

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN- LEÓN**

**Área de Conocimiento de Ciencias Químicas
Dirección Específica de Ingeniería de Alimentos**



Tesis para optar al Título de Ingeniero (a) de Alimentos

Tema:

Determinación de los Cambios Organolépticos del Filete Raya (*Dipturus*
Teevani) en Refrigeración y Congelación mediante el Examen Sensorial.

Línea de investigación: Innovación y desarrollo de productos alimenticios

Autores:

Bra: Cynthia Michelle Vallejos Ulloa.

Bra: Lauren Suyapa Álvarez.

Tutora: Dra. Lesbia Lucía Hernández Somarriba.

León, enero del 2025.

2025: 46/19 Siempre más allá! Avanzamos en la Revolución!

Resumen

La presente investigación aborda los cambios organolépticos en los filetes de raya (*Dipturus teevani*) bajo condiciones de refrigeración y congelación, utilizando métodos sensoriales y análisis específicos. La congelación, reconocida como un método eficaz para preservar productos pesqueros. Por otro lado, la refrigeración, cuando se mantiene entre 0 y 4 °C, garantiza la preservación de la calidad higiénica, nutricional y organoléptica de los productos, aunque su duración depende de factores como la especie y el manejo pos captura.

Para analizar estos cambios, se recurrió a evaluaciones sensoriales, incluyendo observaciones de textura, sabor, aroma y apariencia, complementadas con mediciones de pH. Los resultados muestran que la congelación y el almacenamiento en frío conservan adecuadamente las propiedades organolépticas de los filetes de raya durante períodos específicos. Sin embargo, la refrigeración presentó mayores limitaciones en términos de tiempo de conservación, siendo menos eficaz frente a la congelación en la prevención de alteraciones sensoriales.

Índice

	N° pág.
I. Introducción	1
II. Objetivos.....	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
III. Marco Teórico.....	4
3.1 Generalidades Del Pescado.....	4
3.2. Generalidades de la Raya (<i>Dipturus Teevani</i>).....	4
3.3 Características de la Raya (<i>Dipturus teevani</i>),	7
3.4 Carácter Perecedero del Pescado: Mecanismos de Degradación	8
3.4.1 Degradación Enzimática	8
3.4.2 Degradación Bacteriana.....	9
3.4.3 Degradación por Oxidación Lipídica.....	10
3.5 La Refrigeración y Congelación de Alimentos	11
3.6 Conservación por frío: refrigeración y congelación	11
3.6.1 Refrigeración	11
3.6.2 Congelación.....	13
3.7 Recomendaciones para la Congelación de Alimentos	15
3.8 Cambios Post-Mortem en el Pescado.....	16
3.8.1 Cambios sensoriales	16
3.8.2 Cambios en la calidad comestible	20
3.8.3 Cambios autolíticos	23
3.8.4 Producción de energía en el músculo post mortem	24
3.9 Cambios bacteriológicos.....	25
3.9.1 La flora bacteriana en peces vivos	25
3.9.2 Oxidación e hidrólisis de lípidos.....	27
3.9.3 Oxidación	28
3.9.4 Hidrólisis	29
3.10 Ficha Técnica de la FAO	31
3.11 Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP).....	33
3.12 Árbol de Decisiones.....	35
3.13 Normas ISO 9001	37
IV. Diseño Metodológico	39
V. Resultados y Discusión	43

VI. Conclusiones.....	53
VIII. Referencias Bibliográficas	57
IX. Anexos.....	61

I. Introducción

La conservación de productos pesqueros mediante refrigeración y congelación ha sido una práctica fundamental para garantizar su calidad y seguridad alimentaria. La congelación, como método clásico, permite preservar pescados y mariscos durante largos períodos, interrumpiendo la actividad bacteriana y deteniendo procesos de deterioro, manteniendo así las propiedades higiénicas, nutricionales y organolépticas del producto. No obstante, este proceso puede afectar negativamente la funcionalidad de las proteínas musculares debido a factores intrínsecos y extrínsecos. Por otro lado, la refrigeración, que mantiene los productos a temperaturas controladas entre 0 y 4°C desde su captura hasta el consumo, es eficaz para preservar la frescura a corto plazo, dependiendo de las condiciones de manejo y distribución. (FAO & OMS, 2012).

Entre los estudios realizados, destaca el análisis de métodos de preservación y sus efectos en las propiedades sensoriales y químicas de diversas especies, así como la influencia del marinado y envasado al vacío en la vida útil de los productos pesqueros. En este contexto, el filete de raya (***Dipturus teevani***), un pez cartilaginoso con bajo contenido graso, presenta características únicas que lo convierten en un modelo interesante para evaluar los cambios organolépticos durante el almacenamiento en refrigeración y congelación.

Según Castillo, Juárez y Moya Briceño (2008), la refrigeración, con temperaturas entre 0 y 4°C, es esencial para mantener la calidad de los productos pesqueros, siempre que se aplique desde la captura hasta su distribución. La congelación, por su parte, interrumpe la actividad bacteriana y conserva pescados y mariscos durante meses, preservando sus propiedades higiénicas, nutricionales y organolépticas, incluso tras la descongelación.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar los cambios organolépticos en el filete de raya mediante evaluaciones organolépticas, contribuyendo al conocimiento sobre las mejores prácticas para su preservación y comercialización. Esto es esencial para garantizar su aceptación por parte del

consumidor, optimizando al mismo tiempo los procesos en la cadena de distribución pesquera.

II. Objetivos

Objetivo general

- Determinar los cambios organolépticos del filete raya (*Dipturus teevani*) en refrigeración y congelación mediante el examen sensorial.

Objetivos específicos

- Describir las características sensoriales del filete de raya (*Dipturus teevani*) a través del examen organoléptico.
- Determinar los cambios organolépticos que se presentan en filetes de raya (*Dipturus teevani*) almacenado a temperaturas de refrigeración y congelación mediante examen organoléptico.
- Describir las operaciones unitarias para la obtención de filetes de raya (*Dipturus teevani*) mediante el flujograma de proceso utilizando las normas ISO 9001.
- Identificar los Puntos Críticos de Control durante el fileteado y almacenamiento de raya utilizando el árbol de decisiones establecido en HACCP.

III. Marco Teórico

3.1 Generalidades Del Pescado

Los pescados son vertebrados acuáticos que habitan en ambientes marinos y de agua dulce. Pertenecen al grupo de los peces, que se caracterizan por tener un cuerpo alargado y generalmente cubierto de escamas, branquias para respirar y aletas para nadar.

Los pescados son una parte integral de la vida acuática y humana, proporcionando alimento, empleo y contribuyendo al equilibrio ecológico. La gestión sostenible y la conservación de los recursos pesqueros son esenciales para mantener estos beneficios a largo plazo. (Espinoza, 2023).

Estos se clasifican en dos grandes grupos:

- **Peces Óseos (Osteichthyes):** Constituyen la mayoría de las especies de peces. Poseen un esqueleto predominantemente óseo. Ejemplos: Salmón, atún, bacalao, sardina, trucha.
- **Peces Cartilaginosos (Chondrichthyes):** Poseen un esqueleto compuesto principalmente de cartílago en lugar de hueso. Ejemplos: Tiburones, rayas, mantarrayas.

3.2. Generalidades de la Raya (*Dipturus Teevani*)

Dipturus teevani, conocido como raya o espátula, es un tipo de pez cartilaginoso que pertenece a la familia de los rajiformes. En general, los peces de la familia Rajidae, a la que pertenece *Dipturus teevani*, suelen tener un contenido de grasa relativamente bajo. Según estudios y análisis de contenido de grasa en diferentes especies de rayas, la mayoría de las rayas tienen un contenido de grasa que se sitúa en el rango de los pescados magros o semigrasos. Específicamente, es probable que caiga en la categoría de pescados magros debido a su bajo contenido de grasa. Comúnmente se encuentra en el océano Atlántico occidental, específicamente en áreas que incluyen las costas del Golfo de México y el Mar Caribe.

La especie más conocida:

Existen más de 600 especies de rayas distribuidas en diversas familias dentro de la superorden Batoidea. Estas especies se encuentran en diversos hábitats marinos y, en algunos casos, en aguas dulces de todo el mundo. Las rayas pertenecen a varias familias principales, cada una con numerosas especies. (FAO, 2001)

- **Manta Raya Gigante (*Manta birostris*):** La manta raya gigante es la raya más grande del mundo, con una envergadura que puede superar los 7 metros (23 pies) de ancho y un peso de hasta 2 toneladas (4,400 libras). Su coloración varía desde el negro hasta el gris oscuro en la parte dorsal, con una parte ventral más clara que puede presentar manchas distintivas. Prefiere aguas cálidas de los océanos tropicales y subtropicales, generalmente en alta mar pero también cerca de costas y arrecifes de coral. Se encuentra en todos los océanos principales, incluyendo el Atlántico, Pacífico e Índico. (Atwood. 2024).
- **Raya Común (*Raja clavata*):** Puede alcanzar una longitud de hasta 1 metro (3.3 pies) y un peso de alrededor de 10 kg (22 libras), aunque la mayoría son más pequeñas. Su parte dorsal es de color marrón o gris con manchas y puntos más oscuros, mientras que la parte ventral es más clara, generalmente blanca. Prefiere aguas costeras y se encuentra en fondos arenosos, fangosos o de grava, desde la línea de marea baja hasta profundidades de unos 300 metros. Está distribuida en el Atlántico nororiental, desde Noruega y las Islas Británicas hasta Sudáfrica, incluyendo el Mar Mediterráneo y el Mar Negro.
- **Raya Aguja (*Dasyatis guttata*):** Tamaño: Alcanza una longitud de hasta 1 metro (3.3 pies) y un peso de alrededor de 5 kg (11 libras). Coloración: Presenta un patrón de manchas y rayas oscuras sobre un fondo gris o marrón claro en la parte dorsal, mientras que la parte ventral es más clara. Vive en aguas costeras poco profundas, incluyendo estuarios, lagunas y bahías con fondos de arena, fango o grava. Se encuentra en el Pacífico

oriental, desde el Golfo de California hasta Perú, incluyendo la costa del Pacífico de Nicaragua.

Características generales de las rayas

Las rayas, que pertenecen a la súper orden Batoidea dentro del orden Rajiformes, son peces cartilaginosos caracterizados por varias características morfológicas, fisiológicas y comportamentales que las distinguen de otros peces. (Animal Diversity Web. 2023)

A continuación, se presentan algunas de las características generales de las rayas:

- **Cuerpo Aplanado:** Las rayas tienen un cuerpo aplanado dorsoventralmente, lo que les da una forma de disco o de rombo, con aletas pectorales grandes que se extienden a ambos lados de su cuerpo y se fusionan con la cabeza.
- **Cola:** La cola de las rayas es generalmente delgada y alargada. En muchas especies, la cola puede tener espinas o aguijones venenosos, como en las rayas de aguijón (familia Dasyatidae).
- **Ojos y Espiráculos:** Los ojos están situados en la parte superior de la cabeza, mientras que los espiráculos, que son aberturas respiratorias, se encuentran justo detrás de los ojos. Esto les permite respirar incluso cuando están parcialmente enterradas en el fondo marino.
- **Boca y Mandíbulas:** La boca de las rayas está situada en la parte ventral (inferior) de su cuerpo. Tienen mandíbulas fuertes con dientes planos y molariformes, adecuados para triturar las conchas de moluscos y crustáceos.

3.3 Características de la Raya (*Dipturus teevani*),

Es un pez cartilaginoso perteneciente a la familia Rajidae. Aquí hay algunas generalidades sobre esta especie:

- **Morfología:** Las rayas tienen un cuerpo aplanado en forma de disco con aletas pectorales grandes que se extienden a los lados de su cabeza. La cola es generalmente delgada y a menudo tiene espinas o protuberancias.
- **Coloración:** La coloración de las rayas varía, pero suelen ser de tonos marrones, grises o arenosos en la parte dorsal, con patrones que les ayudan a camuflarse en el fondo marino. La parte ventral es generalmente más clara.
- **Tamaño:** El tamaño puede variar dependiendo de la especie, pero *Dipturus teevani* generalmente tiene un tamaño mediano dentro de las rayas.
- **Hábitat:** Las rayas suelen habitar en fondos marinos, preferentemente en áreas arenosas o fangosas donde pueden enterrarse para camuflarse. Se encuentran a profundidades variables, desde aguas costeras hasta zonas más profundas.
- **Distribución:** La distribución exacta de *Dipturus teevani* no está bien documentada, pero las rayas en general se encuentran en océanos de todo el mundo, principalmente en aguas templadas y tropicales.
- **Dieta:** Son carnívoras y se alimentan principalmente de pequeños peces, crustáceos, moluscos y otros invertebrados bentónicos. Utilizan su boca situada en la parte ventral para succionar y triturar a sus presas.
- **Método Reproductivo:** La mayoría de las rayas, incluyendo probablemente *Dipturus teevani*, son ovíparas, es decir, ponen huevos. Los huevos están protegidos por una cápsula coriácea conocida como "bolsa de sirena".

- **Ciclo de Vida:** Los huevos eclosionan después de un período de incubación, y las crías emergen como miniaturas de los adultos, completamente desarrolladas y listas para valerse por sí mismas.

3.4 Carácter Perecedero del Pescado: Mecanismos de Degradación

En la evaluación de la calidad del pescado, uno de los atributos más importantes que influyen en la aceptabilidad y la parcialidad de los consumidores es la frescura, la cual está directamente relacionada con la apariencia, la textura y el sabor (Cheng et al., 2014; Sharifian et al., 2014).

Durante la manipulación y el almacenamiento, el deterioro de la calidad del pescado fresco se desarrolla con relativa rapidez y limita su vida útil, afectándose significativamente sus características físico-químicas y sensoriales (Mendes, 2019).

El deterioro del pescado se produce como consecuencia de tres tipos principales de degradación: enzimática (autólisis de las células), bacteriana (por el crecimiento de microorganismos de deterioro durante su conservación) y por reacciones oxidativas, tal como se detalla a continuación.

3.4.1 Degradación Enzimática

La degradación del pescado fresco a consecuencia de los cambios autolíticos es la primera en producirse tras su captura y muerte y no se relacionan inicialmente con la degradación microbiológica (Gram and Huss, 1996). Estos cambios relacionados con la pérdida de calidad son causados por enzimas autolíticas endógenas presentes en el músculo del pescado que producen la degradación de los compuestos relacionados con el adenosíntrifosfato (ATP) y hacen que los catabolitos estén disponibles para una posible degradación microbiológica posterior. La degradación enzimática es responsable de los primeros cambios sensoriales en el pescado fresco como la pérdida de sabor, alteraciones en el color y cambios en la textura. Todos estos cambios enzimáticos mencionados anteriormente son factores limitantes para la seguridad y vida útil del producto (Ashie et al., 1996; Gram and Huss, 1996; Mendes, 2019).

Algunas enzimas, como lipoxigenasa, peroxidasa y enzimas microsomales de tejidos animales, pueden desencadenar a su vez la degradación por oxidación lipídica debido al alto contenido de ácidos grasos presente en el pescado (Ashie et al., 1996).

3.4.2 Degradación Bacteriana

La degradación bacteriana es el mecanismo de deterioro que más afecta al pescado, como consecuencia de diversos factores del músculo, como una alta actividad de agua, alto pH post mortem, presencia de compuestos de bajo peso molecular y/o ausencia de carbohidratos que da lugar al uso, por parte de las bacterias presentes, de sustancias nitrogenadas como el óxido de trimetilamina (TMAO) (Jääskeläinen et al., 2019). El crecimiento bacteriano es el principal responsable de la pérdida de calidad del pescado, por la generación de metabolitos que producen olores y sabores desagradables e inaceptables. El control de este tipo de deterioro es fundamental para conseguir la aceptación del producto por el consumidor final en todo momento (Parlapani et al., 2015).

El nivel microbiológico inicial del pescado fresco depende en gran medida del contenido microbiano del agua en el que viven los peces, ya que podemos encontrar estos microorganismos sobre la superficie externa del pescado fresco (piel y agallas) (Amos, 2007; Ghaly et al., 2010).

Son diferentes tipos de microorganismos los que toman parte en este tipo de deterioro del pescado fresco, y son conocidos como microorganismos específicos del deterioro. Éstos tienen la capacidad de transformar las sustancias nitrogenadas del producto en otros compuestos, es decir, convierten el TMAO en nitrógeno de trimetilamina (TMA-N) obteniendo así compuestos como amonio, aminas, compuestos sulfurados, entre otros.

Entre los microorganismos capaces de realizar estas transformaciones durante la conservación del pescado fresco, y que son los que más intervienen en este proceso de deterioro, se encuentran *Pseudomonas*, *Shewanella*, *Flavobacterium*, *Shewanella putrefaciens*, *Enterobacteriaceae*, *Photobacterium*

phosphoreum, *Vibrio* spp. y aerobios mesófilos totales (Amos, 2007; Hassoun and Çoban, 2017). Los niveles de TMA-N resultantes en cada tipo de pescado durante su conservación están relacionados con el deterioro microbiano de los mismos (Ghaly et al., 2010). El crecimiento de estos microorganismos en el producto fresco es determinante para establecer su vida útil (MikšKrajnik et al., 2016).

3.4.3 Degradación por Oxidación Lipídica

El pescado fresco contiene una gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados y por ello es muy susceptible a la degradación del músculo por oxidación lipídica durante su almacenamiento. Este tipo de degradación es una de las causas principales de pérdida de calidad en pescado fresco minimizando así sus propiedades nutritivas, desarrollando olores y sabores típicos de pescado en proceso de deterioro y afectando, a su vez, al color y textura del producto (Hassoun and Emir-Çoban, 2017; Maqsood et al., 2014; Secci and Parisi, 2016).

El proceso de oxidación lipídica en el pescado es bastante complejo. Se diferencian tres partes principales: iniciación, propagación y finalización, y conllevan una serie de reacciones en cadena debido a la formación de radicales libres a partir de los ácidos grasos. Estas fases comienzan mediante la extracción de un átomo de hidrógeno lábil de la cadena de ácidos grasos generando un radical lipídico libre para reaccionar con moléculas de oxígeno y formar radicales peroxilo. Una vez que se produce la acumulación de estos radicales tienen lugar reacciones que generarán productos no radicales, llegando así a la fase de finalización (Ghaly et al., 2010; Hassoun and Emir Çoban, 2017; Xu et al., 2015).

Se han llevado a cabo diferentes estudios para tratar de evitar o disminuir este proceso de degradación del pescado fresco por oxidación lipídica durante su conservación. La mayoría de estos estudios coinciden en paliar este problema oxidativo de pérdida de calidad del pescado fresco mediante la incorporación de agentes antioxidantes sobre el producto. Algunos de estos agentes antioxidantes y antimicrobianos de interés estudiados en la conservación de pescado son de carácter sintético, como los compuestos fenólicos (Brewer, 2011), y las

combinaciones de varios compuestos t-butylhidroquinona, ascorbato y tripolifosfato de sodio (Bakir et al., 1994), o naturales como el uso de bacterias ácido lácticas y sus metabolitos (Ghanbari et al., 2013), tocoferoles (Eymard et al., 2009), extractos de plantas como aceites esenciales (Pezeshk et al., 2015), o la aplicación de recubrimientos comestibles a base de quitosano haciendo de barrera frente a alteraciones oxidativas y microbiológicas (Alishahi and Aïder, 2012).

3.5 La Refrigeración y Congelación de Alimentos

La conservación de alimentos en la industria es un factor indispensable, por lo cual se utilizan distintos métodos.

Refrigeración: Se mantiene el alimento a bajas temperaturas entre 2 y 8° C, sin alcanzar la congelación. A esta temperatura el desarrollo de microorganismos disminuye o no se produce, pero los gérmenes están vivos y empiezan a multiplicarse desde que se calienta el alimento.

Congelación: Se somete el alimento a temperaturas inferiores al punto de congelación a -18°C, durante un tiempo reducido. Esto con el fin de que no exista la posibilidad de desarrollo microbiano y limitar la acción de la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas.

Ultra congelación: Se somete el alimento a una temperatura entre -35° y 150° C durante breve periodo de tiempo. Es un método muy utilizado cuando se emplean grandes cantidades de alimento.

3.6 Conservación por frío: refrigeración y congelación

3.6.1 Refrigeración

En este método de conservación, los alimentos se almacenan a una temperatura entre 2°C y 10°C, específicamente entre 2° y 5°C en refrigeradores de nivel industrial y entre 8° y 10°C en los refrigeradores domésticos. Bajo estas condiciones, **el valor nutritivo y las características de sabor, textura y olor se mantienen casi idénticas** que las que se tenían antes de la refrigeración. Es

por esta razón que los productos frescos refrigerados son considerados por los consumidores como **alimentos saludables**.

También la descomposición por microorganismos, aunque no se elimina, se vuelve más lenta, pero se ve favorecida por la humedad que prevalece en el ambiente refrigerado, así que la refrigeración es un **método de conservación a corto plazo**.

Las **frutas** que se conservan en refrigeración son, por ejemplo, chabacanos, peras, moras, arándanos, cerezas, uvas, higos, fresas y frutas cortadas. Mientras que, tratándose de **verduras frescas**, prácticamente todas pueden refrigerarse (Kader y colaboradores, 2012).

El tiempo de almacenamiento y la temperatura del mismo, dependerán del tipo de fruta o verdura que se trate. Por ejemplo, los limones pueden mantenerse más de 30 días entre 10 y 13°C, mientras que las mandarinas solo pueden mantenerse de 14 a 28 días de 4 a 7°C; la lechuga requiere de 0 a 2°C para un almacenamiento de 14 a 21 días, mientras que la coliflor, de 0°C para 21 a 28 días y en ambos casos altas humedades relativas (López, 2003) y previo **pre-enfriamiento** para producir una disminución rápida de la temperatura inicial. Algunos alimentos que pueden ser dañados por temperaturas bajas, deben conservarse fuera del refrigerador en un **ambiente fresco**, como los plátanos, mangos, papaya y piña. Otros, como las papas y cebollas, deben almacenarse a temperatura ambiente, pero en un lugar oscuro (EPA, 2016) y se conservan mejor si se mantienen a una temperatura comprendida entre 13.3 y 16.7°C. Asimismo para nectarinas, duraznos, aguacates, ciruelas y kiwis que, una vez maduros, pueden conservarse durante un corto periodo en refrigeración (Kader y colaboradores, 2012).

Hay otros productos que, aunque ya han sido procesados, deben conservarse en temperaturas de refrigeración, como los **lácteos y derivados** (leche pasteurizada, yogur, mantequilla, flanes, crema, quesos frescos y semi madurados); las carnes (bovina, porcina, aviar, etc.); **embutidos** (jamón, salchichas, chorizo, etc.); los **alimentos**

marinos (pescados y mariscos), debido a que su duración es limitada. En muchos casos, en el empaque de este tipo de productos se comunica la **fecha de caducidad**, por lo que es conveniente leer la etiqueta y tomarla en consideración al momento de la compra. Es importante mencionar que la conservación es aún más limitada cuando se les saca del refrigerador, por lo que deben ser consumidos rápidamente, o bien, tomar la porción que se va a consumir y el resto, regresarlo rápidamente al refrigerador.

3.6.2 Congelación

En este proceso de conservación, los alimentos se someten a temperaturas muy bajas, esto es, **debajo del punto de congelación del agua**, oscilando entre los -18 y -25°C. La mayoría del agua que contiene el alimento cambia de estado físico formando cristales de hielo, por lo que el cambio de temperatura debe hacerse bajo condiciones controladas para lograr que los **cristales de hielo** sean muy pequeños y evitar daños en la textura. Hay **diferentes métodos para congelar**, los más utilizados son por aire, por placas de congelación y por inmersión (Fabre y colaboradores, 2014). Actualmente, hay sistemas de **congelación individual extra-rápida**, conocidos como IQF, por sus siglas en inglés, aplicado específicamente en productos de tamaño pequeño, que favorecen la formación de pequeños cristales de hielo que mantienen prácticamente intacta la estructura del alimento y se realiza en un periodo corto.

Antes del proceso de congelación, los alimentos requieren de un cierto tipo de preparación en función del producto:

Carne fresca: Se requiere de un almacenamiento refrigerado previo durante 3 a 4 días, para que la carne madure y mejore su suavidad y el sabor. Las canales y las piezas se cortan en crudo. Se pre-congela a -10°C para continuar con el descenso de temperatura pudiendo alcanzar hasta -30°C. La carne así tratada puede durar al menos de 8 a 10 meses.

Aves: Se hace una limpieza previa, se despluman y se retiran las vísceras. Suelen prepararse enteras o fraccionadas y en crudo. A menudo, previo a la congelación se puede marinar con una solución salina conteniendo

polifosfatos, un aditivo permitido para los alimentos y que mejora la retención de agua durante el descongelado (Fabre y colaboradores, 2014). Se congelan a una temperatura de -10°C y pueden durar de 8-10 meses.

Pescados: Se pueden congelar enteros o fraccionados, sin vísceras, descamados o pelados; se congelan a -14°C y congelados duran de 4-6 meses. Se aplica comercialmente la congelación individual extra-rápida, para presentaciones listas para cocinar como los filetes de pescado.

Mariscos: Se congelan crudos o cocidos a las pocas horas de captura, incluso directamente en el barco de pesca. Se congelan a -14°C y duran de 2 a 3 meses.

Hortalizas: Deben haberse recolectado, preferentemente, un máximo de 12 horas antes de congelarse. Se limpian, pelan, cortan, blanquean (inmersión en agua caliente con o sin sal por unos minutos), refrescan y secan con aire caliente. Se congelan a -18°C y duran de 6-9 meses.

Frutas: También se recolectan preferentemente 12 horas antes de congelarlas. Previo al tratamiento con frío, se someten a una limpieza y lavado; se pueden congelar enteras o fraccionadas a -18°C y duran hasta 12 meses.

Tanto las frutas y las hortalizas congeladas, conservan prácticamente el mismo valor nutritivo que tienen al ser cosechadas el cual queda estabilizado al momento de la congelación, mientras que las que se consumen en fresco van perdiendo día con día sus vitaminas y algunos antioxidantes.

Platos cocinados: Es importante interrumpir su cocción 10 minutos antes de los tiempos establecidos; se congelan a -14°C y duran hasta 12 meses. Tienen como ventaja que su facilidad para el consumo y grandes ahorros de tiempo en la preparación de las comidas en casa. Conviene leer las etiquetas en especial en cuanto a ciertos nutrimentos críticos como la sal, para adecuar el resto de los alimentos que integrarán la dieta del día.

En el proceso de congelación no se requiere añadir conservadores a los alimentos, ya que la mayoría de los microorganismos no se desarrollan cuando la temperatura del alimento es inferior a los -9.5°C .

La **tecnología de los alimentos** es dinámica y constantemente busca cómo mejorar los procesos para ofrecer productos de mejor calidad. Así, en cuanto a la congelación, se han desarrollado sistemas que combinan la inmersión en **líquidos criogénicos** (nitrógeno líquido o dióxido de carbono) para mantener la individualidad de producto a congelar reduciendo el apelmazamiento, con la congelación en congelador de aire para reducir los tiempos de proceso. Actualmente, se están ensayando la combinación de tecnologías como la congelación asistida por ultrasonido, la congelación electromagnética y la congelación por cambio de presión (Otero y colaboradores, 2013).

3.7 Recomendaciones para la Congelación de Alimentos

Además, es importante saber que, para un proceso de congelación óptimo, lo ideal es que los congeladores estén siempre por debajo de -18°C . Por otro lado, también es importante no proceder a la congelación de ningún alimento que este caliente, ya que esto provocaría que se elevara la temperatura media del congelador y por consiguiente afectaría negativamente al resto de los productos almacenados.

La protección de los alimentos a congelar también es un factor importante. Congelar en envases herméticos, bolsas con cierre hermético o congelar el alimento al vacío puede ayudar en gran parte a su conservación.

Tabla 1.

Temperaturas para conservación de alimentos

Alimentos	Temp. Cong	% Agua	Conservación
Verduras	-0.5 a -3°C	80 – 90%	> 10 meses
Frutas	-1 a -3°C	85 – 95%	8 – 10 meses
Lácteos	-0.5°C	85 – 95%	> 8 meses
Carnes	-1.5 a -2.5°C	50 – 70%	> 12 meses

Pescados	-0.5 a -2 °C	65 – 80%	3 – 6 meses
-----------------	---------------------	-----------------	--------------------

Nota: Esta tabla muestra se presentan las temperaturas, resaltan la importancia de las condiciones específicas de almacenamiento para garantizar la calidad y seguridad de los alimentos congelados.

Fuente: por Laboratorio Gastronómico. 2019. Consultoría y Desarrollo de Proyectos

3.8 Cambios Post-Mortem en el Pescado

Según (FAO, 1998), después de la muerte, el músculo del pescado pasa por varias etapas que afectan su textura y calidad. Inicialmente, el músculo está relajado, presentando una textura flexible y elástica. Tras algunas horas, entra en rigor mortis, donde el músculo se contrae, volviéndose duro y rígido, lo que hace que todo el cuerpo del pescado se torne inflexible.

La duración de esta fase varía según la especie y factores como la temperatura, manipulación, tamaño y condiciones físicas del pescado. Una vez que el rigor mortis se resuelve, el músculo se relaja nuevamente, recuperando su flexibilidad, aunque no la elasticidad original. Es importante destacar que la temperatura influye significativamente en el inicio y duración del rigor mortis; por ejemplo, en el bacalao, temperaturas más altas aceleran su inicio y pueden intensificar su rigidez, lo que podría causar daños en el tejido muscular. Además, el estado físico del pescado y el método de sacrificio también afectan el proceso; Los peces con reservas de glucógeno agotadas o sacrificados por hipotermia pueden experimentar un inicio más rápido del rigor mortis. Desde una perspectiva tecnológica, es crucial considerar el estado del rigor mortis al filetear el pescado, ya que hacerlo durante esta fase puede reducir el rendimiento y dañar los filetes. Por lo tanto, comprender y gestionar adecuadamente el rigor mortis es esencial para mantener la calidad del pescado durante su procesamiento y almacenamiento.

3.8.1 Cambios sensoriales

Los primeros cambios sensoriales del pescado durante el almacenamiento están relacionados con la apariencia y la textura. El sabor

característico de las especies normalmente se desarrolla durante los dos primeros días de almacenamiento en hielo.

El cambio más dramático es el ataque del rigor mortis. Inmediatamente después de la muerte el músculo del pescado está totalmente relajado, la textura flexible y elástica generalmente persiste durante algunas horas y posteriormente el músculo se contrae. Cuando se torna duro y rígido, todo el cuerpo se vuelve inflexible y se dice que el pescado está en rigor mortis. Esta condición generalmente se mantiene durante uno o más días y luego se resuelve el rigor. La resolución del rigor mortis hace que el músculo se relaje nuevamente y recupere la flexibilidad, pero no la elasticidad previa al rigor. La proporción entre el comienzo y la resolución del rigor varía según la especie y es afectada por la temperatura, la manipulación, el tamaño y las condiciones físicas del pescado (Figura 2).

El efecto de la temperatura sobre el rigor no es uniforme. En el caso del bacalao, las altas temperaturas ocasionan un rápido comienzo del rigor y un rigor mortis bastante fuerte. Esto debe ser evitado, dado que las fuertes tensiones producidas por el rigor pueden causar "desgajamiento", es decir, debilitamiento del tejido conectivo y posterior ruptura del filete.

Generalmente se acepta que el comienzo y la duración del rigor mortis resultan más rápido a mayor temperatura, pero se ha observado en ciertas especies tropicales el efecto opuesto de la temperatura, en relación con el comienzo del rigor. Resulta evidente que en estas especies el inicio del rigor se acelera a la temperatura de 0 °C en comparación con 10 °C, lo cual muestra buena correlación con la estimulación de los cambios bioquímicos a 0 °C (Poulter et al., 1982; Iwamoto et al., 1987). Sin embargo, una explicación para esto ha sido sugerida por Abe y Okuma (1991), quienes han demostrado que el comienzo del rigor mortis en la carpa (*Cyprinus carpio*) depende de la diferencia entre la temperatura del mar y la temperatura de almacenamiento. Cuando esta diferencia es grande, el rigor se inicia a menor tiempo y viceversa.

El rigor mortis se inicia inmediatamente o poco después de la muerte, en el caso de peces hambrientos y cuyas reservas de glucógeno están agotadas, o en peces exhaustos. El método empleado para aturdir y sacrificar el pez también influye en el inicio del rigor. El aturdimiento y sacrificio por hipotermia (el pez es muerto en agua con hielo) permite obtener el más rápido inicio del rigor, mientras que un golpe en la cabeza proporciona una demora de hasta 18 horas (Azam et al., 1990; Proctor et al., 1992).

El significado tecnológico del rigor mortis es de mayor importancia cuando el pescado es fileteado antes o durante el rigor. Durante el rigor el cuerpo del pescado está completamente rígido; el rendimiento del fileteado resulta muy bajo y una manipulación tosca puede causar el desgarramiento de los filetes. Si los filetes son removidos del hueso antes del rigor, el músculo puede contraerse libremente y se encogerá al comenzar el rigor. El músculo oscuro puede encogerse hasta un 52 por ciento y el músculo blanco hasta un 15 por ciento de su longitud original (Buttkus, 1963). Si el pescado es cocido antes del rigor, la textura será muy suave y pastosa. Por el contrario, la textura es dura pero no seca cuando el pescado es cocido durante el rigor. Posterior al rigor la carne se toma firme, succulenta y elástica.

Tabla 2.

Comienzo y duración del rigor mortis en algunas especies de pescado

Especie	Condición	Temperatura (°C)	Tiempo desde la muerte hasta el inicio del rigor (horas)	Tiempo desde la muerte hasta el final del rigor (horas)
Bacalao (<i>Gadus morhua</i>)	exhausto	0	2-8	20-65
	exhausto	10-12	1	20-30
	exhausto	30	0,5	1-2
	no	0	14-15	72-96
	exhausto			

Mero	no	2	2	18
(<i>Epinephelus malabaricus</i>)	exhausto			
Tilapia azul	exhausto	0	1	
(<i>Areochromis aureus</i>)	no	0	6	
	exhausto			
Tilapia (<i>Tilapia mossambica</i>)	no	0-2	2-9	26,5
	agotado			
pequeña 60g				
Granadero	exhausto	0	<1	35-55
(<i>Macrourus whitson</i>)				
Anchoita	exhausto	0	20-30	18
(<i>Engraulis anchoita</i>)				
Solla	exhausto	0	7-11	54-55
(<i>Pleuronectes platessa</i>)				
Carbonero	exhausto	0	18	110
(<i>Pollachius virens</i>)				
Gallineta	exhausto	0	22	120
nórdica				
(<i>Sebastes</i> spp.)				
		0	3	>72
Lenguado		5	12	>72
japonés		10	6	72
(<i>Paralichthys olivaceus</i>)		15	6	48
		20	6	24
		0	8	
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)		10	60	
		20	16	
	exhausto	0	1	

no	0	6
exhausto		

Fuente: Hwang et al., 1991; Iwamoto et al., 1987; Korhonen et al., 1990; Nakayama et al., 1992; Nazir y Magar, 1963; Partmann, 1965; Pawar y Magar, 1965; Stroud, 1969; Trueco et al., 1982.

3.8.2 Cambios en la calidad comestible

Cuando se requiere un criterio de calidad durante el almacenamiento del pescado refrigerado, se puede llevar a cabo una evaluación sensorial del pescado cocido. Algunos de los atributos para el pescado y los mariscos cocidos, se mencionan en la Tabla 3. Se puede detectar un patrón característico del deterioro del pescado almacenado en hielo, el cual puede ser dividido en las cuatro fases siguientes:

Fase 1: El pescado es muy fresco y tiene un sabor a algas marinas, dulces y delicadas. El sabor puede ser muy ligeramente metálico. En el bacalao, el eglefino, la merluza, el merlán y el lenguado, el sabor dulce se hace más pronunciado a los 2-3 días de la captura.

Fase 2: Hay una pérdida del olor y del gusto característico. La carne es neutral pero no tiene olores extraños. La textura se mantiene agradable.

Fase 3: Aparecen signos de deterioro y, dependiendo de la especie y del tipo de deterioro (aeróbico o anaeróbico), se producen una serie de compuestos volátiles de olor desagradable. Uno de estos compuestos volátiles puede ser la trimetilamina (TMA) derivada de la reducción bacteriana del óxido de trimetilamina (OTMA). La TMA tiene un olor a "pescado" muy característico. Al inicio de esta fase pueden aparecer olores y sabores ligeramente ácidos, afrutados y ligeramente amargos, especialmente en peces grasos. En los últimos estadios de esta fase se desarrollan olores nauseabundos, dulces, como a col, amoniacales, sulfurosos y rancios. La textura se toma suave y aguada, o dura y seca.

Fase 4: El pescado puede caracterizarse como deteriorado y pútrido.

Tabla 3.

Clasificación de la frescura: Council Regulation (EEC) No 103/76 OJ No L20 (28 de enero de 1976) (EEC, 1976)

Partes del pescado inspeccionadas	Criterio			
	3	2	1	0
	Puntuación Apariencia			
Piel	Pigmentación brillante e iridiscente, decoloraciones ausentes, mucus transparente y acuoso	Pigmentación brillante pero no lustrosa Mucus ligeramente opalescente	Pigmentación en vías de descolorarse y empañarse. Mucus lechoso	Pigmentación mate ¹ Mucus opaco
Ojos	Convexos (salientes)	Convexos y ligeramente hundidos	Planos	Cóncavo en el centro ¹
	Córnea transparente	Córnea ligeramente opalescente	Córnea opalescente	Córnea lechosa
	Pupila negra y brillante	Pupila negra y apagada	Pupila opaca	Pupila gris
Branquias	Color brillante	Menos coloreadas	Descolorándose	Amarillentas ¹
	Mucus ausente	Ligeros trazos de mucus	Mucus opaco	Mucus lechoso
Carne (corte del abdomen)	Azulada, translúcida, uniforme, brillante Sin cambios en el color original	Aterciopelada, cerosa, empañada Ligeros cambios en el color	Ligeramente opaca	Opaca ¹

Color (a lo largo de la columna vertebral) Organos	No coloreada	Ligeramente rosa	Rosa	Rojo ¹
	Riñones y residuos de otros órganos deben ser de color rojo brillante, al igual que la sangre dentro de la aorta	Riñones y residuos de otros órganos deben ser de color rojo empañado; la sangre comienza a decolorarse Condición	Riñones, residuos de otros órganos y sangre presentan un color rojo pálido	Riñones, residuos de otros órganos y sangre presentan un color pardusco
Carne	Firme y elástica	Menos elástica	Ligeramente blanda (flácida), menos elástica	Suave (flácida) ¹ Las escamas se desprenden fácilmente de la piel, la superficie surcada tiende a desmenuzarse
	Superficie uniforme		Cerosa (aterciopelada) y superficie empañada	
Columna vertebral	Se quiebra en lugar de separarse de la carne	Adherida	Ligeramente adherida	No está adherida ¹
Peritoneo	Completamente adherido a la carne	Adherido	Ligeramente adherido	No está adherido ¹
Branquias, piel, cavidad abdominal	A algas marinas	Olor No hay olor a algas marinas, ni olores desagradables	Ligeramente ácido	Acido ¹

¹O en un estado de deterioro más avanzado

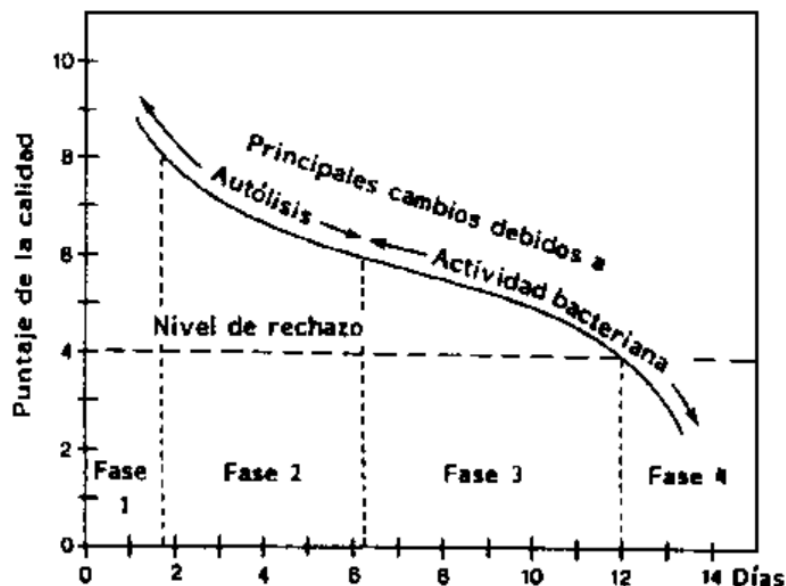
Nota: Esta tabla permite establecer estándares objetivos para la comercialización del pescado, asegurando que los consumidores reciban productos en óptimas condiciones.

Fuente: Reglamento (CEE) nº 103/76 del Consejo DO nº L20 (28 de enero de 1976). (CEE, 1976).

Una escala numerada puede ser usada para la evaluación sensorial del pescado cocido según se muestra en la Figura 1. La escala está numerada del 0 al 10, donde 10 indica absoluta frescura, 8 buena calidad y 6 un pescado con sabor neutro (insípido). El nivel de rechazo es 4. Usando la escala según la puntuación señalada, el gráfico adquiere forma de "S" indicando una rápida degradación del pescado durante la primera fase, menor tasa en las fases 2 y 3, y finalmente una alta variación cuando el pescado se descompone.

Figura 1.

Cambios en la calidad comestible del bacalao en hielo (0°C) (Huss 1976)



Nota: Esta Figura resalta la importancia de un control riguroso de la cadena de frío, asegurando que el bacalao se mantenga dentro de los límites de calidad y seguridad para su consumo.

Fuente: Huss, HH (1976). Cambios en la calidad comestible del bacalao en hielo (0°C).

3.8.3 Cambios autolíticos

Autólisis significa "auto-digestión". Se sabe desde hace muchos años que existen por lo menos dos tipos de deterioro en el pescado: bacteriano y enzimático. Uchyama y Ehira (1974), demostraron que en el bacalao y en el atún aleta amarilla, los cambios enzimáticos relativos a la frescura del pescado precedían y no guardaban relación con los cambios de la calidad microbiológica. En algunas especies (calamar, arenque), los cambios enzimáticos preceden y por lo tanto predominan al deterioro del pescado refrigerado. En otros la autólisis,

sumada al proceso microbiano, contribuye en diferentes grados a la pérdida general de la calidad.

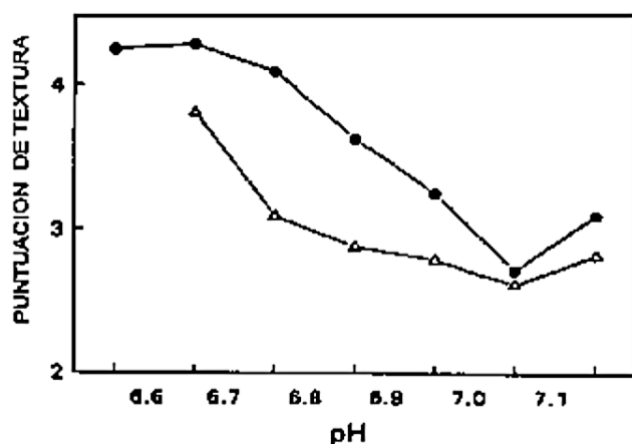
3.8.4 Producción de energía en el músculo post mortem

Al momento de la muerte, el suministro de oxígeno al tejido muscular se interrumpe porque la sangre deja de ser bombeada por el corazón y no circula a través de las branquias donde, en los peces vivos, es enriquecida con oxígeno. Dado que el oxígeno no está disponible para la respiración normal, se restringe la producción de energía a partir de los nutrientes ingeridos.

La disminución post mortem en el pH del músculo de pescado tiene un efecto en las propiedades físicas del músculo. A medida que el pH disminuye, se reduce la carga neta de la superficie de las proteínas musculares, causando su desnaturalización parcial y disminuyendo su capacidad de enlazar agua. El músculo en estado de rigor mortis pierde su humedad cuando es cocido y resulta particularmente inadecuado para un procesamiento posterior que involucre calentamiento, puesto que la desnaturalización por calor incrementa la pérdida de agua. La pérdida de agua tiene un efecto perjudicial en la textura del músculo; ha sido demostrado por Love (1975) que existe una relación inversamente proporcional entre la dureza del músculo y el pH, donde los niveles inaceptables de dureza (y pérdidas de agua por cocción) ocurren a menores niveles de pH (Figura 2).

Figura 2.

Relación entre la textura del músculo de bacalao y el pH, adaptado de Love (1975). Los puntos negros se refieren a pescado capturado en St. Kilda, Océano Atlántico, mientras que los triángulos se refieren a pescado capturado en Fyllas Bank, Estrecho de Davis.



Nota: Esta Figura muestra las condiciones ambientales y los procesos bioquímicos influyen en la calidad del pescado, permitiendo optimizar los métodos de conservación y procesamiento.

Fuente: RM (1975). Relación entre la textura del músculo de bacalao y el pH.

3.9 Cambios bacteriológicos

3.91 La flora bacteriana en peces vivos

Los microorganismos se encuentran en todas las superficies externas (piel y branquias) y en los intestinos de los peces vivos y recién capturados. El número total de microorganismos varía enormemente, Liston (1980) establece como rango normal 10^2 - 10^7 ufc (unidades formadoras de colonias)/cm² en la superficie de la piel. Las branquias e intestinos contienen entre 10^3 y 10^9 ufc/g (Shewan, 1962).

La flora bacteriana en pescados recién capturados depende más del medio ambiente de captura, que de la especie (Shewan, 1977). Los pescados capturados en aguas muy frías y limpias contienen menor número de microorganismos, mientras que el pescado capturado en aguas cálidas presenta recuentos ligeramente superiores. Números muy elevados, por ejemplo 10^7 ufc/cm², se encuentran en pescados capturados en aguas muy contaminadas. Muchas especies diferentes de bacterias pueden ser encontradas en la superficie de los peces. Las bacterias en peces de aguas templadas son clasificadas en psicrotrófas y psicrófilas, de acuerdo al rango de su temperatura de crecimiento. Las psicrotrófas (tolerantes al frío) son bacterias capaces de crecer a 0 °C pero su óptimo es alrededor de los 25 °C. Las psicrófilas (amantes

del frío) son bacterias con una temperatura máxima de crecimiento alrededor de los 20 °C y su óptimo a 15 °C (Morita, 1975). En las aguas cálidas pueden aislarse un mayor número de mesófilos. La microflora en peces de aguas templadas está dominada por bacterias psicrófilas Gram negativas con forma de bastones, pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Shewanella* y *Flavobacterium*. Miembros de las Vibrionáceas (*Vibrio* y *Photobacterium*) y Aeromonadáceas (*Aeromonas* spp.) son también bacterias acuáticas comunes y típicas de la flora bacteriana en pescado (Tabla 4). Organismos Gram positivos como *Bacillus*, *Micrococcus*, *Clostridium*, *Lactobacillus* y coryneformes también pueden ser encontrados en distintas proporciones. Pero en general, las bacterias Gram-negativas dominan la microflora. Shewan (1977) concluyó que las bacterias Gram-positivas *Bacillus* y *Micrococcus* dominaban la microflora en pescados de aguas tropicales. Sin embargo, esta conclusión fue confrontada posteriormente por varios estudios en los cuales se encontró que la flora, en especies de peces tropicales, es muy similar a la flora en especies templadas (Acuff *et al.*, 1984; Gram *et al.*, 1990; Lima dos Santos 1978; Surendran *et al.*, 1989). En algunos estudios realizados en la India se ha encontrado una microflora compuesta por *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella* y *Vibrio* en pescado recién capturado (Surendran *et al.*, 1989). Algunos autores, como Liston (1980), concluyen que la microflora de los peces tropicales a menudo contiene una carga ligeramente mayor de bacterias Gram-positivas y bacterias entéricas, pero por lo demás es similar a la flora de los peces de aguas templadas.

Tabla 4.

Flora bacteriana de pescado capturado en aguas limpias no contaminadas

Gram-negativas	Gram-positivas	Comentarios
<i>Pseudomonas</i>	<i>Bacillus</i>	
<i>Moraxella</i>	<i>Clostridium</i>	
<i>Acinetobacter</i>	<i>Micrococcus</i>	
<i>Shewanella putrefaciens</i>	<i>Lactobacillus</i>	

<i>Flavobacterium</i>	Coryneformes
<i>Cytophaga</i>	
<i>Vibrio</i>	<i>Vibrio</i> y <i>Photobacterium</i> son típicas de aguas marinas;
<i>Photobacterium</i>	
<i>Aeromonas</i>	<i>Aeromonas</i> es típica de agua dulce

Nota: El estudio de esta flora bacteriana es esencial para el control de calidad e higiene en la industria pesquera, asegurando la frescura del producto y reduciendo riesgos microbiológicos.

Fuente: Adaptado de datos sobre flora bacteriana en pescado capturado en aguas limpias no contaminadas.

En aguas contaminadas, puede encontrarse un elevado número de Enterobacteriáceas. En aguas limpias y templadas, estos organismos desaparecen rápidamente, pero se ha demostrado que *Escherichia coli* y *Salmonella* pueden sobrevivir por períodos bastante prolongados de tiempo en aguas tropicales y una vez introducidos en el ambiente, se convierten casi que en autóctonos (Fujioka *et al.*, 1988).

3.9.2 Oxidación e hidrólisis de lípidos

En los lípidos del pescado ocurren dos reacciones diferentes, de importancia en el deterioro de la calidad:

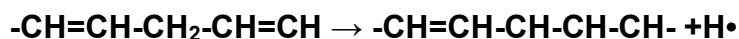
- Oxidación
- Hidrólisis

Elas dan como resultado la producción de una serie de sustancias, de las cuales algunas tienen sabores y olores desagradables (rancio). Algunas pueden también contribuir a los cambios de textura mediante uniones covalentes a las proteínas musculares. Las reacciones pueden ser no enzimáticas o catalizadas por enzimas: *microbianas*, *intracelulares* o *digestivas* del mismo pescado. Por lo tanto, el significado relativo de estas reacciones depende principalmente de la especie de pescado y de la temperatura de almacenamiento.

Los pescados grasos son, por su puesto, particularmente susceptibles a la degradación lipídica, la cual puede ocasionar severos problemas en la calidad, incluso durante el almacenamiento a temperaturas bajo cero.

3.9.3 Oxidación

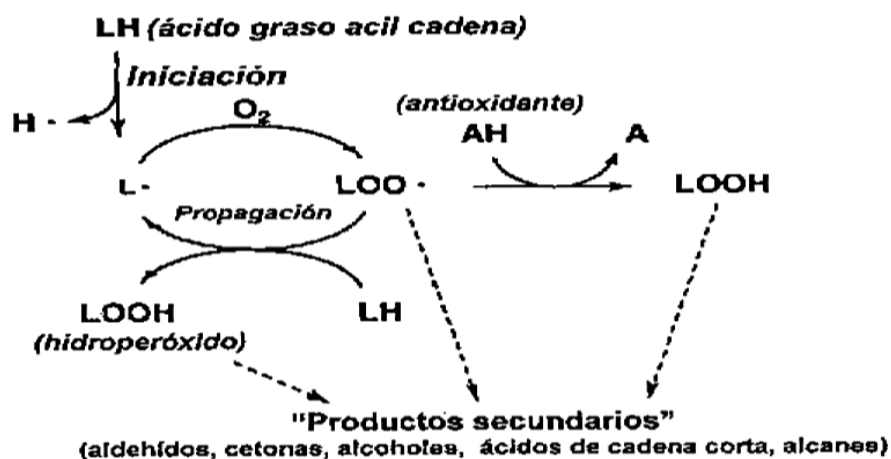
La gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados presente en los lípidos del pescado (véase sección 4.2) les hace altamente susceptibles a la oxidación mediante un mecanismo autocatalítico (Figura 5.16). El proceso es iniciado, según se describe más adelante, mediante la escisión de un átomo de hidrógeno del átomo de carbono central de la *estructura pentahédrica* presente en la mayoría de las acilcadenas de los ácidos grasos con más de un doble enlace:



Contrario a la molécula nativa, el radical lipídico ($\text{L}\cdot$) reacciona muy rápidamente con el oxígeno atmosférico formando un radical peróxido ($\text{LOO}\cdot$), el cual puede nuevamente escindir un hidrógeno de otra acilcadena produciendo un hidroperóxido (LOOH) y un nuevo radical $\text{L}\cdot$. Esta propagación continúa hasta que uno de los radicales es removido mediante reacción con otro radical o con un *antioxidante* (AH) del cual resulta un radical ($\text{A}\cdot$) mucho menos reactivo. Los hidroperóxidos, producidos en cantidades relativamente grandes durante la propagación, son insípidos y, por lo tanto, quizá no es una sorpresa que el ampliamente usado "valor de peróxido" generalmente guarda escasa correlación con las propiedades sensoriales.

Figura 3.

Autooxidación de un lípido poliinsaturado



Nota: Este fenómeno es especialmente relevante en la conservación de alimentos ricos en grasas insaturadas, como pescados y aceites vegetales, ya que afecta su estabilidad y valor nutricional.

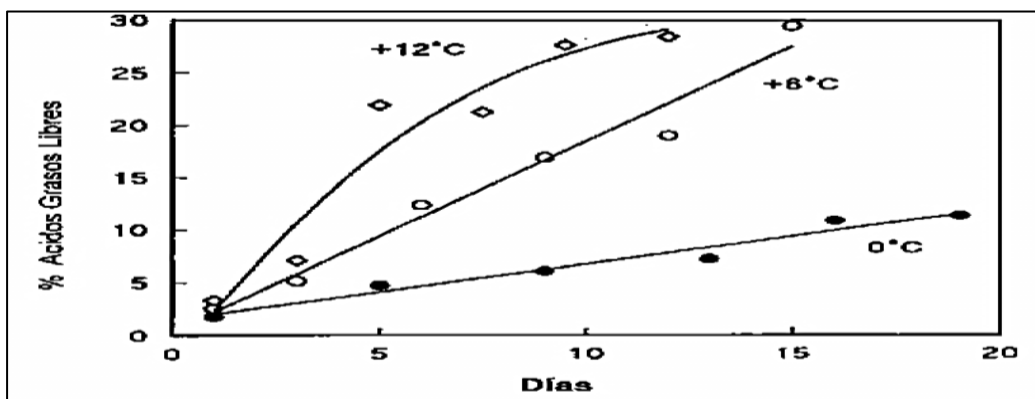
Fuente: Adaptado de datos sobre autooxidación de lípidos poliinsaturados.

3.9.4 Hidrólisis

Durante el almacenamiento, aparece una cantidad considerable de ácidos grasos libres (AGL) (Figura 5.17). El fenómeno es más profundo en el pescado no eviscerado que en el eviscerado, probablemente por las enzimas digestivas. Los triglicéridos presentes en los depósitos de grasas son escindidos por la trigliceril lipasa (TL in la Figura 5.18) originada del tracto digestivo o excretada por ciertos microorganismos. Las lipasas celulares pueden también desempeñar un papel menor.

Figura 4.

Desarrollo de ácidos grasos libres en arenque almacenado a diferentes temperaturas (Laboratorio Tecnológico, Ministerio de Pesca de Dinamarca, Reporte Anual, 1971)

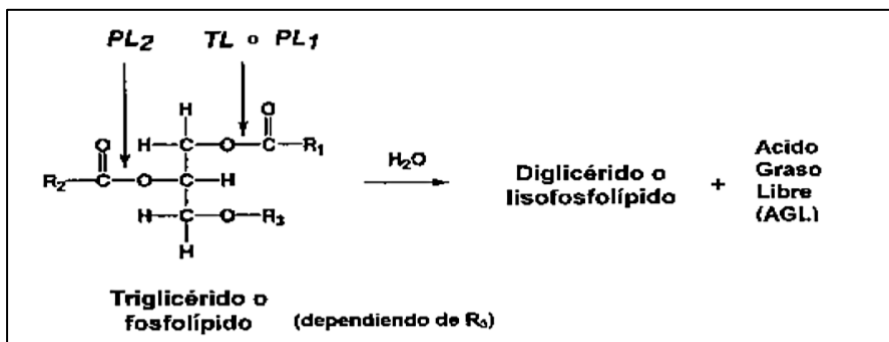


Nota: La Figura 4 muestra cómo la concentración de AGL varía en función de la temperatura de almacenamiento.

Fuente: Laboratorio Tecnológico, Ministerio de Pesca de Dinamarca. (1971). Informe Anual.

Figura 5.

Reacciones hidrolíticas primarias de triglicéridos y fosfolípidos. Enzimas: PL1 y PL2, fosfolipasas; TL, trigliceril lipasa



Nota: La Figura 5 ilustra las principales reacciones hidrolíticas que afectan a los triglicéridos y fosfolípidos

Fuente: Adaptado de datos sobre reacciones hidrolíticas primarias de triglicéridos y fosfolípidos.

3.10 Ficha Técnica de la FAO

La FAO tiene como objetivo principal mejorar la nutrición, aumentar la productividad agrícola, elevar la calidad de vida de las poblaciones rurales y contribuir al crecimiento económico mundial.

La Ficha Técnica de la FAO ofrece una visión integral de la misión, objetivos y áreas de trabajo de la organización. La FAO juega un papel crucial en la promoción de la seguridad alimentaria, la sostenibilidad agrícola y la reducción de la pobreza rural a nivel global.

El pescado deteriorado y/o pútrido es aquel que ha pasado por procesos de descomposición debido a la acción de microorganismos, enzimas, o factores ambientales, resultando en una pérdida significativa de su calidad y frescura. Esta caracterización es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud de los consumidores.

La característica del pescado como deteriorado y/o pútrido se basa en una combinación de inspección visual, evaluación olfativa y táctil, y pruebas organolépticas. Es esencial para mantener la calidad y seguridad de los productos pesqueros en el mercado, protegiendo así la salud de los consumidores y asegurando el cumplimiento de las normativas vigentes.

Ejemplo 1.1

Clasificación de la Frescura: Council Regulation (EEC) N° 103/76 OJ N° L20 (28 de enero de 1976) (EEC, 1976)

Criterio				
Partes del pescado inspeccionadas	Puntuación			
	3	2	1	0
	Apariencia			
Piel	Pigmentación brillante e iridiscente, decoloraciones ausentes, mucus transparente y acuoso	Pigmentación brillante pero no lustrosa Mucus ligeramente opalescente	Pigmentación en vías de descolorarse y empañarse, Mucus lechoso	Pigmentación mate ¹ Mucus opaco
Ojos	Convexos (salientes)	Convexos y ligeramente hundidos	Planos	Cóncavo en el centro ¹
	Córnea transparente	Córnea ligeramente opalescente	Córnea opalescente	Córnea lechosa
	Pupila negra y brillante	Pupila negra y apagada	Pupila opaca	Pupila gris
Branquias	Color brillante	Menos coloreadas	Descolorándose	Amarillentas ¹
	Mucus ausente	Ligeros trazos de mucus	Mucus opaco	Mucus lechoso
Carne (corte del abdomen)	Azulada, translúcida, uniforme, brillante	Aterciopelada, cerosa, empañada	Ligeramente opaca	Opaca ¹
	Sin cambios en el color original	Ligeros cambios en el color		
Color (a lo largo de la columna vertebral)	No coloreada	Ligeramente rosa	Rosa	Rojo ¹
Organos	Riñones y residuos de otros órganos deben ser de color rojo brillante, al igual que la sangre dentro de la aorta	Riñones y residuos de otros órganos deben ser de color rojo empañado; la sangre comienza a decolorarse	Riñones, residuos de otros órganos y sangre presentan un color rojo pálido	Riñones, residuos de otros órganos y sangre presentan un color pardusco
Condición				
Carne	Firme y elástica	Menos elástica	Ligeramente blanda (flácida), menos elástica	Suave (flácida) ¹ Las escamas se desprenden fácilmente de la piel, la superficie surcada tiende a desmenuzarse
	Superficie uniforme		Cerosa (aterciopelada) y superficie empañada	
Columna vertebral	Se quiebra en lugar de separarse de la carne	Adherida	Ligeramente adherida	No está adherida ¹
Peritoneo	Completamente adherido a la carne	Adherido	Ligeramente adherido	No está adherido ¹
Olor				
Branquias, piel, cavidad abdominal	A algas marinas	No hay olor a algas marinas, ni olores desagradables	Ligeramente ácido	Ácido ¹

Nota: Este método es esencial para la evaluación de la calidad del pescado en la industria pesquera, garantizando estándares de comercialización y seguridad para el consumo.

Fuente: Reglamento (CEE) n° 103/76 del Consejo DO n° L20 (28 de enero de 1976).

3.11 Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)

El Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP, por sus siglas en inglés) es un enfoque sistemático y preventivo para la seguridad alimentaria que busca identificar, evaluar y controlar los peligros significativos que pueden afectar la inocuidad de los alimentos a lo largo de la cadena de producción, procesamiento y distribución.

El objetivo principal del sistema HACCP es asegurar la inocuidad de los alimentos, evitando la contaminación y garantizando que los productos alimentarios sean seguros para el consumo humano.

➤ Principios del Sistema HACCP

- **Análisis de Peligros:** Identificar y evaluar los peligros potenciales (biológicos, químicos y físicos) que podrían afectar la seguridad de los alimentos en cada etapa del proceso de producción.
- **Determinación de los Puntos Críticos de Control (PCC):** Identificar los puntos específicos en el proceso donde se pueden aplicar medidas de control para prevenir, eliminar o reducir los peligros a niveles aceptables.
- **Establecimiento de Límites Críticos:** Definir los límites críticos para cada PCC. Estos límites pueden incluir parámetros como temperatura, tiempo, nivel de humedad, pH, etc.
- **Establecimiento de un Sistema de Monitoreo de los PCC:** Implementar procedimientos de monitoreo para asegurar que los PCC se mantengan dentro de los límites críticos establecidos.
- **Establecimiento de Acciones Correctivas:** Definir acciones correctivas a seguir cuando el monitoreo indica que un PCC no está dentro de los límites críticos.

- **Establecimiento de Procedimientos de Verificación:** Implementar métodos y procedimientos para verificar que el sistema HACCP está funcionando eficazmente y que los peligros están siendo controlados.
- **Establecimiento de un Sistema de Documentación:** Mantener registros precisos y completos de todas las actividades y procedimientos relacionados con el sistema HACCP para proporcionar evidencia del control efectivo de los peligros.

➤ **Beneficios del Sistema HACCP**

- **Seguridad Alimentaria:** Mejora la seguridad de los alimentos al identificar y controlar los peligros antes de que los productos lleguen a los consumidores.
- **Cumplimiento Normativo:** Ayuda a las empresas a cumplir con las regulaciones y normativas nacionales e internacionales sobre seguridad alimentaria.
- **Confianza del Consumidor:** Aumenta la confianza de los consumidores en la seguridad y calidad de los productos alimentarios.
- **Prevención de Enfermedades:** Reduce el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos, protegiendo la salud pública.
- **Eficiencia Operacional:** Promueve prácticas de producción más eficientes y organizadas, reduciendo desperdicios y costos relacionados con problemas de seguridad alimentaria.

El sistema HACCP es una herramienta esencial para la gestión de la seguridad alimentaria, proporcionando un enfoque preventivo para identificar y controlar los peligros en la producción de alimentos. Su implementación no solo garantiza la inocuidad de los alimentos, sino que también mejora la confianza del

consumidor y asegura el cumplimiento de las regulaciones de seguridad alimentaria.

3.12 Árbol de Decisiones

El árbol de decisiones HACCP es una herramienta utilizada para determinar si un punto en el proceso de producción alimentaria es un Punto Crítico de Control (PCC). Este árbol de decisiones guía a los equipos de seguridad alimentaria a través de una serie de preguntas para evaluar si los peligros identificados requieren control en un punto específico del proceso.

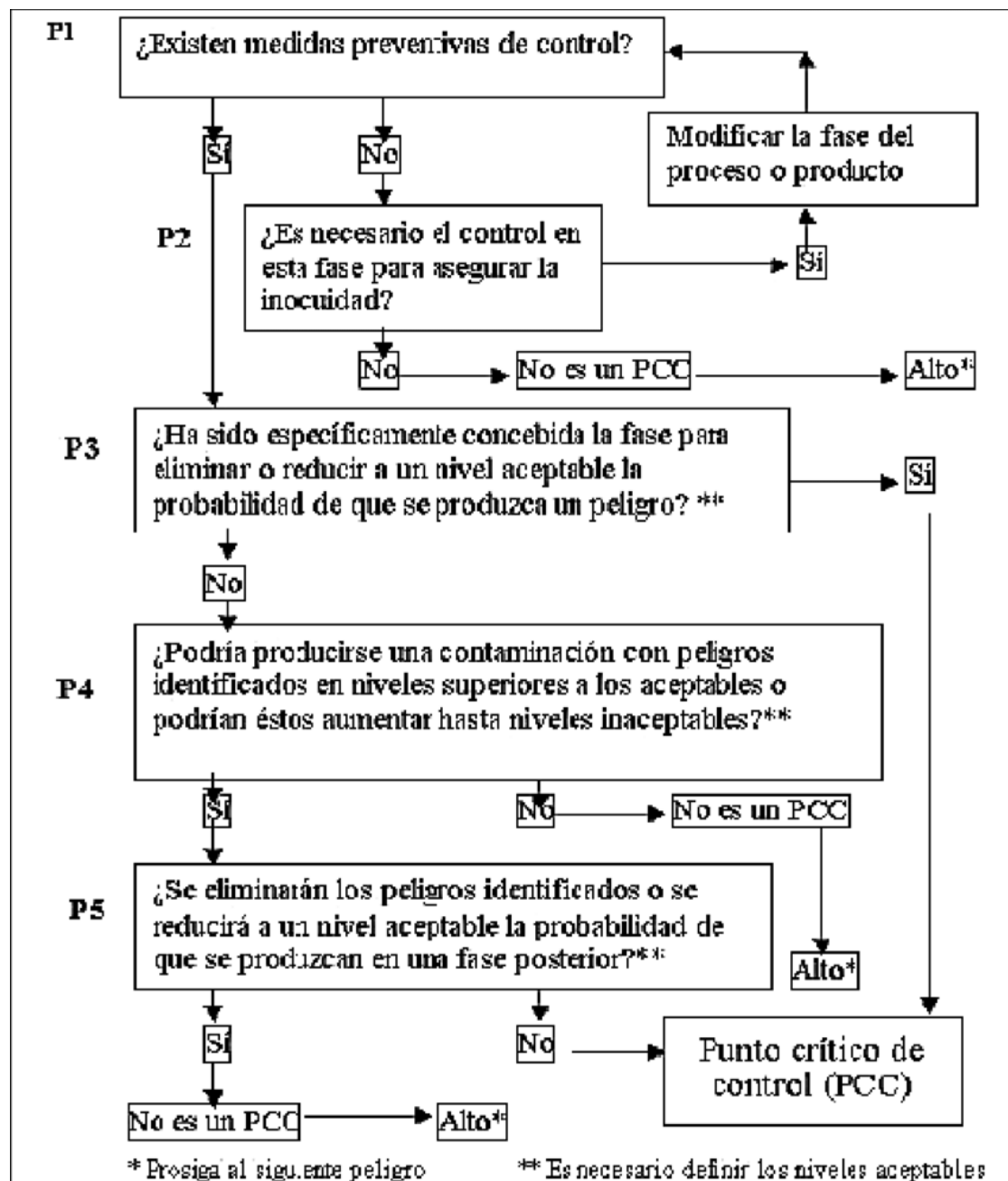
➤ Estructura del Árbol de Decisiones HACCP

- Pregunta 1: ¿Existe un peligro significativo asociado con esta etapa del proceso?
Sí: Continuar con la siguiente pregunta.
No: Este punto no es un PCC.
- Pregunta 2: ¿Se puede eliminar el peligro o reducirlo a un nivel aceptable en esta etapa?
Sí: Este punto es un PCC.
No: Continuar con la siguiente pregunta.
- Pregunta 3: ¿Existen etapas posteriores en el proceso que eliminen el peligro o lo reduzcan a un nivel aceptable?
Sí: Este punto no es un PCC.
No: Continuar con la siguiente pregunta.
- Pregunta 4: ¿Es esta etapa específica del proceso esencial para controlar el peligro identificado?
Sí: Este punto es un PCC.
No: Este punto no es un PCC.

Este árbol de decisiones es una herramienta crítica en la implementación del sistema HACCP, asegurando que los peligros se identifiquen y controlen adecuadamente para mantener la seguridad alimentaria.

Ejemplo 1.2

Árbol de Decisiones HACCP



Nota: El uso del Árbol de Decisiones HACCP es fundamental para garantizar la inocuidad de los alimentos, ayudando a prevenir contaminaciones biológicas, químicas o físicas en la cadena de producción.

Fuente: Comisión del Codex Alimentarius. (2020).

3.13 Normas ISO 9001

ISO 9001 es una norma internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión de la calidad (SGC). Esta norma es parte de la familia de normas ISO 9000 y es mantenida por la Organización Internacional de Normalización (ISO).

➤ ***Propósito y Utilidad:***

- **Mejora Continua de la Calidad:** Ayuda a las organizaciones a identificar áreas de mejora y a implementar cambios para aumentar la eficiencia y la efectividad.
- **Satisfacción del Cliente:** Establece procesos para escuchar y responder a las necesidades y expectativas del cliente, lo que puede conducir a una mayor lealtad y repetición de negocios.
- **Estandarización de Procesos:** Ayuda a garantizar la coherencia y la previsibilidad en la producción y la prestación de servicios, reduciendo variaciones y errores.
- **Gestión de Riesgos:** Proporciona un enfoque sistemático para evaluar y mitigar riesgos, mejorando la capacidad de la organización para prevenir problemas antes de que ocurran.
- **Cumplimiento Normativo:** Ayuda a evitar sanciones legales y mejorar la reputación de la organización al demostrar un compromiso con la calidad y la conformidad.
- **Mejora de la Eficiencia Operacional:** La implementación de un SGC basado en ISO 9001 puede conducir a una mayor eficiencia operativa y, por ende, a un mejor uso de los recursos.

➤ **Beneficios de Implementar ISO 9001:**

- **Mejora de la Calidad:** Productos y servicios de mejor calidad que cumplen consistentemente con los requisitos del cliente.
- **Aumento de la Eficiencia:** Procesos más eficientes y reducción de errores y desperdicios.
- **Mayor Satisfacción del Cliente:** Clientes más satisfechos y leales debido a productos y servicios confiables.
- **Ventaja Competitiva:** Diferenciación en el mercado y mejor reputación al demostrar el compromiso con la calidad.
- **Acceso a Nuevos Mercados:** Algunas industrias y mercados requieren certificación ISO 9001 como condición para hacer negocios.
- **Cumplimiento Normativo:** Mayor capacidad para cumplir con regulaciones y requisitos legales.

Las normas ISO 9001 son una herramienta poderosa para cualquier organización que desee mejorar la calidad de sus productos y servicios, aumentar la satisfacción del cliente y optimizar sus procesos operativos. La implementación de un SGC basado en ISO 9001 no solo ayuda a cumplir con las expectativas del cliente y las regulaciones aplicables, sino que también promueve una cultura de mejora continua y eficiencia dentro de la organización.

IV. Diseño Metodológico

Los cambios sensoriales en los alimentos, particularmente en los productos del mar, fueron un área de interés fundamental en la ciencia de los alimentos y la seguridad alimentaria. El pescado raya (*Dipturus teevani*), una especie de elasmobranquio ampliamente distribuida en los océanos Atlántico y Pacífico, presenta características únicas que influyeron en sus propiedades sensoriales, como sabor, olor, textura y apariencia. Estudiar estos cambios fue crucial para comprender cómo factores como el almacenamiento, la manipulación y el procesamiento afectan la calidad del producto final.

Este estudio se centró en un análisis descriptivo de corte longitudinal, lo que implicó la observación y recopilación de datos sobre los cambios sensoriales a lo largo del tiempo en muestras de pescado raya. Este enfoque fue particularmente valioso porque permitió identificar y caracterizar patrones y tendencias en la evolución de las propiedades sensoriales del pescado bajo condiciones específicas. Además, proporcionó una perspectiva detallada sobre cómo y cuándo ocurrieron estos cambios, lo que fue esencial para establecer estándares de calidad y seguridad en la industria alimentaria. La elección de un diseño longitudinal, en lugar de un estudio transversal, permitió una evaluación continua y más precisa de las modificaciones en las características sensoriales, lo que guió la optimización de prácticas de almacenamiento y conservación para mantener la frescura y calidad del pescado rayado.

El desarrollo del mismo consistió de las siguientes etapas:

I Etapa: Recopilación de información:

La recolección de datos fue el proceso de recopilación y medición de información sobre variables establecidas de una manera sistemática, que permitió obtener respuestas relevantes, comprobar los objetivos y evaluar resultados.

- **Fuentes primarias:** Proporcionaron información directa, original y no filtrada sobre un tema. Fueron documentos o registros creados por personas

que experimentaron o presenciaron directamente los eventos o fenómenos que describieron. En este caso, se incluyen todas las personas involucradas, como docentes y estudiantes.

- **Fuentes secundarias:** Interpretaron, analizaron o resumieron las fuentes primarias. Fueron creadas por personas que no experimentaron de primera mano los eventos o fenómenos que describieron, pero que proporcionaron una interpretación o evaluación basada en las fuentes primarias. Entre estos se mencionan libros, artículos de revisión, ensayos, críticas, informes de investigación, enciclopedias y diccionarios, entre otros.

Los cambios sensoriales de los filetes de raya (*Dipturus teevani*) refrigerados y congelados se examinaron mediante la medida del pH, la temperatura con un termómetro, y los cambios organolépticos utilizando la ficha técnica según la FAO.

- **Medición del pH:** El pH se midió utilizando un Peachímetro, un instrumento empleado para medir el pH de una solución, indicando su nivel de acidez o alcalinidad. El pH, una escala de 0 a 14, define valores neutros en 7, ácidos por debajo de 7 y alcalinos por encima de 7. En los alimentos, se usamos para asegurar que los productos cumplan con los estándares necesarios para su seguridad y calidad.
- **Medición de la temperatura:** La temperatura se midió utilizando un termómetro para controlar las condiciones térmicas durante los procesos productivos, como almacenamiento, conservación, transporte y distribución. Con este instrumento, se corroboró que en todas las fases se alcanzaron las temperaturas adecuadas para garantizar que los alimentos refrigerados o congelados fueran seguros.

Ficha técnica de la FAO: Fue un documento utilizado para evaluar y categorizar la frescura de los productos pesqueros. Esta clasificación se basó en criterios específicos y observables, como el aspecto externo, la consistencia y el olor, para determinar la calidad del pescado y otros productos del mar. Su uso

garantizó la protección del consumidor, el cumplimiento de normativas y la competitividad del mercado pesquero.

Normas ISO 9001: Representaron un estándar internacional que especificó los requisitos para un sistema de gestión de la calidad (SGC). Esta norma, publicada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), fue aplicable a cualquier organización, independientemente de su tamaño o sector. La versión más reciente fue la ISO 9001:2015. Se utilizó para mejorar la calidad de los productos y servicios, aumentar la satisfacción del cliente, incrementar la eficiencia operativa, obtener una ventaja competitiva, cumplir con requisitos legales y regulatorios, y gestionar riesgos.

Sistema de HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points): Se utilizó para identificar peligros, prevenir contaminación, monitorear puntos críticos, implementar acciones correctivas, gestionar documentación y registros, y fomentar la mejora continua.

Árbol de decisiones: Fue una herramienta de visualización que ayudó en la toma de decisiones. Representó gráficamente las posibles decisiones y sus posibles consecuencias, incluyendo eventos de azar, costos y beneficios. Se utilizó para analizar opciones, tomar decisiones informadas, identificar riesgos, optimizar resultados, comunicar de manera clara y realizar una planificación estratégica.

Estas herramientas y normas fueron esenciales para asegurar la calidad, seguridad y eficiencia en diversos procesos industriales y de gestión, proporcionando marcos y metodologías que apoyaron la toma de decisiones y el control de riesgos.

El examen organoléptico permitió evaluar las características sensoriales de los filetes de raya (*Dipturus teevani*) a través de los sentidos: vista, olfato, gusto y tacto. Durante el periodo de 15 días de almacenamiento. Las muestras se inspeccionaron al inicio del experimento (Día 0) y al final, es decir, después

de los 15 días). Las características organolépticas cambiaron significativamente, proporcionando indicadores clave de la calidad y frescura del producto.

La conservación bajo diferentes condiciones de temperatura, como la refrigeración y la congelación, afectó sus características organolépticas, es decir, las propiedades perceptibles por los sentidos. Estos cambios fueron evaluados mediante un examen organoléptico evaluándose la apariencia, olor, sabor y textura del pescado.

Las operaciones unitarias para la obtención de *Dipturus teevani* bajo un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001 implicaron una serie de pasos estructurados que garantizaron la seguridad y calidad del producto final.

Este flujograma y las operaciones aseguraron el cumplimiento de los estándares de calidad y la seguridad, ofreciendo un producto final de alta calidad para los consumidores.

Por último, el análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) permitió gestionar la seguridad alimentaria mediante la identificación, evaluación y control de los peligros significativos para la inocuidad de los alimentos en el proceso de fileteado y almacenamiento durante el periodo de 15 días.

V. Resultados y Discusión

5.1 Resultados

Tabla 5.

*Características organolépticas en Filete de Raya (**Dipturus teevani**) como materia prima*

Inicio del experimento	Descripción de la muestra	Color	Olor	Textura
	Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Color natural rosado	Olor a agua de mar limpia	Firme elástica y uniforme

Nota: Esta tabla muestra las características iniciales de los filetes de raya (**Dipturus teevani**) como materia prima.

Fuente: Experimento propio

La información presentada en la tabla 5, muestra las características iniciales de los filetes de raya (**Dipturus teevani**). Como se puede observar las características sensoriales observadas de los filetes de raya fueron optimas, esto se debe a que la raya estaba en buen estado de frescura, además, se cuidó la cadena de frio durante su transporte hasta la planta piloto donde se llevó a cabo la parte experimental.

Estos fueron evaluados durante un período de 15 días. Observando, que el producto está fresco y sin alteraciones visibles relacionadas con deterioro o cambios debidos al almacenamiento. Este también presenta un olor a mar, característico de productos frescos provenientes del ambiente.

Los resultados obtenidos en la evaluación organoléptica y del pH de los filetes de raya (**Dipturus teevani**) bajo condiciones de refrigeración y

congelación revelan diferencias significativas en la calidad del producto dependiendo del método de almacenamiento.

Tabla 6.

*Ficha de evaluación de las características organolépticas de filete de Raya (**Dipturus teevani**) almacenadas en refrigeración durante 15 días. Adaptado de: Cuadro 5.2 Clasificación de la frescura: Council Regulation (EEC) No 103/76 OJ No L20 (28 de enero de 1976) (EEC, 1976).*

	Descripción de la muestra	Color	Olor	Textura
Día 1	Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Color natural rosado	Olor a agua de mar limpia	Firme elástica y uniforme
Día 15	Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Pérdida de color (Decoloraciones presentes en algunas partes del filete.	Olor Desagradable (putrefacto)	Suave, pegajosa, lamosa y se desprende fácilmente.

Nota: Esta tabla representa los cambios organolépticos presentes en el filete raya (**Dipturus teevani**) almacenada en refrigeración durante 15 días.

Fuente: Experimento propio

En la tabla 6 se puede observar los cambios organolépticos en filetes de raya (**Dipturus teevani**) almacenados en refrigeración de 0-4°C. Obsérvese que después de 15 días de almacenamiento de refrigeración los filetes pierden la calidad organoléptica debido a los procesos bioquímicos de autólisis además de los cambios causados por las bacterias, los filetes refrigerados presentaron una notable pérdida de color con decoloraciones evidentes, acompañadas de un olor desagradable (putrefacto) una textura blanda, pegajosa y resbaladiza. Estas observaciones reflejan una disminución en la frescura del producto, debido a que

la actividad microbiana, que es más pronunciada bajo condiciones de refrigeración.

Tabla 7.

*Ficha de evaluación de las características organolépticas de filete de Raya (**Dipturus teevani**) almacenado en congelación durante 15 días. Adaptado de: Cuadro 5.2 Clasificación de la fresca: Council Regulation (EEC) No 103/76 OJ No L20 (28 de enero de 1976) (EEC, 1976).*

	Descripción De la muestra	Color	Olor	Textura
Día 1	Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Color natural rosado	Olor a agua de mar limpia	Firme elástica y uniforme
Día15	Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Color característico inicial natural aceptable.	Filete de raya congelado, característico del pescado, libre de olores extraños	Firme, elástica, consistente y fuerte a la presión de un dedo.

Nota: Esta tabla representa los cambios organolépticos presentes en el filete raya (**Dipturus teevani**) almacenada en congelación, durante 15 días.

Fuente: Experimento propio

Por otro lado la tabla 7 presenta los filetes almacenados bajo congelación mantuvieron el color característico inicial, sin olores extraños y con una textura firme, elástica y consistente, lo que sugiere que la congelación fue eficaz para preservar las propiedades organolépticas del pescado. Esto se alinea con el hecho de que las bajas temperaturas en la congelación ralentizan significativamente los procesos enzimáticos y microbianos, lo que contribuye a la estabilidad de los atributos sensoriales.

Tabla 8.

*Valores de pH en Raya (**Dipturus teevani**)*

Muestra	Congelado	Refrigerado
Muestra 1	6.2	6.2
Muestra 2	5.7	6.4
Muestra 3	6.3	7.5

Nota: Esta tabla muestra los valores de pH inicial de los filetes raya (**Dipturus teevani**) como materia prima

Fuente: Experimento propio

La tabla 8. Presenta los valores de pH iniciales en filetes de raya (**Dipturus teevani**) en condiciones de congelación y refrigeración, lo que permite analizar la estabilidad y variabilidad del pH en función del almacenamiento.

En general, el pH de la raya en estado fresco suele encontrarse en un rango cercano a la neutralidad (6.0 y 7.0), aunque puede variar en función de factores como el estado fisiológico del pez antes de la captura, el manejo post captura y las condiciones de almacenamiento. Los valores obtenidos en esta tabla muestran una ligera variabilidad en función de la muestra y la condición de almacenamiento.

Comparación entre muestras congeladas y refrigeradas:

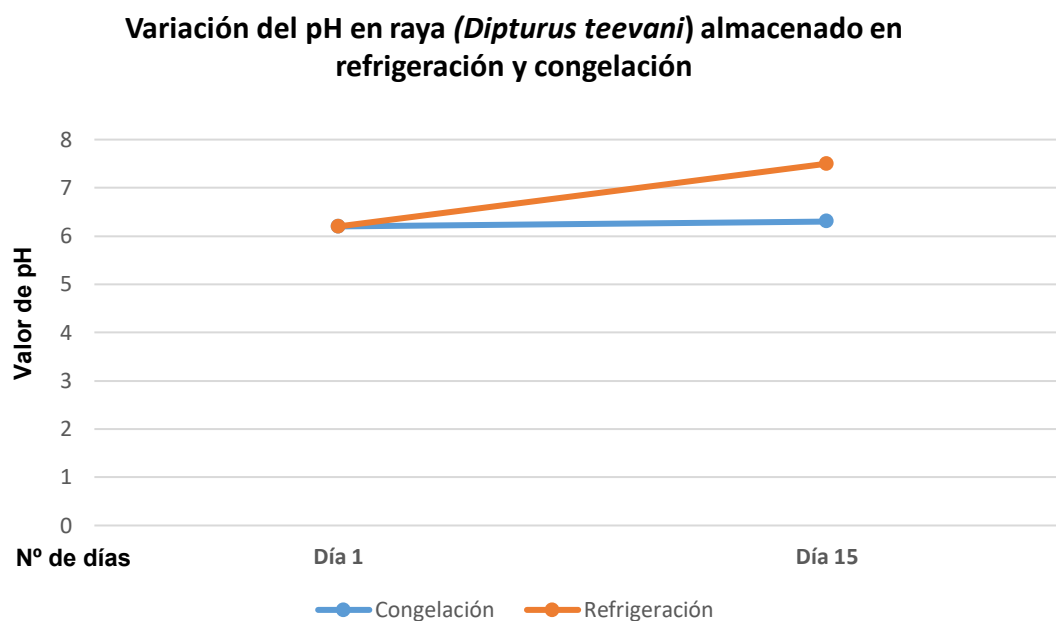
Muestra 1: Mantiene un pH estable en ambas condiciones (6.2), lo que indica que no hubo una alteración significativa en el corto plazo.

Muestra 2: Presenta una diferencia notable entre las dos condiciones, con un pH más bajo en congelación (5.7) y más alto en refrigeración (6.4). Esto podría deberse a una variación en la composición bioquímica de la muestra o al inicio de procesos de procesamiento en refrigeración.

Muestra 3: Muestra la diferencia más marcada, con un pH de 6.3 en congelación y un valor significativamente mayor en refrigeración (7.5). Un aumento del pH en condiciones de refrigeración puede ser un indicio del inicio de la actividad bacteriana y degradación proteica, lo que genera compuestos básicos como aminas volátiles.

Figura 6.

*Valores de pH en Raya (*Dipturus teevani*)*



Nota: En la figura se muestra las variaciones de pH del filetes raya (*Dipturus teevani*) como materia prima

Fuente: Experimento propio

La figura 6 presenta, que los términos de pH, los valores iniciales de los filetes en refrigeración mostraron un medio de 6.8, que aumentó a 8.0 después de 15 días de almacenamiento. Este aumento refleja un proceso de deterioro, ya que el pH elevado está asociado con la acumulación de compuestos básicos volátiles, como aminas, debido al procesamiento proteica. Por el contrario, los

filetes congelados tuvieron un pH promedio inicial de 6.7, que solo aumentó a 7.6 después de 15 días. Aunque hubo un ligero incremento, este fue menos marcado en comparación con los filetes refrigerados, lo que respalda la eficacia de la congelación en la preservación de la calidad química y microbiológica.

Media de pH de filetes de Raya (*Dipturus teevani*).

Tabla 9.

Valores promedio de inicio del experimento en refrigeración día (0).

Descripción	Valor promedio de pH
Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	6.8

Nota: Esta tabla representa los valores del PH en el filete raya (*Dipturus teevani*), en el experimento día 0.

Fuente: Experimento propio.

La tabla 9 presenta, el valor promedio de pH para el filete de raya (*Dipturus teevani*) al inicio del experimento (día 0) es 6.8, lo cual se encuentra en un rango esperado para pescado frescos según a lo establecido por la FAO en los cambios post-mortem en el pescado.

Según FAO (1998), los pescados frescos inmediatamente después de su captura, el pH suele estar alrededor de **6.8 a 7.0**, ya que los tejidos aún no han pasado por una acidificación significativa.

Este valor sugiere que el pescado está en buen estado y no presenta signos de deterioro inicial ni procesos avanzados de deterioro.

Con el tiempo, a medida que el pescado se deteriora, el pH puede volver a aumentar debido a la actividad bacteriana y la producción de compuestos básicos, como amoníaco.

El valor de **6.8** al inicio del experimento indica que el filete de raya está en **buen estado de frescura**. Este rango es consistente con pescado recién capturado y manejado correctamente antes de comenzar el proceso de refrigeración.

El pH promedio de **6.8** es adecuado y refleja un pescado fresco en el día 0. Los cambios posteriores deberán ser monitoreados para verificar cómo afecta la refrigeración la calidad del filete con el tiempo. Si el pH sube en etapas avanzadas, podría indicar pérdida de frescura o inicio de deterioro.

Tabla 10.

*Filete de raya (**Dipturus teevani**) almacenado en refrigeración después de 15 días.*

Descripción	Valor promedio de pH
Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	8.0

Nota: Esta tabla representa los valores del PH en el filete raya (**Dipturus teevani**) en el experimento después de 15 días.

Fuente: Experimento propio.

La tabla 10 presenta, el valor promedio de pH en el filete de raya (**Dipturus teevani**) almacenado en refrigeración después de 15 días es **8.0**. Este resultado indica un aumento significativo en el pH en comparación con el día 0 (**6.8**). Ahora analizamos el significado de este cambio y evaluamos si este rango es adecuado:

Un pH de **8.0** sugiere un análisis avanzado del pescado, ya que los compuestos básicos típicos del deterioro están presentes en niveles elevados.

Para pescado refrigerado, un aumento del pH por encima de **7.5** es un indicador de pérdida de frescura y deterioro microbiológico.

Un pH de **8.0** está fuera del rango aceptable para pescado considerado apto para el consumo, lo que sugiere que el filete no está en condiciones óptimas y probablemente ha perdido su calidad sensorial, higiénica y nutricional.

Un valor de pH de **8.0** después de 15 días en refrigeración indica que el filete de raya (*Dipturus teevani*) ha superado el límite aceptable de frescura y ha comenzado a deteriorarse significativamente.

Este nivel de pH es un claro indicador de que el pescado no es apto para el consumo humano, ya que puede estar asociado con riesgos de salud debido al crecimiento bacteriano y la formación de compuestos tóxicos.

Tabla 11.

Valores promedio de inicio del experimento en congelación día (0).

Descripción	Valor promedio de pH
Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	6.7

Nota: Esta tabla representa los valores del PH en el filete raya (*Dipturus teevani*), en el experimento día 0.

Fuente: Experimento propio.

La tabla 11 presenta, el valor promedio de pH para el filete de raya congelado al inicio del experimento (día 0) es **6**, este valor se encuentra dentro del rango normal para pescado fresco y refleja un buen estado inicial. Ahora se interpretan estos resultados considerando el método de congelación y los cambios post mortem en los pescados:

El rango de pH en pescados frescos generalmente varía entre **6.6** y **7.0** inmediatamente después de la captura. Este nivel indica que el pescado se encontraba en buen estado antes del proceso de congelación.

Un valor de **6.7** es ligeramente ácido, lo cual es característico de un músculo aún fresco y sin señales de procesamiento.

La congelación detiene la actividad bacteriana y enzimática que normalmente provoca un cambio en el pH. Esto significa que, al inicio del experimento, el filete de raya congelado mantiene sus propiedades fisicoquímicas, incluida la estabilidad del pH.

El pH inicial del filete congelado (**6.7**) es comparable al del filete refrigerado (**6.8**). Sin embargo, el método de congelación tiene la ventaja de preservar este valor durante períodos más largos, al detener los procesos de deterioro.

El valor de pH promedio de **6.7** para el filete de raya (*Dipturus teevani*) al inicio del experimento (día 0) es adecuado y dentro del rango esperado para pescado fresco. Este resultado indica que el pescado se encontraba en buenas condiciones antes de ser sometido al proceso de congelación.

Tabla 12.

Filete almacenado en Congelación después de 15 días.

Descripción	Valor promedio de pH
Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	7.6

Nota: Esta tabla representa los valores del PH en el filete raya (*Dipturus teevani*) en el experimento después de 15 días.

Fuente: Experimento propio.

La tabla 12, presenta el valor promedio de pH del filete de raya (*Dipturus teevani*) almacenado en congelación después de 15 días es **7.6**, lo que representa un aumento significativo respecto al valor inicial de **6.7**. Este cambio tiene implicaciones importantes sobre la calidad del pescado, incluso bajo condiciones de congelación:

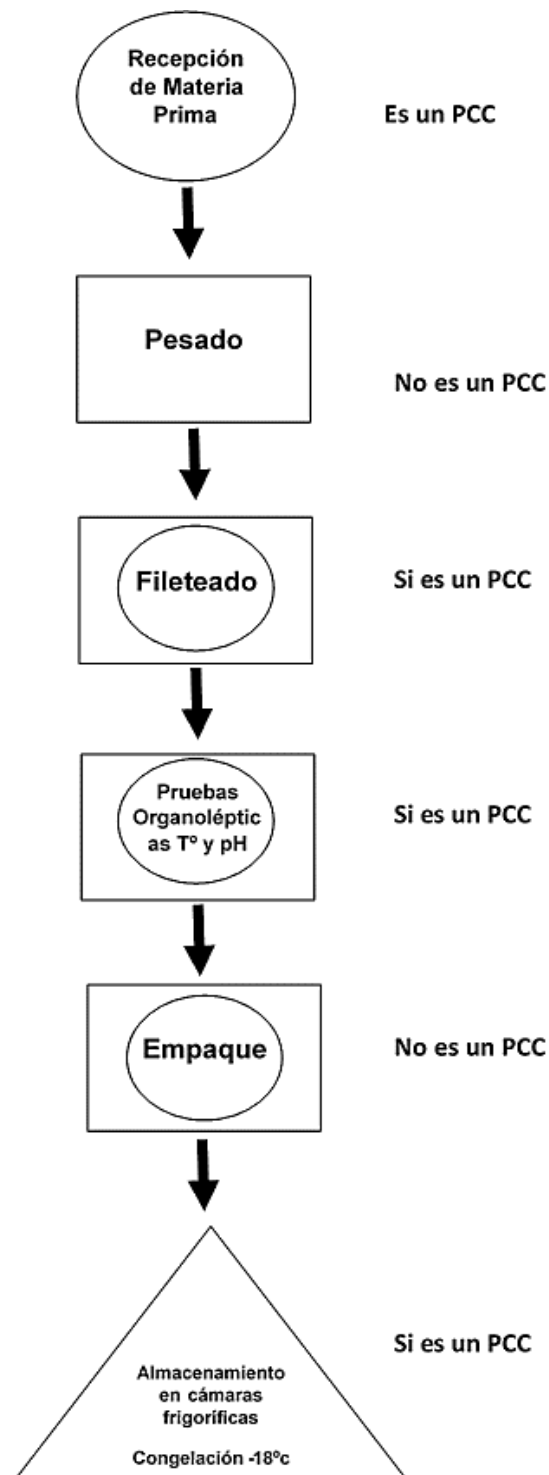
Un pH por encima de **7.0** en pescado es un indicador de pérdida de frescura y calidad. Aunque la congelación conserva mejor el producto que la refrigeración, un valor de **7.6** sugiere que el filete ha comenzado a deteriorarse.

Un valor de **7.6** después de 15 días de congelación indica un deterioro en la calidad del pescado, lo que no es común en condiciones óptimas de congelación.

Finalmente, los resultados demuestran que la congelación es un método superior para conservar tanto las propiedades organolépticas como la calidad química de los filetes de raya (***Dipturus teevani***) en comparación con la refrigeración. Sin embargo, es importante considerar que la calidad inicial del producto y el manejo pos captura también juegan un papel crucial en la duración y efectividad de los métodos de conservación.

Figura 7.

*Diagrama de Flujo de Procesos de Filete de raya (**Dipturus teevani**) almacenado en congelación*

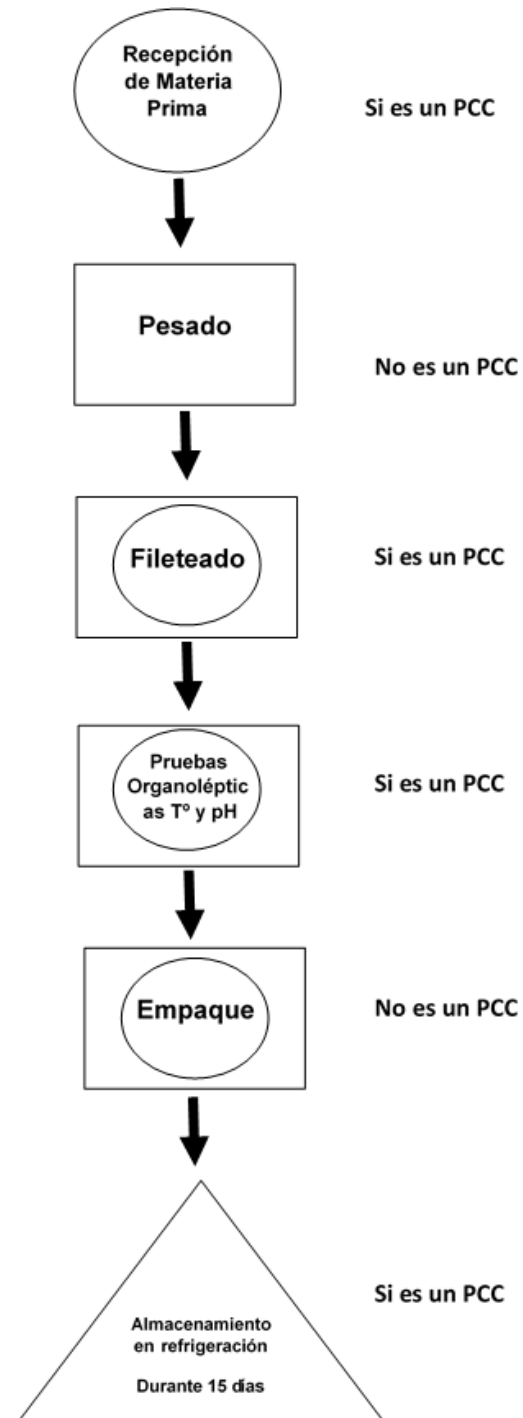


Nota: Esta figura muestra las etapas de proceso de los filetes de raya (*Dipturus teevani*) en congelación desde la recepción hasta el almacenamiento.

Fuente: Experimento propio.

Figura 8.

*Diagrama de Flujo de Procesos del Filete de raya (**Dipturus teevani**) almacenado en refrigeración.*

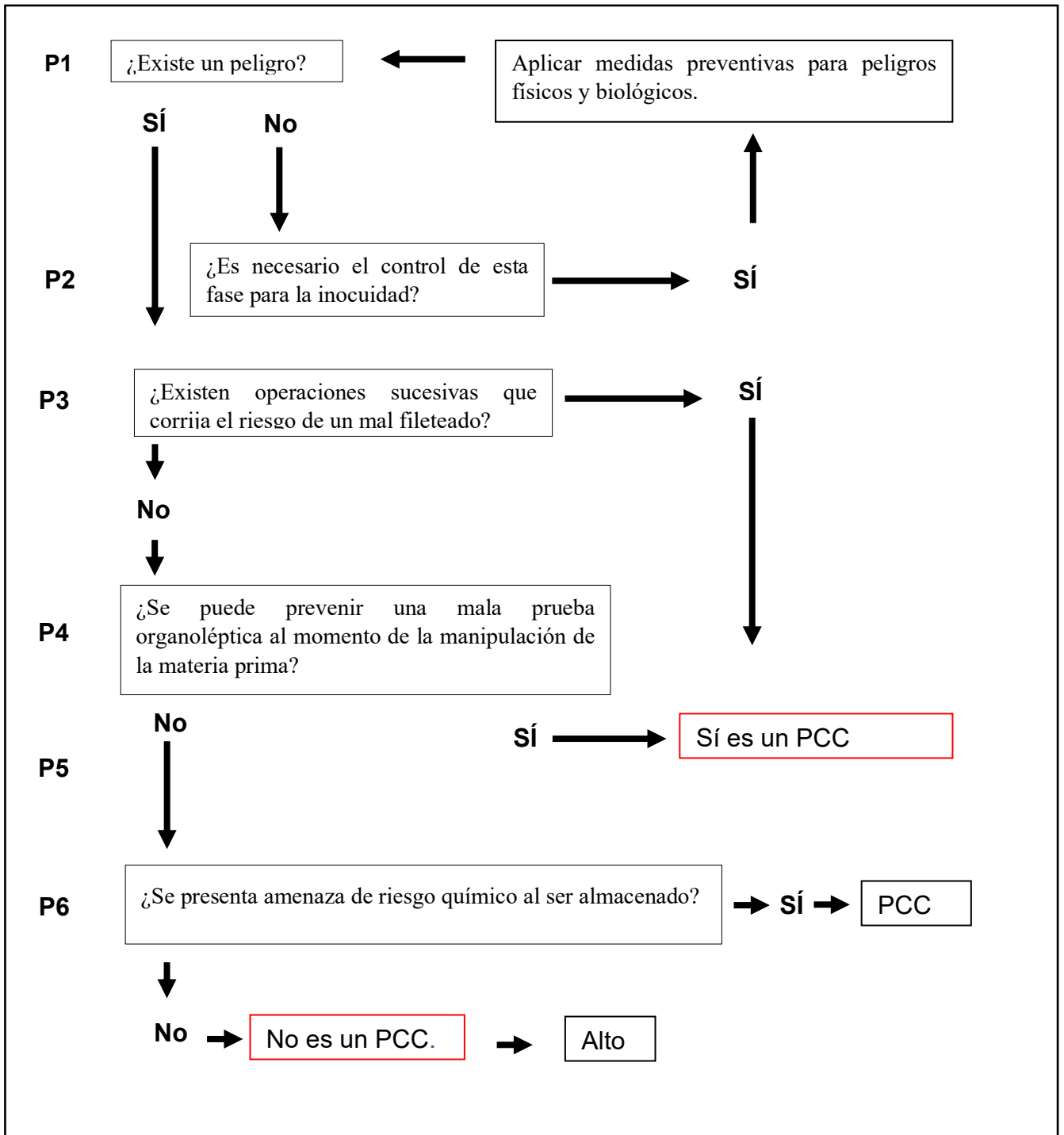


Nota: Esta figura muestra las etapas de proceso de los filetes de raya (*Dipturus teevani*) en refrigeración desde la recepción hasta el almacenamiento.

Fuente: Experimento propio.

Figura 9.

Árbol de Decisiones HACCP



Nota: Esta figura muestra las etapas de proceso de los filetes de raya (*Dipturus teevani*) desde la recepción hasta el almacenamiento.

Fuente: Experimento propio

En la figura 9 se presenta el árbol de decisiones aplicado al proceso de almacenamiento en refrigeración y congelación. De acuerdo con el manual HACCP (1998), se analizó cada etapa del proceso mediante una serie de interrogantes, lo que permitió identificar los Puntos Críticos de Control (PCC).

Recepción de materia prima:

En esta etapa los filetes de raya que fueron comprados en un acopio de la ciudad de Chichigalpa, estos fueron transportados en un termo cubierto con hielo picado para cuidar la cadena de frío. Al llegar a la planta piloto de la UNAN-León, se procedió a acondicionar toda el área de procesamiento de pescados y mariscos.

Una vez higienizadas las mesas se procede a cubrirlas de hielo picado (siempre para cuidar la cadena de frío). En esta etapa se procede a determinar la calidad de los filetes de raya mediante un examen organoléptico.

Es importante destacar que, tanto en la refrigeración como en la congelación, la Recepción de Materia Prima (RMP) se considera un PCC. Esto se debe a la identificación de riesgos físicos, biológicos y químicos en esta etapa y, dado que no existe una operación posterior que elimine o reduzca estos peligros a niveles aceptables, el RMP debe ser controlado rigurosamente para garantizar la seguridad del producto.

Pesado:

Los filetes de raya fueron pesados en la balanza analítica, en donde se obtuvo el peso de 3 libras.

Por otro lado, la etapa de pesado no se considera un PCC, ya que en este punto del proceso la materia prima no está expuesta a un riesgo significativo de contaminación.

Fileteado:

En esta etapa se procedió a fileteado manual, teniendo como resultado filetes uniformes.

En el caso del fileteado, se debe prestar especial atención a la esterilización de los utensilios utilizados, pues la falta de higiene en estos elementos podría propiciar la contaminación cruzada. Por esta razón, el fileteado sí se clasifica como un PCC, requiriendo estrictos controles sanitarios.

Pruebas organolépticas:

Al tener listo los filetes se procedió a realizar las pruebas de PH, T, olor, color y textura en donde los filetes están en buen estado y de muy buena calidad.

En las pruebas organolépticas también se consideran un PCC, ya que esta etapa requiere un control eficaz para garantizar la inocuidad de los alimentos. Es fundamental que los equipos utilizados en el análisis sean sometidos a una desinfección adecuada, asegurando así la confiabilidad de los resultados y evitando cualquier tipo de contaminación que pueda comprometer la calidad del producto.

Empaque:

En esta etapa los filetes de raya fueron empaquetados en bolsas transparentes y sellados.

Cabe destacar que tanto en refrigeración y congelación el empaqué no es un PCC debido que los filetes de raya (*Dipturus teevani*) no corren riesgo en esta etapa.

Almacenamiento en refrigeración y congelación:

Ya estando empaquetados los filetes de raya se procedió almacenar en refrigeración de 0- 4°C y en congelación a -18°C

Finalmente, el almacenamiento tanto en refrigeración o congelación no es un PCC ya que los filetes de raya (***Dipturus teevani***) no corren riesgo químicos en esta etapa de almacenamiento .

VI. Conclusiones

El almacenamiento bajo refrigeración afecta negativamente las características organolépticas de los filetes de raya (*Dipturus teevani*), evidenciado por la pérdida de color, olor desagradable y textura viscosa tras 15 días de almacenamiento. En contraste, la congelación demostró ser un método eficaz para preservar estas propiedades, manteniendo el color, olor y textura del producto en condiciones óptimas durante el mismo periodo.

Los valores de pH de los filetes refrigerados mostraron un incremento significativo, pasando de una media inicial de 6.8 a 8.0 en 15 días, indicando un avanzado deterioro químico y microbiológico. Por otro lado, los filetes congelados presentaron un aumento menor en el pH, de 6.7 a 7.6, lo que refuerza la efectividad de la congelación para ralentizar los procesos de descomposición.

La congelación se establece como el método más eficiente para conservar la calidad de los filetes de raya (*Dipturus teevani*) durante periodos prolongados. Este método reduce significativamente los cambios en las propiedades organolépticas y químicas, proporcionando una alternativa viable para la industria pesquera y de alimentos, especialmente en mercados que exigen altos estándares de calidad. La calidad inicial del pescado juega un papel crucial en la efectividad de los métodos de conservación. Por lo tanto, un adecuado manejo pos captura, combinado con técnicas de congelación, es esencial para garantizar la frescura y calidad de los productos pesqueros destinados al consumo humano.

Los resultados de esta investigación ofrecen información relevante para optimizar los procesos de almacenamiento y distribución de productos derivados de la raya, contribuyendo a la mejora de la sostenibilidad y competitividad de la industria pesquera al reducir las pérdidas por deterioro y garantizar un producto de calidad para los consumidores.

El estudio destaca la necesidad de implementar prácticas de conservación basadas en congelación como estándar en la manipulación de productos pesqueros para maximizar su vida útil y calidad organoléptica, señalando la importancia de seleccionar el método de conservación adecuado según el propósito y las características del producto, destacando la congelación como una alternativa más viable para prolongar la vida útil y mantener la calidad de los filetes de raya (*Dipturus teevani*).

Los resultados de los valores de pH en los filetes de raya (*Dipturus teevani*) resaltan la importancia de un control riguroso en las etapas críticas del proceso de refrigeración y congelación. Se observa que el pH tiende a aumentar en condiciones de refrigeración, lo que puede indicar el inicio de procesos de degradación y actividad bacteriana, especialmente en la muestra 3, cuyo valor de 7.5 sugiere una posible alteración de la calidad del producto.

Dado que la frescura y seguridad del pescado dependen de mantener un pH dentro de rangos adecuados, se confirma que la Recepción de Materia Prima (RMP), el fileteado y las pruebas organolépticas son Puntos Críticos de Control (PCC) dentro del sistema HACCP. La RMP es fundamental, ya que cualquier contaminación inicial puede comprometer la seguridad del producto a lo largo de toda la cadena de procesamiento. El fileteado requiere estrictas medidas de higiene para prevenir la contaminación cruzada, mientras que las pruebas organolépticas deben realizarse en condiciones óptimas para garantizar resultados confiables sobre la calidad del pescado.

Además, la congelación demuestra ser un método más eficaz para la conservación del producto, pues ayuda a mantener la estabilidad del pH y frenar el crecimiento bacteriano. Por el contrario, la refrigeración, si no se maneja adecuadamente, puede acelerar la descomposición del pescado. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de establecer controles estrictos en las etapas identificadas como PCC para garantizar la inocuidad y calidad del producto final.

VII. Recomendaciones

A continuación, se presentan algunas recomendaciones prácticas, aplicables y están creadas para mejorar la calidad, sostenibilidad y competitividad de los productos de raya en el mercado.

- Se recomienda establecer la congelación inmediata de los filetes de raya (*Dipturus teevani*) después de la captura, a una temperatura de al menos -18°C, para preservar sus propiedades organolépticas y minimizar el deterioro químico y microbiológico.
- Capacitar a los trabajadores involucrados en la pesca y procesamiento de rayas sobre prácticas adecuadas de manejo pos captura, incluyendo limpieza, fileteado y almacenamiento, para asegurar la calidad inicial del producto antes de aplicar métodos de conservación.
- Establecer controles regulares de pH en los filetes almacenados, tanto en refrigeración como en congelación, para identificar de manera temprana el deterioro y ajustar los procesos de almacenamiento según sea necesario.
- Garantizar una cadena de frío continua durante todo el proceso, desde la captura hasta la distribución, con sistemas de monitoreo de temperatura en tiempo real para evitar fluctuaciones que puedan comprometer la calidad del producto.
- Realizar estudios complementarios para evaluar otros métodos de conservación, como el uso de atmósferas modificadas o recubrimientos comestibles, que puedan combinarse con la congelación para extender aún más la vida útil de los filetes de raya.
- Promover el cumplimiento de normativas internacionales, como el Reglamento del Consejo (CEE) No 103/76, para estandarizar los

procesos de clasificación y conservación de productos pesqueros y garantizar la aceptación en los mercados internacionales.

- Recomendar a los minoristas que mantengan condiciones de congelación adecuadas para los productos de raya, implementando sistemas de rotación de inventarios (FIFO, "First In, First Out") y verificaciones regulares de calidad.
- Diseñar campañas educativas dirigidas a los consumidores sobre la importancia de mantener los productos congelados correctamente y evitar descongelaciones innecesarias para garantizar su frescura y seguridad alimentaria al momento del consumo.
- Para garantizar la inocuidad y calidad de los filetes de raya (*Dipturus teevani*), se recomienda reforzar los controles en las etapas identificadas como Puntos Críticos de Control (PCC). En la RMP, es fundamental implementar inspecciones rigurosas para descartar pescado con signos de deterioro. Durante el fileteado, se deben extremar las medidas de higiene, asegurando la esterilización de los utensilios para prevenir la contaminación cruzada. Asimismo, en las pruebas organolépticas, se debe mantener un estricto control de desinfección en los equipos de análisis para obtener resultados confiables.

Además, se recomienda priorizar el almacenamiento en congelación sobre la refrigeración, ya que esta última puede propiciar un aumento del pH y acelerar la descomposición del pescado. Es clave monitorear regularmente los valores de pH y otros indicadores de calidad para detectar cualquier signo de deterioro a tiempo.

VIII. Referencias Bibliográficas

Abarca Blanco, G. A. y Pastora Obregón, I. J. (2020). “Aprovechamiento tecnológico del atún aleta azul (*Thunnus orientalis*) mediante la elaboración de escabeche cocido”. Monografía para optar al título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/8096/1/245331.pdf>

Abollo Rodríguez, E., Barbosa Pereira, L., Cruz Freire, J. M., Estévez Calvar, N., López García, M. M., Maroto Leal, J., Moldes Menduiña, A. B., Otero Pazos, P., Paseiro Losada, P., Ramil-Novo, L. A., Rodríguez Bernaldo, A., Romero Rodríguez, M. A., Sendón García, R., Sieiro Piñeiro, P., Vázquez-Odériz M. L., Vecino Bello, X. (2014). Guía Visual para la evaluación sensorial de la calidad del pescado congelado. [Archivo PDF].

https://www.researchgate.net/publication/271515374_Guia_Visual_para_la_evaluacion_sensorial_de_la_calidad_del_pescado_congelado

Arias Giraldo, S., Ceballos Peñaloza A. M. y Gutiérrez-Mosquera, L. F. (2019). “Evaluación de los parámetros del proceso de congelación para la pulpa de Açaí”. *Tecnológicas*, vol. 22, no. 46, pp. 25-38.

<https://doi.org/10.22430/22565337.1117>.

Baca Herrera, Y. M. y Duarte Quintero, D. R. (2017). Elaboración de un marinador para productos cárnicos con la aplicación de una prueba sensorial afectiva de preferencia por ordenamiento. Monografía para optar al título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6793/1/240336.pdf>

Castillo Gutiérrez, S. I., Juárez, D. A. y Moya Briceño, J. R. (2008). Aprovechamiento de una especie de pescado subvalorada a través, de la

elaboración de pastel a base de carne de Tiburón Gris (*Carcharhinus falciformes*). Monografía para optar al título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/5593>

CUIDATE PLUS (28 Marzo 2001). Clasificación de los pescados.
<https://cuidateplus.marca.com/alimentacion/nutricion/2001/03/27/clasificacion-pescados-9782.html>

Dalmendray Gómez, N. A. (2000). Conservación de Alimentos Congelados. Estudio de Costos Energéticos y Calidad de Productos Almacenados. Tesis para la obtención del grado de Magister en Ingeniería.
<https://core.ac.uk/download/pdf/15758572.pdf>

EEC. (1976). Council Regulation (EEC) N° 103/76. Official Journal of the European Communities, L20, 28 de enero de 1976.

Espinoza Zavala, S. A., Paz Aguilera, A. M. y Pérez Mejía, M. J. (2021). Evaluación de la calidad del pescado pargo lunarejo (*Lutjanus Guttatus*) refrigerado y congelado mediante pruebas organoléptica y físico-química. Monografía para optar al título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/9418/1/250270.pdf>

FAO & OMS (2012). Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros. <https://www.fao.org/4/i2382s/i2382s.pdf>

Huss, H.H. (1998). El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad. Manual de capacitación preparado por el Programa de Capacitación FAO/DANIDA en Tecnología Pesquera y Control de Calidad. (Colección FAO: Pesca, N°29)
https://oa.upm.es/14340/2/Documentacion/2_Dimensionamiento/elpesca dofrescos034843mbp.pdf

Juárez Espinoza, K. J., Reyes Reyes, J. M., y Hernández Somarriba. L. L. (2024). Evaluación de los cambios sensoriales en tilapias de acuicultura (*Oreochromis niloticus*) almacenadas en refrigeración. Monografía para optar al título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (sf). 5. Cambios post-mortem en el pescado. Recuperado de <https://www.fao.org/4/v7180s/v7180s06.htm#:~:text=Inmediatamente%20despu%C3%A9s%20de%20la%20muerte,pescado%20est%C3%A1%20en%20rigor%20mortis>

Orrego, CE (2008). Congelación y liofilización de alimentos. Manizales, Colombia: ISBN: 978-958-44-4436-3. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/10647/9789584444363.pdf?sequence=1>

Santaella, M., Martínez Graciá, C., Periago M.J. y Santaella J. (2012). Evaluación sensorial de diferentes presentaciones comerciales de dorada (*Sparus aurata* L.) De acuicultura. <https://es.scribd.com/document/290480410/Tecnologia-Frio-Refrigeracion-y-Congelacion-Pescado-8>

Silva Ingold, D. G. y Soria Muniz, S. E. (2016). Determinación y comparación de la vida útil de filetes de Pescadilla (*Cynoscion Guatucupa*) refrigerados con hielo en Escamas y envasados al vacío refrigerados. Tesis de Grado Universidad de la República. Uruguay <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/2134/FV-32057.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sotelo Romero, C. R. (2011). Efecto de la congelación sobre la capacidad Gelificante del músculo de calamar gigante (*Dosidicus Gigas*) y su relación con los cambios estructurales de las proteínas. Tesis de Maestría.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
[https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/406/1/SOTEL
O-ROMERO-CR11.pdf](https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/406/1/SOTEL-O-ROMERO-CR11.pdf)

IX. Anexos

Clasificación de la Frescura: Council Regulation (EEC) N° 103/76 OJ N° L20 (28 de enero de 1976) (EEC, 1976)

Criterio				
Partes del pescado inspeccionadas	Puntuación			
	3	2	1	0
	Apariencia			
Piel	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Ojos	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Branquias	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Carne (corte del abdomen)	Traslucida suave y brillante de color blanca anacarada, sin pérdida de color			
Color (a lo largo de la columna vertebral)	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Órganos	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Condición				
Carne	Firme, elástica, uniforme.			
Columna Vertebral	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Peritoneo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Olor				
Branquias, piel, cavidad abdominal	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Nota: Esta tabla muestra las características iniciales de los filetes raya (*Dipturus teevani*) como materia prima.

Fuente: Experimento propio.

No aplican varios criterios porque no se trabajo con pescado entero, si no con filete de raya (*Dipturus Teevani*)

Tabla 13.

*Ficha de evaluación de las características organolépticas de filete de Raya (*Dipturus Teevani*) almacenado en refrigeración durante 15 días. Adaptado de: Cuadro 5.2 Clasificación de la frescura: Council Regulation (EEC) No 103/76 OJ No L20 (28 de enero de 1976) (EEC, 1976).*

	Descripción	Color	Olor	Textura
Mx1 Refrigeración	Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Pérdida de color (Decoloraciones presentes en algunas partes del filete.	Olor Desagradable.	Suave, pegajosa, lamosa y se desprende fácilmente.
Mx2 Refrigeración	Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Pérdida de color (Decoloraciones presentes en algunas partes del filete.	Olor Desagradable.	Suave, pegajosa, lamosa y se desprende fácilmente.
Mx3 Refrigeración	Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Pérdida de color (Decoloraciones presentes en algunas partes del filete.	Olor Desagradable.	Suave, pegajosa, lamosa y se desprende fácilmente.

Nota: Esta tabla representa los cambios organolépticos presentes en el filete raya (*Dipturus teevani*) almacenada en refrigeración, durante 15 días.

Fuente: Experimento propio

Tabla 14.

*Ficha de evaluación de las características organolépticas de filete de Raya (**Dipturus teevani**) almacenada en congelación durante 15 días. Adaptado de: Cuadro 5.2 Clasificación de la frescura: Council Regulation (EEC) No 103/76 OJ No L20 (28 de enero de 1976) (EEC, 1976).*

	Descripción	Color	Olor	Textura
Mx 1 Congelación	Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Color característico inicial, aceptable	Filete de raya congelado, característico del pescado, libre de olores extraños	Músculos firme, elástica, consistente y fuerte a la presión del dedo
Mx2 Congelación	Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Color característico inicial, aceptable	Filete de raya congelado, característico del pescado, libre de olores extraños	Músculos firme, elástica, consistente y fuerte a la presión del dedo
Mx3 Congelación	Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Color característico inicial, aceptable	Filete de raya congelado, característico del pescado, libre de olores extraños	Músculos firme, elástica, consistente y fuerte a la presión del dedo

Nota: Esta tabla muestra los cambios organolépticos presentes en el filete raya (*Dipturus teevani*) almacenada en congelación, durante 15 días.

Fuente: Experimento propio

Media de pH de filetes de Raya (*Dipturus teevani*).

Tabla 15.

Valores promedio del experimento en refrigeración día (0).

Descripción	Valor PH	
Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Mx1	7.0
	Mx2	6.8
	Mx3	6.7
	Total: 20.5	

Nota: Esta tabla muestra los valores del PH iniciales de los filetes de raya (*Dipturus teevani*) como materia prima.

$$20.5 \div 3 = 6.8$$

Media.

Tabla 16.

Filete almacenado en refrigeración después de 15 días.

Descripción	Valor PH	
Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Mx1	7.9
	Mx2	8.0
	Mx3	8.2
	Total: 24.1	

Nota: Esta tabla muestra los valores del PH de los filetes raya (*Dipturus teevani*) almacenados en refrigeración durante 15 días.

$$24.1 \div 3 = 8.0$$

Media.

Tabla 17.

Valores promedio de inicio del experimento en congelación día (0).

Descripción	Valor PH	6.8
Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Mx1	6.7
	Mx2	6.7
	Mx3	Total: 20.2

Nota: Esta tabla muestra los valores del PH iniciales de los filetes de raya (*Dipturus teevani*) como materia prima.

$$20.2 \div 3 = 6.7$$

Media.

Tabla 18.

Filete almacenado en Congelación después de 15 días.

Descripción	Valor PH	
Filete de 300gr, sin piel, ni escamas.	Mx1	7.8
	Mx2	7.5
	Mx3	7.7
		Total: 23

Nota: Esta tabla muestra los valores del PH de los filetes raya (*Dipturus teevani*) almacenados en congelación durante 15 días.

$$23 \div 3 = 7.6$$

Media.

Árbol de Decisiones HACCP

