo, 2013).

Debido a esto, se han desarrollado estrategias para desarrollar una cadena de consumo de valor alrededor del pez león, desde restaurantes hasta cadenas mayoristas. Teniendo en cuenta los beneficios descritos por Morris J. et al. (2011) y la amenaza que hoy representa el pez león (*Pterois volitans*) para el ecosistema del Caribe, es posible pensar en la elaboración de surimi, producto gelificado apreciado a nivel mundial por su funcionalidad proteica, para la manufactura e imitación de productos pesqueros.

Para la obtención de surimi, se debe realizar un proceso de ciclos de lavado, los cuales remueven las proteínas sarcoplásmicas, compuestos nitrogenados, grasa, compuestos aromáticos y otras impurezas, para concentrar las proteínas miofibrilares (Athallah & Park, 2016), mejorando la textura, color y olor de éste tipo de productos (Park et al., 2013). Sin embargo, cada ciclo de lavado requiere de grandes cantidades de agua (Lin & Park, 2008; Martín-Sánchez, Navarro, Pérez-Álvarez & Kuri, 2009), por lo que se han evaluado alternativas para la producción de surimi en las que se disminuyan la cantidad de agua utilizada (Filomena, 2015). El ultrasonido es una tecnología emergente, que produce un efecto denominado cavitación a través de una serie de rápidas expansiones y contracciones que inducen el desplazamiento de moléculas en el sistema (Cárcel, García-Pérez, Benedito, & Mulet, 2012), esto genera la extracción de las proteínas sarcoplásmicas y concentra las proteínas miofibrilares (miosina, actina y complejo de acto-miosina) (Martín-Sánchez et al., 2009). Dicha tecnología, puede reemplazar un ciclo de lavado para obtener surimi de mejor calidad (Filomena, 2012), mejorando la dureza del gel (Zhang, Zeng, Zhu & Zhou, 2011).

Por otro lado, el desarrollo de aplicaciones gastronómicas evaluadas sensorialmente, permite garantizar la aceptabilidad del producto en los consumidores, generando propuestas de valor innovadoras en el mercado tales como hamburguesas, snacks y dips. Es por esto que el objetivo principal de este trabajo fue analizar los efectos generados por los aglutinantes (albumina y almidón) sobre las características sensoriales en aplicaciones gastronómicas desarrolladas a partir de surimi de pez león (*Pterois volitans*) obtenidas con ultrasonido de alta intensidad.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Analizar los efectos generados por los aglutinantes (albumina y almidón) sobre las características sensoriales en aplicaciones gastronómicas desarrolladas a partir de surimi de pez león (*Pterois volitans*) obtenidas con ultrasonido de alta intensidad.

1.2.2. Objetivos específicos

- Desarrollar aplicaciones gastronómicas a partir de surimi de pez león (*Pterois volitans*) obtenidas con ultrasonido de alta intensidad.
- Evaluar las principales propiedades funcionales y estructurales en aplicaciones gastronómicas de surimi de pez león (*Pterois volitans*) obtenidas con ultrasonido de alta intensidad.
- Evaluar sensorialmente (panel sensorial y neuromarketing) las aplicaciones gastronómicas de surimi de pez León (*Pterois volitans*) obtenidas con ultrasonido de alta intensidad.

1.3. MARCO CONCEPTUAL

1.3.1. Pez León

El pez león es un pez de carne blanca que hace parte de la familia *scorpaeniade* (familia que contiene los peces más venenosos del mundo), originario del Indo-Pacífico, las dos subespecies principales son *Pterois volitans* y *Pterois miles* (Nelson, 2006). En su zona nativa ambas subespecies presentan características morfológicas distintivas, sin embargo, en el área marítima colombiana dichas diferencias desaparecen lo cual dificulta su reconocimiento y distinción (James a. Morris et al., 2011).

Esta especie carnívora de fácil adaptación y reproducción, representa una amenaza para la fauna marina ya que se estima que un solo pez león puede reducir el número de otras especies en un 79% en tan solo cinco semanas, esto se debe principalmente a su instinto depredador y su capacidad para alimentarse de más de 40 especies de peces diferentes (Côté & Maljković, 2010); debido a que no posee depredadores nativos que contrarresten los desórdenes biológicos y los impactos en la cadena trófica, dichos desordenes han ocasionado en el ecosistema del Caribe colombiano una serie de problemas económicos y sociales relacionados a las poblaciones cuyo sustento económico depende de la pesca (Arbeláez M. & Acero P., 2011).

Por su parte, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, diseñó un protocolo en conjunto con Parques Nacionales de Colombia, Coralina e INVEMAR, con el objetivo de “*planear el manejo y control del pez león en el Caribe Colombiano y el protocolo para su captura, extracción y disposición final*” (Arias, Carvajal, & Marina, 2013).

Algunos estudios han realizado pruebas microbiológicas y bromatológicas a filetes de pez león (*Pterois volitans*) llegando a la conclusión que dicha especie es apta para el consumo humano por su aceptable nivel de palatabilidad, ausencia de

toxinas de la carne y alto contenido de nutrientes esenciales para la dieta humana, como ácidos omega-3. Esto ha llevado a comparar comercialmente la carne de este pez con la calidad de la pulpa del pargo rojo (*Pagrus pagrus*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Morris et al., 2011)

El rendimiento promedio obtenido del filete luego de eviscerar y limpiar se encuentra entre 32,4% y 34,4%, con un contenido aproximado de proteína encuentra entre 18 a 20 g /100 g de muestra, grasa entre 1,01 a 1,13 g/ 100g de muestra (Morris et al., 2011). Con el objetivo de plantear posibles soluciones que mitiguen el impacto negativo ambiental generado por el rápido crecimiento poblacional del pez león en las zonas del mar Caribe, (J a Morris & Green, 2012) propusieron estrategias documentadas de control en las que se promueve utilizar dicha especie como materia prima para producción de alimentos. A partir de estos estudios, en Colombia se han implementado estrategias orientadas a aumentar el consumo del pez león (*Pterois volitans*) como festivales de pesca y recetarios. Así, Rausch (2014) experimentó en preparaciones tradicionales colombianas el uso del pez león (*Pterois volitans*) y documentó sus hallazgos en el recetario *Pez León*. Desde el año 2012, se han realizado festivales de pesca del pez león, como manera innovadora para fomentar la captura de la especie, basándose en la concientización de los buzos y pescadores sobre la problemática que representa la presencia de este pez. Bado-Navarro B. y Codina G (2013) también han realizado análisis microbiológico, bromatológico y pruebas de aceptabilidad de productos alimenticios relacionados con el pez león (*Pterois volitans*), concluyendo que el contenido proteico de esta especie es apto para la elaboración de subproductos como butifarras, chorizos, salchichas y ahumados.

1.3.2. Surimi

El surimi es una denominación japonesa que se aplica al músculo de pescado que ha sido molido o picado, el cual se somete a un proceso de lixiviación, para eliminar proteínas sarcoplásmicas, mezclado con agentes crioprotectores (Yeong, et al 2003; Sadhan et. al. 2010; Petcharat & Benjakul, 2015), que por sus

características texturales permite la elaboración de sucedáneos de pescado (Hall, 2001; Sotelo *et. al.*, 2008; Sadhan *et. al.* 2010). Tradicionalmente, se elabora con especies marinas de músculo blanco; sin embargo, en la década de los noventa, especies como el abadejo de Alaska (*Theragra chalcogramma*) tuvo un descenso, dando la oportunidad a que otros recursos pesqueros (especies tropicales y de agua dulce) fueran tenidos en cuenta (Hall, 2001) Diferentes investigadores han explorado la utilización de nuevas especies de peces, incluyendo los de músculo oscuro, para la producción de surimi (Martín-Sánchez, Navarro, Pérez-Álvarez, & Kuri, 2009 Ozuna, Cárcel, Walde, García-Perez, 2014; Hema *et al.*, 2016) presentando como una opción para agregar valor a especies subvaloradas a nivel mundial.

El proceso convencional de elaboración de surimi, comienza con la adecuación de la materia prima (eviscerado y fileteado del pescado), involucra tres lavados sucesivos en relación p/p 1:3 (filete:agua) con el objetivo de eliminar proteínas sarcoplásmicas, entre cada una de las etapas se debe cambiar el agua. Posteriormente, se realiza la homogenización con agentes crioprotectores (Yeong, *et al.*, 2003 Suzuki, 1981; Park, 2005; Murthy *et. al.*, 2011; Stine *et. al.*, 2011; Filomena, 2012; Liu, Kong, Han, Chen & He, 2014; Athaillah & Park; 2016).

1.3.3. Ultrasonido

El ultrasonido se define como ondas de sonido superiores a las detectables por el oído humano (> 20 kHz) (Alarcón-Rojo, 2015). Dentro de las aplicaciones industriales de los ultrasonidos se encuentran dos grandes grupos (Awad, *et al.* 2012): los ultrasonidos de potencia o de alta intensidad, que presentan frecuencias entre 20 kHz y 100 kHz y potencias superiores a 1 W/cm². Éstos se caracterizan por provocar cambios o afectar a los procesos y productos. Por otro lado, los ultrasonidos de baja potencia o de señal, con frecuencias de 100 kHz a 1 MHz e intensidades inferiores a 1 W/cm², se caracterizan por no producir cambios en el sistema, ya que la cantidad de energía que transmiten al medio es baja.

El ultrasonido de alta intensidad se ha utilizado en procesos de transferencia de materia y se encuentra incluido en etapas de extracción en protocolos de análisis. La aplicación de pulsos de alta intensidad modifica la permeabilidad de las membranas de los tejidos vegetales (Ade-Omowaye, Talens, Angersbach, & Knorr, 2003), por lo tanto puede afectar a los procesos de intercambio de materia de las células con su entorno. La utilización de los ultrasonidos en la obtención de emulsiones es una de las primeras aplicaciones de los ultrasonidos de potencia. Las ondas de choque producidas por cavitación constituyen un sistema muy eficiente de mezclado de fases. De esta forma, es posible a través de ultrasonido obtener surimi con características funcionales y estructurales similares al obtenido por el método tradicional (Filomena-Ambrosio et al., 2015) y utilizarlo en la elaboración de productos sucedáneos de pescado.

1.3.4. Aglutinantes alimentarios

Dentro de los aglutinantes alimentarios más utilizados en la gastronomía se encuentran la clara de huevo y el almidón (Yang & Park, 2001; Hunt et al., 2008; Park et al., 2013). La ovoalbúmina es la proteína más abundante de la clara y representa más de la mitad del contenido proteico. Se desnaturaliza fácilmente por agitación o batido y forma espuma, muestra una relativa estabilidad frente al calor (la desnaturalización térmica ocurre entre los 72 y 84 °C) características todas ellas de interés cuando los huevos se utilizan en la preparación de los alimentos. La ovoalbúmina es una fosfogluco proteína con un 3,2% de hidratos de carbono, integrada por tres fracciones, A1, A2 y A3, en una proporción de 85:12:3, respectivamente, que se diferencian por su contenido en fósforo. La ovoalbúmina es rica en cisteína y metionina y presenta cuatro grupos SH y dos uniones disulfuro. El número de éstas últimas aumenta durante el almacenamiento, se transforma en S-ovoalbúmina, que es más termoestable que la proteína original (temperatura de coagulación 92,5 °C). Posee buenas propiedades gelificantes que también pueden ayudar a la estabilización térmica de la espuma. Esta acción se reduce cuando aumenta la proporción de S-ovoalbúmina (Ángel Gil Hernández, 2010; Arzeni, Pérez & Pilosof, 2012)

A diferencia de la albúmina, el almidón es un hidrato de carbono, específicamente es un homopolisacárido de glucosa formado por una mezcla de dos polímeros, amilosa y amilopectina. Los gránulos de almidón se hidratan cuando se suspenden en agua fría; si la suspensión se calienta se produce un hinchamiento mayor, que rompe el gránulo y provoca que la amilosa y la amilopectina salgan fuera produciendo una suspensión viscosa. Se conoce como temperatura de gelatinización aquella en la que el gránulo pierde su estructura ordenada (Mohamed et al., 2009; Ángel Gil Hernández, 2010; Sun & Holley, 2011; Park et al., 2013).

1.3.5. Aplicaciones gastronómicas

1.3.5.1. Definición del dip

Los dips pueden ser definidos como preparaciones húmedas y cremosas en las que se moja un alimento. Principalmente se usan como acompañamientos para chips, galletas, tostadas, pan, vegetales crudos, entre otros. Su principal característica es su consistencia semi-sólida, firme y untuosa a la vez. Pueden ser servidos fríos o calientes y generalmente se elaboran a partir de mayonesa o crema de leche. (Hause et al, 2006; The Culinary Institute of America, 2006). En este caso el dip elaborado a partir de surimi de Pez León (*Pterois volitans*) se realizó con crema agria teniendo en cuenta las características de sabor que imparte gracias a su acidez (4.6 ácido láctico) (Arteaga et al, 2009). El producto obtenido es de un color blanco, suave, cremoso y relativamente fluido.

1.3.5.2. Definición de hamburguesas

Según la norma técnica Colombiana 1325 del año 1999, una hamburguesa se puede definir como: "Producto cárnico procesado, homogenizado o picado o ambos, formado, sometido o no a tratamiento térmico, elaborado a base de carne y con la adición de sustancias de uso permitido". La hamburguesa de pez león (*Pterois volitans*) es de color marrón uniforme, de forma redonda, con

un peso de 45 gr en cocido, se percibe correctamente realizada la emulsión ya que el producto se ve uniforme y homogéneo.

La hamburguesa elaborada a partir de surimi de Pez León (*Pterois volitans*) es visualmente similar a la hamburguesa de pescado desarrollada por la Pesquera Jaramillo. Ambos productos presentan semejanza en el color (marrón claro) y en el estilo de la emulsión.

1.3.5.3. Definición de Snack

El término snack no se puede catalogar dentro de un grupo específico de alimentos, ni estandarizar en una única definición, ya que abarca una amplia diversidad de productos que difieren en proceso de producción, valor nutricional y tamaño. No obstante, una característica unificadora es que son alimentos que se consumen de manera informal, sin el uso de algún implemento y usualmente en compañía (Gordon, 1990).

Para efectos de éste trabajo nos basamos en la siguiente descripción: un snack hace referencia a una porción pequeña de comida o un alimento pequeño que se suele consumir entre comidas, generalmente con la intención de reducir o prevenir la sensación de hambre hasta el siguiente tiempo de comida, incluyendo: frutos secos, bollería, galletería, confitería, bebidas, frutas, entre otros (Bucher et al., 2016).

Los snacks obtenidos a partir de surimi de pez león (*Pterois volitans*) son de color amarillo intenso y brillante, esto debido a la reacción de Maillard que tiene lugar durante la fritura. Presentan una forma rectangular cóncava ya que durante el proceso de cocción, las proteínas presentes en el alimento se desnaturalizan, haciendo que el alimento se recoja adquiera esta forma.

A comparación de un snack comercial elaborado a base de papa, los snacks obtenidos a partir de surimi de pez león (*Pterois volitans*) son de un color más intenso, esto debido a la reacción de Maillard que genera la coloración marrón en la superficie del producto, reacción que no tiene lugar durante el proceso de fritura de las chips de papa ya que estos tienen un contenido muy bajo de proteína, entre el 1 y 2% (FAO, 2008). La forma que presentan ambos

productos es muy distinta pero esto responde a la manera en que fueron moldeados (rectangular y redondo respectivamente).

CAPITULO II. HAMBURGESAS

2.1. Efecto de ultrasonido de alta potencia en la textura, forma y percepción sensorial de hamburguesas de surimi de pez león (*Pterois Volitans*)

JOURNAL OF CULINARY SCIENCE & TECHNOLOGY
<https://doi.org/10.1080/15428052.2017.1404538>



Effectiveness of High Power Ultrasound for Surimi-Based Preparation of Lionfish (*Pterois volitans*) Patties by Textural, Sensory and Shape Preference

Luis Miguel Jiménez Muñoz^a, Indira Sotelo Díaz^{b,c}, Carlos Salgado Rohner^d, Gabriela Cález Ramírez^c, and Annamaria Filomena Ambrosio^{b,c}

^aMaestría en Diseño y Gestión de Procesos, Universidad de La Sabana, Chía, Colombia; ^bGrupo de investigación Alimentación, Gestión de Procesos y Servicios, Universidad de La Sabana, Chía, Colombia; ^cGrupo de investigación Procesos Agroindustriales, Universidad de La Sabana, Chía, Colombia; ^dGrupo de investigación Innovación y Estrategia, Universidad de La Sabana, Chía, Colombia

ABSTRACT

Lionfish is an invasive and predatory species with low local consumption due to a lack of culinary knowledge of its preparation. A new way to prepare lionfish was proposed to increase variety and provide added value. The aim of this study was to evaluate the effect of high power ultrasound application on the textural properties measured by the texture profile analysis, sensory attributes, and shape preference of surimi patties (rounded and square) made from lionfish. Patties were prepared using lionfish surimi processed with ultrasound (37 kHz; 150 W), sodium citrate (0.3%), sucrose (1%), and salt (2%). Ultrasound exposure increased the hardness of the patties by 35.1%, decreased cohesiveness by 89.7%, and decreased the chewiness by 49.1%. Results show that high power ultrasound showed potential as an environmentally friendly technology to create surimi as a base for patties with sensory and textural appropriateness, increasing the potential culinary applications of lionfish.

ARTICLE HISTORY

Received 25 September 2017
Accepted 9 November 2017

KEYWORDS

Lionfish; surimi; ultrasound; sensory analysis; texture profile analysis

2.1.1. Introducción

El pez león (*Pterois volitans*, familia: *Scorpenidae*) fue declarado como especie invasora en el Atlántico y particularmente en el Caribe colombiano desde diciembre del 2008 (Albins, & Hixon, 2013). Actualmente, representa una amenaza para la biodiversidad de la región debido al potencial desequilibrio en la estructura trófica de los ecosistemas de arrecifes (Albins & Lyons, 2012) generado por su rápido crecimiento poblacional y su carácter depredador (Morris et al., 2011). Algunas especies locales de peces pertenecientes a las familias: *Lutjanidae*, *Serranidae* y *Scaridae* están amenazadas por dicho depredador (Arbeláez et al., 2011).

Investigadores como Morris et al. (2011), han estudiado la calidad de la carne de esta especie, en función del contenido de los ácidos grasos omega-3 (ácido docosahexaenoico), los cuales se presentan en mayor concentración que en el pargo rojo (*Pagrus pagrus*) y en el atún de aleta azul (*Thunnus thynnus*). Por otro lado, aplicaciones gastronómicas de pez león han sido descritas por Carreño et al., (2012) en las que se obtuvieron diferentes embutidos emulsionados como butifarras, chorizos, salchichas, ahumados con alta aceptación en cuanto al color, sabor, olor y textura. Actualmente, en diferentes países del Gran Caribe como Bahamas, Colombia, México, República Dominicana, Puerto Rico, San Martín entre otros, se han desarrollado campañas educativas con el fin de incentivar el consumo del pez león, desarrollando diferentes recetas a partir de éste pez, descritas en diferentes libros de cocina como el de Ferguson & Akins (2016) y el publicado por el cocinero colombiano Jorge Rausch (2014).

Una forma de generar valor agregado al consumo de ésta especie invasora, es el uso de los filetes como materia prima en la elaboración de surimi, denominación japonesa ampliamente conocida para los productos elaborados a partir del filete de pescado, en donde se retira la mayor concentración de proteínas

sarcoplásmicas con sucesivos lavados con agua potable, y adición de estabilizantes en la homogenización (Park, 2005. Sotelo, 2008, Athaillah & Park, 2016). Debido a la baja producción de surimi proveniente de especies de agua salada en los años noventa (Park, J., 2014), se ampliaron las posibilidades de aprovechamiento de otros recursos pesqueros de agua dulce y acuicultura, como la Tilapia (*Oreochromis niloticus*), (Zhang et al., 2011); Cajaro (*Phractocephalus hemiliopterus*), (Sotelo et al., 2008) y Carpa (*Cyprinus Carpio*) (Liu et al., 2014).

El proceso convencional del surimi utiliza altas cantidades de agua potable con respecto a la carne de pescado, alrededor de 3:1 (p/p) en tres etapas sucesivas de lavado. En los últimos años, se ha estudiado el ultrasonido de alta intensidad como método para mejorar el proceso de obtención de surimi; Zhang et al., (2011) encontrando que relaciones de frecuencias entre 28, 45 y 100 kHz y potencias de 250 W, mejoran la dureza del gel de surimi y resalta la calidad organoléptica (Fan et al., 2017; Filomena et al., 2015).

La producción del surimi y su consumo han estado relacionados con países como Estados Unidos y Japón. Sin embargo, nuevos productores de surimi han surgido como el caso de Chile y Argentina que exportan a Brasil y México, países en los que ha ido aumentando el consumo durante los últimos años. Se estima que el consumo de surimi y sucedáneos en América Latina, aunque sigue siendo bajo presenta una tendencia lenta pero creciente. Investigadores como Gates, (2011) estiman que para el caso de Chile se presentan oportunidades en la comercialización de productos de valor agregado a partir de surimi. En Colombia, desde hace un corto tiempo se pretende impulsar campañas para aumentar el bajo consumo de productos pesqueros (Restrepo-Betancourt et al., 2016).

Asimismo, existe un creciente interés en el mercado por productos de fácil y rápida preparación para consumidores modernos que poseen poco tiempo; se observa una creciente tendencia a reconocer la importancia de la diversificación de fuentes proteicas que puedan ofertarse en productos atractivos para el consumidor

(Soltanizadeh & Ghiasi-Esfahani, 2014). Por lo tanto, una forma de incentivar el consumo de productos a base de surimi podría ser el desarrollo de aplicaciones gastronómicas en las que los atributos sensoriales y características de preparación resulten llamativos para el consumidor.

Investigadores como Imram (1999), ha señalado que la expectativa del consumidor está influenciada por la interacción de los atributos sensoriales de un producto alimentario con los factores fisiológicos, cognitivo y comportamental que actúan sobre su percepción. Esta interacción también se ve afectada por el contexto y antecedentes culturales e influencias psicosociales que surgen de la experiencia previa con el producto afectando su respuesta hedónica. Por otra parte, Spence & Ngo (2012) demostró que la expectativa sensorial del consumidor frente a la diversidad de alimentos y bebidas podría estar influenciada por asociaciones simbólicas que hace el individuo al relacionar la forma en la que este es presentado con sabores, atributos somato-sensoriales y flavors de acuerdo a la forma (redonda o angular) que tenga el producto.

Considerando la búsqueda de nuevas oportunidades culinarias para esta especie, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la aplicación de ultrasonido de alta potencia en la elaboración de hamburguesas de surimi de pez león en las propiedades texturales, atributos sensoriales y preferencia de la forma.

2.1.2. Materiales y métodos

Pez león (*Pterois volitans*) (Figura 1) fue adquirido en mercados locales de Cartagena (10°23'58" N; 75°30'51"O) (Colombia), transportado y almacenado a una temperatura de -20°C durante un periodo inferior a una semana hasta el momento de la obtención de surimi y preparación de la carne hamburguesas.



Figura 1. Pez león (*Pterois volitans*) usado para preparar surimi.

2.1.2.1. Proceso de elaboración del Surimi

Se realizaron dos tratamientos de elaboración de surimi: método convencional (CM) y método con ultrasonido (UM)

Método convencional (CM): Filetes de pez león troceados (2x2x2 cm), fueron lixiviados con agua a 4°C en una relación p/p 1:3 (filete: agua), por tres ciclos de lavado de 15 min, se prensaron y homogenizaron con la adición de NaCl (0,1-0,2%), sacarosa (0,2-0,3%) y citrato de sodio (0,3-0,4%).

Método ultrasonido (UM): Filetes de pez león troceados (2x2x2 cm) fueron lixiviados durante dos ciclos de lavado, se dispusieron dentro de un baño con ultrasonido (ELMA, Singen, Alemania), a 37 kHz; 150 W, 15-20(min). Se continuó con el mismo protocolo del método convencional.

2.1.2.2 Elaboración de hamburguesa

Las hamburguesas elaboradas a partir de surimi obtenido por los dos tratamientos, CM y UM, se mezclaron en una proporción 3:1 w/w, con una preparación de especias en medio semigrasa denominada "guiso". Para la preparación del guiso se utilizó tomate (62%), cebolla (33%) y ajo (5%) cortados en trozos pequeños, previamente homogenizados y freídos a fuego lento, sin adición de sal.

Las hamburguesas fueron cocinadas siguiendo el método sugerido por Ramadhan, et al., (2012). Cada hamburguesa se cocinó por ambos lados en parrilla sobre superficie plana hasta alcanzar una temperatura interna mínima de 75°C (Martínez et al., 2012). Posteriormente, se rebozó con harina de trigo, yema de huevo y miga de pan y fue llevado a una segunda cocción por diez minutos.

2.1.2.3 Análisis de perfil de textura

Se realizó un análisis de perfil de textura (TPA) en un TA.XT plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, UK) con una probeta de aluminio de 25 mm y distancia de deformación de 10 mm. El software utilizado fue Texture Exponent. Los atributos evaluados fueron: dureza, cohesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad.

2.1.2.4 Evaluación Sensorial

A las hamburguesas elaboradas por los dos tratamientos (CM y UM) se les realizó una variación en la forma: hamburguesa con forma redonda (RB) y con forma cuadrada (SB) (Figura 2), para un total de cuatro tratamientos que fueron presentados al panelista: método convencional y forma cuadrada (CMSB), método convencional y forma redonda (CMRB), método ultrasonido y forma redonda (UMRB) y método ultrasonido y forma cuadrada (UMSB).

Los cuatro tratamientos fueron presentados al panel como hamburguesas, sin especificar la procedencia de la carne con que fueron elaboradas. Se evaluó la capacidad del panelista para identificar el sabor cárnico a pescado en cada una de las muestras como “sabor global”. Las evaluaciones sensoriales se realizaron utilizando escalas análogas para cuantificar la percepción de los panelistas sobre los atributos de las cuatro muestras de hamburguesas. La evaluación sensorial se desarrolló de acuerdo a la metodología propuesta por De Quadros et al., (2015).

Veintiocho panelistas (Estudiantes de gastronomía de la Universidad de La Sabana) fueron entrenados en sesiones de tres horas durante cuatro semanas,

para evaluar cinco atributos sensoriales:(dulzor, salado, cohesividad, dureza y percepción del sabor global). Adicionalmente, se evaluó la preferencia de las muestras en relación a su forma geométrica (Salgado et al., 2015).



Figura 2. Hamburguesas de surimi de pez león presentada en dos formas diferentes (redondas y cuadradas).

2.1.2.5 Análisis Estadístico

En el diseño experimental se realizaron cuatro tratamientos combinando: *método* (ultrasonido/convencional) y *forma* (redonda/cuadrada) para la elaboración de las hamburguesas de surimi de pez león. El orden de presentación de las muestras fue al azar aplicando el diseño de bloques completos (Faber et al., 2003). Se aplicó una prueba T para muestras, para comparar la media de los valores instrumentales de textura entre los tratamientos UM y CM. Los resultados del análisis sensorial fueron sometidos a un test de ANOVA para posteriormente realizar un test de diferencias mínimas significativas (LSD). Se consideró un modelo de regresión logístico estratificado para cada panelista evaluando la influencia de los factores en la percepción del sabor a pescado por parte de los mismos. Para el análisis de datos se utilizó el programa SAS[®] versión 9.4. (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

2.1.3. Análisis de resultados

2.1.3.1 Análisis de perfil de textura

Los parámetros texturales evaluados a partir de TPA permitieron diferenciar los tratamientos a partir de la: dureza, cohesividad y masticabilidad (Tabla 1), con una significancia estadística de 0.05. La cohesividad, definida como el grado de deformación que tiene un alimento antes de romperse (Sarıçoban et al., 2009), es uno de los parámetros característicos para geles tipo surimi (Yang et al., 2014). Para las hamburguesas de surimi elaboradas por UM se evidenciaron valores de cohesividad menores. Sin embargo, se observaron valores mayores en dureza para UM; esto podría estar relacionado a que el ultrasonido modifica la estructura interna del gel (Zhang et al., 2011) al reorganizar la estructura de las proteínas miofibrilares (Turantas et al., 2015). La aplicación de ultrasonido para la obtención de surimi de otras especies de peces ha presentado un comportamiento similar (Zhang, 2011; Filomena et al., 2015).

Tabla 1. Análisis de perfil de textura de las hamburguesas de surimi procesadas por método convencional y ultrasonido.

	Dureza (N)	Elasticidad	Masticabilidad (N)	Cohesividad	Gomosidad (kg*m/s ²)
UM	22.630± 2.75 ^a	0.968 ± 0.02 ^a	6.749 1.379 ^a	± 0.317 ± 0.06 ^a	7.135 ± 1.32 ^a
CM	16.763 3.09 ^b	± 1,000 ± 0.00 ^a	10.058± 2.07 ^b	0.602 ± 0.07 ^b	10.054 ±2.07 ^b

*Los datos muestra la media ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (LSD, p<0.05).

Por otra parte, las hamburguesas de surimi de pez león elaboradas con ultrasonido, tuvieron menores valores para el parámetro de gomosidad (dureza x cohesividad); que representa la energía requerida para desintegrar la muestra de la hamburguesa (Sarıçoban et al., 2009). Autores como Sun & Holley, (2011), sugieren que la gomosidad es un parámetro cuyo valor aumenta al haber una mayor concentración de proteínas en el gel. Autores como Ordonez Ramos, Choi & Ryu, (2012) reportan que el contenido proteico en el surimi disminuye después del procesamiento del gel del 19.6% (carne cruda) al 12,1% kamaboko; adicionalmente, la pérdida de proteínas sarcoplásmicas y la unión de proteínas miofibrilares proporcionan una mayor fortaleza a la red del gel. Zhang et al., (2011) han reportado que el surimi elaborado por ultrasonido presenta mayores concentraciones de proteínas miofibrilares que el elaborado por método convencional.

De otro lado, Chaijan et al., (2006) demostraron que un apropiado lavado genera una eficiente eliminación de proteínas sarcoplásmicas, al producir una mayor concentración de proteínas miofibrilares, las cuales cumplen un rol esencial en la formación de geles. Pequeñas cantidades de proteínas sarcoplásmicas podrían tener efectos adversos en la dureza y deformación de geles de proteínas miofibrilares, debido a que éstas proteínas podrían interferir en la formación de enlaces cruzados de la miosina durante el proceso de gelificación al no tener la capacidad de formar gel y tener baja capacidad de retención de agua.

El ultrasonido de alta potencia puede mejorar los procesos de transferencia de masa o intercambio de componentes en materiales biológicos mejorando la extracción de proteínas sarcoplásmicas (Cárcel, et al., 2012; Mulet et al., 2002). Esto se debe al efecto de “cavitación” en el que se generan micro-burbujas que aumenta la erosión superficial y al “efecto esponja” en el que las ondas acústicas pasan a través del material sólido provocando expansiones y contracciones rápidas y sucesivas que aceleran los fenómenos de transferencia de materia. Es

decir, el ultrasonido presenta mayor eficiencia en la remoción de proteínas sarcoplásmicas que el método convencional.

Respecto a la masticabilidad, definida como el trabajo necesario para desintegrar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido (Dureza x cohesividad x elasticidad) (Sarıçoban et al., 2009); las hamburguesas obtenidas por el método UM presentaron valores significativamente menores que las elaboradas por el método convencional ($p < 0.05$). La aplicación de ultrasonido dio como resultado un producto menos gomoso y cohesivo, y por lo tanto con menor valor de masticabilidad. Es decir, que el consumidor debería ejercer una menor cantidad de energía para comprimir las hamburguesas de surimi elaboradas por UM.

2.1.3.2 Perfil sensorial

Los atributos sensoriales que presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos CM y UM, fueron la cohesividad y sabor global para los atributos evaluados (Figura 3). Por otra parte, se evidenció que la preferencia del consumidor por las hamburguesas se vio afectada por la forma (redonda / cuadrada) de las mismas.

La forma cuadrada, como factor de variación de la presentación de la hamburguesa, tuvo efecto significativo en la percepción del sabor salado. Estos resultados contrastan con el estudio reportado por Athaillah & Park,(2016) en el que la preferencia de hamburguesas de pescado para niños, elaboradas con la especie *Serra brasiliensis*, se vio afectada significativamente por la forma, siendo más atractivas las preparaciones en forma de pescado y no redondas. Sin embargo, la percepción de sabor salado y la forma no fueron correlacionadas (De Quadros et al., 2015). En el caso del pez león, la forma circular fue percibida 1,3 veces más salada para el tratamiento CM ($p < 0.05$). Adicionalmente se observó una diferencia entre tratamientos tal vez debido a la modificación de la carga

iónica de la proteína al aplicar ultrasonido, con la posibilidad de alterar el sabor (Athallah & Park, 2016).

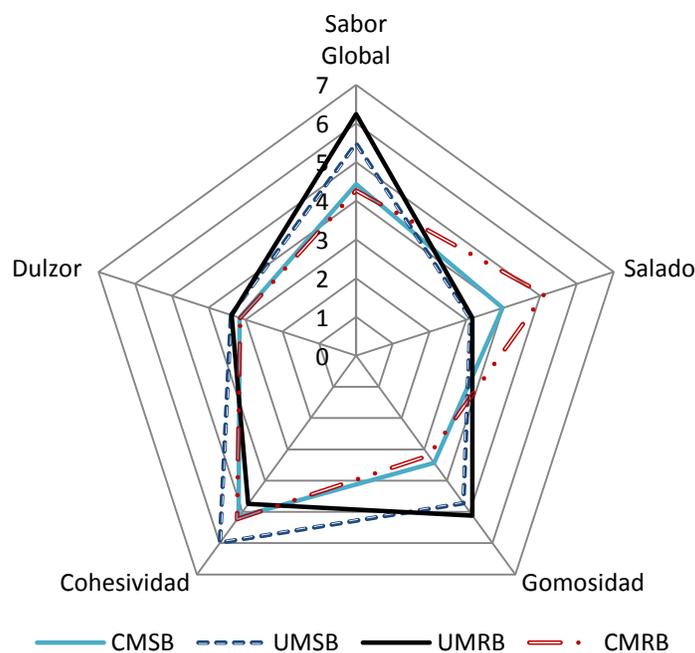


Figura 3. Perfil sensorial de las hamburguesas de surimi basado en la percepción del panelista utilizando escala visual análoga. (Los resultados corresponden a una media $n=27$) CMSB: Convencional cuadrada; UMSB: Ultrasonido cuadrada; UMRB: Ultrasonido redonda; CMRB: Convencional redonda.

2.1.3.3 Percepción del sabor a pescado

Se presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) para el parámetro del *sabor global* en las hamburguesas elaboradas por los dos métodos, siendo mejor evaluado por los panelistas la obtenida con ultrasonido. Esto puede deberse al efecto generado por las ondas, las cuales no solo modificaron la textura sino el sabor de dicho producto (Zhang et al., 2011), debido a que la eficiente eliminación de las proteínas sarcoplásmicas, permite elaborar surimis con mejor color, olor y

textura (Park & Lin, 2005). Sin embargo, éste parámetro no presentó diferencias estadísticamente significativas al variar la forma.

En la Figura 4, se observa que en promedio las hamburguesas elaboradas con UM presentaron un valor mayor (5,86) frente a las elaboradas con CM (4,74). Respecto a la cohesividad se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, resultando 30% más cohesivas las hamburguesas de surimi elaboradas por ultrasonido que las elaboradas por método convencional ($p < 0.05$). Dicho resultado no coincidió con los valores reportados en el análisis de perfil de textura, siendo en este caso menor el valor de cohesividad para UM, por lo que se asume que la diferencia mecánica no resulta perceptible para los panelistas en el parámetro de cohesividad.

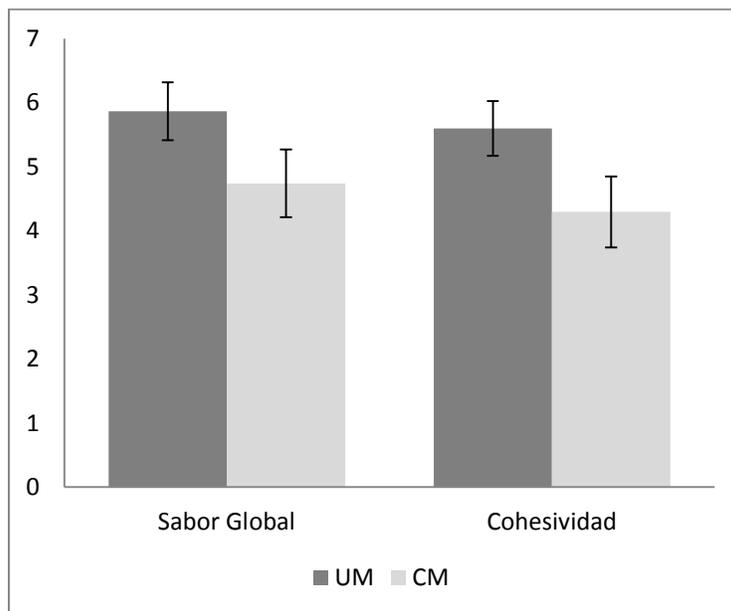


Figura 4. Promedio estimado para las variables sabor global y cohesividad de las hamburguesas elaboradas con método convencional y ultrasonido. Error estándar = desviación estándar/media.

En la Figura 5 se muestra la probabilidad de percibir el sabor “pescado” en las hamburguesas. La prueba de regresión logística mostró que el método de

elaboración (ultrasonido/convencional) de la hamburguesa y la forma de presentación (circular/cuadrada) presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), influenciando la percepción del sabor del producto por parte de los panelistas. La identificación de sabor “pescado” en las hamburguesas, tuvo una relación tanto con la forma de presentación como con el método de elaboración; siendo más fácil de identificar el sabor a pescado en hamburguesas obtenidas por CM. Lo anterior se debe a que las proteínas sarcoplásmicas imparten color, aroma y sabor característico a pescado; por tanto, la remoción por ultrasonido de estas proteínas hidrosolubles tiene un efecto en la modificación de propiedades sensoriales y conlleva a la concentración de proteínas insolubles como la miosina y la actina (Ramírez, et al., 2000; Chaijan et al., 2006).

Ambos métodos utilizados favorecieron la remoción de proteínas sarcoplásmicas, sin embargo, se considera que el ultrasonido tiene mayor eficiencia en la extracción de estas, pues los pulsos generados por las ondas ultrasónicas afectan directamente el espacio formado entre las proteínas miofibrilares (Zhang et al., 2011). Por esta razón, el sabor a pescado resultó con menor probabilidad de identificación en UM que en CM.

Investigadores como Imram, (1999), Spence & Ngo, (2012) han sugerido que la preferencia del consumidor por la forma en la que es presentado un producto está fuertemente ligada a factores sociales, culturales y de hábitos de consumo incidiendo sobre la expectativa sensorial del panelista. Por esta razón, la presentación usual de las hamburguesas en forma redonda, puede ocasionar que el panelista identifique con mayor facilidad el sabor “pescado”. Es así como la forma es una propiedad de los productos que se ha estudiado ampliamente desde el neuromarketing. Investigadores como Arnheim (1974) argumentaron que las formas angulares presentan una confrontación entre el estímulo y el entorno, por lo tanto, se perciben como expresivas de conflicto. Berlyne (1976) demostró que las formas angulares tienden a inducir asociaciones con rasgos que expresan

dureza, mientras que las formas circulares tienden a inducir percepciones de accesibilidad, suavidad y armonía. Actualmente, se han propuesto acoplamientos similares entre angularidad de forma y potenciales percepciones sensoriales (Bar & Neta, 2006). Estos autores demostraron que las formas circulares son percibidas como armoniosas y suaves, mientras que las formas angulares desencadenan asociaciones de conflicto. Estos hallazgos indican que la articulación de la forma afecta la percepción del consumidor. La no asociación entre la relación tradicional de forma y sabor evidenciada por la forma cuadrada, afectó la percepción del panelista. Por otro lado, para los panelistas fue más fácil identificar los parámetros sensoriales para las hamburguesas de forma circular debido a las asociaciones simbólicas que hace el individuo al relacionar la forma convencional en la que el producto es presentado tradicionalmente (Spence & Ngo, 2012). Lo anterior podría sugerir que no únicamente el hábito de consumo afecta la percepción, sino también la congruencia entre la expectativa sensorial del consumidor y los atributos sensoriales del producto.

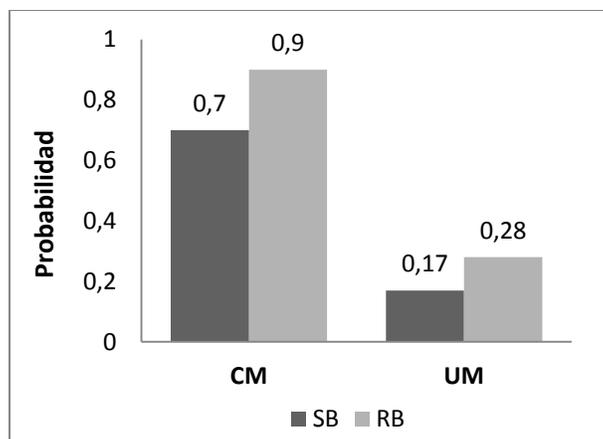


Figura 5. Efecto del método de preparación y la forma en la identificación del sabor a pescado in las hamburguesas de surimi. CM, Método convencional. UM, Método Ultrasonido. SB, Forma cuadrada de la hamburguesa. RB, Forma redonda. (N=27).

2.1.4 Conclusiones

La aplicación de ultrasonido de alta potencia en la obtención de surimi, proporciona a las hamburguesas de pez león características mecánicas de mayor dureza, menor cohesión y masticabilidad frente al método convencional (CM). Por otra parte, la forma redonda de la hamburguesa puede incidir sobre la percepción sensorial, logrando que exista una mayor probabilidad de percepción del sabor “pescado”.

Esta investigación contribuye al desarrollo de nuevos productos elaborados a partir de surimi de pez león, con características texturales y sensoriales que incentivan las aplicaciones gastronómicas innovadoras, empleando una tecnología amigable con el medio ambiente, debido a la reducción en un ciclo de lavado y al mismo tiempo incentivando el consumo dicha especie marina.

2.2 Efecto de ultrasonido y aglutinantes en características texturales y sensoriales de hamburguesas de surimi de pez león (*Pterois volitans*)

Elsevier Editorial System(tm) for LWT - Food
Science and Technology
Manuscript Draft

Manuscript Number: LWT-D-18-00056

Title: Effect of ultrasound and binders on textural and sensory properties of lionfish (*Pterois volitans*) surimi patties

Article Type: Research paper

Keywords: ultrasound; binders; surimi; lionfish; fractal dimension.

Corresponding Author: Professor Annamaria Filomena,

Corresponding Author's Institution: Universidad de La Sabana

First Author: Luis M Jiménez

Order of Authors: Luis M Jiménez; Maria X Quintanilla, PhD; Annamaria Filomena

Abstract: The effect of ultrasound and different percentage of binders (egg white liquid (EWL), corn starch (CS)) on texture, microstructure, sensory evaluation properties of patties made of surimi from lionfish (*Pterois volitans*) was investigated. Each set of binders was added up to 3% varying proportions. To evaluate the quality of the resulting product based on surimi gel, some parameters (gel strength, texture profile, water holding capacity and sensory qualities, fractal dimension) were analyzed. Results showed that the application of ultrasound and the use of additives enhanced the properties of patties made of lionfish surimi. The addition of binders showed improvement in water holding capacity and hardness. However, cohesiveness and fractal dimension were higher in samples processed with ultrasound and no binder. An acceptance test was performed using 32 trained panelists; a preference test was also performed in which panelists indicated which sample was the best for texture attributes, overall liking and overall flavor.

2.2.1 Introducción

La invasión de la especie depredadora pez león (*Pterois volitans*) presenta una amenaza para los ecosistemas de coral del océano atlántico occidental (Maji, Bhattacharyya, & Pal, 2016). El pez león, posee la capacidad de expandirse rápidamente a nuevos ambientes marinos, reduciendo drásticamente la población de especies presentes en los arrecifes nativos (Benkwitt, 2015) Esta especie se encuentra distribuida en un área que abarca la costa oriental de los Estados Unidos, Las Bermudas, Golfo de México y la región del Caribe. En Colombia, se reportó la presencia de esta especie en el año 2008 (Arias, Carvajal, & Marina, 2013) y en Brasil en año 2014 (Ferreira, Luiz, Floeter, & Lucena, 2015). Para mitigar el impacto negativo que representa esta especie, se han propuesto estrategias de control para la remoción y promoción del consumo de pez león a escala local y comercial (Morris et al., 2011).

Una forma de incentivar el consumo de ésta especie, es la elaboración de surimi, como base para aplicaciones gastronómicas. El gel de surimi, ha ganado amplia atención en el mercado global debido a sus características como: alta concentración de proteínas miofibrilares, bajo contenido en grasa y producto listo para el consumo, además de su textura única (Fan, et al., 2016). Cuando un surimi de alta calidad es el componente principal de un producto, la textura predominante tiende a ser gomosa (Tabilo-munizaga & Barbosa-c, 2005); para adecuar el producto a las preferencias texturales del consumidor es necesario añadir ingredientes al surimi para modificar las propiedades texturales y de capacidad de retención de agua (Park et al., 2014). Estas características texturales de los productos de gel de surimi reestructurados están basadas en la interacción entre las proteínas miofibrilares y los diferentes aditivos (Lee CM, Chung KH., 1989; Hema et al., 2016).

El almidón es un aditivo usado en gran variedad de alimentos con distintos propósitos: espesante, gelificante, agregando estabilidad y así reemplazar ingredientes más costosos (Mason, 2009). De acuerdo con Park et al., (2014), el almidón cumple un rol importante en la formación de la estructura de los geles surimi-almidón, ya que es utilizando principalmente para mantener la dureza del gel; los almidones nativos con alto contenido de amilosa como el de maíz y trigo forman geles algo quebradizos, mientras que almidones con alto contenido de amilopectina como maíz ceroso forman geles más adhesivos y cohesivos. Por otra parte, la clara de huevo también es un aditivo común en la elaboración del surimi. La función prevista de la clara es evitar el ablandamiento del gel durante el proceso de gelificación térmica para que el producto sea más elástico (Nopianti, R., et al., 2011).

Teniendo en cuenta que el pez león es una nueva especie que está siendo introducida para consumo humano, hay pocos reportes sobre la aceptación sensorial de sus productos derivados. Las propiedades sensoriales y factores que afectan los atributos del producto y la aceptación del consumidor deben ser investigados (Morris et al., 2011). De este modo, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del ultrasonido y la presencia de aglutinantes sobre las propiedades texturales y aceptabilidad sensorial de hamburguesas de surimi de pez león.

2.2.2 Materiales y métodos

El pez león fue adquirido en mercados locales de Cartagena (10°23'58" N; 75°30'51"O) (Colombia), transportado y almacenado a una temperatura de -20°C durante un periodo inferior a una semana hasta el momento de la obtención de surimi y preparación de la carne hamburguesas.

2.2.2.1 Proceso de elaboración del Surimi

Dieciséis muestras de surimi fueron estudiadas (Tabla 2). Las muestras se elaboraron utilizando 2 métodos: convencional (CM) y ultrasonido (UM). Adicional

a esto se agregó diferentes concentraciones de aglutinantes (clara de huevo y almidón).

Método convencional: Filetes de pez león troceados (2x2x2 cm), fueron lixiviados con agua a 4°C en una relación p/p 1:3 (filete: agua), por tres ciclos de lavado de 15 min, se prensaron y homogenizaron con NaCl (0,1-0,2%), sacarosa (0,2-0,3%) y citrato de sodio (0,3-0,4%).

Método ultrasonido: Filetes de pez león troceados (2x2x2 cm) fueron lixiviados durante dos ciclos de lavado, se dispusieron dentro de un baño con ultrasonido (ELMA, Singen, Germany), a 37 kHz; 150 W, 15-20(min). Se continuó con el mismo protocolo del método convencional.

La formulación de las muestras fue seleccionada con el fin de obtener un set de hamburguesas de surimi con rangos de diferentes características texturales. Las hamburguesas fueron preparadas añadiendo 3% NaCl, 2% sacarosa y 0.3% citrato de sodio. El resto de la formulación consistió en diferentes concentraciones de aglutinantes (Almidón de maíz maicena® y clara de huevo líquida) hasta el 3% como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Código para los diferentes tratamientos estudiados. CN: Convencional, US: Ultrasonido.

Tratamiento	Método	Agglutinantes	
CN1	Convencional	-	-
CN2	Convencional	Almidón (3%)	Clara huevo (0%)
CN3	Convencional	Almidón (0%)	Clara huevo (3%)
CN4	Convencional	Almidón(0,99%)	Clara huevo (2,01%)
CN5	Convencional	Almidón(2,01%)	Clara huevo (0,99%)
CN6	Convencional	Almidón (1,5%)	Clara huevo (1,5%)
CN7	Convencional	Almidón(0,75%)	Clara huevo (2,25%)
CN8	Convencional	Almidón(2,25%)	Clara huevo (0,75%)
US1	Ultrasonido	-	-
US2	Ultrasonido	Almidón(3%)	Clara huevo (0%)
US3	Ultrasonido	Almidón(0%)	Clara huevo (3%)
US4	Ultrasonido	Almidón(0,99%)	Clara huevo (2,01%)
US5	Ultrasonido	Almidón(2,01%)	Clara huevo (0,99%)
US6	Ultrasonido	Almidón(1,5%)	Clara huevo (1,5%)
US7	Ultrasonido	Almidón(0,75%)	Clara huevo (2,25%)
US8	Ultrasonido	Almidón(2,25%)	Clara huevo (0,75%)

2.2.2.2 Elaboración de hamburguesa

Las hamburguesas elaboradas a partir de surimi obtenido por los dos tratamientos, CM y UM, se mezclaron en una proporción 3:1 w/w, con una preparación de especias en medio semigrasa denominada "guiso". Para la preparación del guiso se utilizó tomate (62%), cebolla (33%) y ajo (5%) cortados en trozos pequeños, previamente homogenizados y freídos a fuego lento, sin adición de sal.

Las hamburguesas fueron cocinadas siguiendo el método sugerido por Ramadhan, et al., (2012). Cada hamburguesa se cocinó por ambos lados en parrilla sobre superficie plana hasta alcanzar una temperatura interna mínima de 80°C (Martínez et al., 2012). Posteriormente, se rebozó con harina de trigo, yema de huevo y miga de pan y fue llevado a una segunda cocción por diez minutos.

2.2.2.3 CRA

Según el método sugerido por Jauregui et. al, (1981), reportado por Murphy et al. (2014), muestras 1.5 g \pm 0.1 g se recubrieron en papel filtro Whatman # 3 previamente pesado y se recubrió nuevamente con papel Whatman # 50. La muestra se centrifugó a 9000 r.p.m, a 4 °C por 20 minutos (Universal 32 R Hettich Zentrifugen). Al finalizar la centrifugación el papel de filtro fue nuevamente pesado. La CRA se determinó por diferencia de peso.

2.2.2.4 Humedad

Muestras de 5,0 g \pm 0,1 g se secaron durante 4 horas a 102 °C \pm 0,1 °C; empleando el método de secado en estufa (985.14 AOAC)

2.2.2.5 Análisis de perfil de textura

Se realizó un análisis de perfil de textura (TPA) en un TA.XT plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, UK) con una probeta de aluminio de 25 mm y distancia de deformación de 10 mm. El software utilizado fue Texture Exponent. Los atributos evaluados fueron: dureza, cohesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad.

2.2.2.6 Análisis Sensorial

Cuatro de las dieciséis muestras fueron seleccionadas para realizar el análisis sensorial. La selección fue realizada de acuerdo al nivel de deseabilidad (mayor capacidad de retención de agua, dureza y dimensión fractal) del producto para el atributo de capacidad de retención de agua. Las muestras seleccionadas fueron CN1, CN6, US1 y US2. Los panelistas evaluaron la textura, sabor, gusto general del producto, además de qué tan salado y dulce era el producto, esto fue evaluado en una escala hedónica de 9 puntos; en el que 9 representa “me gusta” y 1 representa “me disgusta”. Las muestras fueron codificadas con tres números aleatorios y el orden de presentación de las muestras fue aleatorizado para que cada muestra ocurriera igualmente. Treinta y dos panelistas estudiantes de gastronomía de la universidad de La Sabana que cursaron análisis sensorial y recibieron entrenamiento participaron en las pruebas.

2.2.2.7 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

Para realizar microscopía electrónica de barrido primero se liofilizaron las muestras, proceso que consistió en tres etapas: Congelamiento (-40°C durante 3 horas), sublimación (0 y -10°C) por un periodo de 24 horas y

finalmente desorción, en el que se aumentó la Temperatura a 20°C. (Presión de vacío: 4 milibares).

2.2.2.8 Análisis de dimensión fractal obtenidas a partir de imágenes del SEM

Las muestras secas se colocaron sobre cinta de carbono (Ted 57, Pella, Inc., Mountain Lakes Blvd, Redding, U.S) y fueron observadas en el microscopio electrónico de barrido (SEM, Phenom G2 pro®). Para apreciar de la diferencia en microestructura de las hamburguesas se tomaron fotos a 5000X y 5kV. Las muestras obtenidas de los distintos métodos fueron cortadas en porciones de 5mm. Las imágenes de microscopio fueron analizadas con el plugin SDBC del software ImageJ (Rasband W., 2013). Los valores de dimensión fractal (Df) para las estructuras del producto fueron calculadas usando el método de conteo de caja, usando las siguientes ecuaciones:

$$D = \log N_{\epsilon} / \log \epsilon \quad (1)$$

$$D_f = D + 1. \quad (2)$$

N_{ϵ} y ϵ representan el número de cajas en una determinada escala que contiene parte de la imagen y la escala correspondiente, respectivamente. La determinación de D_f por análisis de imagen se basa en un espacio bidimensional, por lo que se debe agregar una dimensión adicional al valor D calculado para representar realmente la característica tridimensional (3D) del sistema de gel proteico, de acuerdo con la ecuación 2.

2.2.2.9 Análisis estadístico.

Todas las corridas experimentales fueron realizadas por triplicado. Se realizó un Análisis de varianza de dos vías en el que se evaluaron los efectos de los factores método y mezcla de aglutinantes (albúmina y almidón) además de las interacciones entre ambos factores. En todos los modelos se detectó distribución normal de residuales y varianzas homogéneas. Se realizó test HSD Tukey para identificar diferencia de medias entre tratamientos.

Se seleccionaron 4 tratamientos de acuerdo a la deseabilidad del producto basado en los valores para WHC (los 2 más altos y los dos más bajos). Para la prueba de aceptación sensorial, se realizó un ANOVA para puntajes de los atributos de cada muestra. Para la prueba de preferencia se utilizaron las frecuencias para calcular el valor de chi-cuadrada. Programa estadístico utilizado: Design expert ver.10 y Statgraphics ver. XVII.

2.2.3 Análisis de resultados

Método		CRA	Dureza (N)	Cohesividad	Gomosidad (N)	Masticabilidad	Dimensión fractal
US	1	36.217±1.605	24.113±2.340	0.500±0.120	10.083±2.605	10.083±2.605	2.600±0.001
	2	45.937±1.290	27.233±1.658	0.393±0.006	10.627±0.545	10.627±0.545	2.503±0.006
	3	43.107±1.258	31.307±3.395	0.390±0.072	12.127±1.073	12.123±1.079	2.527±0.006
	4	39.820±2.355	35.360±6.474	0.457±0.129	16.733±7.182	16.733±7.182	2.467±0.006
	5	39.470±3.632	42.200±6.866	0.460±0.036	19.293±3.089	19.293±3.089	2.593±0.021
	6	39.637±2.827	32.270±4.731	0.347±0.075	11.447±3.857	11.447±3.857	2.517±0.012
	7	38.967±2.809	29.047±2.611	0.423±0.086	12.323±2.866	12.320±2.864	2.523±0.015
	8	40.000±1.317	25.433±5.489	0.390±0.017	9.893±1.900	9.893±1.900	2.453±0.006
CN	1	29.457±1.627	15.643±2.612	0.357±0.125	6.740±1.910	7.100±2.130	2.443±0.015
	2	38.557±1.444	24.367±1.526	0.413±0.093	10.137±2.826	10.137±2.826	2.513±0.006
	3	36.593±2.790	29.263±1.591	0.350±0.078	10.290±2.671	10.290±2.671	2.503±0.006
	4	38.443±3.127	27.327±3.864	0.350±0.040	9.487±1.315	9.487±1.315	2.467±0.012
	5	37.973±0.500	33.647±0.859	0.443±0.058	15.020±1.907	15.017±1.911	2.547±0.015
	6	37.537±2.471	28.110±4.186	0.367±0.072	10.437±3.405	10.437±3.405	2.503±0.012
	7	38.873±2.585	22.540±4.018	0.300±0.036	6.843±2.107	6.840±2.111	2.520±0.010
	8	39.213±2.606	22.020±0.501	0.290±0.061	6.373±1.270	6.373±1.270	2.517±0.006

Tabla 3. Valores de la media para capacidad de retención de agua, parámetros de textura y dimensión fractal hamburguesas de surimi

Los valores para capacidad de retención de agua, parámetros de textura y dimensión fractal son presentados en la tabla 3.

2.2.3.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

Para la capacidad de retención de agua se evidenció que los dos factores: método y aglutinante afectaron significativamente los valores de dicha variable, además se encontró que hubo interacción entre los factores ($p < 0.05$). Los tratamientos que presentaron mayores valores para la capacidad de retención de agua fueron US2 (ultrasonido y 3% Almidón) y US3 (ultrasonido y 3% Albúmina). El almidón es utilizado principalmente por su alta capacidad de retención de agua y su habilidad para remplazar una porción de proteína de pescado manteniendo las propiedades ideales del gel (Park, J. 2014). El efecto del almidón de maíz en la dureza del gel de surimi inducido por el calor de la cocción, probablemente se debe a los gránulos de almidón incrustados en la matriz del gel proteico, que se hinchan a medida que absorben la humedad, extrayéndola de la matriz y ejerciendo presión sobre esta, obteniendo como resultado un gel más compacto y duro (Kim & Lee, 1987). Autores como Alvarez, et al., (1997) reportaron que el almidón de maíz ceroso aumentó la capacidad de retención de agua en geles de surimi, y que la red mixta de surimi-almidón retenía el agua añadida durante la preparación del gel ya que los gránulos de almidón absorben y retienen agua durante la formación del gel (Paker & Matak, 2017), puesto que al aplicarles altas temperaturas interactúan con la proteína y gelatinizan, incrementando la dureza del gel (A Hunt, Getty, & Park, 2008). Investigaciones más recientes como la de Hema, K. et al., (2016) mencionan que para aumentar la capacidad de retención de agua de los productos elaborados a partir de gel de surimi con adición de almidón de maíz es necesario procesarlos a

altas temperaturas (>80°C), ya que la temperatura de gelatinización es influenciada por la presencia de proteínas miofibrilares y la cantidad de agua disponible para gelación. Sin embargo, en sus experimentaciones la capacidad de retención de agua del surimi preparado con almidón de maíz fue inferior a la del control. Esto se debió probablemente a que los gránulos de almidón que ellos emplearon, eran más termoestables y gelificaron después de los grupos proteicos (Kong, Ogawa & Isso, 1999); tanto la proteína como el almidón compiten por el agua disponible en el gel, y como las proteínas forman enlaces cruzados de forma más rápida, se previene parcialmente la gelificación del almidón por falta de agua o por que los gránulos se encuentran atrapados en la red proteica (Hunt, Getty & Park., 2008). La gelificación proteica puede unir física y químicamente el agua en la matriz del gel, lo cual limita la disponibilidad de agua para la gelificación del almidón (Chung & Lee, 1991). Cuando suficiente agua es añadida al sistema, la competencia entre el almidón y la proteína no es un factor que afecta la gelificación de sus componentes, y el almidón tendría la capacidad de gelificar apropiadamente (Álvarez, Couso, Solas & Tejada, 1997). Es posible que en las hamburguesas de surimi del US2, el agua contenida en el guiso añadido haya permitido que tanto el almidón como la proteína pudiesen gelificar adecuadamente, lo cual incrementó los valores de CRA (Lin & Park, 2008).

Por otro lado, en la investigación realizada por Hema, K. et al., (2016), se reportó que los geles de surimi preparados con clara de huevo presentaron contenidos de humedad más alto que en otros tratamientos debido a que la clara de huevo forma una espuma estabilizante (proteínas en pH neutro), que son más estables debido a la falta de interacciones repulsivas. Esto promueve la interacción de proteínas de pescado-proteínas de clara de huevo y la formación de una película viscosa en la interfase, que adsorbe

más proteína adicional. Adicionalmente, el calentamiento facilita la coagulación de la proteína de la clara de huevo, dejando grietas y hendiduras que tienen grupos no polares los cuales facilitan la capacidad de retención de agua en la matriz del gel.

En los geles mixtos, la clara de huevo, el almidón y las proteínas de pescado compiten por el agua disponible, lo que previene que el almidón obtenga el agua necesaria para su hinchamiento y gelatinización (Tabilo-munizaga & Barbosa-c, 2005), razón por la que la capacidad de retención de agua de los tratamientos de los geles mixtos no fue la más alta.

Los tratamientos a los que se aplicó ultrasonido como método de elaboración presentaron valores mayores para la variable capacidad de retención de agua que los geles elaborados por método convencional, estos datos coinciden con los reportados por McClements, (1995) & Turantas, et al., (2015). El ultrasonido funciona generando frecuencias de onda que actúan sobre la matriz como pulsaciones que afectan los espacios formados entre las miofibrillas (Zhang, et al., 2011). El espacio sobre el que incide la frecuencia de onda es el sarcolema, el cual contiene las proteínas sarcoplásmicas que son removidas durante las etapas de lavado debido a su bajo peso molecular, creando así una estructura que retiene mayor cantidad de agua (Filomena-Ambrosio et al., 2015). De acuerdo con Cárcel, García-Pérez, Benedito, & Mulet, (2012) las ondas ultrasónicas producen un efecto denominado “cavitación” a través de una serie de rápidas expansiones y contracciones que inducen el desplazamiento de moléculas en el sistema, esto genera la extracción de las proteínas sarcoplásmicas y concentra las proteínas miofibrilares (miosina, actina y complejo de acto-miosina) (Martín-Sánchez et al., 2009).

2.2.3.2 Análisis de perfil de textura (TPA)

Dureza

En la tabla 3 se muestran los valores obtenidos para las diferentes variables del TPA evaluadas en las hamburguesas. Para la dureza, tanto la frecuencia como el aglutinante presentaron efecto sobre dicha variable ($p < 0.05$), sin embargo, no se evidenció interacción entre los factores. Las hamburguesas elaboradas por ultrasonido presentaron mayores valores para la dureza que las elaboradas por método convencional ($p < 0.05$). De acuerdo con Fan et al., (2017), altas intensidades acústicas generadas por el ultrasonido puedan desarrollar mayor dureza en el gel de surimi, resultado que podría deberse al efecto mecánico que el ultrasonido tiene para mejorar la compacidad de empaquetamiento de las moléculas de proteína, así como el grado de interacción entre ellas. De acuerdo con (Marangoni et al., 2000; Sun & Holley., 2011) la dureza del gel de surimi incrementa con una mayor concentración de proteínas miofibrilares.

Los tratamientos de ultrasonido con 2% y 3% de adición de albúmina presentaron altos valores para la dureza del producto, siendo mayores que los valores del control. El tratamiento con adición 3% almidón también presentó mayor dureza frente al control. De acuerdo con investigadores como Suklim, et al., (2008) y Hunt et al., (2014) el almidón incrementa la dureza del surimi de forma más efectiva a una baja concentración (3%) que a una alta concentración (6-9%). Sin embargo, el tratamiento US con adición de 3% albúmina presentó mayor dureza que US con adición de almidón 3%, probablemente se deba a la capacidad coagulante de la ovoalbúmina presente en la clara de huevo (Hema et al., 2016). Iso et al., (1985) sugirieron que la clara de huevo absorbe agua dentro de la red estructural sin incrementar el número de enlaces cruzados proteicos en el gel. Otra posible

razón que explica los altos valores de dureza del gel es el efecto inhibitor de proteasa de la clara de huevo (An, 1997; Suklim et al., 2008).

Cohesividad

La adición de aglutinantes en las hamburguesas obtenidas con surimi de pez león, no afectó la cohesión para los tratamientos con UM ($p < 0.05$). Se ha demostrado que el ultrasonido aumenta la capacidad de retención de agua y la cohesión en la carne y los productos cárnicos (McClements, 1995, Turantas, et al., 2015). Sin embargo, la adición de aglutinantes en hamburguesas de surimi procesadas usando método convencional mostró un aumento en la cohesión en comparación con el control convencional. La adición de almidón en una matriz favorece el incremento de la dureza y la cohesión del gel, debido a que el agua circundante favorece la gelatinización e incrementa el tamaño del mismo (Suklim et al., 2008), en consecuencia, el gel se vuelve más compacto y firme (Murphy, 2005).

Gomosidad

La gomosidad de las hamburguesas de surimi se vio afectada tanto por el método de elaboración y el aglutinante ($p < 0.05$) sin interacción entre los mismos. La adición de aglutinantes generó un aumento en la gomosidad de los tratamientos frente a los controles. Las hamburguesas elaboradas con UM presentaron valores más altos que las elaboradas por CM. Brewer et al., (2005) elaboraron geles de surimi a partir del contenido de proteínas miofibrilares y demostraron que las propiedades del gel dependen de la concentración proteica (Sun & Holley, 2011).

Masticabilidad

Respecto a la variable de masticabilidad, el método presentó efectos significativos en la hamburguesa de surimi al igual que el aglutinante ($p < 0.05$). Para esta variable tampoco se presentó interacción entre los factores.

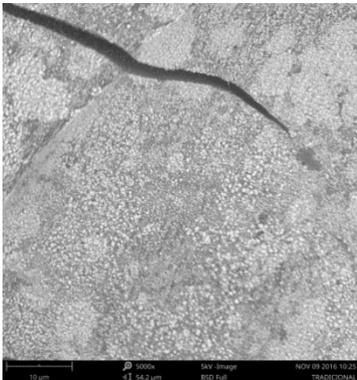
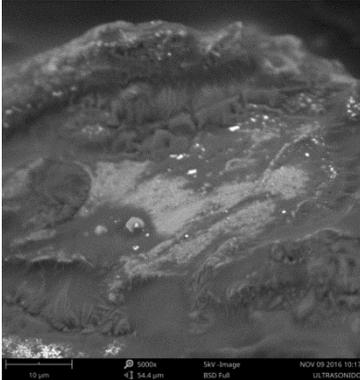
2.2.3.3 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

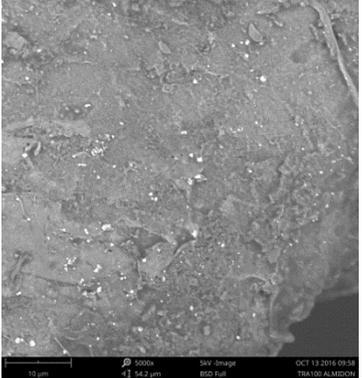
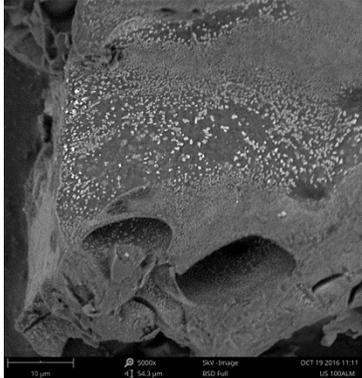
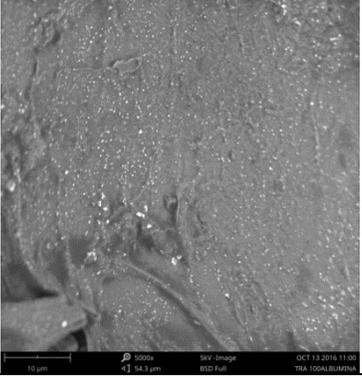
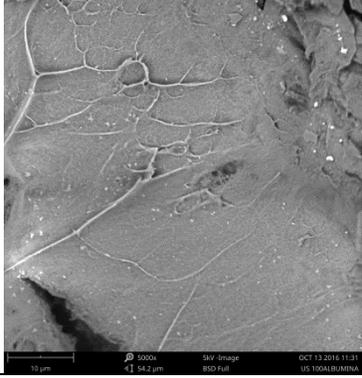
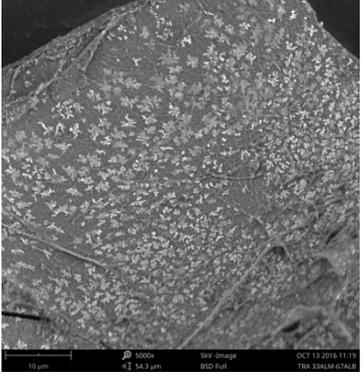
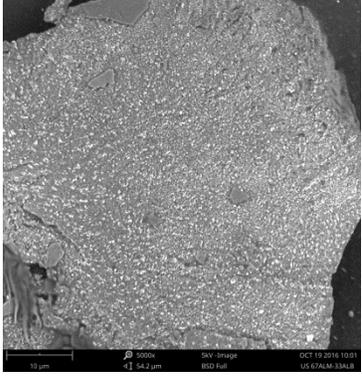
Los valores de Df indican niveles de porosidad uniformemente distribuida alrededor del centroide de la imagen total (Zhu et al., 2016). De acuerdo con los valores obtenidos para los distintos tratamientos, la Df puede variar de acuerdo al método de elaboración y la concentración del aglutinante presente en la estructura, estos varían desde 2,44 hasta 2,60; además se encontró interacción entre los dos factores ($p < 0.05$). El valor de Df para surimi patties elaborado por método de ultrasonido sin adición de aglutinante obtuvo el valor más alto (2,60) mientras que la obtenida por método convencional sin adición de aglutinante obtuvo el menor valor (2,44). Los tratamientos preparados por método convencional tuvieron mayor valor Df que el control cuando se adicionaron los aglutinantes. Puede ser explicador por la adición de aglutinantes que favorecen un alto grado de complejidad y formación de una microestructura más ordenada (Marangoni, et al., 2000); Sin embargo, este comportamiento no es observado para las patties elaboradas por US, probablemente debido a una reorganización de la estructura tridimensional proteica al añadir los aglutinantes. Las surimi patties obtenidas por método US exhiben una red proteica interconectada más alta que las obtenidas por método convencional.

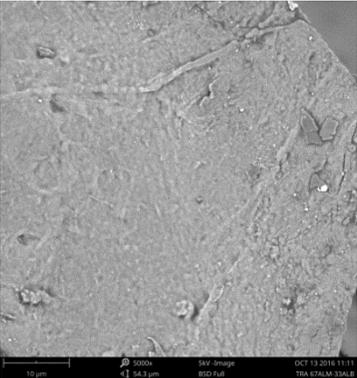
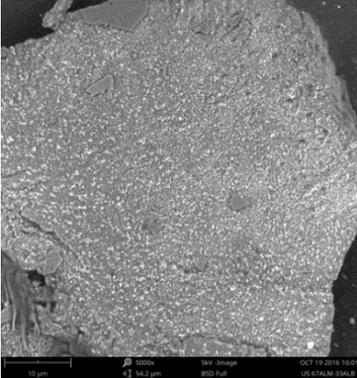
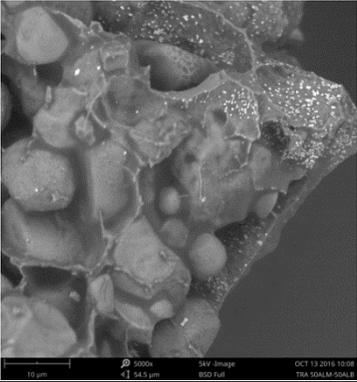
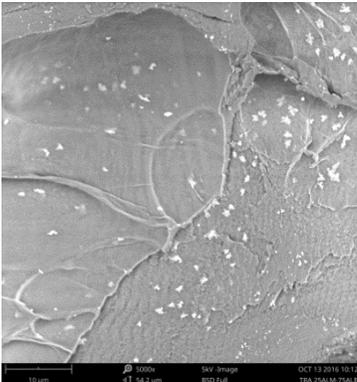
En la imagen SEM para el tratamiento CN6 se pueden apreciar los gránulos de almidón de maíz ($15\mu\text{m}$) (Izidoro et al., 2007; Park, et al., 2014; Alcázar-alay, et al., 2015). Por el contrario en ninguna de las muestras obtenidas por

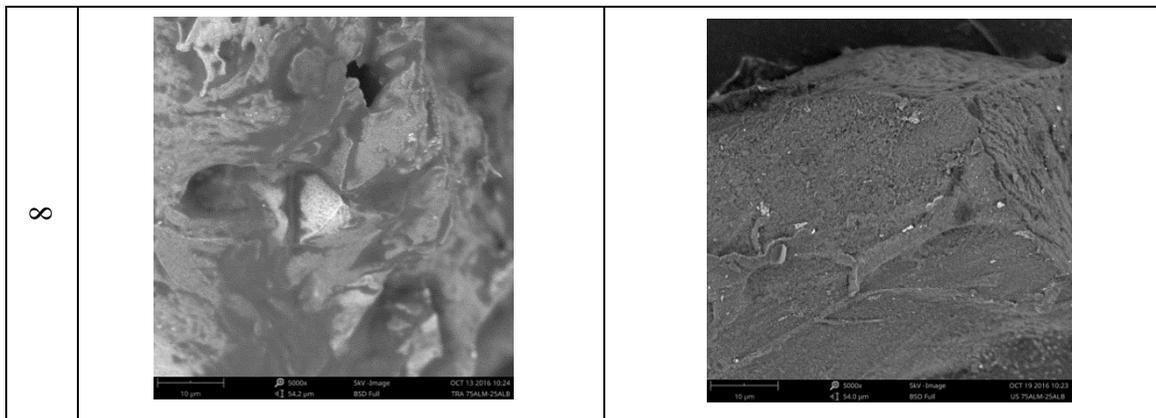
método US se aprecian estos gránulos. Esto podría estar relacionado con la característica estructural del almidón que le permite pasar por diferentes etapas desde la absorción de agua, hasta la desintegración del gránulo. La absorción de agua y consecuente hinchamiento del gránulo de almidón contribuye a la separación de fase amilosa-amilopectina y pérdida de cristalinidad, que a su vez promueve lixiviación de la amilosa en el espacio inter-granular (Alcázar-alay, et al., 2015). Es posible que en las surimi patties elaboradas por método convencional el gránulo de almidón no llegara a la fase de desintegración. Las imágenes SEM para los tratamientos se muestran en la tabla 4

Tabla 4. Microscopía electrónica de barrido para hamburguesas de surimi con una ampliación de 5000x.

	Método Convencional (CN)	Método Ultrasonido (US)
1		

2		
3		
4		
Método Convencional (CN)		Método Ultrasonido (US)

5		
6		
7		



2.2.3.4 Análisis Sensorial

Perfil Sensorial

Los atributos sensoriales: dureza y gomosis mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). La muestra US3 (Ultrasonido y 3% clara de huevo) fue percibida por los panelistas como la hamburguesa con la textura más dura. Montero & Gómez-Guillen, (1996) encontraron que la clara de huevo tuvo un efecto positivo en la dureza del surimi de sardina (*Sardina pilchardus*). La clara de huevo absorbe agua dentro de la estructura de la red sin aumentar la cantidad de enlaces cruzados de proteínas en el gel (Suklim & Flick, 2008). De acuerdo con Hema et al., (2016) la clara de huevo proporciona resistencia al gel debido a la capacidad de coagulación de la ovoalbúmina y es adecuada para productos a base de surimi. La muestra US2 (Ultrasonido y 3% almidón) se percibió como la hamburguesa más gomosa, el almidón puede mejorar la resistencia del gel, lo que podría aumentar los valores de gomosis (dureza*cohesividad) (Sarıçoban et al., 2009). No hubo diferencias significativas para el salado, dulzor y atributos gusto global del sabor.

Tabla 5. Media para puntuación de gusto de atributos y desviación estándar para las hamburguesas de surimi de pez león.

Atributos	Muestra			
	CN1	CN6	US2	US3
Dureza	5.4±(2.2) ^a	5.6±(1.8) ^a	5.8±(2.5) ^a	6.8±(1.8) ^b
Gomosidad	5.6±(2.5) ^a	4.8±(2.2) ^a	6.7±(1.8) ^b	5.8±(2.3) ^a
Gusto general	6.6(2.1) ^a	6.5±(1.8) ^a	6.2±(2.1) ^a	6.8±(2.5) ^a
Salado	5.0±(2.3) ^a	4.8±(1.5) ^a	4.8±(1.9) ^a	4.8±(2.0) ^a
Dulzor	3.9±(2.4) ^a	3.5±(2.6) ^a	3.2±(2.4) ^a	3.2±(2.2) ^a

Media para puntuación con diferentes letras indican diferencias significativas de acuerdo al test de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Para el test de ordenación por preferencia se obtuvo diferencias significativas únicamente para el parámetro textura ($p < 0.05$) con un $X^2 = 12.25$. En el que la hamburguesa elaborada con ultrasonido y 3% clara de huevo fue marcada con mayor frecuencia como el producto de mejor textura. De acuerdo con Chang-Lee et al., (1990) y Sun & Holley, (2011) aditivos proteicos como la clara de huevo puede mejorar las características del gel al proporcionar una mayor dureza al gel. Los resultados sensoriales coinciden con la investigación realizada por (Hema et al., 2016) en el que sugieren que la clara de huevo podría ser el aditivo más adecuado para la preparación de productos a base de surimi como las hamburguesas.

2.2.3 Conclusiones

El uso de nuevas materias primas como el pez león y las tecnologías emergentes como el ultrasonido demostró ser un enfoque exitoso para comprender el efecto sobre la textura, la microestructura y los parámetros

sensoriales de los productos novedosos. El tratamiento con ultrasonido podría ser un método ideal debido a sus ventajas tecnológicas y sensoriales, de acuerdo con la preferencia del consumidor de estos productos. Los aglutinantes proporcionan una mejora en la textura de la dureza, la gomosidad y masticabilidad, lo que evidencia que ultrasonido y adición de aglutinantes podrían usarse juntos para desarrollar productos derivados de surimi de pez león de buena calidad. La muestra procesada con US y adición 2.01% de almidón y 0.99% de clara de huevo (p/p) mostraron el mejor rendimiento para las propiedades de textura ya que tenían valores altos de dureza, gomosidad, masticabilidad y dimensión fractal.

CAPITULO III

3.1 Preguntas CATA para entender la percepción del consumidor en productos tipo snack de surimi de pez león (*Pterois volitans*) elaborados con ultrasonido

Quality and Preference Elsevier Editorial System(tm) for Food
Manuscript Draft

Manuscript Number:

Title: CATA questions for understanding consumer perception on snack products obtained from lionfish (*pterois volitans*) surimi processed with high power ultrasound.

Article Type: Research Article

Keywords: Binders; CATA analysis; lionfish; snack; surimi; ultrasound.

Corresponding Author: Professor Annamaria Filomena,

Corresponding Author's Institution: Universidad de La Sabana

First Author: Luis M Jiménez

Order of Authors: Luis M Jiménez; Annamaria Filomena; Maria Hernández-Carrión, PhD

Abstract: Lionfish (*Pterois volitans*) is an invasive species that poses serious threats to the integrity of the coral reef food web of the Atlantic. In order to decrease the negative impact the consumption of this species has been promoted. To promote consumption of lionfish, researchers considered adding value to development of lionfish products using surimi as raw material to elaborate new products. In this work eight different lionfish surimi snacks were studied varying the processing method (Conventional, Ultrasound) and the binder (corn starch, egg white) concentration. The sensory characteristics of snacks and their liking were studied, and these findings were related with texture, sensory and taste related attitudes. Check-all-that-apply (CATA) questions were applied and results showed that panelist overall liking of a product was highly influenced by the following attributes: crispy, crunchy, baked appearance, nutritive and uniform color. Also a high score on overall liking was positively correlated to the willingness to buy certain sample. Fish snacks pretreated with ultrasound method (without binder and addition of 3% corn starch) were scored with highest overall liking and highest level of crispness and crunchiness. Pre-treating lionfish surimi makes it possible to formulate a fish snack with high acceptability.

3.1.1 Introducción

El pez león (*Pterois volitans*) es una especie invasora que plantea serias amenazas a la integridad de la red alimentaria del Atlántico (Morris & Green, 2012) y se considera una de las 15 principales amenazas mundiales para la conservación de la diversidad (Sutherland et al., 2010). El impacto ecológico de la presencia del pez león podría causar entre otras cosas: descenso en el número de especies, daño a los arrecifes y frustración de esfuerzos para reconstruir poblaciones económicamente importantes de especies como el pargo y los meros, afectando negativamente a la industria pesquera y al turismo (Morris y Whitfield, 2009).

El pez león se observó por primera vez en aguas colombianas en el año de 2008 (Arias, Carvajal y Marina, 2013), desde entonces las instituciones gubernamentales reconocieron la necesidad de diseñar un plan nacional de gestión y control de 2010 a 2012 (Arias et al., 2013), desarrollando estrategias de caza como método de control para dicha especie (Morris & Whitfield, 2009). En diferentes regiones y países del Gran Caribe (Bahamas, México, República Dominicana, Puerto Rico, Bonaire y San Martín) se han diseñado fuertes campañas educativas y de comunicación para incentivar el consumo de pez león (Arias et al., 2013). Con estas campañas, se busca que introducir su consumo en comunidades locales, teniendo en cuenta, que es apto para el consumo humano, contiene un alto contenido de ácidos grasos (omega 3) (Morris & Green, 2012), y así, empezar a reducir el impacto negativo del pez león (Morris & Whitfield, 2009).

Una forma de aprovechar ésta especie, es su utilización en la elaboración de surimi (Park, Yoon & Kim, 2014) y así, darle valor agregado con la producción de productos tipo snacks (Rodrigues et al., 2011). Los snacks de

pescado, se hacen formando una masa a partir de una mezcla con un aglutinante, pescado triturado, sal, azúcar y agua. Posteriormente, el producto se corta y se fríe en aceite caliente, lo que hace que se expanda en un producto poroso de baja densidad (Kyaw et al., 1999). El proceso de fritura imparte sabor, color y propiedades crujientes en los alimentos fritos. Este proceso involucra el movimiento de humedad y aceite dentro y fuera del material alimenticio hacia el aceite circundante. También implica el intercambio de calor entre el aceite calentado y el material alimenticio (Ravli, Silva & Moreira, 2013). Muchos factores afectan la calidad del producto de los alimentos fritos como: temperatura de fritura, tiempo, espesor de muestra, tipo de aceite y pretratamientos de la muestra (Kita, Lisin´ska & Golubowska, 2007; Ngadi, Li & Oluca, 2007; Bingol, Wang, Zhang, Pan & McHugh, 2014; Oladejo & Victor, 2014). Una característica importante de los productos fritos es que deben ser crujientes (Duizer, 2014), éste atributo se puede definir como la intensidad del sonido que produce el producto cuando se muerde con los incisivos (Seymour & Hamann, 1988; Dacremont, 1995) la crujencia de los aperitivos de pescado puede verse afectada por la naturaleza del material y la estructura que forma (Rodrigues et al., 2011).

Desde el punto de vista sensorial, para garantizar una aceptación por parte del consumidor para nuevos productos se propone utilizar diferentes metodologías como el “check-all-that-apply” (CATA) que consiste en realizar preguntas versátiles de opción múltiple en la que a los encuestados se les presenta una lista de palabras y se les pide que seleccionen todas las opciones que consideren apropiadas (Rasinki et al., 1994; Diesener & Romaniuk, 2006; Smyth et al., 2006); dicha metodología ha sido aplicada para una amplia gama de productos (Adams et al., 2007; Hernandez-Carrión et al., 2015; Vidal et al., 2015).

Hay algunas investigaciones en las que se estudia la expansión lineal, la textura crujiente y las condiciones para optimizar la gelatinización del almidón utilizado en los snacks de pescado (Cheow et al., 1999). Algunas de estas investigaciones han incluido pruebas hedónicas (Ares & Jaeger, 2015); sin embargo, hay poca información sobre los atributos sensoriales, la percepción del consumidor y la preferencia de los snacks de pescados elaborados a partir de surimi. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la percepción del consumidor de las muestras de snacks de pescado elaborados con dos métodos diferentes (convencional y ultrasonido) y diferentes concentraciones de aglutinantes utilizando un análisis CATA.

3.1.2 Materiales y métodos

El pez león fue adquirido en los mercados locales de Cartagena (10° 23 '58" N; 75° 30'51" O) (Colombia), transportado y almacenado a una temperatura de -20°C por un periodo de menos de una semana antes de procesar el pez león para elaborar surimi. Se formularon ocho snacks de pescado modificando el método de procesamiento (convencional y ultrasonido), el aglutinante utilizado: clara de huevo líquida y almidón de maíz (Maizena®, Chia, Colombia) en las concentraciones que se muestran en la tabla 6. Se ha demostrado en otros estudios que estas variables afectan la textura de productos tipo surimi (Zhang, et al., 2011; Hunt & Park, 2014; Filomena et al., 2015) y snacks de pescado (Rodrigues et al., 2011). Las formulaciones de las muestras fueron seleccionadas con el fin de obtener un conjunto de snacks con una gama de diferentes características texturales.

Tabla 6. Formulaciones de snacks de surimi de pez león surimi utilizadas para análisis CATA

Tratamiento	Método	Concentración almidón de maiz % (w/w)	Concentración clara de huevo % (w/w)
CN_3EW	Convencional	0	3
CN_1.5EW	Convencional	1.5	1.5
CN_3ST	Convencional	3	0
CN_CTRL	Convencional	0	0
US_3EW	Ultrasonido	0	3
US_1.5EW	Ultrasonido	1.5	1.5
US_3ST	Ultrasonido	3	0
US_CTRL	Ultrasonido	0	0

CN_3EW: Convencional, 3% almidón de maiz; CN_1.5EW: Convencional, 1.5% almidón de maiz, 1.5% clara huevo; CN_3ST: Convencional, 3% almidón maiz; CN_CTRL: Convencional sin aglutinante. US_1.5EW: Ultrasonido, 1.5% almidón maiz, 1.5% clara huevo. US_3ST: Ultrasonido, 3% almidón maiz. US_3EW: Ultrasonido, 3% clara huevo. US_CTRL: Ultrasonido sin aglutinante.

El surimi de pez león se utilizó como materia prima para elaborar snacks de pescado. Surimi se procesó utilizando dos métodos: Método de lixiviación convencional (CN) que consiste en tres lavados a 2-4°C. El segundo método de ultrasonido (US) que consiste en reemplazar el tercer ciclo de lavado, utilizando frecuencias de 37 kHz, 150 W durante 15 minutos. Los snacks se prepararon utilizando sal al 3% (p/p) (Refisal, Chia, Colombia), azúcar al 2% (p/p) (Incauca, Chía, Colombia) y 0.3% (p/p) de citrato de sodio (Panreac Química SAU, Barcelona, España. Grado alimenticio). El resto de la formulación consistió en diferentes concentraciones de aglutinantes hasta

3% como se muestra en la tabla 6. El surimi se preparó utilizando el método CN y US de la siguiente manera:

Método convencional: Los filetes de pez león picados (2x2x2 cm) se lavaron con agua a 4°C a una proporción de 1:3 p/p (filete:agua) durante 3 ciclos de lavado, 15-20 minutos cada uno. A continuación, se prensó y homogeneizó el surimi con cloruro de sodio, sacarosa, citrato de sodio y el respectivo aglutinante, siguiendo el procedimiento propuesto por Filomena et al., (2015).

Método ultrasonido: Los filetes de pez león picados (2x2x2 cm) se lixiviaron durante dos ciclos de lavado y se colocaron en el baño ultrasónico (ELMA, Singen, Alemania) ajustado a 37 kHz y 150 W durante 15-20 minutos. El mismo protocolo de homogeneización que el método convencional se utilizó siguiendo el procedimiento propuesto por Filomena et al., (2015).

Después de la homogenización del surimi, la pasta se cortó en rebanadas, y las rodajas se frieron en aceite caliente, lo que provoca que los snacks de pescado se expandan en un producto poroso de baja densidad (Kyaw et al., 1999)

3.1.2.1 Estudio de percepción de los consumidores

La prueba se dividió en dos partes para recopilar información de la percepción de los consumidores desde diferentes perspectivas. Primero, se analizaron sensorialmente las muestras, un estudio de aceptabilidad midió la apreciación hedónica general y los diferentes atributos de las muestras en relación con su gusto general. Para exponer los atributos que son relacionados a la preferencia del producto, los consumidores respondieron preguntas tipo CATA dirigida a describir las muestras sensorialmente y a recopilar información sobre los usos y actitudes. Los detalles del procedimiento se muestran a continuación.

Procedimiento general.

Ciencuenta panelistas semientrenados (empleados y estudiantes de la Universidad de La Sabana), en edades entre los 18 y 24 años, fueron encuestados para conocer la frecuencia de consumo de pescado y snacks (Tabla 7). Todos los consumidores completaron las dos partes de la prueba.

Tabla 7. Frecuencia de consumo de pescado y snacks por parte de los panelistas.

Sexo		Frecuencia consumo snack					Frecuencia de consumo de pescado				
Mujer	Hombre	Diario	Semanal	Mensual	Esporádico	Nunca	Diario	Semanal	Mensual	Esporádico	Nunca
62%	38%	10%	36%	6%	46%	2%	0%	34%	26%	32%	8%

Las muestras se evaluaron en una sala de degustación estandarizada equipada con cabinas individuales (ISO, 2007). Cada consumidor recibió ocho muestras de snack de pescado en una serie secuencial en una única sesión, siguiendo un diseño experimental de bloques completos. Las muestras se sirvieron a temperatura ambiente en platos de plástico codificados con números aleatorios de tres dígitos. La prueba se registró en un papel y se autocompletó después de que el encargado diera las instrucciones.

Estudio de aceptabilidad

La prueba de aceptación del consumidor se realizó utilizando una escala hedónica de nueve puntos (9= me gusta demasiado y 1= me disgusta demasiado) (Rodrigues et al., 2011). Para cada snack de pescado, los consumidores calificaron sus grados de gusto en el siguiente orden: “gusto general”, “gusto de apariencia”, “gusto de sabor” y “gusto de la textura”.

Preguntas tipo CATA

Se consideró el análisis CATA y multifactor para evaluar la percepción del consumidor de las muestras de snacks de pescado hechas con dos métodos (convencional y ultrasonido) y dos aglutinantes (almidón de maíz, clara de huevo líquida) a diferentes concentraciones (Tabla 6). Para cada muestra, los participantes respondieron preguntas CATA utilizando 22 atributos. Las siguientes instrucciones fueron dadas a los participantes: “¿Cuál de las siguientes características describe mejor esta muestra? Por favor, compruebe todo lo que piensa aplicar. Puede volver a degustar la muestra si lo desea”: los términos se seleccionaron previamente sobre la base de la literatura disponible y un CATA informal de los investigadores y un panel sensorial descriptivo (con capacitación en análisis descriptivo pero no específicamente sobre snacks de pescado). Los 22 atributos pertenecían a cuatro grupos: *términos de apariencia*: buena apariencia, color dorado, color uniforme; *términos de consistencia*: crujiente, graso, seco, gomoso, horneado; *términos de sabor*: dulce, amargo, sabor extraño, sabor a pescado, sin sabor, sin olor, olor a pescado; *términos de uso y actitudes*: nutritivo, saludable, creíble, no creíble, lo compraría, no lo compraría. Los 22 términos se presentaron siguiendo la secuencia de evaluación “natural” en términos de modalidad sensorial de la siguiente manera: apariencia, consistencia, sabor, seguido de los parámetros no sensoriales. Dentro de esos grupos, los términos se distribuyeron de forma aleatoria entre los productos y entre los consumidores, de modo que los términos no se dividieron físicamente en grupos y se presentaron como una lista continua en dos columnas.

3.1.2.2 Análisis de los datos

Preguntas CATA: Se utilizó una prueba chi-cuadrado para estudiar las diferencias en los snacks de pez león de las respuestas CATA. Para cada snack, la frecuencia de uso de cada atributo sensorial se determinó contando el número de consumidores que seleccionaron ese término para describir cada muestra (Varela et al., 2015). La prueba Q de Cochran (Manoukian, 1986; Parente, Manzoni & Ares, 2011) se realizó sobre los datos de los términos individuales para identificar diferencias significativas entre muestras para cada uno de ellos (una tabla por atributo, con los datos binomiales obtenidos de los consumidores para las 8 muestras). Se ejecutó un análisis de factores múltiples (MFA) sobre la tabla con la frecuencia de selección de los datos de términos CATA para comprender el posicionamiento comparativo de los ocho snacks de pescado, tal como lo perciben los panelistas (muestras en columnas, 22 atributos en filas). El “gusto general” se superpuso en el espacio sensorial CATA como variable suplementaria. Además, el análisis del componente principal (PCA) también se aplicó a los valores medios de la intensidad del atributo mediante una correlación Pearson (Aquino et al., 2014).

Las puntuaciones globales de gusto, apariencia, sabor y consistencia se analizaron usando ANOVA de una vía con un nivel de confianza del 95% para estudiar las diferencias entre las formulaciones para la prueba de aceptación del consumidor. Las diferencias significativas se calcularon mediante la prueba Fischer ($p < 0.05$). Todos los análisis de datos se realizaron utilizando el software estadístico XLSTAT (Versión 2017.5 Microsoft Excel®, Barcelona, España), excepto los datos de aceptabilidad que fueron analizados utilizando el software SPSS (v.24, Chía, Colombia).

3.1.3 Análisis de resultados

Preguntas CATA

En la figura 6A muestra la representación de los términos en las dos primeras coordenadas del análisis factorial múltiple (MFA) realizadas en la tabla de frecuencias utilizando distancias X^2 (Ares et al., 2015). Los primeros dos factores del mapa de atributos explicaron el 58.41% de la variación de los datos experimentales (40.47% y 17.94% respectivamente). El primer factor (eje X) se relacionó con el color uniforme del atributo apariencia ya que se ubicó a la izquierda del eje. Este factor fue relacionado con el sabor, y los atributos como sabor extraño y dulce se ubicaron a la izquierda y el olor a pescado se situó a la derecha. Los atributos de consistencia tales como: crujiente, crocante, seco y horneado se colocaron a la derecha del eje mientras que gomoso se situó a la izquierda del eje. Los atributos de declaración de características del alimento como: creíble y no compraría se situaron a la izquierda del eje, mientras que no creíble y lo compraría se situaron a la derecha. El segundo factor (eje F2) estaba relacionado con los atributos de apariencia; como buena apariencia y color dorado se situaron en la parte superior de dicho eje. También se relacionó con los términos de consistencia ya que el atributo grasoso se situó arriba. Atributos de sabor como amargo, sin sabor, sabor a pescado y sin olor se situaron abajo del eje. La prueba de Chi-cuadrado ($p < 0.0001$) indicó diferencias estadísticamente significativas entre las descripciones de las muestras. La prueba Q de Cochran se realizó sobre los datos para identificar las diferencias significativas entre las muestras para cada uno de los términos incluidos en la preguntas CATA. Los resultados (Tabla 8) mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las muestras para la mayoría de los atributos analizados. No se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para buena apariencia, saludable, grasoso, dulce,

sabor a pescado, seco, lo compraría, nutritivo, sin sabor y no creíble entre las muestras. La figura 6B muestra que los snacks se separaron claramente en cuatro grupos de acuerdo con sus características sensoriales.

La muestra CN_3EW se asoció con atributos de sabor extraño, creíble y no compraría; las muestras US_1.5EW, CN_1.5EW y CN_CTRL se asociaron con sabor amargo, sabor a pescado y olor a pescado. Los snacks US_3EW y CN_3ST fueron percibidos como muestras con color uniforme, buena apariencia, grasoso y color dorado. Finalmente, las muestras US_3ST y US_CTRL se asociaron a los atributos secos, crujientes, crocantes y horneados. Al mismo tiempo, esta área de espacio perceptual se asoció a la más alta preferencia general (“gusto general”, superpuesta como variable suplementaria) y al parámetro comprar “lo compraría”; que denota disposición de compra. Se puede concluir que el crujiente y crocante adecuado influyen en el gusto y la intención de compra en esta categoría. Aunque los snacks de pescado fueron fritos y no horneados, los panelistas tendieron a seleccionar dicho atributo para algunas muestras (US_3ST y US_CTRL) ya que su apariencia les hizo percibirlo como un producto horneado.

Los panelistas no relacionaron las muestras con atributos como saludable o nutritivo, esto podría deberse a la baja asociación de estos atributos con los productos fritos a causa de su alta absorción de aceite (Kurek, Ščetar, & Galić, 2017). La correlación negativa entre gomoso y crujiente (-0.81) o gomoso y crocante (-0.79) indica que cuando las personas seleccionan el atributo gomoso como atributo, muy poco seleccionan crujiente ni crocante. Por el contrario, un alto coeficiente de correlación (0.99) entre crujiente y crocante indican que el panelista tiende a elegir ambos atributos para la misma muestra.

Una de las razones principales por las que los panelistas percibieron las muestras US_3ST como un producto crujiente podría atribuirse al efecto del

almidón de maíz en la textura del producto. De acuerdo con Bakar & Putra (2009), el uso de almidones en galletas de pescado y Keropok lekor- snack tradicional de pescado de Malasia, fue útil para nuevas texturas deseables. Debido a las condiciones de procesamiento (freído a 160°C durante 3-4 minutos), el producto perdió humedad rápidamente. Durante la fritura ocurre el intercambio de agua y grasa en el que parte del agua de la capa superficial de la matriz de alimentos fritos se intercambia con la grasa para freír (Candela, 1988; Dobarganes, 200; Sampels et al., 2014). La transición a altas temperaturas se debe a la fusión de los cristallitos sin suficiente humedad (Bakar & Putra, 2009). Las grasas que incluyen aceites altamente insaturados (ej: pescado frito) solo se afectan ligeramente al freír debido al corto tiempo de fritura y al acceso limitado de oxígeno. Sin embargo, ácidos grasos esenciales, como el ácido linoleico se pierde fácilmente y cambia el equilibrio de los ácidos grasos saturados e insaturados (Fellows, 2017). En la corteza, los carbohidratos de almidón se descomponen parcialmente al freír y se forman complejos lípidos-almidón. La sacarosa se hidroliza a glucosa y fructosa, que se pierden por las reacciones de Maillard y la caramelización. Las proteínas se desnaturalizan rápidamente en la corteza y la mayoría de las enzimas se inactiva. La disponibilidad de proteína se reduce y algunos aminoácidos (ej: lisina) se destruyen (Pokorny, 2002).

Las muestras procesadas con ultrasonido: US_CTRL seguido de la muestra US_3ST se percibieron como los productos con mayor crujencia y crocancia. Los investigadores Ayobami, et al., (2017) mostraron que el pretratamiento con ultrasonido mejoró la tasa de transferencia de humedad de la estructura interna de las muestras de papas fritas al aceite circundante durante la fritura (Karizaki et al., 2013; Dehghannya et al., 2015). La transferencia de masa rápida potenciada por ultrasonido podría haber reducido el tiempo necesario para que las muestras adquieran los parámetros de textura deseados, siendo

estas preferidas por los panelistas. Los investigadores Musielak, Mierzwa y Kroehnke (2016) también siguieron que la aplicación de ultrasonido al secado causó acortamiento del tiempo de secado, debido al pequeño “efecto de temperatura” la calidad del producto obtenido fue mejor en comparación con los procesos de control (sin ultrasonido).

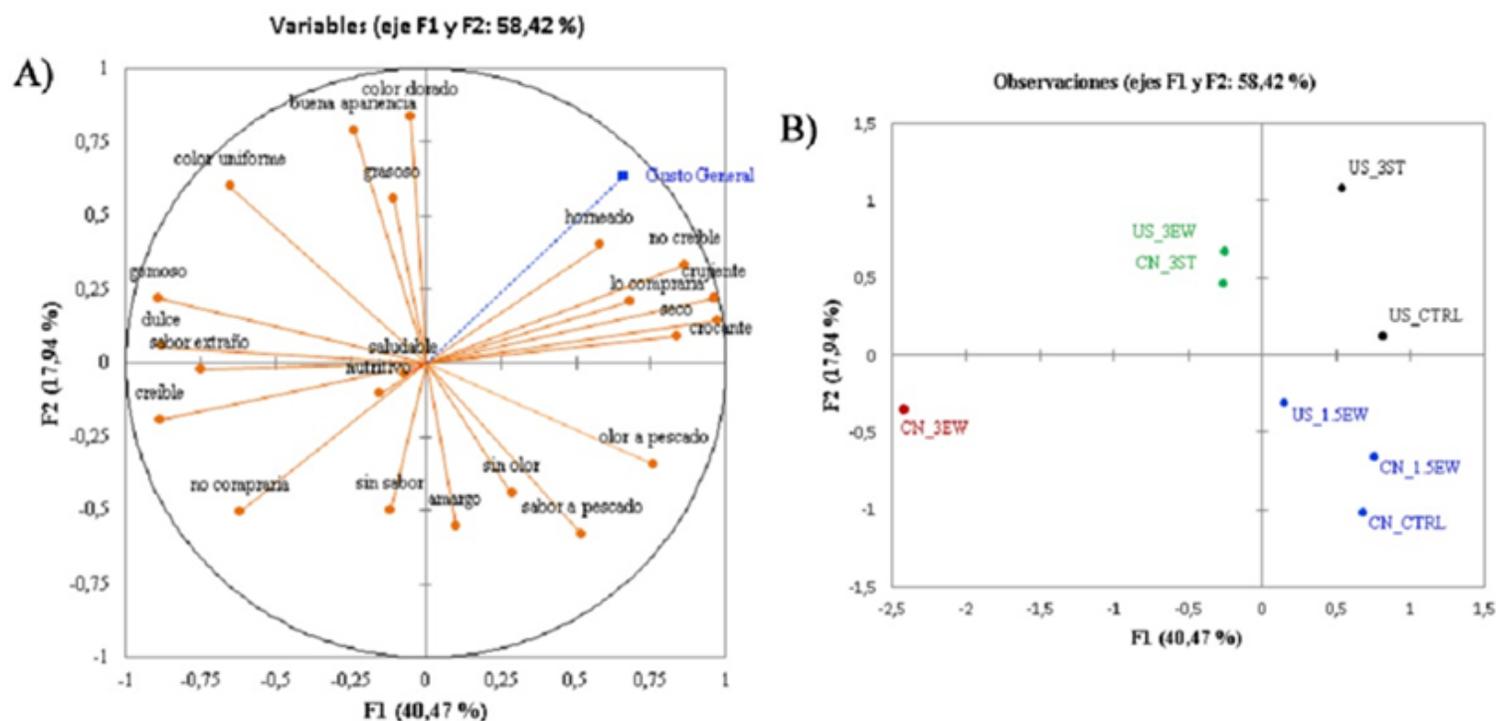


Figura 3. A) Mapa de atributos del cuestionario check-all-that-apply (CATA), y B) representación de los ocho snacks de pescado, en las dos primeras dimensiones del análisis de factores múltiples (MFA) de los recuentos de CATA. CN_3EW y CN_3ST: método convencional con 3% clara de huevo y 3% almidón de maíz, respectivamente. CN_1.5EW: Método convencional con almidón de maíz 1.5 y clara de huevo. CN_CTRL: método convencional sin aglutinante. US_3ST y US_3EW: Ultrasonido con 3% almidón de maíz y 3% clara de huevo. US_1.5EW: método de ultrasonido con adición de 1.5 almidón de maíz-1.5 clara de huevo. US_CTRL: método de ultrasonido sin aglutinante.

Tabla 8. Frecuencia (%) con la que los consumidores utilizaron los términos CATA para describir las ocho muestras de snacks de pescado y los resultados de la prueba Q de Cochran para comparar entre muestras.

Terminos CATA	CN_3EW	CN_1.5EW	CN_3ST	CN_CTRL	US_3EW	US_1.5EW	US_3ST	US_CTRL	Q
Buena apariencia	23	16	26	19	22	23	28	22	0.299
Color dorado	31	29	41	27	35	34	37	34	0.037
Color uniforme	23	15	25	9	21	15	18	16	0.012
Crujiente	10	40	38	41	37	35	43	46	<0.0001
Crocante	6	37	32	40	35	33	39	43	<0.0001
Grasoso	32	29	29	27	35	31	32	36	0.429
Seco	16	25	24	27	19	25	30	25	0.106
Gomoso	37	15	20	13	32	18	17	16	<0.0001
Horneado	2	6	9	8	12	7	7	11	0.034
Dulce	10	4	4	4	5	4	6	3	0.181
Amargo	6	3	7	12	5	8	1	10	0.004
Sabor extraño	23	8	15	16	14	19	16	11	0.022
Sabor pescado ^a	30	37	27	37	31	29	30	36	0.190
Sin olor	7	11	8	12	8	20	8	8	0.010
Sin sabor	3	4	4	3	2	6	1	1	0.401
Olor a pescado	16	28	25	27	16	22	22	29	0.015
Nutritivo	9	10	9	7	10	11	7	9	0.877
Saludable	4	7	6	1	5	7	2	4	0.170
Creíble	23	9	12	12	11	11	10	13	0.025
No creíble	10	23	19	18	22	22	23	22	0.077
Lo compraría	15	22	15	19	18	24	27	25	0.083
No compraría	27	17	21	17	14	17	6	20	0.001

Los términos resaltados corresponden a aquellos para los cuales se identificaron diferencias significativas entre muestras de acuerdo con la prueba Q de Cochran ($p < 0.05$)

Estudio de aceptabilidad

Para los ocho snacks, los puntajes de gusto general fueron entre 4.5 y 7.3 (Tabla 9). El gusto de la apariencia, sabor y consistencia estuvieron en línea con el gusto general, que indicaba que las muestras con mayor puntaje para gusto general era preferidas en esos parámetros. La muestra US_3ST (Figura 6A) obtuvo el puntaje máximo para “gusto general” y sabor. Mientras que la muestra US_CTRL (Figura 6B) obtuvo el puntaje más alto para el gusto de la consistencia. El snack de pescado CN_3EW tuvo el puntaje más bajo para “gusto general” y textura ($p < 0.05$), indicando que era la muestra menos aceptada por los consumidores para estas modalidades. El mal desempeño de esta muestra en comparación con el resto se debió a que los panelistas lo percibieron como un producto con falta de crujencia y crocancia; también se seleccionó como la más gomosa de todas las muestras.

Tabla 9. Puntajes para gusto general, gusto de la apariencia, sabor y consistencia para productos snack de surimi de pez león.

Muestra	Gusto general	Apariencia	Sabor	Consistencia
CN_3EW	4.5(2.8) ^b	5.04(2.9) ^a	5.1(2.9) ^a	3.2(2.6) ^c
CN_1.5EW	5.5(2.4) ^a	4.4(2.5) ^b	5.9(2.7) ^a	5.8(3.2) ^b
CN_3ST	5.5(2.5) ^a	6.6(2.3) ^b	6.2(2.6) ^a	6.2(3.0) ^a
CN_CTRL	5.4(2.4) ^b	4.8(2.4) ^c	5.2(2.6) ^a	6.3(2.6) ^a
US_3EW	5.9(1.9) ^a	6.5(2.5) ^b	6.1(2.4) ^a	4.9(2.8) ^c
US_1.5EW	5.6(2.6) ^a	6.1(2.6) ^a	5.5(2.9) ^a	6.5(2.7) ^a
US_3ST	7.3(1.9) ^c	6.4(2.1) ^a	7.1(2.0) ^b	7.1(2.5) ^b
US_CTRL	7.02(1.9) ^c	5.9(2.8) ^a	6.2(2.4) ^a	7.6(2.0) ^a

Valores dentro de la columna con diferentes letras son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Valores dentro de los paréntesis representan la desviación estándar.

Investigadores como Rodrigues et al., (2011) han comparado los atributos sensoriales y la aceptabilidad de los productos de snacks de pescado obtenidos por dos métodos (frito y microondas), ambos con una alta puntuación de aceptación del 90% y 97%, respectivamente. El snack de pescado frito tenía una puntuación sensorial más alta para todos los atributos. Aunque no hay estudios en los que se haya analizado la aceptabilidad en productos previamente tratados con ultrasonido, la mayor aceptabilidad encontrada en los snack de surimi tratados con ultrasonido podría deberse a que los panelistas los percibieron como más crujientes y crocantes como se muestra en la figura 6.; lo cual coincide con lo reportado por Ayobami et al., (2017) al estudiar papas fritas pre-tratadas usando ultrasonido, las cuales fueron más crujientes y crocantes que aquellas sin pre-tratamiento.

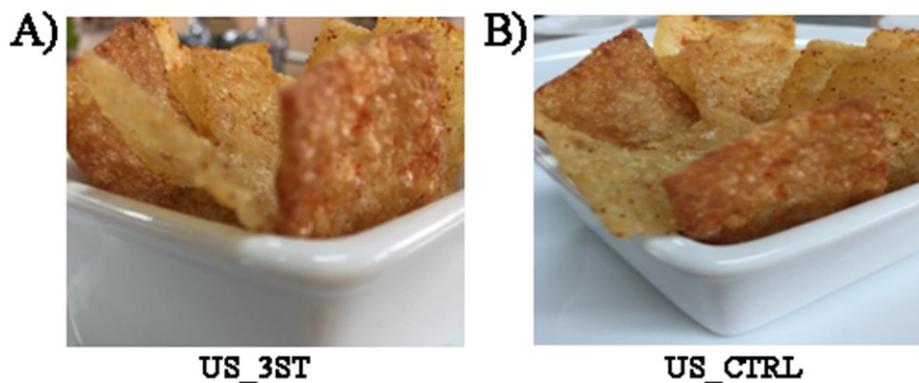


Figura 7. Imagen de los snacks de pescado con puntuaciones más altas en gusto general: US_3ST y US_CTRL.

3.1.4 Conclusiones

La aplicación de métodos combinados de perfiles de consumidores para el desarrollo de alimentos usando nuevas materias primas como el pez león y las tecnologías emergentes resultó ser un enfoque exitoso para comprender mejor la percepción de los consumidores de productos novedosos. En este estudio, los snacks elaborados con ultrasonido y almidón de maíz al 3% y ultrasonido sin adición de aglutinante fueron los favoritos de los panelistas. Por lo tanto, el tratamiento con ultrasonido podría ser un método ideal debido a sus ventajas tecnológicas y sensoriales, en línea con la alta aceptación del consumidor.

CAPITULO IV.

4.1 Efecto del ultrasonido y aglutinantes en dips elaborados con surimi de pez león (*Pterois volitans*) elaborados con ultrasonido

4.1.1 Introducción

EL pez león (*Pterois volitans*) de la familia *scorpinadae* es un carnívoro cuya dieta normalmente está basada en el consumo de peces (Morris y Akins, 2009), tiene la capacidad de poner en riesgo el equilibrio de la estructura trófica del ecosistema arrecifal (Albins y Hixon 2008). Su éxito reproductivo, la escasez de depredadores y su fácil adaptación al ecosistema, son condiciones que han favorecido la dispersión de la especie a lo largo de los diversos ambientes existentes en el Caribe, generando una inminente amenaza para la biodiversidad marina (Polanco et al., 2011). En varios países del Gran Caribe como Cuba, Puerto Rico, México, República Dominicana, Isla Vírgenes de Estado Unidos, Belice, Gran Caimán, Bonaire entre otros, se han desarrollado diversas estrategias para el control directo sobre el aumento de la población de pez león (Arias, Carvajal & Marina, 2013). En varios de estos países se han desarrollado campañas educativas y de educación con el fin de incentivar el consumo del pez león; una forma de incentivar el consumo de esta especie podría ser diversificando el desarrollo de productos alimentarios similares a los consumidos en la dieta colombiana. Una forma de diversificación consiste en la elaboración de surimi, producto elaborado con el músculo de pescado cortado y lavado, el cual contiene altas concentraciones de proteínas miofibrilares, con propiedades gelificantes únicas que lo hacen útil como base de productos de mar análogos (Benjakul, Chantarasuwan & Visessanguan, 2003). Estos productos, son alimentos compuestos de gel proteico, que se prepara incorporando ingredientes como almidón, proteínas de clara de huevo, sal y aceites vegetales en una matriz proteica continua (Campo & Tovar, 2008). El almidón, es uno de los

ingredientes más importantes utilizados en la fabricación de surimi a base de productos de mar debido a su buena capacidad de retención de agua y la capacidad de remplazar parcialmente las proteínas de pescado manteniendo las características de gel deseadas a un costo reducido (Hunt, Getty & Park, 2009). La clara de huevo es el aditivo proteico más comúnmente utilizado en los surimis de productos marinos, en un nivel de uso del 2-5%. Este y otros aditivos proteicos se utilizan para aumentar la dureza del gel (Tabilo-Munizaga & Barbosa-Cánovas, 2004) y para dar una apariencia más blanca y brillante (Park, Ooizumi & Hunt, 2013).

Otra forma de generar valor a los sub-productos del pescado, es la elaboración de salsas típicas del sur este asiático (Klomklao et al., 2006), la cual ha adquirido cada vez más interés por los consumidores en Europa, Norte América y otros países expandiéndose en mercados foráneos rápidamente (Brillantes, 1999). Esta salsa de pescado convencional es un líquido marrón claro hidrolizado del pescado salado y es utilizado como potenciador de sabor o para remplazar la sal en varias preparaciones alimenticias (Lopetcharat, Choi, Park, & Daeschel, 2001). Sin embargo, en Colombia, el bajo consumo de productos en esta forma exige una adaptación a la dieta regional, la utilización de productos como la crema agria que tiene una textura suave, aromática, de sabor ácido y de alta viscosidad (Adapa & Schmidt, 1988) permite mejorar la aceptación para este tipo de productos.

La crema agria (sour cream) es un producto lácteo acidificado (utilizada normalmente como topping, ingrediente o dip), producido por la fermentación de la crema altamente pasteurizada que contiene 18-20% contenido graso, después que se añade el cultivo bacteriano y se produce el ácido láctico, se homogeniza el producto dando resultado a una crema altamente viscosa (Niamsiri & Batt, 2009). No se han establecido los compuestos volátiles y los ácidos orgánicos y sus contribuciones específicas al sabor o aceptación, sin embargo, en el estudio realizado por Shepard, Miracle, Leksrisompong &

Drake, (2013) se caracterizó las propiedades químicas y sensoriales de la crema agria para determinar los conductores que lleva este producto a gustarle a los consumidores (drivers of liking).

El objetivo de esta investigación fue realizar una caracterización de los parámetros de textura y un análisis sensorial de dips elaborados con surimi de pez león, con el fin de identificar la muestra preferida por los panelistas y analizar qué atributos texturales pudieron influir en su decisión.

4.1.2 Materiales y métodos

El pez león fue adquirido en los mercados locales de Cartagena (10° 23 '58" N; 75° 30'51" O) (Colombia), transportado y almacenado a una temperatura de -20°C por un periodo de menos de una semana antes de procesar el pez león para elaborar surimi.

Se formularon ocho dips de pescado modificando el método de procesamiento (convencional y ultrasonido), el aglutinante utilizado: clara de huevo líquida (EW) y almidón de maíz (CS) (Maizena®, Chia, Colombia) en las concentraciones que se muestran en la tabla 10. La adición de estos aglutinantes ha tenido efecto en características texturales para los productos tipo surimi (Hunt & Park, 2009; Filomena, Quintanilla, Puig, Hernando, Hernández & Sotelo, 2015). Las formulaciones de las muestras fueron seleccionadas con el fin de obtener un conjunto de dips con una gama de diferentes características texturales.

4.1.2.1 Procesos de elaboración

Método convencional: filetes de pez león en rodajas (2x2x2 cm), se lixiviaron con agua a 4°C en una proporción p / p 1: 3 (filete: agua), durante tres ciclos de lavado de 15 minutos, prensados y homogeneizados con

cloruro de sodio (0.1-0.2 %), sacarosa (0.2-0.3%) y citrato de sodio (0.3-0.4%).

Método de ultrasonido: los filetes de pez león rebanados (2x2x2 cm) se lixiviaron durante los ciclos de lavado, se colocaron en un baño de ultrasonidos (ELMA, Singen, Alemania), a 37 kHz; 150 W, 15-20 (min). Se siguió el mismo protocolo del método convencional.

El surimi, dispuesto en una placa antiadherente, fue sometido a cocción a vapor (90°C, 100% humedad) por 10 minutos. Posteriormente, fue mezclado con cilantro (3%), guiso blanco (20%) elaborado con cebolla cabezona y ajo (4%), y crema agria (Klarens, sour cream) (16%), para luego ser procesado en el cutter a velocidad media hasta obtener una mezcla homogénea.

Tabla 10. Codificación de las formulaciones de dip de pez león.

Tratamiento	Método	Concentración almidón de maíz (p/p)	Concentración clara de huevo % (p/p)
CN_3EW	Convencional	0	3
CN_1.5EW	Convencional	1.5	1.5
CN_3ST	Convencional	3	0
CN_CTRL	Convencional	0	0
US_3EW	Ultrasonido	0	3
US_1.5EW	Ultrasonido	1.5	1.5
US_3ST	Ultrasonido	3	0
US_CTRL	Ultrasonido	0	0

CN_3EW: Convencional, 3% almidón de maíz; CN_1.5EW: Convencional, 1.5% almidón, 1.5% clara de huevo; CN_3ST: Convencional, 3% almidón; CN_CTRL: Convencional sin aglutinante. US_1.5EW: Ultrasonido, 1.5% almidón, 1.5% clara de huevo. US_3ST: ultrasonido, 3% almidón. US_3EW: ultrasonido, 3% clara de huevo. US_CTRL: ultrasonido sin aglutinante.

4.1.2.2 Evaluación sensorial

Cuarenta y cuatro panelistas semi-entrenados de la Universidad de La Sabana (Chía, Colombia) evaluaron ocho muestras codificadas con tres números aleatorios durante tres sesiones. Cada panelista evaluó atributos de: gusto global, apariencia, aroma, color y sabor en una escala hedónica de 9 puntos (9= me gusta en extremo; 5= no me gusta ni me disgusta; 1= me disgusta en extremo). Se utilizó agua y galletas de soda sin sal como pasante.

4.1.2.3 Análisis de textura

Se llevó a cabo un análisis de perfil de textura para el dip de surimi de pez león para determinar características texturales: dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad y adhesividad utilizando un texture analyzer (Stable, Micro System, UK) con una probeta de aluminio de 25 mm y 10 mm de distancia de deformación, fuerza de contacto de 5 g. El software del equipo utilizado para el análisis de datos fue: Texture Exponent. Las mediciones se llevaron a cabo a temperatura ambiente, utilizando 80 gramos producto la obtención, para cada medición se utilizaba gramos de muestra no perturbados por la medición, se realizaron pruebas por triplicado. Las mediciones se desarrollaron siguiendo la metodología utilizada por Adapa & Schmidt, (1998).

Los datos para la adhesividad fueron obtenidos del área bajo la curva entre los ciclos (Tabilo-Munizaga & Barbosa-Cánovas, 2004). Representa el trabajo necesario para despejar el plato de compresión de la muestra o el trabajo necesario para despegar el alimento de una superficie (paladar) (Szczesniak, 2002), es importante resaltar que resultados negativos indican que el producto es adhesivo (Guzmán, Tejada, De La Ossa & Rivera, 2015). La dureza es la fuerza máxima en el primer ciclo de compresión de la

muestra (Hleap & Velasco, 2010). La cohesividad es la medida en la que la muestra se puede deformar antes de la ruptura (Bainy, Bertan, Corazza & Lenzi, 2015)

4.1.2.4 Análisis estadístico

Todas las medidas se realizaron por triplicado, los valores de la media y desviación estándar fueron reportados para cada caso. Se realizó un análisis de varianza de dos vías en el que se evaluaron los efectos de los factores método y mezcla de aglutinantes (albúmina y almidón) además de las interacciones entre ambos factores sobre las propiedades de textura de la salsa de pescado para untar. Para la prueba de preferencia sensorial, se realizó un ANOVA para valores de gusto global, apariencia, aroma, color y sabor. Programa estadístico utilizado: Design expert ver.10 y Statgraphics ver. XVII.

4.1.3 Resultados y discusión

4.1.3.1 Análisis de perfil de textura

La tabla 11. Muestra el efecto del ultrasonido y diversas concentraciones de EW y CS en la dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y adhesividad de dip de gel de surimi de pez león. Los datos evidenciaron que el factor frecuencia tuvo efecto significativo en la dureza y en la adhesividad ($p < 0.05$), el factor aglutinante también tuvo efecto significativo en dureza, pero además en cohesividad y gomosidad ($p < 0.05$). Se presentó interacción entre ambos factores para la dureza, cohesividad y adhesividad. La adición de aglutinantes (clara de huevo y almidón) aumenta la dureza de productos como en el surimi (Murphy, Gilroy, Kerry, & Kerry, 2005; Paker & Matak,

2016). Sin embargo, al ser adicionada la crema agria al 20% del peso total del producto de surimi para elaborar el dip, la dureza del producto disminuye considerablemente. Por otra parte, las salsas elaboradas por método convencional y ultrasonido con adición de clara de huevo presentaron los valores más altos de dureza, esta información concuerda con lo reportado por Jafarpour, Hajiduon & Rez, (2012) en el que la adición de clara de huevo al 3% aumentó la dureza del gel de surimi en comparación a la adición de otros aglutinantes a distintas concentraciones, posiblemente se debe a la capacidad de coagulación de la ovoalbúmina (Hema, Shakila, Shanmugam & Jawahar, 2016); investigadores como Kuhn, Prentice-Hernández & Soares, (2004) también indicaron que la fuerza del gel en surimi aumentó significativamente con la presencia de aditivos proteínicos como la clara de huevo; ya que la clara de huevo tiene efecto directo y positivo en la dureza y la adhesividad del gel (Montero & Gómez-Guillen,1996).

Tabla 11. Parámetros de textura del dip de surimi de pez león.

Tratamiento	Dureza (N)	Cohesividad	Elasticidad	Gomosidad	Masticabilidad	Adhesividad (kg m ² s ⁻²)
CN_CTRL	2.06±0.68 ^{bc}	0.19±0.02 ^{bc}	0.81±0.24 ^a	0.41±0.20 ^{bc}	0.30±0.03 ^a	-0.20±0.01 ^a
CN_1.5	1.25±0.11 ^e	0.43±0.04 ^a	0.49±0.38 ^a	0.55±0.10 ^{abc}	0.28±0.16 ^a	- 0.21±0.01 ^{ab}
CN_3ST	2.54±0.11 ^{ab}	0.23±0.02 ^{bc}	0.80±0.18 ^a	0.59±0.04 ^{bc}	0.48±0.14 ^a	-0.26±0.03 ^{cd}
CN_3EW	2.71±0.20 ^a	0.24±0.09 ^{bc}	0.63±0.19 ^a	0.64±0.20 ^{ab}	0.42±0.24 ^a	- 0.25±0.02 ^{bcd}
US_CTRL	1.43±0.04 ^{de}	0.23±0.05 ^{bc}	0.61±0.34 ^a	0.33±0.08 ^c	0.25±0.13 ^a	-0.31±0.05 ^e
US_1.5	1.85±0.20 ^{cd}	0.24±0.08 ^{bc}	0.91±0.01 ^a	0.44±0.10 ^{bc}	0.40±0.09 ^a	- 0.24±0.02 ^{abc}
US_3ST	1.65±0.41 ^{cde}	0.26±0.03 ^{bc}	0.91±0.45 ^a	0.43±0.15 ^{bc}	0.36±0.11 ^a	- 0.26±0.01 ^{bcd}
US_3EW	2.07±0.24 ^{bc}	0.34±0.12 ^{ab}	0.83±0.07 ^a	0.70±0.20 ^a	0.58±0.14 ^a	- 0.29±0.02 ^{de}

4.1.3.2 Análisis sensorial (prueba de aceptación)

En la tabla 12. Se muestra el efecto del ultrasonido y diversas concentraciones de EW y CS en los atributos sensoriales del dip de gel de surimi de pez león evaluado por los panelistas. Se obtuvo diferencias significativas para los atributos: gusto general, apariencia, aroma y sabor ($p < 0.05$).

Tabla 12. Valores de la prueba de aceptación sensorial para los distintos atributos de la salsa para untar de pescado.

Tratamiento	Gusto				
	global	Apariencia	Aroma	Color	Sabor
CN_CTRL	5.86±2.24 ^a	5.20±2.06 ^a	5.45±2.18 ^a	5.75±2.04 ^a	5.72±2.29 ^a
CN_1.5	5.13±1.79 ^a	5.43±2.13 ^a	5.20±2.04 ^a	6.04±2.21 ^a	4.70±2.22 ^a
CN_3ST	5.52±2.05 ^a	5.13±2.65 ^a	5.77±2.26 ^a	6.02±1.91 ^a	5.56±2.39 ^a
CN_3EW	6.61±1.33 ^b	4.95±2.45 ^a	6.25±1.74 ^a	6.11±2.23 ^a	6.54±1.92 ^b
US_CTRL	6.06±1.82 ^a	4.72±2.21 ^a	6.13±2.06 ^a	6.27±2.12 ^a	5.86±2.60 ^a
US_1.5	5.70±2.10 ^a	5.70±2.10 ^a	5.27±1.74 ^a	6.04±1.98 ^a	5.65±2.36 ^a
US_3ST	5.61±1.90 ^a	6.50±1.63 ^b	6.20±2.07 ^a	6.25±2.04 ^a	5.47±2.51 ^a
US_3EW	6.34±1.65 ^b	5.77±2.16 ^a	6.50±2.04 ^b	6.02±2.14 ^a	6.11±2.47 ^b

Medias de los tratamientos para un mismo atributo con letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Las observaciones sugirieron un efecto significativo ($p < 0.05$) del tratamiento con ultrasonido en la evaluación sensorial del dip. La muestra pre-tratada con ultrasonido US_3ST obtuvo la puntuación más alta para el parámetro apariencia, lo que se atribuyó a la apariencia más uniforme y consistente del producto. US_3EW tuvo el puntaje más alto para aroma, y junto al tratamiento CN_3EW obtuvieron los valores más altos de aceptación para gusto general del producto y sabor. Ambas muestras fueron preparadas con clara de huevo al 3% variando el método de elaboración (ultrasonido/convencional). La mejora en la textura del dip mezclado con clara de huevo fue proporcional a los diferentes niveles de EW agregado y el mejor puntaje para la textura se asignó al dip con las concentraciones más altas de EW. En el estudio realizado por Jafarpour et al., (2012) los panelistas seleccionaron las muestras de surimi con 3% clara de huevo y 3% almidón como las de mejores parámetros sensoriales.

En el estudio realizado por Shepard et al., (2013) se realizó un análisis sensorial en el que los consumidores debían clasificar la importancia de los factores que influyeron en la compra de crema agria; el sabor fue el principal factor de preferencia de este producto, seguido por precio, disponibilidad y marca. En este mismo estudio se caracterizó que una crema agria que atraería a la mayoría de consumidores presenta niveles moderados de grasa láctea, sabores cocidos, de bajo nivel de sabor y aromáticos agrios y moderados niveles de densidad, adhesividad y firmeza. Productos elaborados a partir de surimi se caracterizan por no ser altamente adhesivos, y son aditivos como el almidón los que influyen en la adhesividad final del producto (Fan, Hu, Zhao, Xiong, Xie & Huang, 2016). Los resultados obtenidos para adhesividad del dip de surimi coinciden con los reportados por Fan et al., (2016) en los que la adición de almidón influyó en la disminución de los valores para adhesividad.

4.1.4 Conclusiones

La producción de productos utilizando surimi de pez león puede incentivar el consumo de esta especie y así contribuir a la reducción de su impacto negativo en el ecosistema marítimo colombiano. La mayor aceptación por parte de los panelistas fue la muestra pre-tratada con ultrasonido y elaborada con clara de huevo al 3%, debido al efecto de la clara en el sabor y aroma del producto y al efecto del ultrasonido y el aglutinante en la textura.

CAPITULO V. CONCLUSIONES GENERALES

El desarrollo de aplicaciones gastronómicas como: hamburguesas, dip y snack elaborados a partir de surimi de pez león (*Pterois volitans*) obtenido con ultrasonido son productos de fácil preparación y practicidad al momento del consumo. Cada producto, al ser una matriz alimentaria diferente, se ve afectado de distinta forma por el método de preparación y la cocción (distintos tiempos y temperaturas); por lo que el efecto del ultrasonido y de la adición de los aglutinantes varía según el producto. Se evidencia que la adición de estos agentes aglutinantes puede mejorar significativamente ciertos atributos sensoriales de las aplicaciones gastronómicas realizadas, las cuales presentan una semejanza significativa con productos de su categoría que son comercializados actualmente, lo que evidencia la viabilidad del desarrollo de estos productos a nivel industrial. Con lo cual, es posible incrementar y diversificar el consumo de pez león (*Pterois volitans*) y con ello contribuir a la reducción del impacto medioambiental causado por la presencia y expansión del pez león (*Pterois volitans*) en la zona de mar caribe colombiano

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, J., Williams, A., Lancaster, B. and Foley, M. (2007). Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks, Poster Presented at *7th Pangborn Sensory Science Symposium*, 12–16 August 2007. Minneapolis, USA
- Adapa, S. and Schmidt, K.A. (1998), Physical properties of low-fat sour cream containing exopolysaccharide producing lactic acid. *Journal of Food Science*, 63: 901-903. Doi: 10.1111/j.1365-2621.1998.tb17922.x
- Albins, M.A. & Hixon, M.A. (2008). Invasive Indo-Pacific lionfish (*Pterois volitans*) reduce recruitment of Atlantic coral-reef fishes. *Marine Ecology Progress Series* 367: 233-238.
- Albins, M.A. & Lyons P. J. (2012). Invasive red lionfish *Pterois volitans* blow directed jets of water at prey fish. *Marine Ecology Progress Series*, 448, 1–5. Doi: 10.3354/meps09580
- Albins, M.A. & Hixon, M.A. (2013). Worst case scenario: Potential long-term effects of invasive predatory lionfish (*Pterois volitans*) on Atlantic and Caribbean coral-reef communities. *Environmental Biology of Fishes*, 96(10-11), 1151-1157. Doi: 10.1007/s10641-011-9795-1.
- Alcázar-Alay, S. C.& Meireles, M.A. (2015). Physicochemical properties , modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Science and Technology* 35(2), 215–236.
- Alvarez, C., Couso, I., Solas, M., Tejada M (1997). Waxy corn starch affecting texture and ultrastructure of sardine surimi gels, *Z Lebensm Unters Forsch A*, 204, 121–128.
- Arbeláez, M. N., & Acero, P. A. (2011). Presencia del Pez León *Pterois volitans* (linnaeus) en el manglar de la Bahía de Chengue, Caribe colombiano. *Boletín de investigaciones marinas y costeras*, 40(2), (361), 431–435.
- Arteaga, M., Simanca, M., Soto, M., Salcedo, J., & Pérez, Y. (2009). Caracterización

y estudio de la fermentación espontánea del suero costeño producido en Montería. Obtenido de Revistas Unicordoba: <http://revistas.unicordoba.edu.co/revistamvz/mvz-151/resumen/body/v15n1a07.html>

- Arzeni, C., Pérez, O, E., Pilosof, A, MR., (2012). Functionality of egg white proteins as affected by high intensity ultrasound. *Food Hydrocolloids*, 29, 308-316. Doi:10.1016/j.foodhyd.2012.03.009
- AOAC (1997) Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Virginia, USA: AOAC.
- Arnheim, R. (1974). Art and visual perception: A psychology of the creative eye. Berkeley, CA: University of California Press.
- Aquino, L.F.M.C., Silva, A.C.O., Freitas, M.Q., Felicio, T.L., Cruz, A.G., & Conte-Junior, C.A. (2014). Identifying cheese whey and adulterant in milk: Limited contribution of sensometric Approach. *Food Research International*, 62, 233-237.
- Ares, G., & Jaeger, S. R. (2015). Check-All-That-Apply (CATA) with semi-trained assessors: Sensory profiles closer to descriptive analysis. Rapid Sensory Profiling Techniques and Related Methods: Applications in New Product Development and Consumer Research. *Woodhead Publishing Limited*. Doi: 10.1533/9781782422587.2.227
- Arias, F. A., Carvajal, D. A. A., & Marina, A. (2013). Protocolo para la captura , extracción del pez león en el Caribe Colombiano.
- Athallah, Z. A., & Park, J. W. (2016). Characterization of surimi slurries and their films derived from myofibrillar proteins with different extraction methods. *Food Bioscience*, 15, 118-125. Doi: 10.1016/j.fbio.2016.07.002
- Bakar, J., & Putra, U. (2009). Protein-starch interaction and their effect on thermal and rheological characteristics of a food system : A review. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.7 (2) : 169-174.
- Bainy, E, M., Bertan, L, C., Corazza, M, L., Lenzi, Marcelo, K. (2015). Physical

changes of tilapia fish burger during frozen storage. *B. Ceppa*, vol, 33, 2, 113-120.

Bar, M., & Neta, M. (2006). Humans prefer curved visual objects. *Psychologist Sciences*, 17, 645-648. Doi: 10.1111/j.1467-9280.2006.01759.x

Benkwitt, C. E. (2015) Non-linear effects of invasive lionfish density on native coral-reef fish communities. *Biological Invasions*, 17, 1383-1395. Doi: 10.1007/s10530-014-0801-3

Benjakul, S., Chantarasuwan, C., & Visessanguan, W. (2003). Effect of medium temperature setting on gelling characteristics of surimi from some tropical fish. *Food Chemistry*, 82, 567–574.

Berlyne, D. E. (1976). Similarity and preference judgements of Indian and Canadian subjects exposed to Western paintings. *International Journal of Psychology*, 11, 43-55. Doi: 10.1080/00207597608247346

Bingol, G., Wang, B., Zhang, A., Pan, Z., & McHugh, T. H. (2014). Comparison of water and infrared blanching methods for processing performance and final product quality of French fries. *Journal of Food Engineering*, 121(1), 135–142. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.08.001

Brewer MS, Peterson WJ, Carr TC, McCusker R, Novakofski J. 2005. Thermal gelation properties of myofibrillar protein and gelatin combinations. *Journal Muscle Foods* 16, 126-40.

Brillantes, S. (1999). Histamine in fish sauce-health and safety considerations. *InfoFish International*, 4, 51-56.

Bucher, T., Collins, C., Diem, S., & Siegrist, M. (2016). Adolescents perception of the healthiness of snacks. *Food Quality and Preference*, 94-101.

Candela, M., & Astiasara, I. (1998). Deep-Fat Frying Modifies High-Fat Fish Lipid Fraction, *Journal of Agricultural and food chemistry*. 8561(97), 2–5.

Campo-Deaño, L., Tovar, C. (2008). Influence of the starch content in the viscoelastic properties of surimi gels. *Journal of Food Engineering*, Volume 84, Issue 1, 140-147.

- Cárcel, J. A., García-Pérez, J.V., Benedito, J., & Mulet, A. (2012). Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound. *Journal of Food Engineering*, 110(2), 200-207. Doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.05.038
- Carreño, O., Cabrera, E., Bado-Navarro, B., & Codina, G. (2012). Technological alternatives to face lionfish (*Pterois volitans*, Linnaeus 1758) invasión in the colombian caribbean coast. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 2016(2), 28-34.
- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Faustman, C. (2006). Physicochemical properties, gel-forming ability and myoglobin content of sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) surimi produced by conventional method and alkaline.
- Chang-Lee MV, Lampila LE, Crawford DL. (1990). Yield and composition of surimi from Pacific whiting (*Merluccius productus*) and the effect of various protein additives on gel strength. *Journal of Food Science*, 55(1) 83-6.
- Cheow, C.S., Yu, S.Y., Howell, N.K., Man, Y. C., & Muhammad, K. (1999) Effect of fish, starch and salt contents on the microstructure and expansion of fish crackers (“keropok”), 885 (June-1988), 879-885.
- Chung, K.H. & Lee, C.M. (1991). Water binding and ingredient dispersion patten effects on surimi gel texture. *Food Science*, 56 (5) 1263–1266.
- Dacremont, C., (1995). Spectral composition of eating sounds generated by crispy, crunchy and crackly foods. *Journal of Texture Studies*. 26, 27–43.
- De Quadros, D. A., De Oliveira Rocha, I. F., Ferreira, S. M. R., & Bolini, H. M. A. (2015). Low-sodium fish burgers: Sensory profile and drivers of liking. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 236-242. Doi::10.1016/j.lwt.2015.03.08
- Dehghannya, J., Naghavi, E. A., & Ghanbarzadeh, B. (2015). Frying of potato strips pretreated by ultrasound-assisted air-drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(4), 583–592. Doi: 10.1111/jfpp.12636
- Dobarganes, C., & Márquez-ruiz, G. (2000). Interactions between fat and food during deep-frying, 102, 521–528.
- Driesener, C. and Romaniuk, J. (2006), “Comparing methods of brand image

- measurement," *International Journal of Market Research*, 48, 681–698.
- Duizer, L. M. (2014). Measurement of the texture of dry crisp products. Instrumental assessment of food sensory quality. Food Science, technology and nutrition. University of Guelph, Guelph, Canada. Doi: 10.1533/9780857098856.3.403
- Faber, N. K. M., Mojet, J., & Poelman, A. A. M. (2003). Simple improvement of consumer fit in external preference mapping. *Food Quality and Preference*, 14(5-6), 455-461. Doi:10.1016/S0950-3293(03)00011-9
- Fan, D., Huang, L., Li, B., Huang, J., Zhao, J., Yan, B., & Zhang, H. (2017). Acoustic intensity in ultrasound field and ultrasound-assisted gelling of surimi LWT- *Food Science and Technology*, 75, 497-504. Doi:10.1016/j.lwt.2016.08.002
- Fan, M., Hu, T., Zhao, S., Xiong, S., Xie, J., Huang, Q. (2017). Gel characteristics and microstructure of fish myofibrillar protein/casava starch composites. *Food Chemistry*, 218, 221-230 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.068>
- Fellows, P.J. (2017). Frying. 783-810, *Food processing technology* doi: 10.1016/B978-0-08-100522-4.00018-3.
- Ferguson, A., & Akins, L. (2016). The lionfish cookbook: The Caribbean's new delicacy. Bahamas: REEF Environmental Education Foundation.
- Filomena, A. (2012). Evaluación de la actividad ATP-asa en surimi con diferentes estabilizantes y su relación con las principales propiedades funcionales y estructurales al aplicar ultrasonido. Universidad de La Sabana, documento de tesis de maestría en diseño y gestión de procesos.
- Filomena, A. Diaz, L., Puig, Ana., Sotelo, I. (2012). Efecto de ultrasonido sobre la actividad ATP-asa y propiedades funcionales en surimi de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Vitae*, 19 (1), S379-S381.
- Filomena-Ambrosio, A., Quintanilla-Carvajal, M. X., Ana-Puig, Hernando, I., Hernández-Carrión, M., & Sotelo-Díaz, I. (2015). Changes of the water-holding capacity and microstructure of panga and tilapia surimi gels using

- different stabilizers and processing methods. *Food Science and Technology International*, 22(1), 68–78. Doi: 10.1177/1082013214568876
- Gates, K. W. (2011). Fish processing: Sustainability and new opportunities. In G. M. Hall (Ed.), (p. 98-110). Chichester, West Sussex, United Kingdom: Wiley-Blackwell, Ltd.
- Gordon, R. (1990). *Snack Food*. Springer US. New York: Avi. Doi: 10.1007/978-1-4613-1477-6
- Guzmán, L, E., Tejada, C, T., De La Ossa, J., Rivera, R. (2015). Comparative analysis of texture profile fresh cheese goat and cow. *Bioteconología en el sector agropecuario y agroindustrial*. Vol 13, 1, 139-147.
- Hall, G. (2001). *Fish processing Technology* . 2nd Edition, George Hall. Food Engineering and Biotechnology group. Ed. Aspaen Publishers Inc.
- Hause, A., & Labensky, S. (2006). *On Cooking: A Textbook of Culinary Fundamentals*. Prentice Hall.
- Hema, K., Shakila, RJ., Shanmugam, SA., Jawahar, P. (2016). Functional Properties of Restructured Surimi Gel Product Prepared from Low valued Short Nose White Tripod Fish (*Triacanthus brevirosterus*), *Journal of Food Processing & Technology* 7(6), 6–11. Doi:10.4172/2157-7110.1000597
- Hernández-Carrión, M., Varela, P., Hernando, I., Fiszman, S., Quiles, A., (2015). Persimmon milkshakes with enhanced functionality: Understanding consumers perception of the concept. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 384–392. Doi: 10.1016/j.lwt.2014.10.063
- Herceg, I, L., Jambrak, A, R., Šubarić, D., Brnčić, M., Brnčić, S, R., Badanjak, M., Tripalo, B., Ježek, D., Novot, D., Herceg, Z. Texture and Pasting Properties of Ultrasonically Treated Corn Starch. (2012). *Czech Journal of Food Science* Vol. 28, 2: 83-93.
- Hleap, J, I., Velasco, V, A. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). (2010). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, Vol 8, 2.

- Hunt, A., Getty, K. J. K., & Park, J. W. (2009). Roles of Starch in Surimi Seafood : A Review, *Food Review International*, 25 (4), 299-312 .
<https://doi.org/10.1080/87559120903155834>
- Hunt, A., Park, J. W., & Handa, A. (2009). Effect of Various Types of Egg White on Characteristics and Gelation of Fish Myofibrillar Proteins. *Journal of Food Chemistry*, 74 (9), C683-C692 <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01354.x>
- Hunt, A., Getty, K. J., & Park, J. W. (2010). Development of temperature tolerant surimi gels using starch-protein interactions, *Journal of food Quality*, 33(S1), 119–136. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00303.x>
- Imram, N. (1999). The role of visual cues in consumer perception and acceptance of a food product. *Nutrition & Food Science*, 99(5), 224-230. Doi: 10.1108/00346659910277650
- Iso, N., Mizuno, H., Saito, T., Lin, C.Y., Fujita, T., and Nagashisa, E. (1985). The effect of additives (egg white and soy protein) on the rheological properties of kamaboko. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 51, 485-488.
- ISO. (2007). Sensory analysis: General guidance for design of test rooms. Standard no. 8589. Geneva: Switzerland.
- Izidoro, D. R., Junior, B. D., Windson, C., Haminiuk, I., Sierakowski, M. R., João, R., Scheer, A. D. P. (2007). Granules morphology and rheological banana (*Musa cavendishii*) and corn (*Zea mays*) starch gels. *Ciência e Agrotecnologia*. 35 (5) 1443–1448.
- Jafarpour, A., Hajiduon, H., Rez, M, A., (2012). A comparative study on effect of egg white, soy protein isolated and potato starch on functional properties of common carp (*Cyprinus Carpio*) Surimi Gel. *Journal of Food Processing Technology*, 3:11. Doi: 10.4172/2157-7110.1000190.
- Jamilah, B., Mohammed, A., Abbas, K, A., Abdul Rahman, R., Karim, R & D, M, Hashim. (2009). Protein-starch interaction and their effect on thermal and rheological characteristics of a food system : A review. *Journal of Food*,

Agriculture & Environment, Vol 7 (2): 169-174.

- Jauregui C, Regenstein A and Baker R. (1981). A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water binding property of muscle foods. *Journal of Food Science* 46(4): 1271–1273.
- Karizaki, V. M., Sahin, S., Sumnu, G., Mosavian, M. T. H., & Luca, A. (2013). Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration as a pretreatment on deep fat frying of potatoes. *Food and Bioprocess Technology*, 6(12), 3554–3563. doi: 10.1007/s11947-012-1012-5
- Kim, J. M., & Lee, C. M. (1987). Effect of Starch of Textural Properties of Surimi Gel, *Journal of Food Science* 52(3), 722-725.
- Kita, A., Lisin'ska, G., & Gołubowska, G. (2007). The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. *Food Chemistry*, 102(1), 1–5. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.08.038
- Klomklao S., Benjakul, S., Visessanguan, W., Kishimura, H., Simpson, B., (2006) Effects of the addition of spleen of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) on the liquefaction and characteristics of fish sauce made from sardine (*Sardinella gibossa*). *Journal of Food Chemistry* 98, 440–452.
- Kong, C. S., Ogawa, H., & Iso, N. (1999). Compression properties of fish-meat gel as affected by gelatinization of added starch. *Journal of Food Science*, 64, 283–286.
- Kuhn CR, Prentice-Hernandez Carlos VJ, Soares GJ (2004) Surimi of king weak fish (*Macrodon ancylodon*) wastes: texture gel evaluation with protease inhibitors and transglutaminase. *Brazilian Arch Biol Technol* 44: 895-907.
- Kyaw, Z, Y., Yu, S.Y., Cheow, C. S & Dzulkifly, M.H. (1999) Effect of steaming time on the linear expansion of fish crackers ('keropok'). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 79, p. 1340-1344.
- Lin, T. M., & Park, J. W. (2008). Effective Washing Conditions Reduce Water Usage for Surimi Processing. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 6, 37–41.

- Liu, Q., Kong, B., Han, J., Chen, Q., & He, X. (2014). Effects of superchilling and cryoprotectants on the quality of common carp (*Cyprinus carpio*) surimi: Microbial growth, oxidation, and physiochemical properties. *LWT - Food Science and Technology*, 57(1), 165–171. doi:10.1016/j.lwt.2014.01.008
- Lopetcharat, K., Choi, Y. J., Park, J. W., & Daeschel, M. A. (2001). Fish sauce products and manufacturing: a review. *Food Reviews International*, 17, 65–68.
- Maji, B., Bhattacharyya, J., & Pal, S. (2016). Potential effects of invasive *Pterois volitans* in coral reefs. *Letters in Biomathematics*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/23737867.2016.1213146>
- Manoukian, E. B. (1986). Mathematical nonparametric statistics. Newark, NJ, USA: *Gordon and Breach Science Publishers, Inc.*
- Marangoni, A. G., Barbut, S., Mcgauley, S. E., Marcone, M., & Narine, S. S. (2000). On the structure of particulate gels — the case of salt-induced cold gelation of heat-denatured whey protein isolate, *Food Hydrocolloids* 14, 61–74.
- Martín-Sánchez, A. M., Navarro, C., Pérez-Álvarez, J. A., & Kuri, V. (2009). Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(4), 359–374. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00087.x>
- Martínez, B., Miranda, J. M., Vázquez, B. I., Fente, C. A., Franco, C. M., Rodríguez, J. L., & Cepeda, A. (2012). Development of a hamburger patty with healthier lipid formulation and study of its nutritional, sensory, and stability properties. *Food and Bioprocess Technology*, 5 (1), 200–208. Doi:10.1007/s11947-009-0268-x
- Mason, W. (2009) Starch (Third edition). Chapter 20. Starch use in food. Bridgewater Newjersey, USA, *Chemistry and Technology*. Pages 745-795. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-746275-2.00020-3>
- McClements, D. J. (1995). Advances in the application of ultrasound in food

analysis and processing. *Trends in Food Science & Technology*, 6(9), 293–9.
[https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)89139-6](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)89139-6)

Montero, P., & Gómez-Guill, C. (1996). Behaviour of egg white and starch in gelation of sardine muscle (*Sardina pilchardus*), *European Food Research and Technology*, 202 (4) 294–295.

Morris J.A. Jr., Akins J.L., Barse A., Cerino D., Freshwater D.W., Green S.J., Muñoz R.C., Paris C., Whitfield P.E., (2008). Biology and Ecology of the Invasive Lionfishes, *Pterois miles* and *Pterois volitans*. Proceedings of the 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institute November 10 - 14, 2008 Gosier, Gouadeloupe, French West Indies.

Morris J. A. Jr., Whitfield P. E. (2009) Biology, ecology, control and management of the invasive Indo-Pacific lionfish: an updated integrated assessment. *NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 99*, 57 pp.

Morris, J. A., Thomas, A., Rhyne, A. L., Breen, N., Akins, L., & Nash, B. (2011). Nutritional properties of the invasive lionfish: A delicious and nutritious approach for controlling the invasion. *AAFL Bioflux*, 4(1), 21–26.

Morris, J.A., Jr. (Ed.). 2012. *Invasive Lionfish: A Guide to Control and Management*. Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series Number 1, Marathon, Florida, USA. 113 pp.

Mulet, A., Benedito, J., Golás, Y., & Cárcel, J. A. (2002). Noninvasive ultrasonic measurements in the food industry. *Food Reviews International*, 18(2–3), 123–133. Doi: 10.1081/FRI-120014354

Murphy, S., Gilboy, M., Kerry, J., Kerry, J. (2005). Assessment of Added Protein / Starch on the Functional Properties of Surimi Gels Manufactured from Atlantic Whiting, *Journal Food Chemistry and Toxicology* 70(1), 21–24.

Musielak, G., Mierzwa, D., & Kroehnke, J. (2016). Trends in Food Science & Technology Food drying enhancement by ultrasound e A review. *Trends in Food Science & Technology*, 56, 126–141. Doi: 10.1016/j.tifs.2016.08.003

- Murthy, L.N.; Panda, S.K.; and Shamasundar, B.A. (2011). Physico- chemical and functional properties of proteins of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Journal of Food Process Engineering* 34:83-107
- Ngadi, M., Li, Y., & Oluka, S. (2007). Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation. *LWT - Food Science and Technology*, 40(10), 1784– 1791. Doi: 10.1016/j.lwt.2007.01.004
- Niamsiri, N., Batt, C, A. *Encyclopedia of Microbiology* (Third edition). Dairy products. (2009). *Academic press*, pages 34-44.
- Nopianti, R., Huda, N., Ismail, N. (2011) A review on the loss of the functional properties of proteins during frozen storage and the improvement of gel-forming properties of surimi. *American Journal of Food Technology*, 6,19-30.
- Oladejo, A. O., & Victor, M. O. (2014). Effects of frying parameters on some physical properties of fried. *Journal of Agricultural Engineering and Technology*, 22(4), 79-88.
- Oladejo, A. O., Ma, H., & Qu, W. (2017). Effects of ultrasound pretreatments on the kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of sweet potato (*Ipomea batatas*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Doi: 10.1016/j.ifset.2017.07.019
- Ordonez Ramos, L. R. O., Choi, N.-D., & Ryu, H.-S. (2012). Effects of processing conditions on the protein quality of fried anchovy kamaboko *Engraulis japonica*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(4), 265–273. doi:10.5657/FAS.2012.0265
- Paker, I., Matak, K, E. (2015). Impact of sarcoplasmic proteins on texture and color of silver carp and Alaska Pollock protein gels. *LWT-Journal of Food Science and Technology*, 63, 985:991. Doi: 10.1016/j.lwt.2015.04.045.
- Paker, I., & Matak, K. E. (2017). Effects of starch concentration on calcium-enhanced black bullhead catfish protein gels, *Food Science & Nutrition* 5 (3), 763–769. <https://doi.org/10.1002/fsn3.456>
- Parente, M.E., Manzoni, A.V. and Ares, G. (2011), “External preference mapping

- of commercial antiaging creams based on consumers' responses to a check-all-that-apply question," *Journal of Sensory Studies*, 26, 158–166.
- Park, J. W., & Lin, T. M. J. (2005). Surimi: Manufacturing and evaluation. In J. W. Park (Ed.), *Surimi and surimi seafood* (2nd ed., pp. 33–98). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Park, J. W., Ooizumi, T., & Hunt, A. L. (2013). *Ingredient Technology for Surimi and Surimi Seafood. 3rd Edition* Boca Raton, USA: CRC Press.
- Park, J. W., Yoon, W. B., & Kim, B. Y. (2014). Surimi Paste Preparation, Gel Analysis, and Rheology. *Surimi and Surimi Seafood* (3rd ed, pp-430-434). Boca raton, FL. CRC Press. Doi: 10.1201/b16009-21.
- Pokorny, J., (2002). Frying. In: Henry, C.J.K., Chapman, C. (Eds.), *The Nutrition Handbook for Food Processors*. Woodhead Publishing, Cambridge, pp. 293-300.
- Polanco-Fernández. A., A. Acero-Pizarro y N. Bolaños-Cubillos. (2011). El pez león (*Pterois volitans*) en el Caribe colombiano. 123-130 p. En: Gracia, A., Medellín- Mora, J., Gil-Agudelo, D.L. y V. Puentes (eds.). *Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia*. INVEMAR. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 136 p.
- Ramadhan, K., Huda, N., & Ahmad, R. (2012). Physicochemical and sensory characteristics of burger made from duck surimi-like material. *Poultry Science*, 91(9), 2316–2323. Doi:10.3382/ps.2011-01747
- Ramírez, A., Martian-Polo, O., & Bandman, E. B. (2000). Fish myosin aggregation as affected by freezing and initial physical state. *Journal of Food Science: Food Chemistry and Toxicology*, 65(4), 556–560. doi:10.1111/jfds.2000.65.issue-4
- Rasband, W. (2013). ImageJ 1.47 v. US National Institutes of Health. Bethesda, MD, USA. Rawdkuen.
- Rasinski, K.A., Mingay, D. and Bradburn, N.M. (1994), "Do respondents really mark all that apply on self-administered questions?" *Public Opinion Quarterly*,

58, 400–408.

Rausch, J. (2014). *Pez león* (1st ed.). Bogotá, Colombia: Publicaciones Semana.

Ravli, Y., Silva, P. Da, & Moreira, R. G. (2013). Two-stage frying process for high-quality sweet-potato chips. *Journal of Food Engineering*, 118(1), 31–40. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.03.032

Restrepo-Betancurt, L. F., Rodríguez-Espinosa, H., & Valencia, D. (2016). Caracterización del consumo de pescado y mariscos en población universitaria de la ciudad de Medellín -Colombia. *Universidad Y Salud*, 18(2), 257–265. doi:10.22267/rus.161802.36

Rodrigues, C., Neiva, P., Machado, T. M., Tomita, R. Y., Furlan, É. F., Josefina, M., Bastos, M. (2011). Fish crackers development from minced fish and starch : an innovative approach to a traditional product, *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(4), 973–979.

Sampels, S., Zajíc, T., & Mráz, J. (2014). Effects of Frying Fat and Preparation on Carp (*Cyprinus carpio*) Fillet Lipid Composition and Oxidation, *Czech Journal of Food Science* 32(5), 493–502.

Salgado-Montejo, A., Alvarado, J. A., Velasco, C., Salgado, C. J., Hasse, K., & Spence, C. (2015). The sweetest thing: The influence of angularity, symmetry, and the number of elements on shape-valence and shape-taste matches. *Frontiers in Psychology*, 6(April 2016),1–17. doi:10.3389/fpsyg.2015.01382

Sarıçoban, C., Yılmaz, M. T., & Karakaya, M. (2009). Response surface methodology study on the optimisation of effects of fat, wheat bran and salt on chemical, textural and sensory properties of patties. *Meat Science*, 83(4), 610–619. Doi:10.1016/j.meatsci.2009.07.010

Seymour, S.K., Hamann, D.D., (1988). Crispness and crunchiness of selected low moisture foods. *Journal of Texture Studies*. 19, 79–95.

Schofield P. J., (2009) Geographic extent and chronology of the invasion of non-

- native lionfish *Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828] in the Western North Atlantic and Caribbean Sea. *Aquat Invas* 4:473–479.
- Shepard, L, R, E., Miracle, P. Leksrisompong & Drake M, A. (2013). Relating sensory and chemical properties of sour cream to consumer acceptance. *Journal of dairy science*, 96:5435–5454.
- Sikorski, Z. E. (1994). Themyofibrillar proteins in seafoods. In Z. E. Sikorski, B. S. Pan, & F. Shahidi (Eds.), *Seafood proteins* (pp. 40-57). New York: Chapman & Hall.
- Smyth, J.D., Dillman, D.A., Christian, L.M. and Stern, M.J. (2006), “Comparing check-all and forced-choice question formats in web surveys,” *Public Opinion Quarterly*, 70, 66–77.
- Soltanizadeh, N., & Ghiasi-Esfahani, H. (2014). Qualitative improvement of low meat beefburger using Aloe vera. *Meat Science*, 99, 75–80. doi:10.1016/j.meatsci.2014.09.002
- Sotelo, D. I., Filomena, A. A., & Rodríguez, P. J. (2008). Evaluación de las propiedades del cajaro (*Phractocephalus hemiliopterus*) como potencial para la obtencion de surimi y productos derivados. *Revista MVZ Córdoba*, 13(3), 1456–1463.
- Spence, C., & Ngo, M. K. (2012). Assessing the shape symbolism of the taste, flavour, and texture of foods and beverages. *Flavour*, 1(1), 1-12. Doi:10.1186/2044-7248-1-12
- Stine, J.J; Pedersen, L.; Smiley, S.; Bechtel, P. J.; (2011) Recovery and utilization of protein derived from surimi wash-water. *Journal of Food Quality* 35: 43-50
- Stone, H.; Sidel, J. L. *Sensory evaluation practices*. 3rd ed. London: Academic Press. 2004. 374 p. 8
- Suklim, MS., G, J, Flick Jr., J, E, Marcy & W, N, Eigel. (2003) Effect of Starch and Egg White Albumin on the Textural and Cooking Properties of Restructured Squid Patties (*Illex illecebrosus*), *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 12 (2), 47-60, Doi: 10.1300/J030v12n02_05

- Sun, X. D., & Holley, R. A. (2011). Factors Influencing Gel Formation by Myofibrillar Proteins in Muscle Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(1), 33–51. Doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00137.x
- Sutherland W. J., Clout M., Côté I.M., Daszak P., Depledge M. H., Fellman L., Fleishman E., Garthwaite R., Gibbons D. W., De Lurio J., Impey A. J., Lickorish F., Lindenmayer D., Madgwick J., Margerison C., Maynard T., Peck L. S., Pretty J., Prior S., Redford K. H., Scharlemann J. P. W., Spalding M., Watkinson A. R., (2010) A horizon scan of global conservation issues for 2010. *Trends Ecol Evol* 25:1–7.
- Szczesniak, Alina. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*. (2002). Vol 13: 215-225.
- Tabilo-Munizaga, G., Barbosa-Cánovas, G. V. Color and textural parameters of pressurized and heat-treated surimi (2004). *Food Research International*, 37, 767–775. Doi: 10.1016/j.foodres.2004.04.001
- Tabilo-Munizaga, G., & Barbosa-C, G. V. (2005). Pressurized and heat-treated surimi gels as affected by potato starch and egg white : microstructure and water-holding capacity, *LWT Food Science and Technology*, 38 (1), 47–57. Doi: 10.1016/j.lwt.2004.04.013
- Texture Technologies (2003). Textural profile analysis explained and annotated. <www.texturetechnologies.com/texture_profile_analysis.html> (accessed 22.11.2017).
- The Culinary Institute of America. (2006). The Professional Chef. The Culinary Institute of America.
- Turantas, F., Kiliç, G. B., & Kiliç, B. (2015). Ultrasound in the meat industry: General applications and decontamination efficiency. *International Journal of Food Microbiology*, 198, 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.12.026>
- Vidal, L., Tárrega, A., Lucía, A., Ares, G., Jaeger, S., (2015) Comparison of

correspondence analysis based on Hellinger and chi-square distances to obtain spaces from check-all-that-apply (CATA) questions. *Food Quality and Preference* 43, 106-112. Doi: 10.1016/j.foodqual.2015.03.003

Yang, Z., Wang, W., Wang, H., & Ye, Q. (2014). Effects of a highly resistant rice starch and pre-incubation temperatures on the physicochemical properties of surimi gel from grass carp (*Ctenopharynxodon Idellus*). *Food Chemistry*, 145, 212–219. doi:10.1016/j.foodchem.2013.08.040

Zhang, Y., Zeng, Q. X., Zhu, Z. W., & Zhou, R. (2011). Effect of ultrasonic treatment on the gel strength of tilapia (*Sarotherodon nilotica*) surimi. *Journal of Food Process Engineering*, 34(2), 533–548. Doi: 10.1111/j.1745-4530.2009.00374.x

Zhu, J., Fan, D., Zhao, J., Zhang, H., Huang, J., Zhou, W., Chen, W. (2016). Enhancement of the Gelation Properties of Surimi from Yellowtail Seabream (*Parargyrops edita*, Sparidae) with Chinese Oak Silkworm Pupa, *Antheraea pernyi*, *Journal of Food Science* 81(2) E396-E403 <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13184>

ANEXOS

- I. Artículo titulado “Análisis sensorial y de textura sobre hamburguesas de pez león (*Pterois volitans*) obtenidas con ultrasonido presentado en congreso IICTA, 2016 llevado a cabo en Bogotá.

Análisis sensorial y de textura sobre hamburguesas de pez león (*Pterois volitans*) obtenidas con ultrasonido

Textural and sensory analysis on lionfish burgers (*Pterois volitans*) obtained with ultrasound

Luis Miguel Jiménez-Muñoz¹, María Ximena Quintanilla-Carvajal¹,
Indira Sotelo² y Annamaria Filomena-Ambrosio²

RESUMEN

Debido al impacto negativo que podría generar el pez león (*Pterois volitans*) en el mar Caribe colombiano, como la reducción de algunas especies nativas de peces en los arrecifes invadidos hasta el 95%, se ha propuesto su consumo como medida de control. En este estudio se desarrollaron aplicaciones gastronómicas de surimi de esta especie, obtenidas por distintos métodos: tradicional y ultrasonido (40 kHz, 150 W, 15 min), con el propósito de analizar el efecto de los tratamientos en la textura de los productos (hamburguesas), a través de un análisis de perfil de texturas (TPA). El ultrasonido generó un incremento en los parámetros: cohesividad (28,6%), gomosidad (33,2%) y masticabilidad (34,3%). Los resultados fueron comparados con un análisis sensorial en el que se evaluó la percepción del panelista, las hamburguesas obtenidas por ultrasonido fueron percibidas como más gomosas.

Palabras clave: surimi, perfil de textura, gastronomía, tecnología.

ABSTRACT

Due to the negative impact the lionfish (*Pterois volitans*) could generate in the Colombian Caribbean Sea, such as reducing some native species of fish in the invaded reefs up to 95%; its consumption has proposed as a control measure. In this study, gastronomic applications of surimi from this specie, obtained by different methods: traditional and ultrasound (40 kHz; 150 W; 15 min) were developed. In order to analyze the effect of the treatments on textural properties of the products (burgers), a texture profile analysis (TPA) was applied. The ultrasound generated an increase in cohesiveness (28,6%), chewiness (33,2%) and masticability (34,3%). The results were compared with a sensory analysis in which the perception of the panelist was assessed; and burgers obtained by ultrasound were perceived as more gummy.

Key words: surimi, texture profile, gastronomy, technology.

- II_ Presentación del poster titulado “The best way of presenting lionfish (*Pterois volitans*) to consumers: perception of different processing methods (ultrasound and traditional) and product shape.” en congreso EuroSense realizado en Dijon, Francia 2017.



- II. Divulgación en el II encuentro de ponencias en ciencia y tecnología de alimentos realizado por el Sena, 2016 del trabajo titulado “Aplicación de ultrasonido como alternativa tecnológica de procesamiento para mejorar características organolépticas de productos tipo surimi”.

Aplicación de ultrasonido como
alternativa tecnológica de procesamiento

para mejorar características organolépticas de productos tipo

surimi

Autores:
Luis Miguel Jiménez-Muñoz
Annamaria Filomena- Ambrosio

Palabras clave:

capacidad de retención de agua, ultrasonido, perfil de textura, pez León, surimi.

En la actualidad se considera que el empleo de tecnologías alternativas diferentes a tratamientos térmicos es fundamental en el desarrollo de productos alimentarios, ya que su efecto podría contribuir a mejorar procesos como la transformación de la materia prima, así como la conservación del producto terminado y la

términos de productividad, rendimiento y selectividad, ya que se obtienen mejores tiempos de proceso, mejora la calidad y se considera una tecnología de procesamiento sustentable, ya que emplea menos tiempo, agua y energía (Chemat et al., 2011).

ANEXOS DE FORMATOS SENSORIALES

I. Prueba de ordenación para las hamburguesas con adición de aglutinantes

Análisis sensorial. Prueba Hamburguesas de surimi pez león

Edad _____

Sexo _____

Se le presentaran cuatro muestras cada una con un código diferente. Marque con el numero 4 la mejor muestra para cada parámetro a evaluar y con el número 1 la que menos le haya gustado.

Ordene las muestras de acuerdo a su percepción de mejor textura (dureza)

521 _____

642 _____

734 _____

891 _____

Ordene las muestras de acuerdo a la hamburguesa que tenga mejor sabor

521 _____

642 _____

734 _____

891 _____

Ordene las muestras marcando con 4 la que más le gustó y con 1 la que menos.

521 _____

642 _____

734 _____

891 _____

Análisis sensorial para las hamburguesas con adición de aglutinantes

Califique de 1 a 9 los siguientes atributos sensoriales. Siendo 1 el menor valor y 9 el valor máximo para cada atributo.

Dureza	
Código muestra	Puntuación (1 a 9)
5 21	
642	
7 34	
891	

Gomosidad	
Código muestra	Puntuación (1 a 9)
642	
5 21	
891	
7 34	

Sabor Global	
Código muestra	Puntuación (1 a 9)
7 34	
891	
642	
5 21	

Salado	
Código muestra	Puntuación (1 a 9)
5 21	
642	
7 34	
891	

Dulzor	
Código muestra	Puntuación (1 a 9)
5 21	
642	
7 34	
891	

Análisis sensorial para dip de surimi, prueba de aceptación

Califique de 1 a 9 los siguientes atributos sensoriales. Siendo 1 el menor valor y 9 el valor máximo para cada atributo.

1: Me disgusta mucho 5: No me gusta ni me disgusta 9: Me gusta mucho.

Gusto General	
Código muestra	Puntuación (1 a 9)
642	
521	
891	
734	
429	
953	
372	
298	

Apariencia	
Código muestra	Puntuación (1 a 9)
642	
521	
891	
734	
429	
953	
372	
298	

Aroma	
Código muestra	Puntuación (1 a 9)
642	
521	
891	
734	
429	
953	
372	
298	

Color	
Código muestra	Puntuación (1 a 9)
642	
521	
891	
734	
429	
953	
372	
298	

Sabor	
Código muestra	Puntuación (1 a 9)
642	
521	
891	
734	
429	
953	
372	
298	

Análisis sensorial para snacks. Prueba Check-all-that-apply

HOJA DE CATA SNACKS DE SURIMI DE PEZ LEÓN

Buenos días, vamos a hacerte unas preguntas sobre cómo percibes ciertos alimentos. Nos interesa tu opinión personal, no hay respuestas correctas o incorrectas.

DATOS PERSONALES:

P1- Edad: _____

P2- Sexo

Mujer _____

Hombre _____

P3- Consumes snacks (papas de paquete, paquetes en general)

Diariamente _____

Semanalmente _____

Mensualmente _____

De forma esporádica _____

Nunca _____

P4- Consumes pescado

Diariamente _____

Semanalmente _____

Mensualmente _____

De forma esporádica _____

Nunca _____

Ahora vas a probar **8 snacks de surimi de pez león** y contestarás algunas preguntas sobre cada uno de ellos. Por favor toma agua entre muestra y muestra.

Muestra _____

Vas a evaluar primero **cuánto te gusta** el snack, gradúa tus respuestas de “me disgusta mucho” a “me gusta mucho” usando la escala

M1- ¿Cuánto te GUSTA, GLOBALMENTE este snack?

<input type="checkbox"/>								
Me disgusta mucho				Me es indiferente				Me gusta mucho

M2- ¿Cuánto te GUSTA la APARIENCIA de este snack?

<input type="checkbox"/>								
Me disgusta mucho				Me es indiferente				Me gusta mucho

M3- ¿Cuánto te GUSTA el SABOR de este snack?

<input type="checkbox"/>								
Me disgusta mucho				Me es indiferente				Me gusta mucho

M4- ¿Cuánto te GUSTA la TEXTURA de este snack?

<input type="checkbox"/>								
Me disgusta mucho				Me es indiferente				Me gusta mucho

M5- ¿Cuáles de estas características DESCRIBEN a este snack? Marca (v) todas las que crees que se aplican a esta muestra. Puedes volver a probarlo las veces que necesites.

Crujiente	<input type="checkbox"/>	Gomoso	<input type="checkbox"/>
Apariencia agradable	<input type="checkbox"/>	Color dorado	<input type="checkbox"/>
Saludable	<input type="checkbox"/>	Lo compraría/consumiría	<input type="checkbox"/>
Crocante	<input type="checkbox"/>	Sin olor	<input type="checkbox"/>
Sabor amargo	<input type="checkbox"/>	Olor a pescado	<input type="checkbox"/>
Sabor extraño	<input type="checkbox"/>	Nutritivo	<input type="checkbox"/>
Poco creíble	<input type="checkbox"/>	Sin sabor	<input type="checkbox"/>
Sabor grasoso	<input type="checkbox"/>	Color uniforme	<input type="checkbox"/>
Sabor dulce	<input type="checkbox"/>	No lo compraría / consumiría	<input type="checkbox"/>
Sabor a pescado	<input type="checkbox"/>	Creíble	<input type="checkbox"/>
Seco	<input type="checkbox"/>	Horneado	<input type="checkbox"/>