



Casa abierta al tiempo

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Iztapalapa

Ciencias Biológicas y de la Salud

Posgrado En Biotecnología

Tesis:

Utilización de especies de pescado subvaloradas para la elaboración de productos reestructurados.

Presenta:

Michel Sánchez Aguirre

Grado: Especialidad en Biotecnología

Matrícula: 2221801567

Correo electrónico: aguirre.uami@gmail.com

Teléfono: 5626543596

Asesora: Dra. María De Lourdes Pérez Chabela

Asesora: Dra. Edith Ponce Alquicira

Lector: Dr. Héctor Bernardino Escalona Buendía

Iztapalapa, Ciudad de México 10 de Febrero del 2023.

ÍNDICE

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| 2. | REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 5 |
| 2.1. | Peces | 5 |
| 2.1.1. | Lisa..... | 5 |
| 2.1.2. | Jurel..... | 5 |
| 2.2. | Producto reestructurado de pescado..... | 6 |
| 2.2.1. | Productos reestructurados utilizando transglutaminasa | 6 |
| 2.2.2. | Productos reestructurados utilizando hidrocoloides | 14 |
| 2.2.3. | Productos reestructurados utilizando almidón y polisacáridos | 16 |
| 3. | JUSTIFICACIÓN | 21 |
| 4. | HIPÓTESIS | 22 |
| 5. | OBJETIVOS | 22 |
| 5.1. | Objetivo General..... | 22 |
| 5.2. | Objetivos Específicos | 22 |
| 6. | METODOLOGÍA..... | 22 |
| | Etapa 1 | 24 |
| 6.1. | Recolección de materia prima | 24 |
| 6.2. | Análisis microbiológico | 25 |
| 6.2.1. | Mesófilos aerobios..... | 25 |
| 6.2.2. | Enterobacterias | 25 |
| 6.2.3. | Salmonella..... | 25 |
| 6.2.4. | Hongos y levaduras..... | 25 |
| 6.3. | Análisis bromatológico..... | 26 |
| 6.3.1. | pH..... | 26 |
| 6.3.2. | Humedad..... | 26 |
| 6.3.3. | Cenizas | 26 |
| 6.3.4. | Grasa (extracto etéreo) | 26 |
| 6.3.5. | Proteína..... | 27 |
| | Etapa 2..... | 27 |
| 6.4. | Elaboración de hamburguesa de pescado | 27 |
| 6.5. | Análisis fisicoquímicos..... | 29 |
| 6.5.1. | Aw | 29 |
| 6.5.2. | Color..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 6.5.3. Estabilidad a la cocción | 29 |
| 6.5.4. Estabilidad de la grasa | 29 |
| 6.5.5. Humedad expresable | 30 |
| 6.5.6. Humedad total | 30 |
| 6.5.7. Oxidación lipídica (TBA) | 30 |
| 6.5.8. pH..... | 31 |
| 6.5.9. Textura | 31 |
| 6.6. Análisis sensorial..... | 31 |
| 6.7. Diseño experimental y análisis de datos | 31 |
| 7. RESULTADOS | 33 |
| Etapa 1 | 33 |
| 7.1. Características microbiológicas y bromatológicas de carne de lisa y jurel. . | 33 |
| 7.1.1. Análisis microbiológico | 33 |
| 7.1.2. Análisis bromatológico..... | 35 |
| Etapa dos | 36 |
| 7.2. Análisis fisicoquímicos de hamburguesa de jurel y lisa. | 36 |
| 7.2.1. Aw y color..... | 36 |
| 7.2.2. Estabilidad de cocción y Estabilidad de la grasa..... | 40 |
| 7.2.3. Humedad total y Humedad expresable | 43 |
| 7.2.4. Oxidación lipídica, pH y textura | 43 |
| 7.3. Evaluación sensorial..... | 48 |
| 8. CONCLUSIONES | 54 |
| ANEXOS | 55 |
| Anexo 1 Formatos evaluación sensorial..... | 55 |
| Formato para hamburguesas de jurel y lisa | 55 |
| Formato para botana nutritiva y paté:..... | 56 |
| Anexo 2. Otras aplicaciones especie lisa | 57 |
| Piel de pescado como botana nutritiva..... | 57 |
| Paté con viseras..... | 59 |
| BIBLIOGRAFÍA | 61 |

1. INTRODUCCIÓN

En México las condiciones climáticas y territoriales son favorecidos para tener una gran variedad de peces. México cuenta con una superficie de litorales de 11 mil kilómetros donde se puede practicar la pesca ya que en los mares mexicanos habitan 2 mil especies endémicas. En los litorales mexicanos se capturan más de 1.7 millones de toneladas de peces cada año y sigue en aumento, los que se destacan son la sardina, camarón, mojarra y atún; estos son lo más conocidos debido a que son los que más se consumen, pero otros pescados que también forman parte importante de nuestra dieta son: cintilla, conejo, lebrancha, cojinuda, besugo, sierra, peto, trucha, bagre, carpa, jolote, lobina negra, jurel y lisa.

La lisa (*Mugil cephalus*) y el jurel (*Seriola lalandi*) son especies que se desarrollan en el Golfo de México y su producción nacional en el 2020, fue de más de 12 mil toneladas y 17 mil toneladas en volumen respectivamente. Estas especies son de bajo consumo con precios moderadamente bajos, sin embargo, a pesar de ser la misma fuente de proteína su consumo no es tan alto con respecto a las especies más consumidas. Esto debido al aspecto del color de la carne que tiende a ser rojiza y por lo tanto no es de agrado para el consumidor.

La industria alimentaria ha estimulado el desarrollo de tecnologías para el procesamiento de la carne como la elaboración de productos reestructurados. Gracias a esta tecnología es posible ofrecer productos nutritivos con una alta calidad, en este caso de pescado en donde se busca aprovechar al máximo las especies de bajo costo y evitar que sean desechados por su bajo consumo. Los reestructurados son el resultado de la carne de pescado sin piel y sin espinas previamente lavada que se mezcla con otros ingredientes para formar una matriz de proteína que debe ser congelado para mantener su forma.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Peces

Los peces son animales vertebrados habituados a vivir en el agua dulce o salada, las tres cuartas partes del planeta están cubiertas por ella, si bien sólo un porcentaje de ella es apta para su desarrollo. De forma fusiforme, gran parte de ellos cubiertos de escamas, están dotados de aletas para realizar sus movimientos y su respiración es branquial. Las especies de peces utilizadas para alimentación son en su mayoría carnívoras, siendo su principal alimento el plancton y otras especies más pequeñas (Gil, 2010).

2.1.1. Lisa

Las especies de lisa de la familia *Mugilidae* tienen una distribución amplia en los litorales de México y constituyen uno de los recursos más importantes de la pesca ribereña en sistemas lagunares, bahías y esteros en la costa del Pacífico mexicano.

La lisa *Mugil cephalus*, es una especie circumglobal de aguas templadas y tropicales, que se distribuye en el Pacífico americano desde el Golfo de California hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos. Las lisas son peces de importancia para el consumo humano en muchos países, ya que constituyen parte fundamental de la dieta de las comunidades aledañas a los sistemas lagunares durante la época de reproducción (Ramos-Santiago y col., 2010).

2.1.2. Jurel

En México, la especie *Seriola lalandi* es conocida como jurel cola amarilla del Pacífico, esmedregal o jurel de castilla. Su distribución se ubica en las costas de la Península de Baja California y en el Golfo de Cortes, convirtiéndose en un buen candidato para la acuicultura, por su excelente crecimiento, alta demanda en la pesca comercial como deportiva (Avilés-Quevedo y Castello-Orvay, 2004).

2.2. Producto reestructurado de pescado

Los productos pesqueros reestructurados han surgido por la necesidad del aprovechamiento de estas especies y de los recortes del fileteado de especies comercializables. Un producto reestructurado es un alimento elaborado a partir de músculo picado y/o troceado, que se utilizan con o sin ingredientes o aditivos adicionales, para hacer otros productos con ya sea una nueva apariencia, textura o ambas (Moreno y col., 2014).

La manufactura de los productos reestructurados también considera otros productos crudos o emulsionados cocidos como las salchichas, diversificando de esta forma los ingredientes en la formulación para lograr resultados más aceptables en sus propiedades sensoriales y de alto valor comercial (Añorve y col., 2019)

Los productos reestructurados se pueden clasificar en base al ingrediente con el cual se forma el gel, el primero adicionando enzima transglutaminasa y el segundo adicionando algún hidocoloide.

2.2.1. Productos reestructurados utilizando transglutaminasa

Se ha propuesto la utilización de métodos biotecnológicos como es el caso de la utilización de enzimas como la transglutaminasa (TGasa) para mejorar la estabilidad de los productos reestructurados. La TGasa una enzima de amplia distribución en la naturaleza que se ha encontrado tanto en tejidos animales como vegetales, pertenece al grupo de enzimas transferasas, cuya característica más relevante es que genera moléculas de gran tamaño a partir de pequeños sustratos proteicos. La adición de TGasa contribuye a la prevención de la sinéresis y al incremento del índice de consistencia (Valencia y col., 2015).

Andrés-Bello y col. (2011) estudiaron el efecto del nivel de sal y transglutaminasa (TGasa), sobre las propiedades mecánicas y fisicoquímicas de un producto reestructurado no cocido elaborado con dorada (*Sparus arata*). Las propiedades mecánicas, a excepción de la adhesividad, presentaron valores más altos en las muestras con un nivel regular de sal ($p < 0.05$). Los valores de los parámetros del Análisis de Textura TPA se incrementaron de forma significativa ($p < 0.05$) al

aumentar la TGasa adicionada de 3 a 6 g/kg para muestras con nivel regular de sal (20g). En muestras que tenían un contenido bajo de sal cuando se incrementaba el nivel de TGasa aumentaba el agua extraíble lo cual indicaron un descenso en la capacidad de retención de agua.

Da Silva- Ferreira y col. (2012) compararon las características fisicoquímicas y sensoriales de hamburguesas de res elaboradas con cloruro de sodio, polifosfato y TGasa. Se hicieron tres grupos distintos: en Grupo 1 (control)= sal (2%), Grupo 2= sal (2%) + polifosfato (0.5%) y Grupo 3= sal (2%) + TGM (1.5 %). Utilizaron una concentración final de transglutaminasa (TGM) en las hamburguesas de 1.5%. Sus resultados mostraron que las muestras tratadas con polifosfato presentaron mayor contenido de humedad antes y después de la fritura. Sin embargo, el rendimiento de dichos tratamientos fue superior al testigo, pero sin diferencia significativa. La Aw fue mayor en los tratamientos con polifosfato y TGasa en las muestras crudas, diferencia que no se presentó en las muestras fritas. Sensorialmente, el uso de TGasa en hamburguesas de res mejoró el sabor, la apariencia y la impresión general del producto, de la misma manera que el polifosfato; y dichos tratamientos los consideraron mejores que la muestra control. En cuanto a la textura, no hubo diferencia estadística entre tratamientos. Sin embargo, en cuanto a la impresión general, las hamburguesas con polifosfato y TGasa se consideraron de mayor calidad.

Hong y col. (2012) evaluaron los efectos de los sistemas de transglutaminasa TGasa y alginato de calcio (AC) en combinación con aceite de soja sobre las propiedades de emulsión de la proteína miofibrilar porcina (MP) bajo diversas condiciones de pH. Demostraron que la TGasa mejora la capacidad emulsionante y la estabilidad de la crema, que aumentó con el aumento de los valores de pH hasta 6.5. Además, encontraron que el CA no influyó en la capacidad emulsionante, pero mejoró la estabilidad cremosa de las emulsiones estabilizadas con MP. Tanto la TGasa como CA mejoraron las propiedades reológicas, pero sus efectos sobre las características físicas de la proteína evidenciaron una tendencia opuesta en relación con el pH, es decir, el sistema con TGasa mejoró tanto las propiedades de emulsión como

gelificación con el aumento del pH, mientras que el sistema de CA fue efectivo cuando se redujo el pH. Así al combinar los dos sistemas de gelificación MP, se logró producir una emulsión estable e insensible al pH.

Martelo-Vidal y col. (2012) obtuvieron productos reestructurados de pescado (salchichas) bajos en sal a partir de caballa del atlántico (*Scomber scombrus*) y utilizando TGasa con una actividad enzimática de 0.2 U/g como aglutinante. Se midieron la concentración de NaCl (0-20 g/kg), la temperatura (25-40°C) y el tiempo de incubación (30-90 min). Los parámetros de textura (fuerza de Warner-Bratzler (N) y el trabajo de Warner-Bratzler (Ns)) y el agua exprimible se compararon con los del jamón de pechuga de pavo. Se encontraron las condiciones óptimas para obtener una textura similar a la del jamón de pechuga de pavo. La optimización general señala que el tratamiento a 31.8 C durante 63.35 min utilizando una concentración de NaCl de 8.45 g/kg permitieron obtener productos reestructurados de caballa atlántica con textura y agua expresable similares a las del jamón de pechuga de pavo. Los parámetros de color (L*, a* y b*) del producto también fueron similares a los del jamón de pechuga de pavo. Los resultados mostraron la viabilidad de producir productos reestructurados bajos en sal de caballa del atlántico transglutaminasa.

Sun y Arntfield (2012) estudiaron las propiedades de gelificación de mezclas de aislado de proteína miofibrilar (MPI) en un aislado de proteína de guisante (IBP) utilizando un reómetro oscilatorio dinámico y un analizador de textura para evaluar el IBP como posible aditivo de producto cárnico. La inclusión de TGasa aumentó la fuerza del gel de la mezcla MPI/PPI (3% + 1%) más que para MPI (3%), pero menos de una combinación de aislado de proteína de soja MPI al 3%, 1%. No encontraron evidencia directa de interacción entre proteínas musculares y de guisantes en forma de nuevas bandas de electroforesis en gel de poliacrilamida de dodecil sulfato de sodio (SDS-PAGE); sin embargo, la mejora en la fuerza del gel o la fuerza máxima del gel para la mezcla MPI/PPI (3% + 1%) con la inclusión de TGasa sugirió que se produjo alguna reticulación ϵ (γ -glutamil) lisina (G-L) entre las proteínas musculares

y de guisante. Concluyeron que la TGasa es útil para mejorar las propiedades de gelificación del gel MPI/PPI inducido por calor.

Chanarat y Benjakul (2013) estudiaron los impactos de la TGasa (0-0.6 unidades / g de muestra) en las propiedades del gel de la caballa india sin lavar, surimi y aislados de proteínas con y sin prelavado. Se encontraron menores contenidos de mioglobina y lípidos en el aislado de proteínas con y sin prelavado, en comparación con los de la carne picada y el surimi sin lavar ($P < 0.05$). El aislado de proteína tuvo la disminución de Ca^{2+} -ATPasa y solubilidad proteica, indicando desnaturalización proteica. Cuando incorporaron TGasa, la fuerza de rotura y la deformación de todos los geles aumentaron notablemente, especialmente a medida que aumentaron los niveles de TGasa ($P < 0.05$). La microestructura de los geles aislados de proteínas sin prelavado mostró una red similar a los geles de carne picada sin lavar, mientras que se obtuvo una red similar entre el gel de surimi y el gel de aislado de proteína con prelavado. Concluyendo que todos los geles incorporados con TGasa (0,6 unidades/g) mostraron una red ligeramente más densa que aquellos sin TGasa. Por lo tanto, el gel con propiedades mejoradas se obtiene a partir de aislado de proteína de caballa india con TGasa añadida.

Kunnath y col. (2013) utilizaron pescado *pangasius* (*Pangasianodon hypophthalmus*) por ser abundante y de bajo costo, la carne picada fue evaluada para la producción de productos pesqueros reestructurados mediada por TGasa. Examinaron el efecto del caseinato de sodio (1%) y la clara de huevo (2%) para TGasa (0.5%) como sustratos proteicos adicionales en el proceso de reestructuración mediante dos diferentes métodos de ajuste (método en frío y método en caliente). Los productos fueron elaborados por la adición de sal, sustratos proteicos y enzimas en ocho diferentes combinaciones para cada ajuste y almacenados a 4 °C durante 11 días. La calidad de los productos reestructurados de pescado resultantes fue evaluada analizando su perfil de textura, atributos de color, estabilidad oxidativa y contenido de agua expresable en los días inicial y final del periodo de almacenamiento. El método de ajuste en calor presentó aumento de la dureza y la mejor capacidad de retención de agua. En combinación con TGasa,

el caseinato de sodio y la clara de huevo mostraron un efecto sinérgico en las solicitudes de propuesta que dieron como resultado propiedades fisicoquímicas mejoradas en ambos entornos. Además, TGasa, mostró un efecto protector contra la oxidación de lípidos en este estudio. Concluyeron que en base a sus resultados se puede convertir la carne picada de *pangasius* de bajo costo en productos reestructurados con atributos de calidad deseables.

Moreno y col. (2013) realizaron reestructurados mediante la adición de alginato de sodio o TGasa mediante la tecnología de gelificación en frío. Después del almacenamiento refrigerado, los modelos reestructurados hechos con diferente tamaño y composición de partículas musculares a baja temperatura (5°C) se analizaron y obtuvieron que el crecimiento de bacterias limitó la vida útil a 7-14 días. Las propiedades mecánicas incrementaron en ese tiempo y valores más altos ($p < 0,05$) fueron observados en muestras elaboradas con partículas de carne de tamaño pequeño que los elaborados por homogenización durante el tiempo de vida útil. No tuvieron un aumento en el rendimiento de cocción y pérdida por purga, y no detectaron ningún cambio de color significativo ($p > 0.05$) durante el almacenamiento.

Chanarat y col. (2015) Determinaron las propiedades fisicoquímicas de la miosina de tilapia sometida a oxidación mediante la reacción de Fenton. Las propiedades de gel de la carne picada lavada y la carne picada oxidada las determinaron en presencia y ausencia de TGasa. Observaron un gel más fuerte cuando añadieron 0.3 unidades de TGasa/g, independientemente del proceso de oxidación. Sin embargo, el efecto de fortalecimiento del gel de TGasa se vio obstaculizado cuando sometieron la carne picada a una oxidación severa. La adición excesiva de proteínas de las muestras oxidadas antes de la gelificación dio como resultado la reducción de la fuerza del gel y la capacidad de retención de agua. Por lo tanto, concluyeron que el efecto negativo de la oxidación de proteínas sobre la gelificación podría aliviarse hasta cierto punto mediante la adición de TGasa.

Monteiro y col. (2015) evaluaron las cualidades fisicoquímicas color, textura y sensoriales de filetes de tilapia reestructurados elaborados con filetes de tilapia de tamaño pequeño (no comercial) y diferentes niveles de TGasa. Utilizaron cuatro

concentraciones de TGasa: CON (0 % TGasa), T1 (0.1 % TGasa), T2 (0.5 % TGasa) y T3 (0.8 % TGasa). Además, evaluaron el contenido bacteriano y los cambios de pH durante 90 días de almacenamiento congelado. Y de acuerdo con los resultados que obtuvieron concluyeron que la TGasa mejoró ($P < 0.05$) el rendimiento de cocción y la dureza y masticabilidad instrumental, así como los atributos sensoriales (color, sabor salado, sabor a tilapia, jugosidad, suavidad y textura general); contribuyendo fuertemente a una mayor aceptación general. Por lo tanto, los filetes de tilapia reestructurados elaborados con TGasa son productos de alto valor agregado con buena aceptación por parte del consumidor y mejor intención de compra que los filetes formulados con 0 % de TGasa.

Martelo-Vidal y col. (2016) desarrollaron un producto reestructurado de merluza europea utilizando TGasa microbiana y también con niveles bajos en sal, analizaron el perfil de textura, agua expresable, materia seca, actividad de agua y color. El efecto de la temperatura fue evaluado en tres tratamientos: 7 °C/12 h, 25 °C/2 h o 40 °C/15 min usando 15 g/kg de NaCl y 300 U/kg de TGasa. Los resultados que obtuvieron mostraron que los parámetros mejoraron a 25 °C/2 h. En un segundo paso, redujeron la sal a 10 g/kg y fijaron el tratamiento a 25 °C/2 h. La concentración de TGasa la estudiaron a 150, 300, 600 o 900 U/kg. Concluyeron que una dureza similar a la de la pechuga de pavo se puede obtener utilizando 377 U/kg de TGasa. Los resultados que obtuvieron demostraron que es factible obtener productos reestructurados a partir de merluza europea con textura similar a la pechuga de pavo comercial obteniendo un alimento funcional con bajo contenido en sal.

Baugreet y col. (2018a) formularon filetes de res reestructurados agregando ingredientes ricos en proteínas (aislado de proteína de guisante (PPI), proteína de arroz (RP) y harina de lentejas (LF) (al 4 y al 8 %), fosfato (0.2 %) y dos agentes aglutinantes: 1% TGasa y 0.15% TGasa. Investigaron los efectos de su adición sobre las propiedades fisicoquímicas de los filetes de res. Encontraron que el contenido de proteína de la muestra RP8TG fue significativamente mayor que el del control tanto en estado crudo como cocinado. La muestra cruda de LF4TS exhibió mayores valores que el control; sin embargo, después del proceso de cocción, los

valores de L, a y b fueron similares para todos los tratamientos. Al evaluar textura encontraron que la elevación del nivel de proteína aumentó la dureza, la masticabilidad, la cohesión y la gomosidad en bistecs reestructurados cocidos. Concluyendo que el aglutinante comercial produjo una mejor unión en combinación con ingredientes proteicos.

Baugreet y col. (2018b) optimizaron un filete de ternera reestructurado enriquecido con proteínas, analizaron el rendimiento tecnológico de treinta formulaciones, que contenían ingredientes de origen vegetal, aislado de proteína de guisante (PPI), proteína de arroz (RP) y harina de lentejas (LF) con TGasa. Encontraron que el contenido máximo de proteína del 28% en el producto cocido se logró con IBP, RP y LF. La fuerza de unión se vio afectada principalmente por TGasa, mientras que los parámetros texturales mejoraron con la inclusión de LF. La formulación óptima (F) para obtener un filete enriquecido con proteínas con valores de dureza más bajos se logró con TGasa (2%), PPI (8%), RP (9,35%) y LF (4%). F, F1S (formulación óptima 1 con condimento añadido) y productos reestructurados de control (que no contienen proteínas mayores vegetales o condimentos).

Se investigaron los cambios y la relación entre la estructura y las propiedades fisicoquímicas de sustitutos de la sal bajos en sodio (NaCl parcialmente reemplazado por KCl, CaCl₂ y MgCl₂) en geles de proteínas miofibrilares de carpa endurecidos en frío. Se determinaron los espectros Raman de los geles endurecidos en frío. Los datos de los espectros Raman se ajustaron a cuatro estructuras secundarias (hélice α , lámina β , giro β y bobina aleatoria). Las propiedades de gel de los geles endurecidos en frío variaron de acuerdo con el tipo de sal baja en sodio, así como con el tiempo de incubación. Los geles de proteína miofibrilar (MP) añadidos con NaCl y KCl tenían una capacidad de retención de agua significativamente mayor que el MgCl₂, CaCl₂ y grupos de control. Además, los resultados mostraron que la fuerza del gel y el valor G' (cambios en el módulo de almacenamiento) aumentaron con el tiempo de incubación. No se detectó una diferencia significativa en la blancura entre el grupo de NaCl y los grupos sustituidos parciales. Se agregaron geles endurecidos en frío con la misma cantidad molar de NaCl y KCl tenían propiedades

de gel bastante similares. Encontraron que existe una fuerte correlación entre las propiedades estructurales y las propiedades de gel en los geles MP determinadas por el calorímetro diferencial de barrido durante el proceso de gelificación en frío (Cai y col., 2018).

Lametta (2018) se enfoca en el estudio del pez cabeza de serpiente (*Channa striata*) al utilizarlo como fuente de proteína y en esta investigación realizó variaciones de las condiciones de tratamiento como la duración de la incubación (2 días y 7 días) y además la composición de TGasa y la carne de pescado procesada (0%, 0.5%, 1.0 %). Los resultados de este estudio mostraron el fuerte desempeño de la reticulación por TGasa en carne de pescado procesada. Esto lo confirmó al obtener un aumento en los resultados de los parámetros del perfil de textura (dureza, cohesión y elasticidad), la detección de cambios en la miosina, al igual que un incremento en el número de onda de C-N y un aumento en la intensidad de los enlaces C=O. Encontró que el valor de efectividad más alto en la muestra se logró mediante la variación de la duración de la incubación de 7 días y la adición de 1.0 % de enzima TGasa con un valor de 129.78 % en el parámetro de dureza en la muestra.

Huang y col. (2020) estudiaron el efecto de la adición de inulina y TGasa en las propiedades de gel del surimi de carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*). Los resultados mostraron que la adición de inulina, TGasa y TGasa + inulina resistencia del gel mejorada (aumentada en un 7.7%, 26.8% y 38.56% en comparación con el grupo de control), propiedades de textura y capacidad de retención de agua (CRA). La espectroscopía Raman demostró que la TGasa + inulina promovió la conversión de α -hélices en β -hojas y β -vueltas en comparación con otros grupos experimentales y de control. La gelación de surimi pura contenía una red suelta y no heterogénea a través de microscopía de luz. Con la adición de TGasa e inulina, la microestructura de la gelificación de surimi se hizo más compacta. y homogéneos, particularmente los grupos de TGasa + inulina. Además, el patrón electroforesis en gel de poliacrilamida-dodecilsulfato de sodio (SDS-PAGE) reveló además que el TGasa + inulina tenía una banda de cadena pesada de miosina debilitada, lo que

indica que la inulina podría mejorar los efectos de reticulación de TGasa en cadenas pesadas de miosina. Estos datos demostraron que la incorporación de inulina con TGasa puede ser una nueva y efectiva estrategia para mejorar las propiedades gelificantes del surimi de pescado.

En este estudio Tokay y col. (2021) optimizaron sistemáticamente los efectos de la adición de TGasa (0, 0.16, 0.32%), peso de presión (0, 2.54, 5.09 gf / cm²) y entorno tiempo (4, 14, 24 h) a 4 °C en carne de lubina europea reestructurada (*Dicentrarchus labrax*) con metodología de superficie de respuesta para obtener un producto del mar listo para consumir. El proceso optimizado se caracterizó por goteo, aminoácidos libres totales y valor de dureza. El estudio de metodología de superficie de respuesta demostró que, 0.32% TGasa, 17.5 h de tiempo de fraguado y 3.56 gf/cm² de peso de presión fueron los parámetros de procesamiento óptimos. Controlaron la calidad de vida útil del producto óptimo durante el almacenamiento congelado. Valores de pH, Nitrógeno básico volátil total (TVB-N) y todos estaban dentro de los límites aceptables al final del almacenamiento. Desviación dimensional, cantidad de poros, pérdida por goteo y aminoácidos libres totales se determinaron a niveles bajos en los productos cuya textura fue tensada por el efecto de TGasa y peso de supresión. El valor de dureza se determinó entre "8.34 ± 0.29 N", que refleja positivamente en el análisis sensorial y los resultados de la microestructura. El análisis de calidad mostró que el producto óptimo reestructurado mantiene su calidad durante 5 meses del almacenamiento en congelación.

2.2.2. Productos reestructurados utilizando hidroacoloides

Los hidrocoloides son un grupo de diversos polímeros de cadena larga caracterizados por su capacidad de formar dispersiones viscosas o geles al entrar en contacto con el agua. Por la presencia de gran cantidad de grupos hidroxilo en su estructura, son afines a las moléculas de agua, por lo que se consideran compuestos hidrofílicos. Además, sus dispersiones en agua resultan intermedias entre las suspensiones y las disoluciones, y exhiben las propiedades de un coloide. Por estas características, se les denomina "coloides hidrofílicos" o "hidrocoloides" (Milani y Maleki, 2012).

Andrés-Bello y col. (2013) evaluaron el efecto de la goma de konjac (KGM) y las fibras de carboximetilcelulosa (CMC) en propiedades mecánicas y propiedades fisicoquímicas de los productos pesqueros reestructurados de dorada tratados con transglutaminasa microbiana después de 15 días de almacenamiento en frío. Los resultados mostraron que estas gomas comestibles son apropiadas para la elaboración de productos reestructurados obtenidos de dorada. En formulaciones frescas, la adición de 10 g/kg de KGM o 10 g/kg de CMC presentó un efecto significativo ($p \leq 0.05$) sobre la actividad del agua para muestras frescas y el valor más bajo se obtuvo para 10 g/kg de KGM (0.975 ± 0.002). La capacidad de retención de agua y la adhesividad aumentaron debido a la presencia de estas gomas en muestras frescas y tratadas térmicamente. Para muestras tratadas térmicamente, KGM se redujo significativamente ($p < 0.05$) dureza, cohesión y masticabilidad. La microscopía electrónica de crio-barrido reveló diferentes estructuras para los geles. Es importante estudiar los cambios de la calidad del reestructurado de pescado empleando distintos métodos de deshidratación.

Davaatseren y Hong (2014) investigaron el efecto de la goma arábica (AG) combinada con TGasa sobre las propiedades funcionales de la proteína miofibrilar porcina (MP). Como indicador de la propiedad funcional, se exploraron las características de gel y emulsión termofijadas de MP tratados con GA y/o TGasa bajo concentraciones variables de NaCl (0.1-0.6 M). El GA mejoró la capacidad de gelificación térmica de MP durante el procesamiento térmico y después del enfriamiento, y al mismo tiempo se agregó TGasa ayudó a la formación de gel de MP viscoelástico. Mientras tanto, la adición de GA disminuyó el rendimiento de cocción del gel MP a una concentración de NaCl de 0.6 M, y el rendimiento disminuyó aún más por la adición de TGasa, principalmente atribuido por la mejora de las interacciones proteína-proteína. Las características de la emulsión indicaron que GA tenía capacidad emulsionante y la adición de GA aumentó el índice de actividad de emulsificación (EAI) de la emulsión estabilizada con MP. Sin embargo, GA mostró un efecto negativo sobre la estabilidad de la emulsión, particularmente se encontró una gran caída en el índice de estabilidad de la emulsión (ESI) en el tratamiento con GA a 0.6 M NaCl.

Leng y col. (2020) elaboraron un gel de surimi de carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), agregando lodos de algas como: *Laminaria japonica* (LJ), *Undaria pinnatifida* (UP) y *Sargassum fusiforme* (SF). Después de agregar lodo de algas marinas (KS), la fuerza del gel alcanzó el nivel más alto de 1047.26 ± 85.04 (g·mm). El contenido de carbonilo y la hidrofobicidad superficial de la proteína surimi aumentaron, mientras que los grupos amino libres, los grupos sulfhidrilo totales y la intensidad de fluorescencia disminuyeron significativamente. Los resultados de la espectroscopia infrarroja transformada (FT-IR), dicroica circular (CD) y espectros Raman mostraron que el KS promovió el cambio de la estructura secundaria de la proteína. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) revelaron que la suspensión de algas tenía una microestructura de gel más compacta.

2.2.3. Productos reestructurados utilizando almidón y polisacáridos

Granados y col. (2013) elaboraron salchichas con los subproductos del proceso de producción de atún enlatado (carne negra, carne blanca o rayada y carne de cabeza) con almidón de papa y evaluaron sus características fisicoquímicas, sensoriales y de textura. La mejor formulación fue la que presentó características similares a las salchichas comerciales en sabor, color y textura. La composición fisicoquímica se determinó según la Asociación Oficial de Química Analítica (AOAC) y la aceptabilidad fue evaluada con panelistas no entrenados, utilizando una escala hedónica para sabor, color, olor y textura, obteniendo buena aceptación sensorial. Los contenidos proximales fueron: humedad, 68%; grasa, 8.5%; proteínas, 15.8%; cenizas, 2.0%; valores que cumplen con los parámetros requeridos por las Normas Técnicas Colombianas por lo que concluyeron que el producto obtenido se puede considerar como una alternativa en la dieta humana.

La fabricación de productos reestructurados a partir de carne de pescado recuperada mecánicamente (MRFM) obtenida del fileteado de tilapia permite el uso de proteínas de alto valor biológico que de otro modo serían vertidas al medio ambiente. Fogaça y col. (2015) evaluaron el efecto de los ciclos de lavado y de la adición de almidón de tapioca (20% frente a un control sin almidón) sobre las

características del surimi obtenido de MRFM, también evaluó los atributos de calidad del producto, la estructura de una matriz proteica de surimi y su relación con el fisicoquímico seleccionado. Encontraron que el número de ciclos de lavado y la adición de almidón influyen en el contenido de humedad, proteínas y lípidos del surimi MRFM. Encontrando una mayor blancura después de cinco ciclos de lavado. Debido a que el almidón de tapioca actuó como estabilizador, los glóbulos de grasa fueron más estables y bien distribuidos, y resultó una emulsión con mejores propiedades. Se formó una red homogénea de glóbulos de grasa unidos a la matriz proteica por una capa de almidón de tapioca. Otra ventaja de este enfoque es que el almidón de tapioca no contiene gluten.

Solo-de-Zaldívar y col. (2015) Estudiaron el efecto de la pasteurización y la estabilidad durante el almacenamiento refrigerado posterior de tres prototipos reestructurados de pescado elaborados con 1.25 % de glucomanano y pescado picado (aserrín procedente del corte de bloques de pescado congelado) lo examinaron mediante análisis fisicoquímicos (capacidad de unión al agua, comportamiento mecánico y reológico), microbiológicos y sensoriales. Elaboraron tres lotes: lote de control (C); lote O (con 5% de aceite de pescado añadido), y lote S (con 0.8% de NaCl añadido). Los tres lotes los pasteurizaron (80 °C 20 min) y los almacenaron a 5 °C. Los análisis los realizaron a los días 1, 7, 21 y 35 de almacenamiento refrigerado. Y pudieron concluir que la pasteurización produjo una disminución significativa en la capacidad de retención de agua y la pérdida por coacción, menos evidente en los lotes O y S, debido a cambios en la estructura. En el caso del lote O, se formó una emulsión en red de gel, haciendo esta muestra menos aceptable desde el punto de vista sensorial. La adición de sal (lote S) produjo una situación iónica más propicia para las asociaciones proteína-polisacárido, reforzando así la red de gel.

Wu y col. (2015) investigaron la influencia del curdlan (es un polisacárido formado por residuos de glucosa β - (1,3) unidos que, al calentarse en suspensión acuosa, forman geles elásticos térmicamente irreversibles) en diferentes niveles, así como el método de adición sobre las características viscoelásticas del gel de carne de

pescado listón. Los resultados de los análisis de la capacidad de retención de agua, textura, propiedades sensoriales y la microestructura coincidieron significativamente con los datos de reología, por lo que concluyen que el cizallamiento oscilatorio de pequeña amplitud podría ser un método apropiado para la evaluación industrial de la calidad del gel de carne de pescado. También concluyeron que en comparación con las muestras de gel de curdlan irreversible, la adición de gel de curdlan reversible al gel de carne de pescado formó una estructura interpenetrante con un entrecruzamiento haciéndola mucho más densa, lo que condujo a un complejo de gel tridimensional más estable y ordenado.

Valdez y col. (2015) evaluaron el efecto de la gelificación en frío y la adición de inulina sobre la estabilidad y textura de reestructurados de cárnicos (REC) de cabra elaborados con TGasa. Dos formulaciones fueron utilizadas en el presente estudio: REC formulado con inulina o sin inulina, y los REC fueron elaborados usando gelificación térmica tradicional. Los reestructurados cárnicos de cabra gelificados en frío tuvieron menores pérdidas por exudado que los REC elaborados con gelificación térmica. Sin embargo, las pérdidas por cocción fueron similares en productos gelificados en frío o en forma tradicional. Por otra parte, la gelificación en frío no afectó la firmeza de los REC sin inulina. No obstante, con respecto a los productos adicionados con inulina se observó que los REC gelificados en frío fueron más firmes que los elaborados con gelificación térmica. La gelificación en frío es recomendable para la elaboración de reestructurados con carne de cabra, y la adición de la inulina en la formulación de este tipo de productos es una opción viable para aumentar su calidad nutracéutica.

Jeyakumari y col. (2016) prepararon productos reestructurados a partir de surimi de pescado (*Pangasius hypophthalmus*) y analizaron sus propiedades durante la refrigeración. El surimi *Pangasius* tenía 75.82% de humedad, 16.91% de proteína, 2.76% de grasa y 0.95% de ceniza. Los productos reestructurados se prepararon en tres formulaciones diferentes incorporando almidón de maíz (10%) y quitosano (0.75%). El control fue una formulación que contenía sólo almidón de maíz (10%). En todas las formulaciones, los ácidos grasos monoinsaturados fueron superiores

(45.14%). El nitrógeno base volátil total (TVB-N) mostró una tendencia creciente y se encontró que era mayor en el control (4.8 mg/100 g) el décimo día que la muestra incorporada de quitosano (3.5-4.2 mg/100 g) el día 17 durante el almacenamiento en frío. De manera similar, encontraron que el índice de peróxido (PV) era más alto (8.85 miliequivalentes de O₂/kg) en el control que la muestra incorporada de quitosano (4.5-6.8 miliequivalentes de O₂/kg) en el décimo día. Las tres formulaciones tenían un nivel aceptable de valor de ácido tiobarbitúrico (TBA) que osciló entre 0.023 y 0.098 mg de malonaldehído /kg durante el almacenamiento refrigerado. De acuerdo con el análisis sensorial y microbiológico, los productos preparados sin quitosano tenían una vida útil de 10 días, mientras que los productos incorporados con quitosano tenían una vida útil prolongada de 17 días.

Hajji y col. (2019) investigaron la preparación de nanopartículas de quitosano (CS-TPP NP) mediante un proceso de gelificación iónica con quitosano (CS) y tripolifosfato (TPP). Encontraron que las nanopartículas de quitosano tienen una mayor actividad antioxidante y un interesante potencial antimicrobiano. Los resultados que obtuvieron Hajji y col. (2019) revelaron que la incorporación de nanopartículas en el surimi de pescado inhibió eficazmente la formación de sustancias de ácido tiobarbitúrico y dienos conjugados y, por lo tanto, retrasó la oxidación de lípidos. Además, las nanopartículas de gelificación iónica con quitosano exhibieron una actividad antimicrobiana distinguible en el surimi almacenado durante el almacenamiento en frío de 9 días. Concluyendo que las nanopartículas podrían usarse como un ingrediente natural para prevenir la oxidación de lípidos en sistemas alimentarios basados en surimi para el desarrollo de nuevos productos de pescado saludables y abordar las demandas de los consumidores de productos de pescado funcionales.

Alves y col. (2021) evaluaron los efectos del uso de diferentes niveles de carragenina hidrocóide y enzima transglutaminasa sobre las propiedades físicas del jamón cocido de pescado reestructurado. Adoptaron un diseño giratorio compuesto central para la optimización de los efectos en términos de las propiedades de textura (dureza, cohesión, adhesividad, elasticidad, masticabilidad

y resistencia a la tracción), pérdida de peso (cocción y exudación) y color. Los autores concluyeron que la adición de transglutaminasa reduce favorablemente la pérdida por cocción, aumentó la dureza, la cohesión y la masticabilidad, y mejoró la resistencia a la tracción del producto. La adición de carragenina produjo un aumento en las propiedades de textura como en la adhesividad, elasticidad y resistencia a la tracción. En general, la interacción entre agentes provocó un cambio significativo cambio de color en el producto, haciéndolo más rojo. Los resultados indicaron el potencial del uso de transglutaminasa y carragenina para mejorar o modificar las propiedades de textura de productos pesqueros reestructurados.

Sousa y col. (2021) evaluaron el efecto de un producto reestructurado con galactomanano y un control con transglutaminasa almacenados en congelación (-18°C) durante 120 días sobre las propiedades fisicoquímicas y mecánicas. Desarrollaron dos formulaciones de reestructurados de pescado: Galactomanano, con 0.2% de galactomanano y 1.8% de sal refinada; y Control, con transglutaminasa al 0.5%. Realizaron los análisis después de 24 horas de almacenamiento en refrigeración (4 °C), correspondientes al tiempo cero, y después de 30, 60, 90 y 120 días de almacenamiento en congelación (-18 °C). Obtuvieron que al usar de galactomanano el pH era más alto, además del nitrógeno básico volátil total (TVB-N) y sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBARS) más bajas, sin diferencias entre cero y 120 días de almacenamiento para los L*, a* y coordenadas b*. Debido a que el galactomanano se une fácilmente al hidrógeno esto les permitió obtener productos pesqueros reestructurados con menor contenido de agua expresable y menores pérdidas de peso por cocción, pues son características importantes para la aceptación de productos que denotan suavidad y jugosidad.

3. JUSTIFICACIÓN

El consumo en México de productos pesqueros per cápita en el año 2020 está entre 13 y 14 kilogramos y va en aumento cada año. Los productos de origen pesquero son una fuente excelente de proteína. Las principales especies capturadas suelen ser de costos elevados sin embargo existen otras especies que también son capturadas como la lisa y el jurel que son de bajo consumo a pesar de sus precios bajos esto es debido al color rojizo de la carne que puede ser un factor importante al momento que el consumidor elige su producto. Es por ello se puede considerar como materia prima para elaborar otros productos.

Por ser productos de origen marino y debido a su alto contenido de agua el tiempo para su descomposición es corto, para lo cual se buscan alternativas que nos brinden más tiempo para poder ser consumidos. Existen otras maneras de aprovechamiento de estas especies como los productos reestructurados y toman mayor atención debido a su alto valor nutricional. Uno de los objetivos es brindar a la población un producto nutritivo y a un bajo costo en comparación con otros productos similares de pescado en el mercado.

4. HIPÓTESIS

Las especies de pescados de bajo consumo pueden ser utilizados para elaborar productos reestructurados adicionados con transglutaminasa de buena calidad nutritiva y sensorial a bajos costos.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Utilizar especies de pescado subvaloradas lisa (*Mugil cephalus*) y el jurel (*Seriola lalandi*) para la elaboración de un producto reestructurado.

5.2. Objetivos Específicos

- Determinar la calidad microbiológica y fisicoquímica de la carne de lisa (*Mugil cephalus*) y jurel (*Seriola lalandi*)
- Elaborar una hamburguesa de pescado adicionando con transglutaminasa.
- Estudiar el efecto de la concentración de la transglutaminasa y los días de almacenamiento en las características fisicoquímicas de la hamburguesa de pescado.
- Evaluar el efecto de la concentración de la transglutaminasa en las características sensoriales del producto reestructurado elaborado.

6. METODOLOGÍA

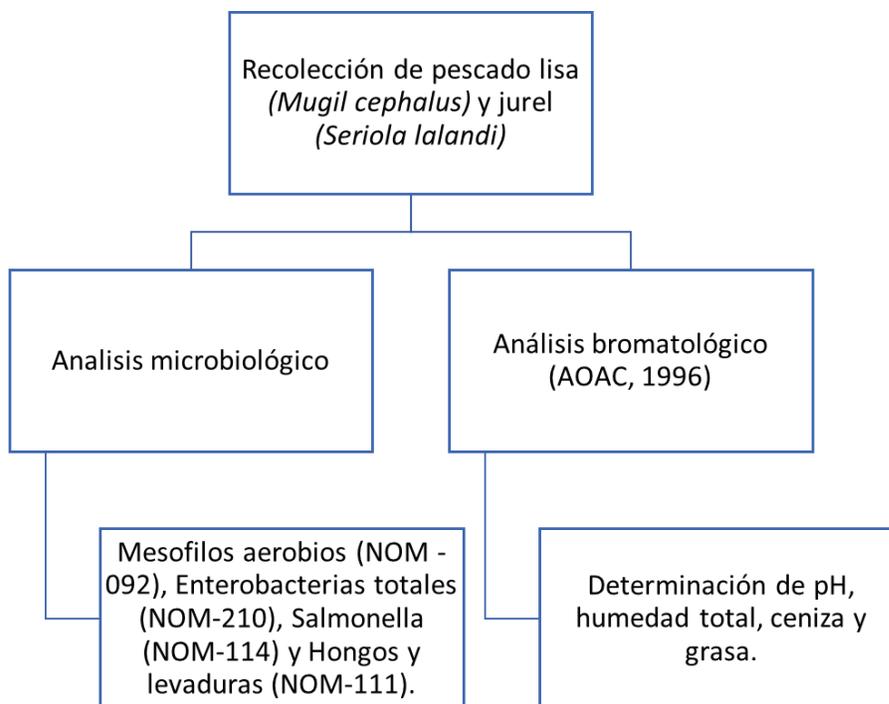
Este proyecto se dividió en 2 etapas: En la etapa 1 se determinaron las características fisicoquímicas y microbiológicas de la materia prima y en la etapa 2 se elaboraron las formulaciones de las hamburguesas y además se les realizaron análisis fisicoquímicos.

A continuación, en la figura 1 se muestra el diagrama de flujo donde se esquematiza la metodología a utilizar.

Etapa 1

En la etapa 1 se evaluaron las características fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de lisa (*Mugil cephalus*) y jurel (*Seriola lalandi*).

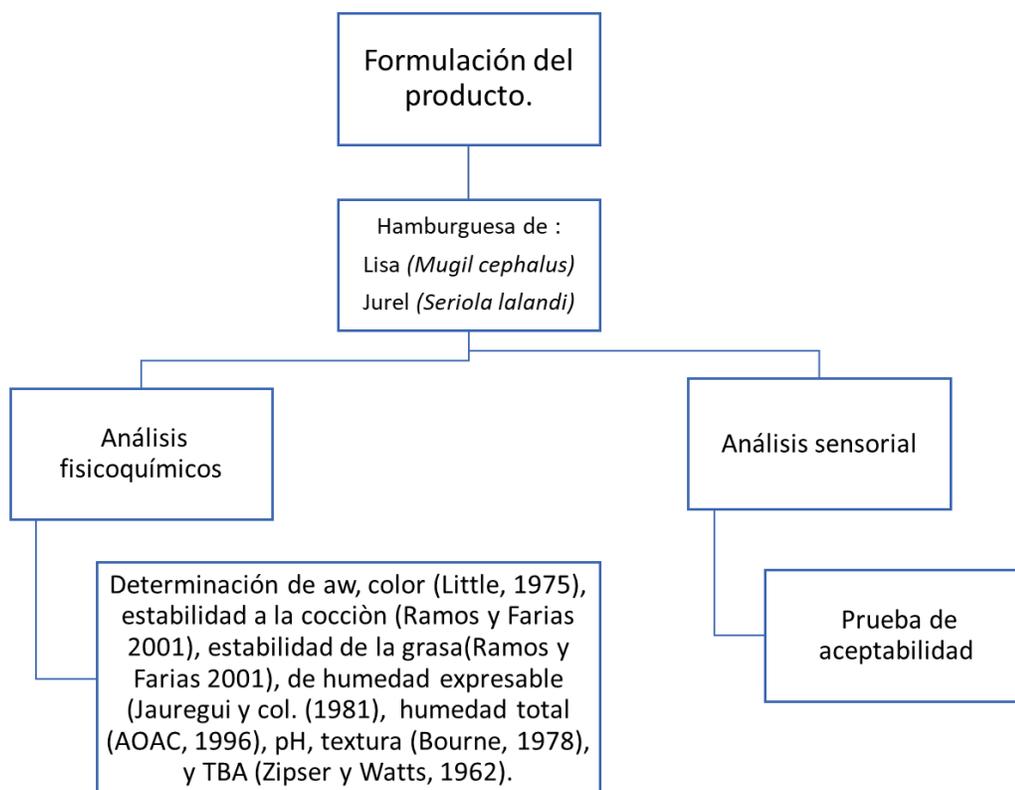
Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de un producto reestructurado de pescado etapa1.



Etapa 2

En la etapa 2 se elaboraron las formulaciones de las hamburguesas de pescado (testigo, tratamiento 1 y tratamiento 2), y se evaluaron los parámetros fisicoquímicos a las mismas evaluando el efecto de los días de almacenamiento (0,7 y 14), el efecto de la adición de transglutaminasa y la diferencia entre la especie lisa (*Mugil cephalus*) y jurel (*Seriola lalandi*).

Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de un producto reestructurado de pescado etapa 2.



Etapa 1

Se evaluaron las características fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de lisa (*Mugil cephalus*) y jurel (*Seriola lalandi*).

6.1. Recolección de materia prima

Se emplearon filetes de pescado de la especie lisa (*Mugil cephalus*) y jurel (*Seriola lalandi*) obtenidos en la central de abastos de la Ciudad de México el mes de marzo y abril, ambas especies provenían del Golfo de México fueron transportados a la Universidad para pasar por el proceso de lavado, empacado al vacío y congelación a -20°C .

6.2. Análisis microbiológico

A cada especie de pescado se le realizó un análisis microbiológico determinando la cantidad de microorganismos mesófilos aerobios, enterobacterias y hongos y levaduras.

6.2.1. Mesófilos aerobios

Mesófilos aerobios (NOM-092-SSA1-1994): Se pesaron 10g de muestra y se homogenizaron en 90mL de agua destilada estéril para más adelante hacer las diluciones decimales. Para cada dilución se inocularon 0.1mL en cajas de Petri que contenían agar cuenta estándar, posteriormente se incubaron las cajas a 35°C durante 48h. Al final se reportaron los resultados en UFC/g.

6.2.2. Enterobacterias

Enterobacterias (NOM-210-SSA1-2014): Se empleó el mismo método que para mesófilos aerobios, a excepción en el medio de cultivo, ya que se utilizó el agar rojo violeta bilis que es un medio selectivo para el desarrollo de las enterobacterias.

6.2.3. Salmonella

Salmonella (Prado y col., 2013). Se realizó en 3 etapas; en la primera se realizó un pre-enriquecimiento con agua peptonada al 1%, posteriormente se elaboró un enriquecimiento en caldo cistina-selenita para posteriormente sembrar en agar XLD y agar verde brillante ya que son un medio selectivo para el aislamiento de salmonella. Finalmente se realizó una prueba bioquímica en agar lisina descarboxilasa.

6.2.4. Hongos y levaduras

Hongos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994): El medio de cultivo empleado fue el agar papa dextrosa ya que contienen los polisacáridos y dextrosa que son los nutrientes esenciales para su crecimiento. Se cuantificaron a las 48 horas de ser sembrados.

6.3. Análisis bromatológico

6.3.1. pH

Se mezclaron 10g de muestra previamente cortada en pequeños trozos en 90mL de agua destilada, se mezcló hasta estar homogénea, se leyó el pH en un potenciómetro marca HANNA Instruments previamente calibrado con buffer, se realizaron las lecturas por triplicado (AOAC, 1996).

6.3.2. Humedad

Para este análisis se pesaron 2g de muestra por triplicado en cajas Petri previamente a peso constante y se llevaron en una estufa a 110°C durante 18h. Más adelante las muestras fueron colocadas en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente. Al final se pesaron y se calculó el contenido de humedad (AOAC, 1996).

6.3.3. Cenizas

Se pesaron 2g de muestra por triplicado y se colocaron en crisoles previamente a peso constante, se incineraron previamente y se colocaron en una mufla a 550°C por 4h aproximadamente hasta que las cenizas fueron de color blanco. Por último, se colocaron los crisoles en el desecador hasta estar a temperatura ambiente y se calculó el porcentaje de ceniza (AOAC, 1996).

6.3.4. Grasa (extracto etéreo)

Se pesaron 2 g de muestra seca sobre un papel filtro donde fueron depositados en un cartucho de celulosa previamente a peso constante que se tapó con un algodón. En un matraz bola de añadieron 250ml de éter de petróleo, se empleó el equipo Soxhlet para realizar la extracción de grasa durante 5 ciclos de lavados. Posteriormente los cartuchos fueron llevados a una estufa a 50°C para secarlos evaporando el solvente, posteriormente se colocaron en un desecador hasta tener temperatura ambiente. Finalmente se determinó el contenido de grasa por diferencia de peso (AOAC, 1996)

6.3.5. Proteína

El contenido de proteína se determinó por el método Kjeldahl de acuerdo al método oficial No. 960.52 (AOAC, 1996). Se colocaron 2g de muestra en los tubos digestores, 8g de la mezcla digestora (sulfato de sodio 95.4% y sulfato de cobre 3.9% y dióxido de selenio 0.71%) y 25 ml de H₂SO₄ concentrado. Se realizó la digestión hasta que se obtuvo un color verde claro en las muestras y se dejaron enfriar. Se destilaron las muestras digeridas agregando 25 ml de ácido bórico al 2% hasta obtener 400ml aproximadamente. El destilado se tituló con una solución de HCl 0.1 N. El porcentaje de proteína se calculó con la siguiente ecuación convirtiendo al valor obtenido de proteína al multiplicar el resultado por el factor 6.25:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{ml HCl gastado} - \text{ml blanco})(N \text{ del HCl})(0.014)}{\text{g de muestra}}$$

Etapa 2

Se elaboraron las formulaciones de las hamburguesas y se evaluaron con parámetros fisicoquímicos.

6.4. Elaboración de hamburguesa de pescado

Para la elaboración de las hamburguesas de pescado se emplearon filetes congelados de la especie lisa y jurel obtenidos de la central de abastos de la ciudad de México en el mes de marzo y abril. Se elaboraron tres formulaciones: un testigo sin adición de transglutaminasa, tratamiento 1 adicionado con 0.1% de transglutaminasa y tratamiento 2 adicionado con 0.5% de transglutaminasa. La formulación se presenta en la tabla 1.

El procedimiento de elaboración de hamburguesas se muestra a continuación:

- 1) Se descongelaron los filetes de lisa y jurel a temperatura de refrigeración durante 24 hrs.
- 2) Se cortaron los filetes (sin piel) en trozos pequeños.
- 3) En una procesadora de alimentos se colocó la carne y los ingredientes.
- 4) Se procedió a realizar el moldeo de las hamburguesas.
- 5) Se dividieron en tres lotes, se empacaron al vacío y se llevaron a congelación a -20°C para su posterior análisis (lote día 7 y 14)
- 6) El lote día 0, 7 y 14 se llevó a cocción en una parrilla eléctrica hasta llegar a una temperatura de 75°C .

Tabla 1. Formulación de las hamburguesas.

| | Testigo | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 |
|---------------------|----------------|----------------------|----------------------|
| Ingredientes | % (p/p) | % (p/p) | % (p/p) |
| Pescado | 82 | 81.9 | 81.5 |
| Pan | 10 | 10 | 10 |
| Huevo | 5 | 5 | 5 |
| Sal | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| Ajo | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Cebolla | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Pimienta | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Transglutaminasa | 0 | 0.1 | 0.5 |

* Antes de realizar los análisis en el día 7 y 14 se descongelaron las muestras 24 horas antes durante refrigeración. Se realizó la cocción de las muestras para poder realizar los análisis fisicoquímicos.

6.5. Análisis fisicoquímicos

Los análisis se realizaron al día 0, 7 y 14 después de su elaboración.

6.5.1. Aw

Se determinó utilizando un medidor Aqua Lab. Modelo 4TE, a una temperatura de 24 ± 1 °C. Se tomaron aproximadamente 5 g de muestra triturada y se colocaron dentro del equipo, se obtuvo la medida después de cinco minutos.

6.5.2. Color

La luminosidad (L), componente rojo (a) y componente amarilla (b) de color en coordenadas CIE-Lab se determinó en las hamburguesas con Transglutaminasa, así como en el control. Se colocaron 2 gramos de muestra triturada en vasos de precipitados para capturar la imagen en un colorímetro HunterLab cubriendo el vaso sin dejar pasar la luz. Se obtuvieron parámetros de luminosidad, componente rojo y componente amarilla (Little 1975).

6.5.3. Estabilidad a la cocción

Esta determinación se llevó a cabo utilizando la metodología propuesta por Ramos y Farías (2001). Fueron colocadas muestras de 30g en vasos precipitados de 250 mL. con 300 mL. de agua, se dejó calentando la muestra hasta 70 °C durante 30 min. Se determinó el porcentaje de estabilidad a la cocción, obteniendo la diferencia del peso inicial de la muestra menos el peso de la muestra después de la cocción, dividiendo por el peso inicial y multiplicando por 100.

6.5.4. Estabilidad de la grasa

La estabilidad de la grasa en las hamburguesas se llevó a cabo mediante la metodología reportada por Ramos y Farías (2001). Después de realizar la prueba de estabilidad a la cocción, las muestras de hamburguesas fueron retiradas de los vasos con agua, los cuales se dejaron hasta la evaporación total del agua obteniendo así solamente la grasa liberada en el fondo del vaso. Se reportó la estabilidad de la grasa, como el porcentaje en peso de grasa liberada durante la cocción.

6.5.5. Humedad expresable

La determinación de humedad expresable se realizó de acuerdo con el procedimiento reportado por Jáuregui y col. (1981). Se pesó papel filtro Whatman No.1, se realizó un cono con el papel filtró y se les adicionó 1g de muestra, se llevaron a centrifugación a 2000 rpm durante 15 min. en una centrifuga SOLBAT modelo J-40. Se determinó el porcentaje de agua extraída por centrifugación, obteniendo la diferencia del peso inicial del papel filtro menos el peso del papel filtro final después entre el inicial y multiplicado por 100, reportando el porcentaje de centrifugado o humedad expresable.

6.5.6. Humedad total

Se realizó de acuerdo con el método oficial de la A.O.A.C. (1996) la determinación de humedad se realizó en crisoles a peso constante previamente, añadiendo 2 g de muestra y colocándolos en una estufa a 70 ° C durante 24 h. Después los crisoles fueron retirados y colocados en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente, finalmente se pesaron los crisoles con la muestra seca. Se calculó el porcentaje de humedad por diferencia de peso.

6.5.7. Oxidación lipídica (TBA)

Se determinó por la metodología reportada por Zipser y Watts (1962). Se agregó 10 g de muestra a 49 mL de agua destilada a 50°C. Posteriormente se colocó la mezcla contenía 48 mL de agua a un matraz bola de 300 mL que destilada a 50°C y 2 mL de solución de HC1 1:2 (v/v), así como 2 gotas de antiespumante a base de silicón. El matraz se colocó con el equipo de destilación en una parrilla eléctrica hasta obtener 25 mL de destilado, del cual se tomaron por duplicado alícuotas de 5 mL y se colocaron en un tubo de ensaye con tapa, se adiciono 5 mL de la solución de TBA (0.288g en 100ml de agua destilada). Los tubos se colocaron en un baño maría a ebullición durante 30 minutos, posteriormente se enfriaron a chorro de agua y se leyeron las absorbancias a 530 nm.

6.5.8. pH

Se determinó utilizando un potenciómetro de carne HI99163 marca HANNA, a una muestra de 40 g se le introdujo el electrodo del potenciómetro previamente calibrado hasta que se estabilizó la lectura, las lecturas se hicieron por triplicado.

6.5.9. Textura

Se determinó utilizando un analizador de textura modelo CT3. Se cortaron porciones del producto en rectángulos de 4 x 2 x 1 cm, se evaluó la resistencia al corte usando la Navaja de Warner-Bratzler, acoplada a un analizador de textura, empleando una velocidad de prueba de 2.5 mm/s y velocidad de retroceso de 2.5 mm/s, finalmente se reportó la fuerza máxima para cortar la muestra al aplicarse una fuerza conocida (Bourne, 1978).

6.6. Análisis sensorial

Al día 1 se les realizó una evaluación sensorial con 30 jueces no entrenados y utilizando una escala semiestructurada. Se utilizó una prueba de aceptabilidad. Para esta prueba se presentó a los panelistas las tres muestras simultáneas, codificadas con números aleatorios. El panelista debía calificar las muestras en una línea recta. Se realizó el análisis estadístico de comparación de varianzas (ANOVA) correspondiente. El formato empleado para la evaluación sensorial se presenta en el Anexo 1.

6.7. Diseño experimental y análisis de datos

Para el análisis de resultados fisicoquímicos se realizó con un análisis de varianza (ANOVA) con base en el siguiente modelo, de acuerdo con Montgomery (2006) es:

$$Y_i = \mu + \alpha_i + \epsilon_i$$

Dónde:

Y_i = parámetros evaluados (Aw, color, % de peso perdido en la cocción, % de grasa perdida en la cocción, % de humedad expresable, % de humedad total, μ moles/L de malonaldehído, pH y kg/s fuerza) al i -ésimo nivel de cada tratamiento.

μ = es la media global del modelo.

α_i = el efecto de la concentración de transglutaminasa (0%, 0.1% y 0.5%)

ϵ_i = es el error experimental.

Cuando se detectaron diferencias significativas en este análisis, las medias se discriminaron con la prueba de rangos múltiples de Dunnett ($p < 0.05$). Se utilizó el programa estadístico NCSS 12 (Utah, USA).

7. RESULTADOS

Etapa 1

En esta etapa se realizó la caracterización microbiológica y bromatológica de la carne de lisa (*Mugil cephalus*) y jurel (*Seriola lalandi*).

7.1. Características microbiológicas y bromatológicas de carne de lisa y jurel.

7.1.1. Análisis microbiológico

Los resultados del análisis microbiológico se reportan en la tabla 2. Se puede observar que, en la cuenta de mesófilos aerobios, enterobacterias y de hongos y levaduras ésta fue mayor en la especie de jurel en comparación con la especie de lisa. Se realizó un análisis para determinar la presencia de *Salmonella sp.*, para la cual se obtuvo un resultado negativo en ambas especies, esto se considera favorable debido a que esta bacteria patógena puede producir enfermedades en los seres humanos si se consume.

Tabla 2. Resultados de cuenta de microorganismos indicadores en pescado lisa y jurel.

| <i>Análisis/ Especie</i> | <i>Lisa (Mugil cephalus)</i> <i>UFC/g</i> | <i>Jurel (Seriola lalandi)</i> <i>UFC/g</i> |
|--------------------------|--|--|
| Mesófilos aerobios | 57 x 10 ² | 13 x 10 ³ |
| Enterobacterias | 26 x 10 ² | 91 x 10 ² |
| <i>Salmonella sp.</i> | Ausente | Ausente |
| Hongos y levaduras | 61 x 10 ² | 33x10 ³ |

El rango de diferencias en la cuenta microbiológica de las especies analizadas está asociado con variaciones propias de la especie y de la higiene en el proceso y el manejo de la temperatura del pescado posterior a su captura y previo a su venta,

pues se observó que solo algunas piezas de pescado se encontraban sobre hielo y los demás prácticamente estaban expuestos a temperatura ambiente. Es importante conocer y aplicar las buenas prácticas de higiene durante la manipulación de la carne de pescado ya que la mala aplicación de estas prácticas está relacionada con una alta carga microbiológica (Iriarte, 2012). En este caso, debido a que son diferentes trabajadores los que realizan el trabajo en las pescaderías, probablemente no tengan conocimiento de las buenas prácticas de higiene. En el caso del jurel los resultados estuvieron en los límites permitidos de acuerdo con la Norma Mexicana NOM-027-SSA1-1993 Productos de la pesca los cuales son para mesófilos aerobios 1×10^4 UFC/g y conforme a los resultados de este trabajo se puede decir que se encuentra dentro del límite asignado. Centeno y Rodríguez (2005) analizaron muestras de carne de pez sierra (*Scomberomorus* spp.) encontrando valores de mesófilos aerobios 5.2×10^5 UFC/g, del mismo modo Morales y col. (2004) estudiaron a la tilapia (*Oreochromis niloticus*) obteniendo resultados de mesófilos aerobios de 2.1×10^6 UFC/g, en estos estudios los resultados los compararon con los parámetros para pescado crudo establecidos por la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas en Alimentos (ICMSF) que pertenece a la Unión Internacional de Sociedades de Microbiología (IUMS) y tiene vínculos con la Organización Mundial de la Salud (OMS), y concluyeron que no sobrepasaron el límite de 10^7 UFC/g.

La Norma Mexicana NOM-027-SSA1-1993 reporta para coliformes fecales un límite máximo de 4.4×10^4 UFC/g lo que quiere decir que de acuerdo con los resultados de este trabajo se encuentran dentro de lo establecido. Montiel y col. (2005) evaluaron al pez lisa (*M. curema*) con base a la norma antes mencionada, el resultado de su estudio fue de 2.02×10^2 UFC/g y se ubican dentro del límite microbiológico establecido, lo que podría interpretarse como un valor aceptable. Por otro lado, Mendoza y col. (2021) evaluaron a las enterobacterias (8.1×10^1 UFC/g) contenidas en muestras de pescado fresco albacora (*Thunnus alalunga*) en donde el resultado mostró que se encuentran fuera de los límites (10 UFC/g) establecidos por la norma ecuatoriana INEN 183:2013 referente a pescado refrigerado o congelado para ser catalogados en un nivel de buena calidad microbiológica.

Para hongos y levaduras aun no existen normas que establezcan el límite máximo permisible para pescado fresco sin embargo es importante considerar su análisis pues también contribuyen a la descomposición de este.

7.1.2. Análisis bromatológico

Los resultados del análisis bromatológico se encuentran en la tabla 3. Los valores obtenidos muestran que la carne de jurel tiene valores más altos que la lisa, sobre todo en el contenido de grasa y esto es atribuido a la alimentación y el ambiente donde se desarrollan ambas especies (Hochachka y Somero, 2002).

Tabla 3. Resultados del análisis bromatológico de lisa y jurel.

| Determinación | Lisa (<i>Mugil Cephalus</i>) | Jurel (<i>Seriola Lalandi</i>) |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| pH | 6.28 ± 0.14 ^b | 6.49 ± 0.06 ^a |
| Humedad | 76.92 ± 1.39 ^a | 77.58 ± 1.20 ^a |
| Cenizas | 1.42 ± 0.38 ^a | 1.17 ± 0.26 ^a |
| Grasa (extracto etéreo) | 9.22 ± 2.33 ^b | 16.95 ± 2.07 ^a |

Las letras a y b representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el programa NCSS12 versión 12.0.9 y se encontraron que para los valores de Humedad y Cenizas no hay diferencias significativas, mientras que para los valores de pH y Grasa si hay diferencias significativas siendo jurel la especie con valores más altos en ambos parámetros.

Quintero y col. (2012) analizaron la lisa (*Mugil cephalus*) comercializada en Mazatlán Sinaloa, donde obtuvieron como resultados: humedad 77.2% ± 0.7, cenizas 0.9% ± 0.7 y en grasa 4.4% ± 0.6. Se observan similitudes en humedad y ceniza, sin embargo, en grasa hay una diferencia notoria; se podría explicar que es debido a que las especies son de distintos puntos de captura, lo cual quiere decir que su alimentación es distinta al igual que las condiciones de crecimiento.

Fonseca-Rodríguez y Chavarría-Solera (2017) estudiaron al pez barracuda obteniendo valores de humedad de 77.13 ± 1.35, ceniza 1.21 ± 0.08 y grasa 2.18 ± 1.18. Los valores reportados son similares a los del trabajo en estudio, a excepción

del contenido en grasa con una diferencia notable, cabe resaltar que se desconoce el lugar de la captura del pez barracuda esto podría ser una de las respuestas a la variación de la grasa como ya se había mencionado.

Rodríguez y col. (2012) reportaron los siguientes valores de pH en la especie de Atún $5.55(\pm 0.32)$ y Salmon $5.95(\pm 0.36)$ son menores en comparación con los valores de este trabajo, debido a las condiciones de venta a la que se encontraron ambas especies, no contaban con la temperatura ideal lo cual provoca que el pH suba, sin embargo, cabe destacar que son diferentes las especies evaluadas. El pH es un parámetro importante pues no ayuda a determinar el crecimiento de microorganismos.

Etapa dos

En esta etapa se realizó un producto reestructurado utilizando transglutaminasa, y se determinaron parámetros fisicoquímicos de las 3 formulaciones empleadas: un testigo sin adición de transglutaminasa, tratamiento 1 adicionado con 0.1% de transglutaminasa y tratamiento 2 adicionado con 0.5% de transglutaminasa. Y el efecto de los días de almacenamiento (0, 7 y 14) además de las especies de pescado empleadas lisa (*Mugil cephalus*) y jurel (*Seriola lalandi*).

7.2. Análisis fisicoquímicos de hamburguesa de jurel y lisa.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de las hamburguesas de lisa y jurel se muestran a continuación.

7.2.1. Aw y color

En la tabla 4 se observan los valores obtenidos para la determinación de actividad de agua (A_w) y color (L^* , a^* y b^*) de lisa y en la tabla 5 para jurel. Se puede observar que en el análisis de A_w no se encontraron diferencias significativas con respecto al efecto de la concentración de la transglutaminasa y tampoco entre ambas especies. Andrés Bello y col. (2011) estudiaron la dorada (*Sparus aurata*) y mencionaron que la A_w disminuía en un rango entre 1 y 2 % con respecto al control

Tabla 4. Resultados de análisis fisicoquímicos (Aw y color) de la especie lisa (*Mugil cephalus*).

| Dia | Tratamiento | Aw | Color | | |
|-----|-------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | L* | a* | b* |
| 0 | Testigo | 0.968 ± 0.001 ^{A;b;X} | 51.633 ± 0.716 ^{B;a;X} | 6.50 ± 0.113 ^{A;a;X} | 23.93 ± 1.20 ^{A;a;X} |
| | Trat 1 | 0.973 ± 0.0009 ^{A;b;X} | 55.906 ± 1.035 ^{A;a;X} | 5.98 ± 0.120 ^{A;a;X} | 21.91 ± 0.496 ^{A;a;X} |
| | Trat 2 | 0.974 ± 0.001 ^{A;b;X} | 53.026 ± 1.041 ^{A;a;X} | 6.73 ± 0.057 ^{A;a;X} | 21.81 ± 0.303 ^{A;a;X} |
| 7 | Testigo | 0.980 ± 0.002 ^{A;a;X} | 49.125 ± 0.155 ^{B;a;X} | 6.59 ± 0.259 ^{A;b;X} | 20.71 ± 0.91 ^{A;a;X} |
| | Trat 1 | 0.977 ± 0.004 ^{A;a;X} | 50.563 ± 0.433 ^{A;a;X} | 5.74 ± 0.338 ^{A;b;X} | 18.79 ± 3.85 ^{A;a;X} |
| | Trat 2 | 0.977 ± 0.004 ^{A;a;X} | 49.005 ± 0.155 ^{A;a;X} | 6.12 ± 0.172 ^{A;b;X} | 19.45 ± 1.54 ^{A;a;X} |
| 14 | Testigo | 0.973 ± 0.0006 ^{A;ab;X} | 50.46 ± 0.472 ^{B;a;X} | 6.01 ± 0.172 ^{A;b;X} | 20.60 ± 0.129 ^{A;b;X} |
| | Trat 1 | 0.973 ± 0.002 ^{A;ab;X} | 52.916 ± 1.568 ^{A;a;X} | 6.01 ± 0.318 ^{A;b;X} | 19.57 ± 0.391 ^{A;b;X} |
| | Trat 2 | 0.981 ± 0.004 ^{A;ab;X} | 51.903 ± 0.350 ^{A;a;X} | 5.35 ± 0.129 ^{A;b;X} | 19.41 ± 0.410 ^{A;b;X} |

Las letras A, B y C representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos; las letras a, b y c representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los días y las letras X y Y representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies.

Tabla 5: Resultados de análisis fisicoquímicos (Aw y color) de la especie jurel (*Seriola lalandi*).

| Dia | Tratamiento | Aw | Color | | |
|-----|-------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | L* | a* | b* |
| 0 | Testigo | 0.976 ± 0.003 ^{A;b;X} | 41.44 ± 0.353 ^{B;a;Y} | 7.2 ± 0.105 ^{A;b;X} | 15.78 ± 0.252 ^{A;a;Y} |
| | Trat 1 | 0.975 ± 0.001 ^{A;b;X} | 40.43 ± 0.213 ^{A;a;Y} | 9.79 ± 1.020 ^{A;a;X} | 14.86 ± 0.128 ^{A;a;Y} |
| | Trat 2 | 0.971 ± 0.003 ^{A;b;X} | 48.12 ± 0.196 ^{A;a;Y} | 6.37 ± 0.065 ^{A;a;X} | 15.58 ± 0.417 ^{A;a;Y} |
| 7 | Testigo | 0.975 ± 0.002 ^{A;a;X} | 44.75 ± 3.035 ^{B;a;Y} | 5.66 ± 0.986 ^{A;b;X} | 16.87 ± 0.331 ^{A;a;Y} |
| | Trat 1 | 0.974 ± 0.002 ^{A;a;X} | 50.50 ± 4.214 ^{A;a;Y} | 5.28 ± 0.855 ^{A;b;X} | 17.80 ± 0.156 ^{A;a;Y} |
| | Trat 2 | 0.975 ± 0.003 ^{A;a;X} | 51.39 ± 2.105 ^{A;a;Y} | 5.62 ± 1.24 ^{A;b;X} | 18.01 ± 0.315 ^{A;a;Y} |
| 14 | Testigo | 0.979 ± 0.008 ^{A;ab;X} | 39.38 ± 1.331 ^{B;a;Y} | 6.33 ± 0.051 ^{A;b;X} | 14.53 ± 0.189 ^{A;b;Y} |
| | Trat 1 | 0.973 ± 0.001 ^{A;ab;X} | 40.928 ± 1.377 ^{A;a;Y} | 5.83 ± 0.274 ^{A;b;X} | 14.14 ± 0.270 ^{A;b;Y} |
| | Trat 2 | 0.972 ± 0.0007 ^{A;ab;X} | 47.873 ± 1.462 ^{A;a;Y} | 5.38 ± 0.640 ^{A;b;X} | 10.42 ± 0.152 ^{A;b;Y} |

Las letras A, B y C representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos; las letras a, b y c representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los días y las letras X y Y representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies.

debido al aumento de los niveles de transglutaminasa. Estas diferencias se pueden atribuir a la diferencia de las especies y a su contenido proteico, ya que se sabe que la enzima transglutaminasa cataliza la formación de enlaces entre proteínas lo cual explica que disminuya la A_w (Santhi y col., 2017).

Los resultados de color se encuentran también en la tabla 4 para lisa, en el parámetro L^* (luminosidad) se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos que contienen transglutaminasa (TGasa) con respecto al control obteniendo mayor luminosidad en el tratamiento 1 y en el tratamiento 2, esto quiere decir que al añadir TGasa la luminosidad aumentará; en los días de almacenamiento no se obtuvieron diferencias significativas sin embargo entre especies se obtuvo diferencia significativa obteniendo mayores valores para lisa comparadas con jurel (tabla 5). Andrés Bello y col. (2011) elaboraron un reestructurado a partir de dorada (*Sparus aurata*) utilizando TGasa y diferentes niveles de sal (10 y 20 g) ellos encontraron que el atributo L^* tuvo variaciones de 68.7 a 72.6 este atributo fue modificado por la presencia de TGasa en cada nivel de sal. Moreno y col. (2013) elaboraron un reestructurado con la especie de merluza del Cabo (*Merluccius capensis*) y el parámetro L^* aumentó en los tratamientos cocidos adicionados con transglutaminasa obteniendo hasta un 72 esto se debe principalmente a la desnaturalización de las proteínas como consecuencia del tratamiento térmico. Comparando con nuestros resultados obtenidos, el valor más alto fue de 56 y corresponde al tratamiento adicionado con TGasa de la especie lisa y esto puede atribuirse a las características propias de la lisa ya que en jurel la carne es menos luminosa.

En el parámetro a^* únicamente hubo diferencias significativas entre los días de almacenamiento siendo el día 0 el mayor comparado con el día 7 y 14, entre especies al igual que entre tratamientos no se encontraron diferencias significativas. Monteiro y col. (2015) no encontraron diferencias significativas en el parámetro a^* en reestructurados que elaboraron con filetes de tilapia. Esto indica que el almacenamiento afecta a la estructura de las hamburguesas de pescado provocando una disminución en la intensidad del parámetro antes mencionado.

En el parámetro b^* no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, pero en cuanto a días de almacenamiento hubo diferencias siendo mayor en los días 0 y 7 comparados con el día 14, también entre especies se obtuvieron diferencias significativas, siendo lisa la mayor comparada con jurel. Martelo-Vidal y col. (2016) en el parámetro b^* de color no encontraron diferencias significativas entre tratamientos (con 0.1, 0.5 y 0.8 % de transglutaminasa) en un producto reestructurado de tilapia.

Con base en los resultados obtenidos, de manera general nos indicar que, en el color, la adición de TGasa va a influir en el parámetro L^* de luminosidad debido a que la carne de lisa y jurel tienden a ser de un color oscuro y esto probablemente beneficiará al producto reestructurado para tener una mejor aceptación con respecto a la apariencia visual.

7.2.2. Estabilidad de cocción y Estabilidad de la grasa

En la tabla 6 y 7 se observan los valores de la determinación de estabilidad de cocción y estabilidad de la grasa de la especie lisa, en la determinación de estabilidad de la cocción no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, días de almacenamiento y tampoco entre especies comparada con jurel (tabla 8 y 9) lo cual indica que la adición de TGasa no afecta la estabilidad a la cocción. Martelo-Vidal y col. (2016) encontraron en el producto reestructurado que elaboraron a partir de Merluza europea (*Merluccius merluccius*) que el rendimiento de cocción más alto (86.21 %) en su tratamiento con 0.8% de MTG y 1.5% de sal, posiblemente debido a las fuertes interacciones proteicas inducidas por TGasa, ya que mejoran la capacidad de retención de agua y, en consecuencia, aumentan el rendimiento de la cocción. Monteiro y col. (2015) en su estudio encontraron que al adicionar TGasa aumentaba la estabilidad a la cocción. Esto quiere decir que depende de la composición de especies el aumento de la estabilidad a la cocción porque la reacción de reticulación se formará diferente con cada tipo de proteína de cada especie y así forma una red más estable o no (Ventanas y col., 2006).

Tabla 6: Resultados de análisis fisicoquímicos (Estabilidad a la cocción, estabilidad de la grasa y humedad expresable) de la especie lisa (*Mugil cephalus*).

| Día | Tratamiento | Estabilidad a la cocción | Estabilidad de la grasa |
|-----|-------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 0 | Testigo | 7.75 ± 0.558 ^{A;a;X} | 22.24 ± 0.761 ^{A;a;X} |
| | Trat 1 | 7.82 ± 0.637 ^{A;a;X} | 17.37 ± 0.822 ^{A;a;X} |
| | Trat 2 | 6.27 ± 0.219 ^{A;a;X} | 17.24 ± 1.210 ^{A;a;X} |
| 7 | Testigo | 9.59 ± 0.770 ^{A;a;X} | 16.44 ± 0.958 ^{A;b;X} |
| | Trat 1 | 11.28 ± 0.13 ^{A;a;X} | 14.43 ± 0.837 ^{A;b;X} |
| | Trat 2 | 9.92 ± 0.760 ^{A;a;X} | 1.62 ± 0.219 ^{A;b;X} |
| 14 | Testigo | 9.09 ± 0.741 ^{A;a;X} | 1.27 ± 0.27 ^{A;b;X} |
| | Trat 1 | 8.84 ± 0.395 ^{A;a;X} | 6.69 ± 1.74 ^{A;b;X} |
| | Trat 2 | 9.37 ± 0.671 ^{A;a;X} | 0.71 ± 0.367 ^{A;b;X} |

Las letras A, B y C representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos; las letras a, b y c representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los días y las letras X y Y representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies.

Tabla 7: Resultados de análisis fisicoquímicos (humedad expresable y humedad total) de la especie lisa (*Mugil cephalus*).

| Día | Tratamiento | Humedad expresable | Humedad Total |
|-----|-------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 0 | Testigo | 6.25 ± 0.331 ^{A;b;X} | 38.5 ± 5.97 ^{A;ab;X} |
| | Trat 1 | 6.0 ± 0.259 ^{A;b;X} | 37.75 ± 1.70 ^{A;ab;X} |
| | Trat 2 | 7.25 ± 0.512 ^{A;b;X} | 34.0 ± 2.44 ^{A;ab;X} |
| 7 | Testigo | 11.25 ± 0.5 ^{A;a;X} | 46.5 ± 3.53 ^{A;a;X} |
| | Trat 1 | 11.0 ± 0.712 ^{A;a;X} | 48.87 ± 1.50 ^{A;a;X} |
| | Trat 2 | 10.5 ± 1.01 ^{A;a;X} | 37.37 ± 2.41 ^{A;a;X} |
| 14 | Testigo | 11.5 ± 0.871 ^{A;a;X} | 36.0 ± 2.27 ^{A;a;X} |
| | Trat 1 | 9.25 ± 0.367 ^{A;a;X} | 29.75 ± 1.49 ^{A;a;X} |
| | Trat 2 | 8.75 ± 0.557 ^{A;a;X} | 29.50 ± 1.75 ^{A;a;X} |

Las letras A, B y C representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos; las letras a, b y c representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los días y las letras X y Y representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies.

Tabla 8: Resultados de análisis fisicoquímicos (humedad expresable y humedad total) de la especie jurel (*Seriola lalandi*)

| Día | Tratamiento | Humedad expresable | Humedad Total |
|-----|-------------|------------------------|-------------------------|
| 0 | Testigo | 6.5 ± 0.57 A;b;X | 34.75 ± 3.01 A;ab;X |
| | Trat 1 | 6.75 ± 1.70 A;b;X | 34.0 ± 2.51 A;ab;X |
| | Trat 2 | 6.5 ± 1.0 A;b;X | 35.5 ± 1.73 A;ab;X |
| 7 | Testigo | 7.0 ± 2.16 A;a;X | 35.5 ± 2.88 A;a;X |
| | Trat 1 | 7.75 ± 0.095 A;a;X | 36.0 ± 2.14 A;a;X |
| | Trat 2 | 9.25 ± 0.230 A;a;X | 35.5 ± 2.53 A;a;X |
| 14 | Testigo | 9.25 ± 0.630 A;a;X | 36.25 ± 2.06 A;a;X |
| | Trat 1 | 9.5 ± 0.79 A;a;X | 35.25 ± 2.06 A;a;X |
| | Trat 2 | 10.5 ± 0.81 A;a;X | 35.25 ± 1.89 A;a;X |

Las letras A, B y C representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos; las letras a, b y c representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los días y las letras X y Y representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies.

Tabla 9: Resultados de análisis fisicoquímicos (estabilidad a la cocción, estabilidad de la grasa) de la especie jurel (*Seriola lalandi*).

| Día | Tratamiento | Estabilidad a la cocción | Estabilidad de la grasa |
|-----|-------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | Testigo | 7.81 ± 0.636 A;a;X | 0.065 ± 0.091 A;a;Y |
| | Trat 1 | 6.88 ± 0.187 A;a;X | 2.85 ± 0.360 A;a;Y |
| | Trat 2 | 6.10 ± 0.053 A;a;X | 2.86 ± 0.03 A;a;Y |
| 7 | Testigo | 5.8 ± 0.149 A;a;X | 1.88 ± 0.6 A;b;Y |
| | Trat 1 | 7.80 ± 0.688 A;a;X | 2.25 ± 0.70 A;b;Y |
| | Trat 2 | 8.1 ± 0.054 A;a;X | 2.40 ± 0.13 A;b;Y |
| 14 | Testigo | 8.44 ± 0.892 A;a;X | 4.14 ± 0.41 A;b;Y |
| | Trat 1 | 8.23 ± 0.892 A;a;X | 12.33 ± 0.3 A;b;Y |
| | Trat 2 | 9.38 ± 0.439 A;a;X | 8.87 ± 0.9 A;b;Y |

Las letras A, B y C representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos; las letras a, b y c representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los días y las letras X y Y representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies.

En estabilidad de la grasa no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, pero se encontraron diferencias significativas con respecto a los días de almacenamiento en la especie lisa (tabla 6) siendo mayores los valores en el día cero y menores valores en los días 7 y 14 esto indica una estabilidad de la grasa por los días de almacenamiento pues se libera menos grasa durante la cocción debido a un equilibrio en las interacciones entre los componentes de las hamburguesas lo cual es una ventaja para las hamburguesas porque tendrán mejor sabor y aumentará la aceptabilidad del mismo.

7.2.3. Humedad total y Humedad expresable

En humedad total se encontraron diferencias en días de almacenamiento en la especie de lisa (tabla 7) teniendo la mayor diferencia en el día 0 con respecto al 7 y 14. Monteiro y col. (2015) al adicionar 1% de transglutaminasa a un producto elaborado a partir de desechos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) encontraron que la humedad disminuyó. Esto nos indica que el almacenamiento influye en el contenido de

7.2.4. Oxidación lipídica, pH y textura

En la tabla 10 y 11 se observan los valores obtenidos para la determinación de oxidación lipídica, pH y textura de lisa y jurel respectivamente. En la determinación de oxidación lipídica se encontraron diferencias significativas entre especies teniendo mayor diferencia en lisa. Kunnath y col. (2013) encontraron que al adicionar transglutaminasa los valores de TBA se reducían en el reestructurado utilizando peces *pangasius* (*Pangasianodon hypophthalmus*). Esto quiere decir que a mayor concentración de transglutaminasa disminuye la oxidación lipídica lo cual sugiere un efecto protector de la TGasa contra la oxidación lipídica. La reacción de reticulación entre los residuos de proteínas protege la integridad de las moléculas de ácidos grasos evitando que queden expuestos a una interacción de agentes pro-

oxidantes como el oxígeno evitando la generación de radicales libres y la propagación de la reacción oxidativa (Buckley y col., 1995).

Tabla 10: Resultados de análisis fisicoquímicos (oxidación lipídica, pH y textura) de la especie lisa (*Mugil cephalus*).

| Día | Tratamiento | Oxidación lipídica ($\mu\text{mol/L}$) | pH | Textura (kg/s) |
|-----|-------------|--|------------------------|-------------------------|
| 0 | Testigo | 2.20 ± 0.201 A;a;X | 6.32 ± 0.088 A;a;Y | 1.09 ± 0.043 B;b;X |
| | Trat 1 | 2.65 ± 0.05 B;a;X | 6.37 ± 0.162 A;b;Y | 1.14 ± 0.293 A;b;X |
| | Trat 2 | 2.33 ± 0.444 B;a;X | 6.39 ± 0.44 A;c;Y | 1.23 ± 0.126 A;b;X |
| 7 | Testigo | 1.86 ± 0.011 A;a;X | 5.76 ± 0.177 A;a;Y | 1.25 ± 0.273 B;a;X |
| | Trat 1 | 1.89 ± 0.023 B;a;X | 6.09 ± 0.050 A;b;Y | 1.485 ± 0.231 A;a;X |
| | Trat 2 | 2.005 ± 0.017 B;a;X | 6.30 ± 0.136 A;c;Y | 1.71 ± 0.181 A;a;X |
| 14 | Testigo | 2.10 ± 0.255 A;a;X | 5.28 ± 0.213 A;a;Y | 0.912 ± 0.125 B;b;X |
| | Trat 1 | 2.14 ± 0.314 B;a;X | 5.57 ± 0.096 A;b;Y | 1.06 ± 0.127 A;b;X |
| | Trat 2 | 1.89 ± 0.135 B;a;X | 5.64 ± 0.051 A;c;Y | 1.25 ± 0.07 A;b;X |

Las letras A, B y C representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos; las letras a, b y c representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los días y las letras X y Y representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies.

Tabla 11: Resultados de análisis fisicoquímicos (oxidación lipídica, pH y textura) de la especie jurel (*Seriola lalandi*).

| Día | Tratamiento | Oxidación lipídica ($\mu\text{mol/L}$) | pH | Textura (kg/s) |
|-----|-------------|--|------------------------|-------------------------|
| 0 | Testigo | 7.61 ± 0.011 A;a;Y | 6.53 ± 0.384 A;a;X | 0.995 ± 0.173 B;b;Y |
| | Trat 1 | 4.82 ± 0.161 B;a;Y | 6.67 ± 0.104 A;b;X | 1.26 ± 0.168 A;b;Y |
| | Trat 2 | 3.59 ± 0.063 B;a;Y | 6.51 ± 0.057 A;c;X | 1.16 ± 0.534 A;b;Y |
| 7 | Testigo | 13.12 ± 0.722 A;a;Y | 6.14 ± 0.445 A;a;X | 1.00 ± 0.210 B;a;Y |
| | Trat 1 | 6.96 ± 1.56 B;a;Y | 6.21 ± 0.301 A;b;X | 1.23 ± 0.217 A;a;Y |
| | Trat 2 | 3.58 ± 0.990 B;a;Y | 6.49 ± 0.049 A;c;X | 1.15 ± 0.127 A;a;Y |
| 14 | Testigo | 10.70 ± 1.40 A;a;Y | 5.92 ± 0.069 A;a;X | 0.945 ± 0.228 B;b;Y |
| | Trat 1 | 7.03 ± 3.14 B;a;Y | 6.06 ± 0.055 A;b;X | 1.13 ± 0.066 A;b;Y |
| | Trat 2 | 3.25 ± 0.996 B;a;Y | 6.17 ± 0.079 A;c;X | 0.982 ± 0.093 A;b;Y |

Las letras A, B y C representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos; las letras a, b y c representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los días y las letras X y Y representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies.

En el pH no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos sin embargo en los días de almacenamiento existen diferencias significativas entre 0, 7 y 14 a medida que aumentan los días de refrigeración el pH va disminuyendo, por otro lado, entre especies también se encontraron diferencias significativas encontrando que jurel tiene valores mayores de pH comparados con lisa esto quiere decir que va a variar el pH de acuerdo a la especie y a la manipulación que tuvieron estas especies por separado hasta llega al consumidor. Leroi y Joffraud (2000) mencionaron que la disminución del pH en la carne de pescado por la adición de sal podría explicarse por el aumento de la fuerza iónica de la solución dentro de las células; por otro lado, Andrés Bello y col. (2011) encontraron una disminución en el pH significativa al aumentar el nivel de TGasa. Sin embargo, Martelo-Vidal y col. (2016) encontraron los valores de pH mayores ($P < 0.05$) en muestras con TGasa y sal que en el control.

En la determinación de textura se encontraron diferencias significativas en el testigo con respecto al tratamiento 1 y 2 lo cual nos indica que hay mayor resistencia al corte con la adición de TGasa, también se encontraron diferencias significativas respecto a los días de almacenamiento encontrando valores más altos para el día 7 con respecto a los días 0 y 14 esto da indicios que la muestra conserva sus propiedades de textura a los 7 días de almacenamiento y en cuanto a especies también se encontraron diferencias significativas teniendo lisa los valores más altos de resistencia al corte comparados con jurel esto quiere decir que la adición de transglutaminasa se ve reflejada en la textura principalmente debido a que la enzima forma una red tridimensional más fuerte entre las proteínas contenidas lo cual nos hace pensar que el contenido proteico es mayor en lisa que en jurel. Andrés Bello y col. (2011) mostraron que las propiedades mecánicas de los productos reestructurados se vieron afectadas tanto por los niveles de sal como por los de TGasa ($p < 0.05$). Sus resultados coinciden con los de Kunnath y col. (2013). Moreno y col. (2013) encontraron mayor resistencia a la ruptura en tratamientos con TGasa. De acuerdo con Sen (2005) uno de los factores más importantes de la calidad de consumo de la carne es la textura, que se rige principalmente por las interacciones agua-proteína. Martelo-Vidal y col. (2016) estudiaron un reestructurado de merluza

europea (*Merluccius merluccius*) con bajo contenido de sal y transglutaminasa microbiana, ellos no observaron diferencias ($P > 0.05$) en elasticidad, cohesión y resistencia entre todos los tratamientos sin adición y con adición de TGasa. Con base en los resultados obtenidos se observa que la adición de transglutaminasa promueve a tener una mejor consistencia en los productos reestructurados en cuanto al parámetro de esfuerzo al corte, por lo cual obtenemos productos de mejor calidad ya que no habría problemas al descongelar las hamburguesas evitando que se rompa la estructura del producto reestructurado.

7.3. Evaluación sensorial

Se realizó una evaluación sensorial de aceptabilidad del producto a 50 personas, mujeres y hombres integrantes de la comunidad UAM-I. Se evaluaron aspectos como: sabor, suavidad, jugosidad y aceptación, utilizando una escala hedónica de 5 puntos donde 0 era muy desagradable y 5 muy agradable.

En la tabla 12 se presentan los puntajes promedio para cada atributo evaluado, se puede notar que para las hamburguesas de lisa no hay diferencias significativas en los atributos evaluados entre el tratamiento 1 y el tratamiento 2.

Tabla 12. Resultados de la evaluación sensorial realizada para cada tipo de tratamiento de la especie de lisa.

| | Sabor | Suavidad | Jugosidad | Aceptación |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Testigo | 4.20 ± 0.90 ^A | 3.92 ± 0.94 ^A | 3.32 ± 1.07 ^A | 4.30 ± 0.95 ^A |
| Trat 1 | 4.24 ± 0.89 ^A | 3.48 ± 1.14 ^A | 3.12 ± 1.22 ^A | 4.18 ± 0.96 ^A |
| Trat 2 | 4.08 ± 1.08 ^A | 3.98 ± 0.95 ^A | 3.4 ± 1.06 ^A | 4.20 ± 0.92 ^A |

Las letras A, B y C representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos

En la especie de lisa, se observa como el tratamiento 1 obtuvo mejor percepción de sabor (figura 3), se puede observar como en el atributo de suavidad y jugosidad (figura 4 y 5) respectivamente en el Tratamiento 2 tiene mejor percepción en comparación con el tratamiento 1.

Figura 3. Resultado de sabor del análisis sensorial de la especie Lisa.

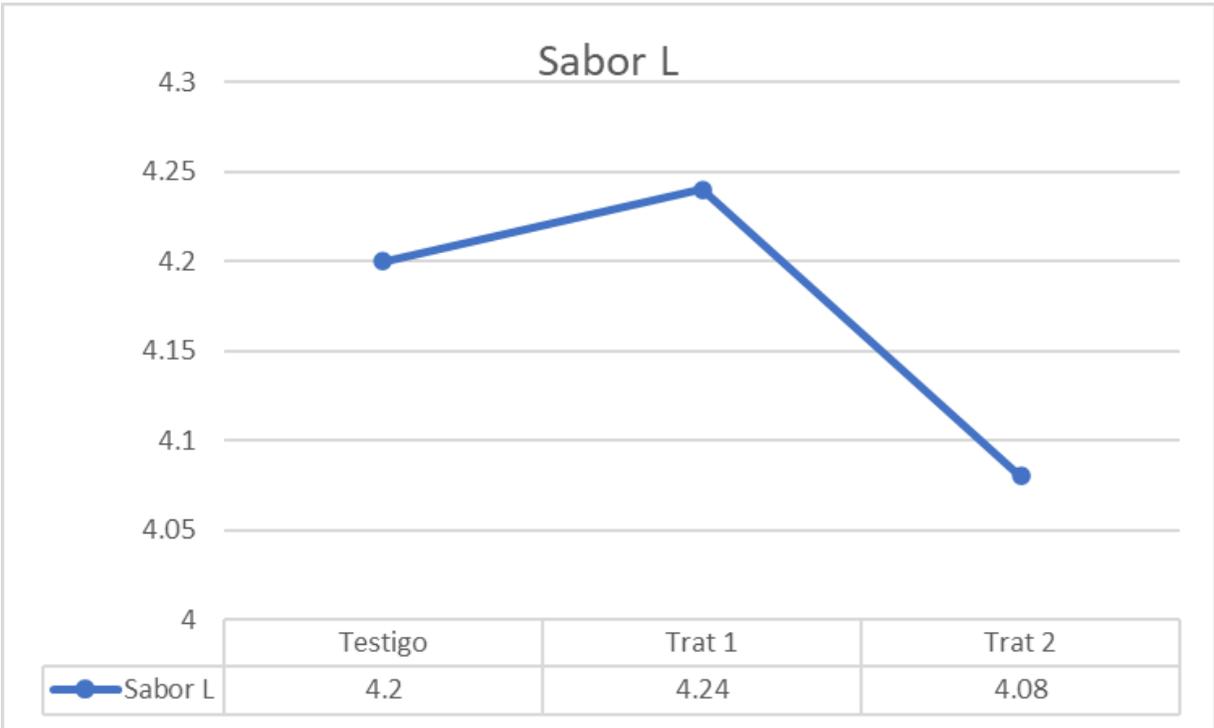


Figura 4. Resultado de suavidad del análisis sensorial de la especie Lisa.

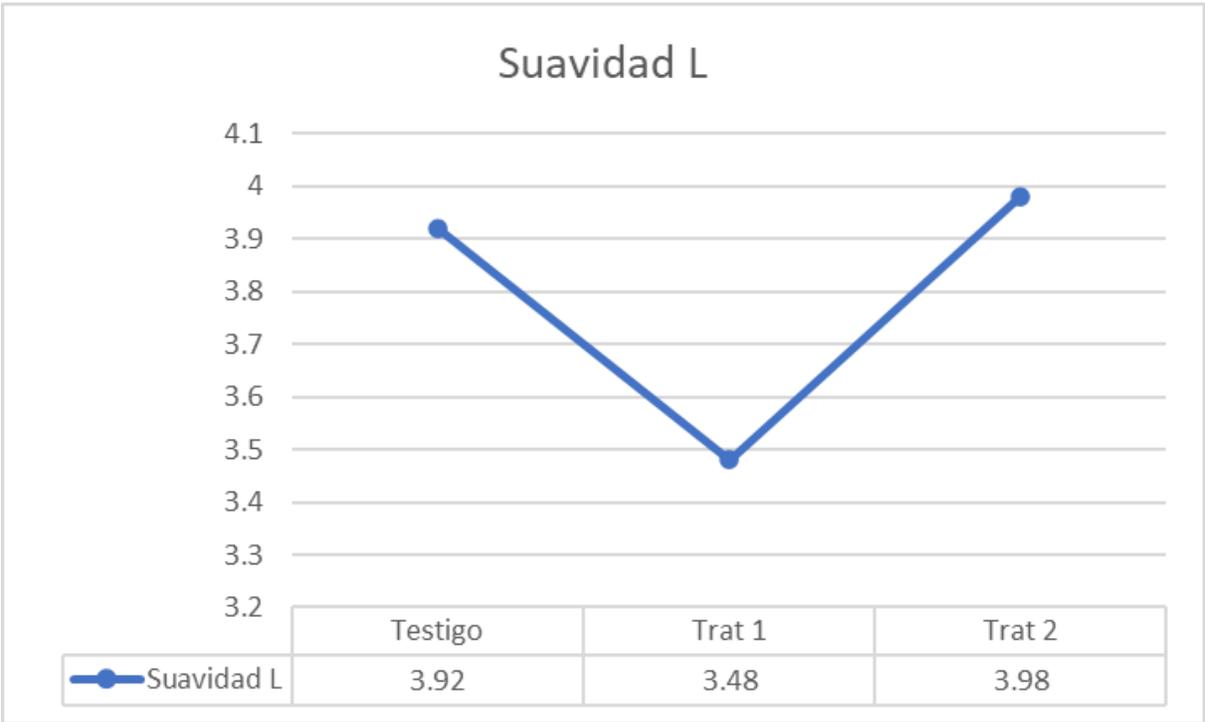
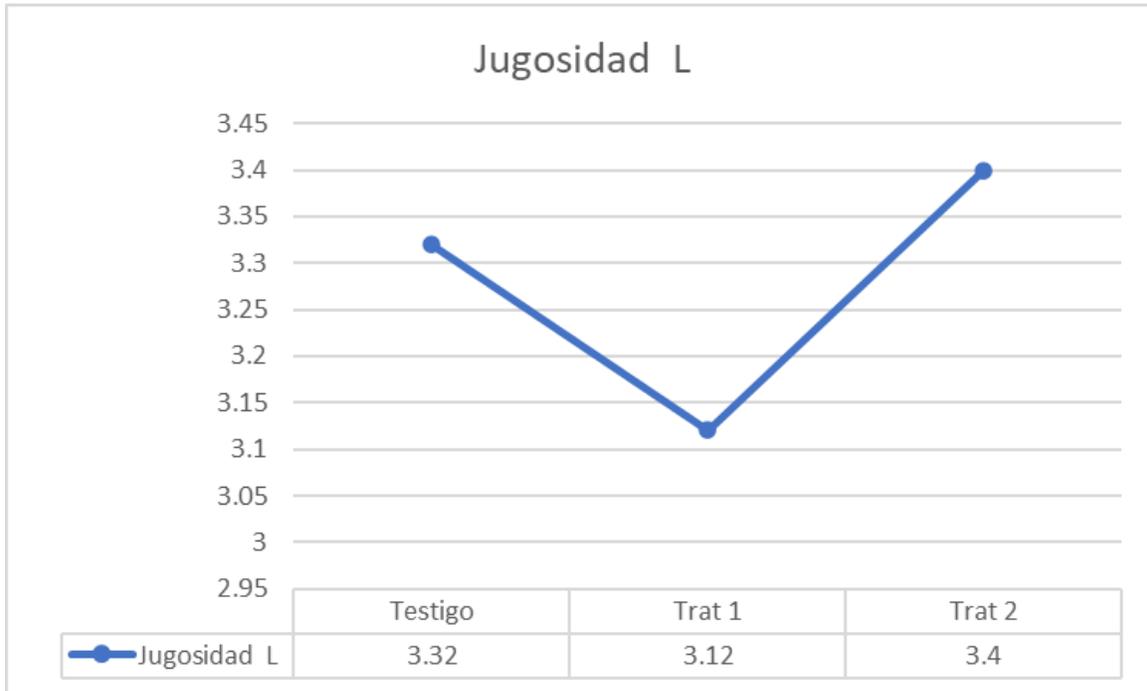
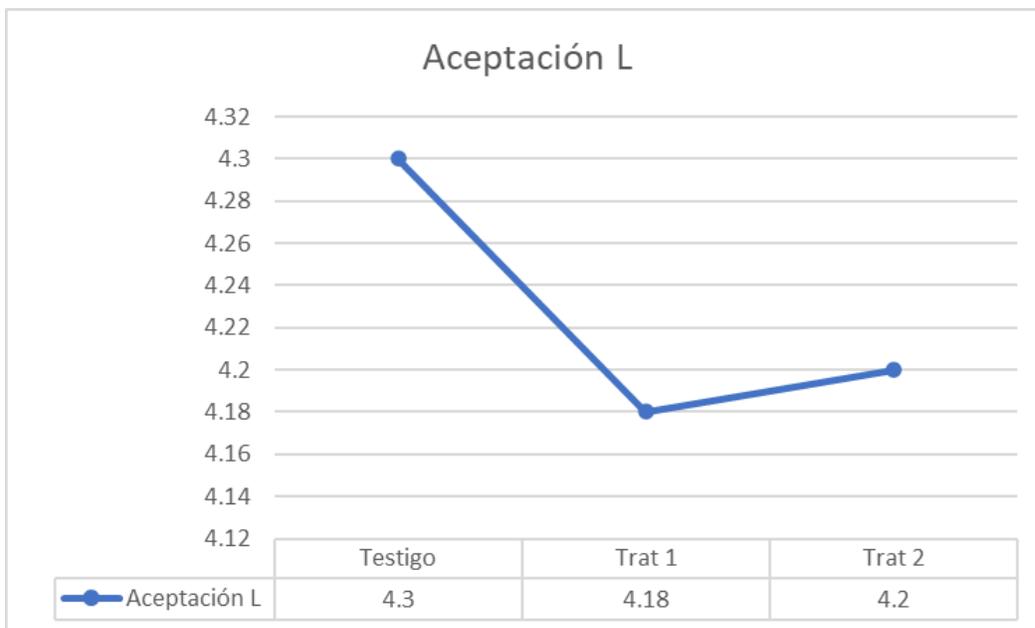


Figura 5. Resultado de jugosidad del análisis sensorial de la especie Lisa.



La mejor aceptación (figura 6) fue para el testigo a pesar de que los tratamientos tuvieron mejores percepciones de suavidad y jugosidad.

Figura 6. Resultado de aceptación del análisis sensorial de la especie Lisa.



En la tabla 13 correspondiente a la especie de jurel se observa como el tratamiento 2 tiene mejor percepción en todos los parámetros evaluados lo cual es un beneficio para la hamburguesa al igual que en suavidad, jugosidad, y aceptación con respecto al tratamiento 1, esto nos indica que el producto es aceptado y por consecuente podría ser consumido en caso de salir en el mercado.

Tabla 13. Resultados de la evaluación sensorial realizada para cada tipo de tratamiento de la especie de jurel.

| | Sabor | Suavidad | Jugosidad | Aceptación |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Testigo | 3.56 ± 1.10 ^A | 3.62 ± 0.94 ^A | 3.12 ± 1.11 ^A | 3.72 ± 1.15 ^A |
| Trat 1 | 3.82 ± 1.19 ^A | 3.56 ± 1.19 ^A | 3.14 ± 1.19 ^A | 3.84 ± 1.26 ^A |
| Trat 2 | 4.28 ± 1.01 ^A | 4.0 ± 1.02 ^A | 3.36 ± 1.20 ^A | 4.42 ± 0.90 ^A |

Las letras A, B y C representan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos

El mejor sabor de las hamburguesas de jurel percibido por los jueces fue para el tratamiento 2 (figura 7), de igual manera para la suavidad, jugosidad (figura 8 y 9) por lo tanto los jueces percibieron una mejor aceptación para el tratamiento 2 (figura 10).

Figura 7. Resultado de sabor del análisis sensorial de la especie jurel.

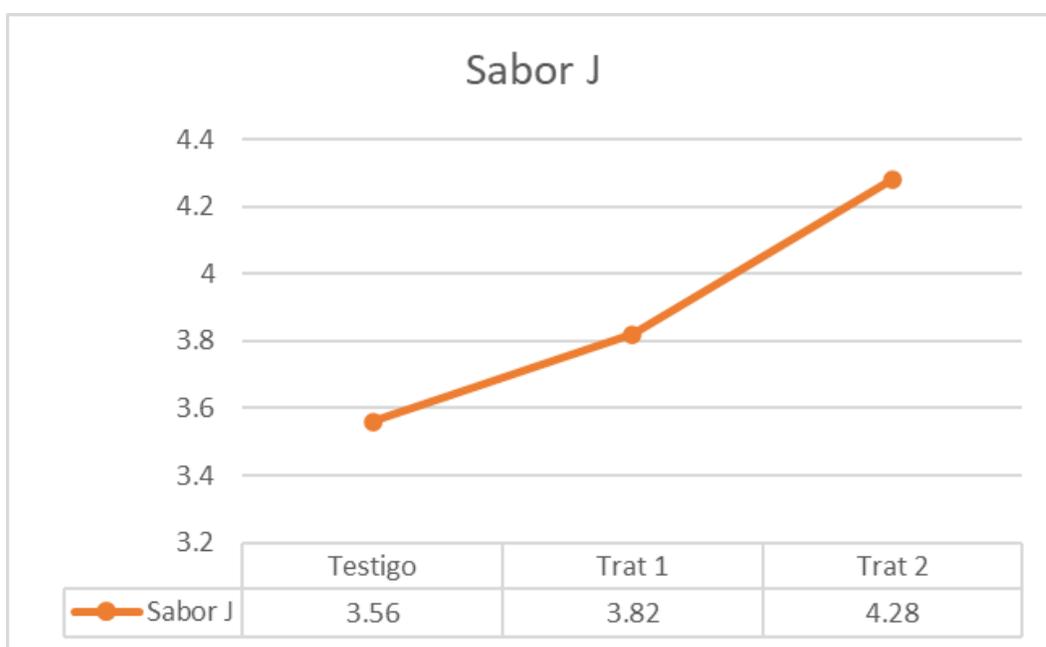


Figura 8. Resultado de suavidad del análisis sensorial de la especie jurel.

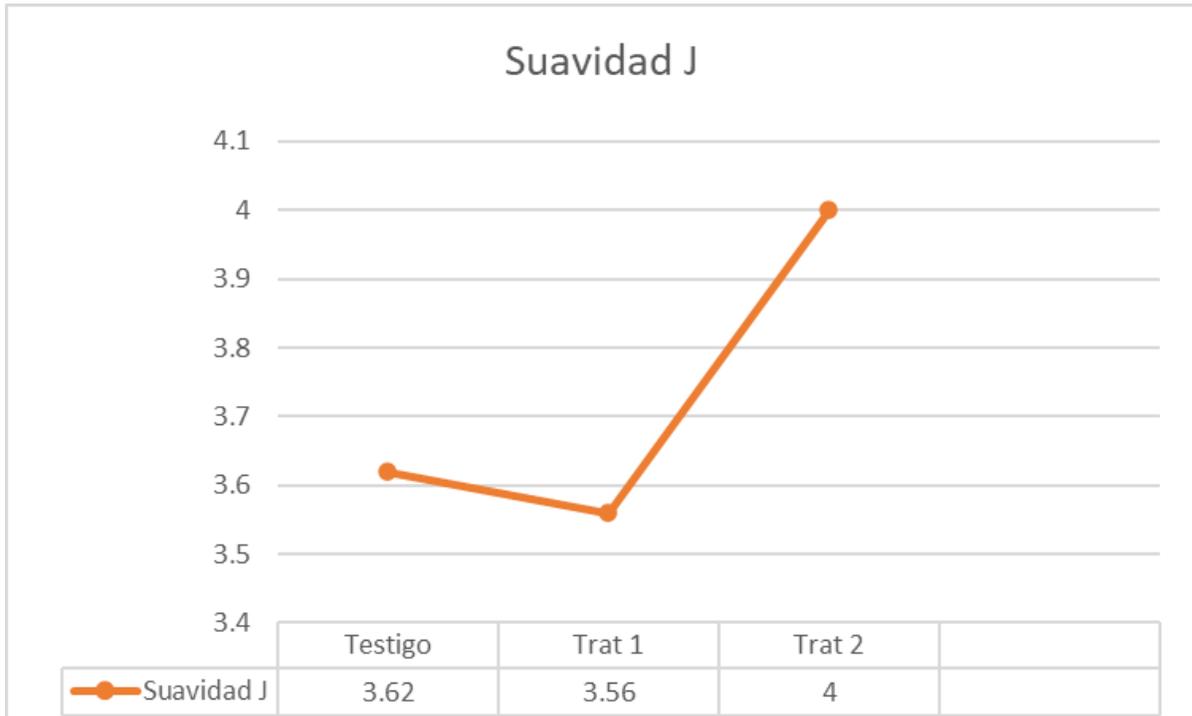


Figura 9. Resultado de jugosidad del análisis sensorial de la especie jurel.

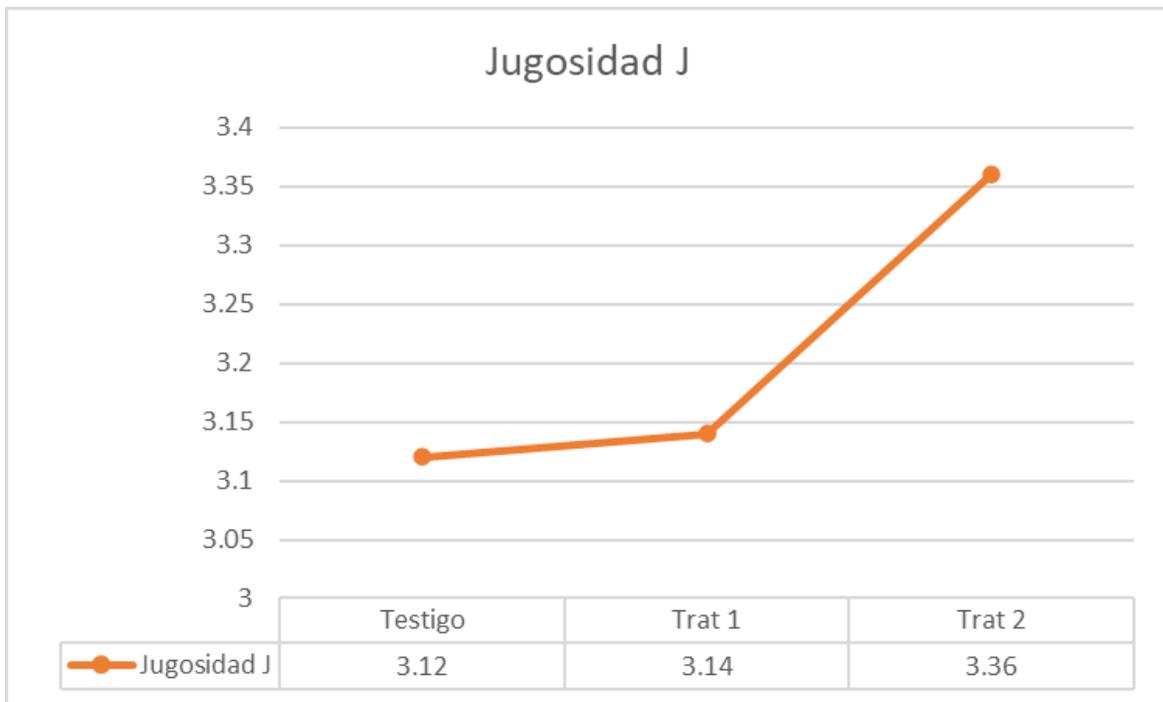
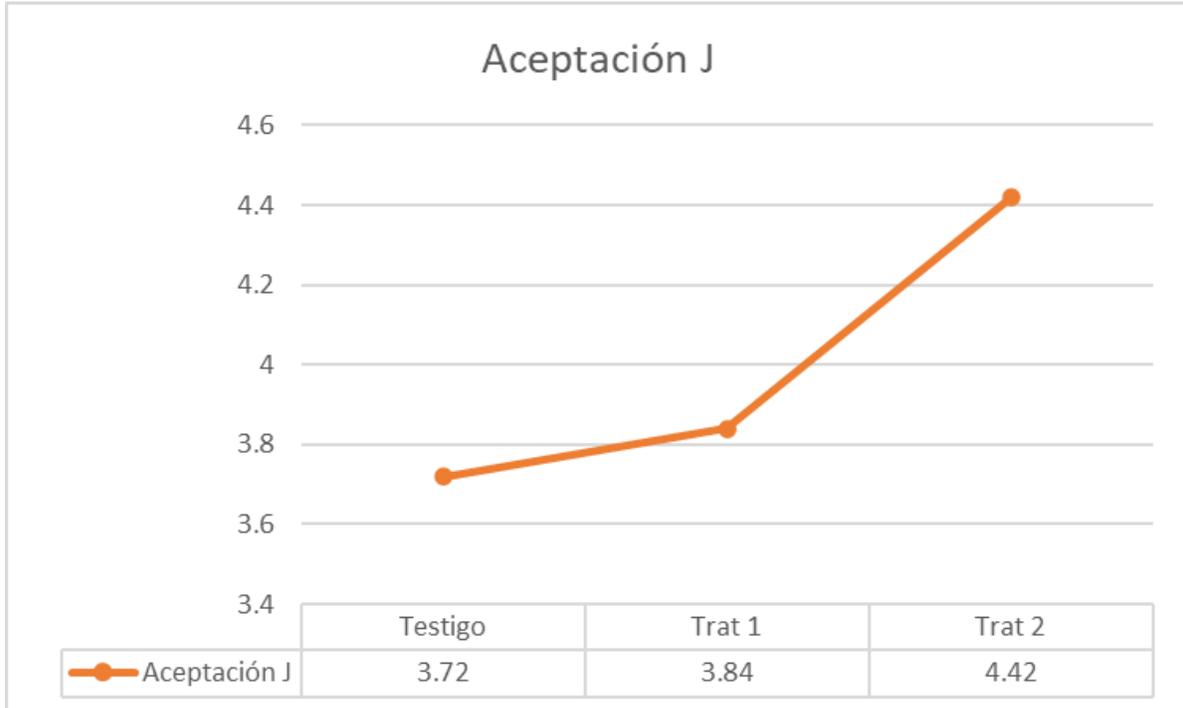


Figura 10. Resultado de aceptación del análisis sensorial de la especie jurel.



En general las hamburguesas de jurel y lisa no se encontraron diferencias significativas en cuanto a tratamientos y esto quiere decir que la adición de TGasa no afecta los parámetros evaluados y los jueces no lograron diferenciar los tratamientos adicionados con TGasa y el control. Similares resultados fueron reportados por Valencia y col. (2015) en un producto reestructurado de salmón adicionado con TGasa realizaron una prueba de aceptación a 15 jueces y evaluaron la textura y color, pero no lograron diferenciar los tratamientos y por consecuencia no obtuvieron diferencias significativas.

8. CONCLUSIONES

Se determinó la calidad microbiológica y fisicoquímica de la carne de lisa (*Mugil cephalus*) y jurel (*Seriola lalandi*) concluyendo que ambas especies cumplen con los parámetros aceptables para ser empleados como materia prima para desarrollar productos reestructurados de calidad. El uso de transglutaminasa permite elaborar una hamburguesa de pescado. Además, se observa que la adición de transglutaminasa tiene un efecto significativo en los parámetro de color en L*, en la textura y en la oxidación lipídica, de manera general estos son efectos positivos para en la elaboración de este tipo de productos. De acuerdo con el análisis sensorial las hamburguesas adicionadas con transglutaminasa tienen una buena aceptabilidad, lo cual es una característica deseable debido a que es un producto distinto a los del mercado.

ANEXOS

Anexo 1 Formatos evaluación sensorial

Formato para hamburguesas de jurel y lisa

Fecha: _____

Nombre: _____

Muestra: _____

Sabor:

Desagradable _____ Muy agradable

Suavidad:

Muy dura _____ Muy suave

Jugosidad:

Muy seca _____ Muy húmeda

Aceptación:

Inaceptable _____ Aceptable

Formato para botana nutritiva y paté:

Nombre: _____ Fecha: _____

Nombre del producto:

Pruebe el producto que se muestra a continuación.

- Marque con una X, sobre la carita que mejor describa su opinión sobre el producto que acaba de probar.



Odié



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

- ¿Usted compraría esta botana nutritiva?
Marque con una X

Si _____

No _____

Tal vez _____

Anexo 2. Otras aplicaciones especie lisa

Se realizaron dos productos con la especie lisa, una botana nutritiva y un paté para emplear al máximo las demás partes del pescado que regularmente se desechan como es la piel y las vísceras.

A ambos productos se les realizó una prueba de aceptabilidad a 50 personas, mujeres y hombres integrantes de la comunidad UAM-I. Se evaluaron aspectos como la emoción de haber probado el producto y si lo comprarían o no. Se empleó una escala de 5 puntos en donde 1 correspondía a la emoción “odié” y 5 a “me encantó”.

Piel de pescado como botana nutritiva

La piel previamente fue sometida a un marinado con (vinagre balsámico, limón, sal, pimienta y agua) durante unas horas y posterior a eso se colocó en una freidora de aire en donde se dejaron durante 12 minutos a 150°C. Los resultados de la evaluación sensorial se muestran en la figura 11.

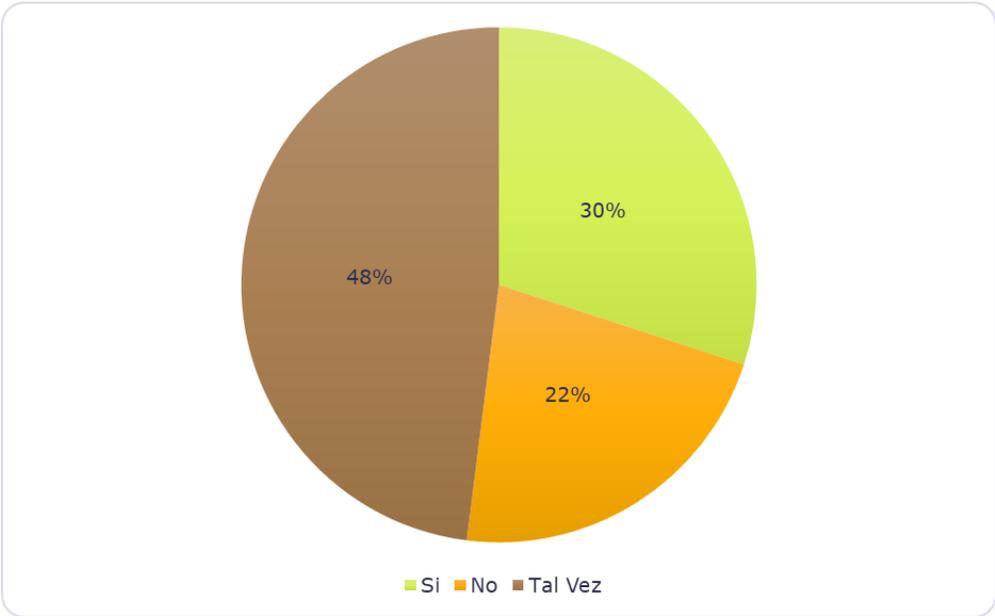
Figura 11. Resultados de la aceptación de la botana nutritiva.



De acuerdo con la figura 11 podemos determinar que al 46% de los jueces les gustó la botana nutritiva siendo el más alto porcentaje, sin embargo, al 34% le encantó la botana nutritiva y entre ambos porcentajes se tiene un 80% de aceptación del producto antes mencionado y esto nos dice que es una alternativa de botana para ser consumido y tener un aporte nutricional al mismo tiempo.

En la figura 12 se muestra que únicamente el 30% de la población está dispuesta a comprar la botana nutritiva y el 48% tal vez la compraría y sin embargo el 22% no está dispuesto a comprarlo.

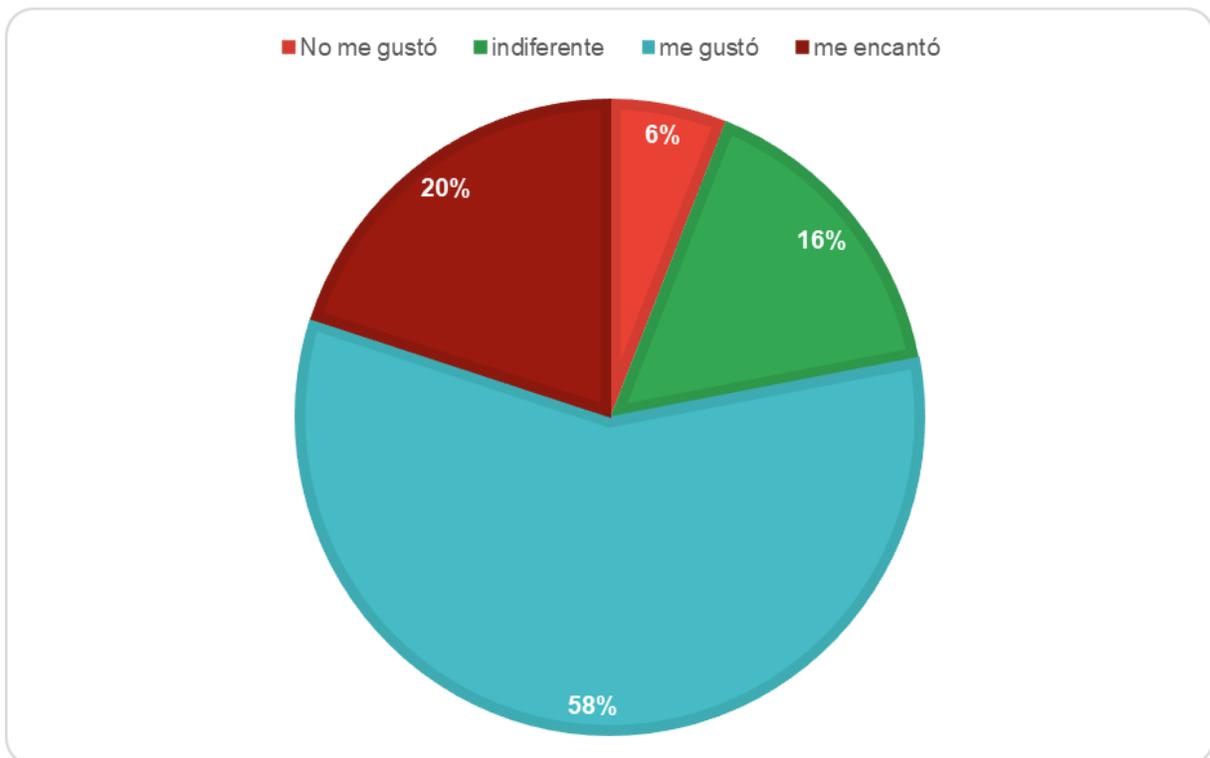
Figura 12. Resultados del posible consumo de la botana nutritiva.



Paté con viseras

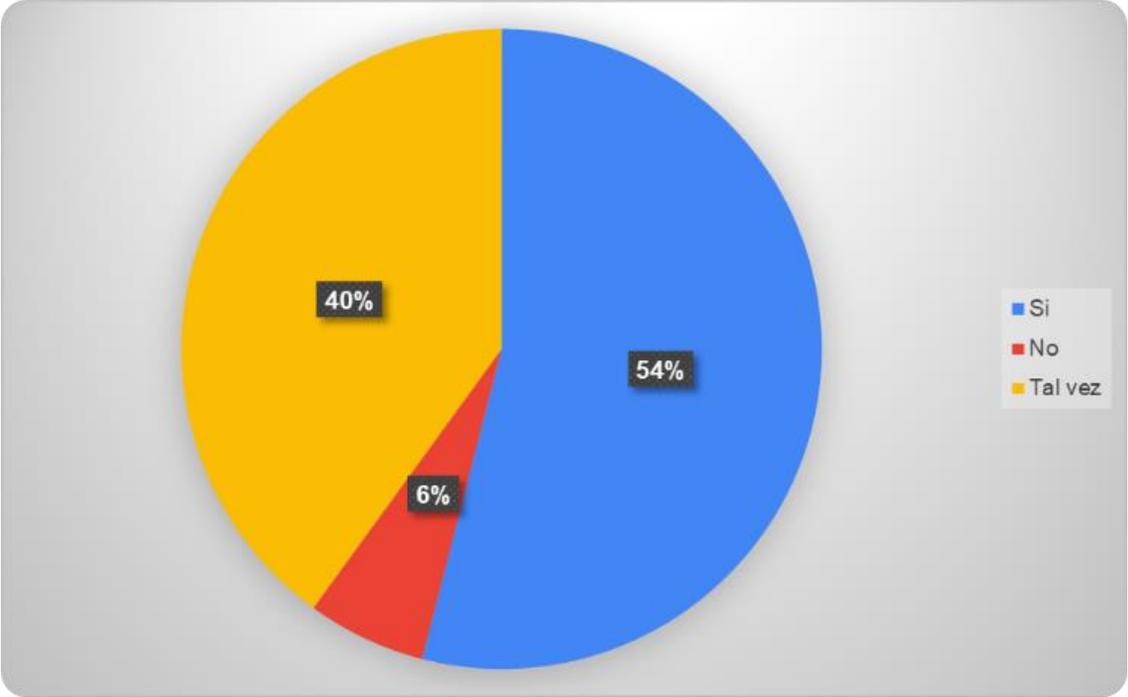
Se elaboró un paté con las vísceras del pescado lisa, se le realizó de igual manera una prueba de aceptación, en la figura 13 se muestra como al 20% no les gustó, al 16% les pareció indiferente, pero al 58% de los jueces les gustó el producto, al 20% les encantó, esto quiere decir que en general al 78% de las personas que degustaron el producto les agradó.

Figura 13. Resultados de la aceptación del paté



En cuanto a la compra del paté de acuerdo con la figura 14 se muestra que el 54% está dispuesto a comprar el producto y el 40% tal vez y solo el 6% no lo compraría. Sin embargo más del 54% tuvo una mejor respuesta ante el producto y corresponde a más de la mitad de los jueces.

Figura 14. Resultados del posible consumo del paté.



BIBLIOGRAFÍA

AOAC, 1996: Official Method of Analysis of AOAC International, 16th edition. Washington, DC: AOAC International.

Alves, M. C., Paula, M. M. de O., Costa, C. G. C. da, Sales, L. A., Lago, A. M. T., Pimenta, C. J., & Gomes, M. E. de S. (2021). Restructured Fish Cooked Ham: Effects of the Use of Carrageenan and Transglutaminase on Textural Properties. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 30(4), 451–461. doi:10.1080/10498850.2021.1895942

Andrés-Bello, A., García-Segovia, P., Ramírez, J. A., & Martínez-Monzó, J. (2011). Production of cold-setting restructured fish products from gilthead sea bream (*Sparus aurata*) using microbial transglutaminase and regular and low-salt level. *Cyta-Journal of Food*, 9(2), 121-125. <https://doi.org/10.1080/19476337.2010.485701>

Andrés-Bello, A., Iborra-Bernad, C., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J. (2013). Effect of konjac glucomannan (KGM) and carboxymethylcellulose (CMC) on some physico-chemical and mechanical properties of restructured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) products. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 133-145. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0765-6>

Añorve, A. A., Buendía, H. B. E., Rodríguez, L. L., Chabela, M. D. L. P., Alquicira, E. P., Santos, J. S., & Romero, J. M. V. (2019). Reestructurados de pescado: Una buena alternativa de proteína utilizando especies de bajo valor comercial o recortes. *Nacameh*, 13(1), 11-24.

Avilés-Quevedo, MA and Castello-Orvay, F. (2004). Manual para el cultivo del *Seriola lalandi*. Baja California Sur, México. Instituto Nacional de la Pesca. Dirección General de Investigación de Acuicultura. Secretaria de Acuicultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 64 p.

Baugreet, S., Kerry, J. P., Allen, P., Gallagher, E., & Hamill, R. M. (2018a).

Physicochemical characteristics of protein-enriched restructured beef steaks with phosphates, transglutaminase, and elasticised package forming. *Journal of Food Quality*. <https://doi.org/10.1155/2018/4737602>

Baugreet, S., Kerry, J. P., Brodkorb, A., Gomez, C., Auty, M., Allen, P. y Hamill, R. M. (2018b). Optimización del contenido de proteína vegetal y transglutaminasa en nuevos filetes reestructurados de carne de vacuno para adultos mayores mediante diseño compuesto central. *Ciencia de la carne*, 142, 65-77.

Bourne, M.C.(1978). Texture profile analysis. *Food Technology*. 32(7): 62-66,72.

Buckley, D.J.; Morrissey, P.A.; Gray, J.I. (1995). Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J. Anim. Sci.* 73: 3122-3130.

Cai, L., Feng, J., Cao, A., Tian, H., Wang, J., Liu, Y., Gong, J., Li, J. (2018). Effect of Partial Substitutes of NaCl on the Cold-Set Gelation of Grass Carp Myofibrillar Protein Mediated by Microbial Transglutaminase. *Food and Bioprocess Technology*, 11(10), 1876–1886. <http://dx.doi:10.1007/s11947-018-2149-7>

Centeno, S., & Rodríguez, R. (2005). Evaluación microbiológica de pescados congelados producidos en Cumaná, Estado Sucre, Venezuela. *Revista Científica*, 15(2), 168-175.

Chanarat, S., & Benjakul, S. (2013). Impact of microbial transglutaminase on gelling properties of Indian mackerel fish protein isolates. *Food chemistry*, 136(2), 929-937.

Chanarat, S., Benjakul, S., & Xiong, Y. L. (2015). Physicochemical changes of myosin and gelling properties of washed tilapia mince as influenced by oxidative stress and microbial transglutaminase. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3824-3836. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-014-1448-x>

Davaatseren, M., & Hong, G. P. (2014). Effect of NaCl, gum arabic and microbial transglutaminase on the gel and emulsion characteristics of porcine myofibrillar proteins. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(6), 808.

Da Silva Ferreira, M., Mársico, E. T., Medeiros, R. J., Pombo, C. R., Freitas, M. Q., São Clemente, S. C., & Junior, C. A. C. (2012). Comparação das características físico-químicas e sensoriais de hambúrgueres de carne bovina elaborados com cloreto de sódio, polifosfato e transglutaminase. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*, 34(1), 52-60.

Fogaça, F. H., Sant'Ana, L. S., Lara, J. A. F., Mai, A. C. G., & Carneiro, D. J. (2015). Restructured products from tilapia industry byproducts: The effects of tapioca starch and washing cycles. *Food and Bioproducts Processing*, 94, 482-488.

Fonseca-Rodríguez, C., y Chavarría-Solera, F. (2017). Composición proximal en algunas especies de pescado y mariscos disponibles en el pacífico costarricense. *Uniciencia*, 31(1), 23-28. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.31-1.3>

Gil, A. (2010). "Tratado de nutrición" Tomo I, edición 2, editorial Panamericana, Madrid, España. pag.57.

Granados, C., Guzmán, L. E., & Acevedo, D. (2013). Análisis proximal, sensorial y de textura de salchichas elaboradas con subproductos de la industria procesadora de atún (*Scombridae thunnus*). *Información tecnológica*, 24(6), 29-3. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000600005>

Hajji, S., Hamdi, M., Boufi, S., Li, S., & Nasri, M. (2019). Suitability of chitosan nanoparticles as cryoprotectant on shelf life of restructured fish surimi during chilled storage. *Cellulose*, 26(11), 6825-6847. [https://doi.org/10.1007/s10570-019-02555-1\(0123456789\(\).,-volV\)\(01234567\)](https://doi.org/10.1007/s10570-019-02555-1(0123456789().,-volV)(01234567))

Hochachka, P. W., & Somero, G. N. (2002). Biochemical adaptation: mechanism and process in physiological evolution. Oxford university press. New York, Estados Unidos. 466p.

Hong, G. P., Min, S. G. y Chin, K. B. (2012). Propiedades de emulsión de la proteína miofibrilar de cerdo en combinación con transglutaminasa microbiana y alginato de calcio en diversas condiciones de pH. *Ciencia de la carne*, 90(1), 185-193.

Huang, J., Ye, B., Wang, W., Li, J., Yi, S., Li, X., Xu, y., Mi, H. (2020). Incorporation effect of inulin and microbial transglutaminase on the gel properties of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi. *Journal of Food Measurement and Characterization*. <http://dx.doi:10.1007/s11694-020-00604->

Iriarte, M. M. (2012). Manipulación del pescado fresco a bordo de embarcaciones de media altura de la isla de Margarita, estado Nueva Esparta (Venezuela). *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 43(2), 59-65.

Jauregui, C. A., Regenstein, J. M., & Baker, R. C. (1981). A simple centrifugal method measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. *Journal of Food Science*, 46(4), 1271-1271.

Jeyakumari, A., Ninan, G., Joshy, C. G., Parvathy, U., Zynudheen, A. A., & Lalitha, K. V. (2016). Effect of chitosan on shelf life of restructured fish products from pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*) surimi during chilled storage. *Journal of food science and technology*, 53(4), 2099-2107. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-016-2174-3>

Kunnath, S., Lekshmi, M., Chouksey, M. K., Kannuchamy, N., & Gudipati, V. (2013). Textural quality and oxidative stability of restructured pangasius mince: effect of protein substrates mediated by transglutaminase. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 351–358. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-013-1000-4>

Lametta, S. (2018). Characteristics and effectiveness identification of restructured product of snakehead fish (*Channa Striata*) with transglutaminase enzyme addition. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 105, No. 1, p. 012071). <http://dx.doi :10.1088/1755-1315/105/1/012071>

Leng, L., Zou, H., Wang, Y., Yu, C., & Qi, H. (2022). Seaweed Slurry Improved Gel Properties and Enhanced Protein Structure of Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) Surimi. *Foods*, 11(19), 3115.

Leroi, F. y Joffraud, J. J. (2000). La sal y el humo afectan simultáneamente la calidad

química y sensorial del salmón ahumado en frío durante el almacenamiento a 5 °C predicho mediante diseño factorial. *Revista de Protección de Alimentos*, 63(9): 1222–1227.

Little (1975) Off on a tangent. *Journal of food Science* 40: 410-411

Martelo-Vidal, M. J., Guerra-Rodríguez, E., Pita-Calvo, C., & Vázquez, M. (2016). Reduced-salt restructured European hake (*Merluccius merluccius*) obtained using microbial transglutaminase. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 38, 182–188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2016.10.004>

Martelo-Vidal, MJ., Mesas JM., & Vázquez, M., (2012). Low-salt restructured fish products from Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) with texture. *Food Science and Technology International* 18: 251. <http://dx.doi.org/10.1177/1082013211415175>

Mendoza, A. L. C., Zambrano, P. A. V., Solórzano, V. T., y Nevárez, G. C. (2021). La Evaluación Microbiológica de Pescado Fresco Albacora (*Thunnus alalunga*) en el Mercado Central del Cantón Chone. *La Técnica*, 69-81.

Milani, J., & Maleki, G. (2012). Hydrocolloids in food industry. *Food industrial processes—Methods and equipment*, 2, 2-37.

Monteiro, M. L. G., Mársico, E. T., Lázaro, C. A., da Silva Canto, A. C. V. C., Lima, B. R. C. D. C., da Cruz, A. G., & Conte-Júnior, C. A. (2015). Effect of transglutaminase on quality characteristics of a value-added product tilapia wastes. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 2598-2609.

Montgomery, D. (2006). Diseño y análisis de experimentos. 2ª edición, Ciudad de México, Mexico, 685.

Montiel, N. J. M., Romero, M. D. F., Leal, K. J. V., & Colina, A. E. S. (2005). Evaluación bacteriológica y organoléptica en dos especies de pescado del lago de Maracaibo, Venezuela. *Veterinaria tropical*. Vol. 29-30. 2004-2005

Morales, G., Blanco, L., Arias, M. L., y Chaves, C. (2004). Evaluación de la calidad bacteriológica de tilapia fresca (*Oreochromis niloticus*) proveniente de la Zona Norte de Costa Rica. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 54(4), 433-437.

Moreno, H., Carballo, J., & Borderías, J. (2013). RAW-appearing Restructured fish models made with Sodium alginate or Microbial transglutaminase and effect of chilled storage. *Food Science and Technology*, 33(1), 137–145. <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20612013005000004>

Moreno, H. M., Herranz, B., Pérez-Mateos, M., Sánchez-Alonso, I., & Borderías, J. A. (2014). New Alternatives in Seafood Restructured Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(2), 237–248. doi:10.1080/10408398.2012.719942

Norma Oficial Mexicana NOM-027-SSA1-1993, Bienes y Servicios. Productos de la pesca. Pescados fresco-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.

Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la determinación de salmonella en alimentos.

Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos

NORMA Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos

Prado, B. A., Rodríguez, S. G., Figueroa, G. I. y Shirai, M. K. (2013). Manual de prácticas de laboratorio Microbiología de los Alimentos. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Printed in Mexico.

Quintero, G. B., De León, J. A. R., Ruiz, J. A. C., Humaran, I. L. S., & Inzunza, J. R.

R. (2012). Contenido de histamina y calidad microbiológica de pescado comercializado en Mazatlán, Sinaloa. *BIOtecnia*, 14(1), 3-12.

Ramos, N.A.G. y M.E. Farías. (2001). Stability of Emulsions with Non-Meat Proteins. En Proceedings of the Eighth International Congress on Engineering and Food. Ed. J. Welti-Chanes, G.V. Barbosa-Cánovas y J.M. Aguilera. *Technomic*. U.S.A.

Ramos-Santiago, E., Gil-López, H. A., Labastida-Che, A., Gómez-Ortega, R. (2010). Reproducción y madurez gonádica de la lisa *Mugil cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas. *Ciencia Pesquera*. Vol. 18, núm. 1 79-89.

Rodrigues, B. L., dos Santos, L. R., Mársico, E. T., Camarinha, C. C., Mano, S. B., & Junior, C. A. C. (2012). Qualidade físico-química do pescado utilizado na elaboração de sushis e sashimis de atum e salmão comercializados no município do Rio de Janeiro, Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(5), 1847-1854.

Santhi, D., Kalaikannan, A., Malairaj, P., & Arun Prabhu, S. (2017). Aplicación de transglutaminasa microbiana en alimentos cárnicos: Una revisión. *Revisiones críticas en ciencia de los alimentos y nutrición*, 57(10), 2071-2076.

Solo-de-Zaldívar, B., Tovar, C. A., Borderías, A. J., & Herranz, B. (2015). Pasteurization and chilled storage of restructured fish muscle products based on glucomannan gelation. *Food Hydrocolloids*, 43, 418–426. doi:10.1016/j.foodhyd.2014.06.016

Sousa, S. L., Araújo, Í., Da Silva, M. A. R. I. A., Medeiros, S. R. A., y Silva, E. (2021). Use of galactomannan from *Caesalpinia pulcherrima* in restructured fish products stored under frozen conditions. *Revista Caatinga*, 34, 728-738. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n325rc>

Sun, X. D., & Arntfield, S. D. (2012). Propiedades de gelificación de mezclas de proteínas miofibrilares/guisantes inducidas por la reticulación de transglutaminasa. *Hidrocoloides alimentarios*, 27(2), 394-400.

Tokay, F. G., Alp, A. C., & Yerlikaya, P. (2021). Production and shelf life of

restructured fish meat binded by microbial transglutaminase. *Food Science and Technology LWT*, vol 152, p 112369. <http://dx.doi:10.1016/j.lwt.2021.112369>

Valencia, E., González, S., Quevedo, R., & Leal, M. (2015). Aplicación de la Enzima Transglutaminasa en Salmón, Reineta y Pulpo. *Información tecnológica*, 26(3), 03-08.

Valdez, K. O., Esparza-Rivera, J. R., Alvarado, M. I., Roldán, H. M., Licon, E. D., & Soto, A. S. (2015). Estabilidad y textura de reestructurados de carne de cabra adicionados con inulina gelificados en frío. *Interciencia*, 40(8), 576-580.

Ventanas, S.; Estevez, M.; Tejeda, J.F.; Ruiz, J. (2006). Protein and lipid oxidation in Longissimus dorsi and dry cured loin from Iberian pigs as affected by crossbreeding and diet. *Meat Sci.* 72: 647-655.

Wu, C, Yuan, C, Chen, S, Liu, D, Ye, X y Hu, Y. (2015). The effect of curdlan on the rheological properties of restructured ribbonfish (*Trichiurus spp.*) meat gel. *Food Chemistry*, 179(), 222–231. <http://dx.doi:10.1016/j.foodchem.2015.01.125>

Zipser, M. W., & Watts, B. M. (1962). A modified 2-thiobarbituric acid (TBA) method for the determination of malonaldehyde in cured meats. *Food Technology*, 16(7), 102-104.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

No. 00214

Matrícula: 2221801567

Utilización de especies de pescado subvaloradas para la elaboración de productos reestructurados.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 10:00 horas del día 10 del mes de febrero del año 2023 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DRA. EDITH PONCE ALQUICIRA
DRA. MARIA DE LOURDES PEREZ CHABELA
DR. HECTOR BERNARDO ESCALONA BUENDIA

siendo las dos primeras asesoras de la alumna y lector el tercero, de la Idónea Comunicación de Resultados, se reunieron a evaluar la presentación cuya denominación aparece al margen, para la obtención del diploma de:

ESPECIALIZACION EN BIOTECNOLOGIA

DE: MICHEL SANCHEZ AGUIRRE

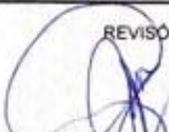
y de acuerdo con el artículo 79 fracción II del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobar

Acto continuo, se comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.



MICHEL SANCHEZ AGUIRRE
ALUMNA



MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBS

DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ OLIVARES

ASESORA

DRA. EDITH PONCE ALQUICIRA

ASESORA

DRA. MARÍA DE LOURDES PEREZ CHABELA

LECTOR

DR. HECTOR BERNARDO ESCALONA BUENDIA