

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



EFFECTO DEL METODO DE CONGELACION EN DOS REGIONES
ANATOMICAS SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE COLOR Y
TEXTURA DEL FILETE DE TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*)

TESIS

PRESENTADA POR:

LUIS CARLOS PUNTACA CHURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



EFFECTO DEL METODO DE CONGELACION EN DOS REGIONES
ANATOMICAS SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE COLOR Y TEXTURA DEL
FILETE DE TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*)

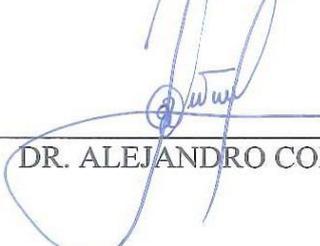
PRESENTADA POR:

LUIS CARLOS PUNTACA CHURA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE	:	 _____ DR. LUIS ALBERTO JIMENEZ MONROY
PRIMER MIEMBRO	:	 _____ ING. EDGAR GALLEGOS ROJAS
SEGUNDO MIEMBRO	:	 _____ DR. RONALD ASTETE TEBES
DIRECTOR / ASESOR	:	 _____ DR. ALEJANDRO COLOMA PAXI

Área : Ingeniería y Tecnología

Tema : Propiedades físicas y estructurales

FECHA DE SUSTENTACION: 31 DE MAYO DEL 2019

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado el don de la vida y haberme bendecido con salud y un hogar maravilloso.

A mi madre Anita Chura por haberme enseñado la perseverancia y siempre confiar en que este anhelo se haga realidad. A mi padre Basilio Puntaca por haberme podido brindar una educación de calidad a base de esfuerzo y sacrificio.

A mi hermana Karen por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles del camino que aun voy recorriendo.

Al amor de mi vida Denys quien a base de paciencia y tenacidad me dio las fuerzas y su apoyo incondicional para poder terminar esta etapa de mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

-En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme guiado a lo largo de este camino, por brindarme una vida llena de aprendizaje, por haberme acompañado y permitido lograr esta meta tan importante en mi vida.

- A nuestra primera casa de estudios la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por haber contribuido y aportado con sus valiosas enseñanzas durante mi formación profesional.

- A mis padres y mi esposa, quienes me apoyaron incondicionalmente y me dieron ánimo para seguir en todo momento.

- A mi Director de tesis Dr. Alejandro Coloma Paxi por su apoyo incondicional, su acertada dirección, por su disposición de tiempo y asesoramiento en la ejecución del presente trabajo de investigación y por haber confiado en mi persona.

- A los distinguidos miembros del jurado Dr. Luis Alberto Jiménez Monroy, Ing Edgar Gallegos Rojas y al Dr. Ronald Astete Tebes; por sus valiosos comentarios, su apoyo, acertadas sugerencias y corrección en el presente trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.1.1 Objetivos Específicos.....	16
II. REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1. GENERALIDADES DE LA TRUCHA (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	18
2.1.1. Ubicación taxonómica	18
2.1.2. Etapas de producción	19
2.1.3. Estructura muscular	21
2.1.4. Pigmentación en truchas	23
2.2. CALIDAD EN LA PRODUCCION DE TRUCHAS ARCO IRIS	23
2.2.1. Calidad	23
2.2.2. Parámetros de evaluación de calidad en salmónidos	24
2.3.1 Evaluación de textura.....	24
2.3.2. Evaluación del color en salmónidos.....	26
2.3.3 Métodos de evaluación	26
2.3.4. Evaluación de la textura.....	28
2.4 CONGELADO	30
2.4.1 Etapas del congelado.....	30
2.4.2. Métodos de congelado	33
2.4.3. Efectos del congelado en la textura y color de los alimentos	35
2.5 DESCONGELACION BAJO CORRIENTE DE AGUA.....	37
III. MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1 LUGAR DE EJECUCION	39

3.2 MATERIALES DE EXPERIMENTACION	39
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS	39
3.3.1. Materiales.....	39
3.3.2. Equipos de planta y congelado.....	40
3.3.3 Instrumentos de medición	40
3.4 METODOLOGIA DE PROCESAMIENTO.	40
3.5. METODOLOGIA DE EVALUACION	43
3.5.1 Evaluación instrumental.....	43
3.5.2. Evaluación sensorial	43
3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	44
3.6.1. Modelo estadístico para análisis instrumental de textura y color.....	44
3.6.2. Modelo estadístico para evaluación sensorial de textura y color	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	47
4.1 EVALUACION INSTRUMENTAL DE LA TEXTURA	47
4.1.1 Región craneal del filete de trucha.....	47
4.1.2 Región caudal del filete de trucha.....	49
4.2 EVALUACION SENSORIAL DE LA TEXTURA	50
4.2.1 Elasticidad en la región craneal.	50
4.2.2 Elasticidad en la región caudal.....	52
4.2.3 Evaluación por gaping en la región craneal.	53
4.2.4 Evaluación por gaping en la región caudal	55
4.3 EVALUACION DEL COLOR	56
4.3.1 Evaluación instrumental en las coordenadas L, a*,b* de la región craneal	56
4.3.2 Evaluación instrumental en las coordenadas l*a*b de la región caudal	59
4.3.3 Evaluación sensorial de color en la región craneal	60
4.3.4 Evaluación sensorial de color región caudal.....	62

V.	CONCLUSIONES	65
VI.	RECOMENDACIONES	66
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución por presentaciones	15
Figura 2 Flujo de producción de la trucha	20
Figura 3 Flujo de producción de trucha	20
Figura 4 Estructura muscular de la trucha	21
Figura 5 Regla de escala Salmofan	27
Figura 6 Formación de cristales de hielo en la célula.....	36
Figura 7 Efecto del congelado en la célula	37
Figura 8. Diagrama de flujo filetes congelados	41
Figura 9 Escala de Likert acondicionada	44
Figura 10. Muestras rotuladas para evaluación	82
Figura 11 Evaluación instrumental de muestras	82
Figura 12 Evaluación sensorial de muestras	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de severidad de Gaping	29
Tabla 2. Distribución de tratamientos y repeticiones	45
Tabla 3. Distribución de tratamientos y repeticiones para evaluación sensorial	46
Tabla 4. ANOVA Para Evaluación de Textura En La Reg. Craneal	47
Tabla 5. Prueba de TUKEY Para La Región Craneal.....	47
Tabla 6. Pruebas simultaneas de Tukey para diferencia de medias	48
Tabla 7. ANOVA para evaluación de textura en la Reg. Caudal	49
Tabla 8. ANOVA para Evaluación Sensorial En La Reg. Craneal.....	50
Tabla 9. Prueba De TUKEY Para La Región Craneal.....	51
Tabla 10. Prueba simultanea de Tukey para las medias	51
Tabla 11. ANOVA para evaluación elasticidad en La Reg. Caudal.....	52
Tabla 12. Comparaciones múltiples de medias de TUKEY	52
Tabla 13. ANOVA para Evaluación Gaping En La Reg. Craneal.....	53
Tabla 14. Prueba De Tukey Para Gaping En La Reg. Craneal.....	53
Tabla 15. ANOVA Para Gaping En La Región Caudal	55
Tabla 16. ANOVA en la región craneal para L, *a y*b	56
Tabla 17. Prueba de Tukey Para Luminosidad L.....	57
Tabla 18. Prueba de comparación de medias tukey para *a	57
Tabla 19. Prueba de comparación de medias Tukey para *b.....	57
Tabla 20. ANOVA Para Color En La Región Caudal	59
Tabla 21. Prueba de Tukey para a* en la región caudal	59
Tabla 22. Prueba de Tukey para b* en la región caudal	60
Tabla 23. ANOVA para evaluación sensorial en La Región Craneal	61
Tabla 24. Prueba de Tukey para Evaluación De Color.....	61

Tabla 25. ANOVA para Evaluación De Color En La Región Caudal.....	62
Tabla 26. Comparaciones múltiples de Tukey para la región caudal	63
Tabla 27. Resultado de evaluación instrumental	79
Tabla 28. Resultado de evaluación sensorial	79
Tabla 29. Resultado de evaluación de gaping.....	79
Tabla 30. Resultados de evaluación instrumental en la región craneal	80
Tabla 31. Resultados de evaluación instrumental en la región caudal	80
Tabla 32. Resultados de evaluación sensorial en la región craneal	80
Tabla 33. Resultados de evaluación sensorial en la región caudal	81

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ANOVA: Analysis of Variance, análisis de varianza

CIE L*a*b*: Commission Internationale d'Eclairage/Luminosidad (L*) y color

(a*: rojo/verde, b*: azul/amarillo).

C.V.: Coeficiente de variabilidad

FONDEPES: Fondo Nacional del Pescador

N.S.: No Significante

IMARPE: Instituto del Mar Peruano

PROMPERU: Comisión de promoción del Perú para la exportación y el turismo

PRODUCE: Ministerio de la Producción

REG : Región

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del método de congelación en dos regiones anatómicas del filete de trucha, sobre las características de color y textura. Las variables de estudio fueron el tipo de congelado (túnel y placas) y las regiones del filete (craneal y caudal). Las muestras fueron evaluadas en el laboratorio de Post Cosecha de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial, mediante una evaluación instrumental inicial de tres repeticiones para el color con el colorímetro SC-20 (L^* , a^* y b^*) y textura con el texturometro Brokfield , también se realizó una evaluación sensorial inicial (elasticidad y gaping) con 10 panelistas entrenados de 5 repeticiones, las muestras fueron sometidas a congelación por túnel y congelación por placas posteriormente fueron almacenadas durante 15 días y descongeladas por chorro continuo de agua, los resultados obtenidos luego del congelado se procesaron mediante análisis de varianza para cada tratamiento y comparaciones múltiples de Tukey con ayuda del programa SPSS V 24; donde se obtuvo para el parámetro de textura de 2.44mJ para el congelado en placas y 2.33mJ para el congelado en túnel lo cual representa una diferencia significativa entre el congelado por túnel en relación a la muestra inicial de 2.61mJ coincidiendo con la evaluación sensorial de elasticidad y gaping donde hay diferencia significativa entre el congelado por túnel y la muestra inicial por lo cual se concluye que el congelado por placas conserva la textura, para el parámetro del color se obtuvo a^* 63.72 inicial y 67,72 final en tendencia a la tonalidad roja para el congelado por túnel, sin embargo en la evaluación sensorial no se pudo identificar la variación en la región caudal la cual fue identificada por la evaluación instrumental obteniendo el parámetro a^* 65.21 inicial y 58.26 final y en la evaluación sensorial de la escala Salmofan se obtuvo 26.2 por otro lado el congelado por placas no conserva el color debido a una disminución de la tonalidad roja de 47.3 final en comparación a 62.82 inicial de acuerdo al análisis instrumental y en la evaluación sensorial desciende a una escala de 24.6 en la percepción comparado con la muestra inicial de 26.2 por el método de la regla Salmofan por lo cual concluimos que el congelado por túnel conserva el color en la región craneal y caudal.

Palabras Clave: Congelado, textura, color, región y método.

ABSTRACT

The objective of the investigation was to determine the effect of the freezing method in two anatomical regions of the trout fillet, on the characteristics of color and texture. The study variables were the type of frozen (tunnel and plates) and the regions of the fillet (cranial and caudal). The samples were evaluated in the Post Harvest laboratory of the EP of Agroindustrial Engineering, by means of an initial instrumental evaluation of three repetitions for the color with the SC-20 colorimeter (L, * a and * b) and texture with the Brokfield texturometer, an initial sensory evaluation (elasticity and gaping) was also performed with 10 trained panelists of 5 repetitions, the samples were subjected to freezing by tunnel and plate freezing were subsequently stored for 15 days and thawed by continuous water jet, the results obtained after freezing were processed by analysis of variance for each treatment and multiple comparisons of Tukey with the help of the SPSS V 24 program; where it was obtained for the texture parameter of 2.44mJ for the frozen in plates and 2.33mJ for the frozen in tunnel what which represents a significant difference between the frozen by tunnel in relation to the initial sample of 2.61mJ coinciding with the sensory evaluation of elasticity and gaping where there is significant difference between the frozen by tunnel and the initial sample so it is concluded that the frozen by plates conserve the texture, for the color parameter it was obtained at * 63.72 initial and 67.72 final in tendency to the red hue for the frozen by tunnel, however in the sensory evaluation it was not possible to identify the variation in the caudal region the which was identified by the instrumental evaluation obtaining the parameter a * 65.21 initial and 58.26 final and in the sensory evaluation of the salmofan scale 26.2 was obtained on the other hand the frozen plate does not retain the color due to a decrease of the red hue of 47.3 final compared to 62.82 initial according to instrumental analysis and in sensory evaluation descends to a Creek of 24.6 in the perception compared to the initial sample of 26.2 by the Salmofan rule method whereby we conclude that tunnel freezing preserves the color in the cranial and caudal region.

Key Words: Frozen, texture, color, region and method.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura en el Perú tiene su origen en la introducción de alevinos de trucha arco iris, desde EEUU, a fines de los años 20. Sin embargo, el desarrollo de esta actividad es prácticamente incipiente, a diferencia de los países vecinos, quienes han desarrollado exitosos cultivos; Ecuador en el cultivo de langostinos y Chile en el cultivo de salmón y trucha. Este escaso desarrollo es debido a diversos factores, como, por ejemplo: la falta de coordinación de las universidades y las instituciones involucradas como PRODUCE, IMARPE, FONDEPES, en la elaboración de proyectos productivos; las investigaciones que realizan las diversas entidades se hacen en forma aislada y no se comparte el conocimiento; falta de inversión por parte de la empresa privada; entre otros. (Alvarez C., 2012).

En cuanto a la acuicultura, en el 2013 se realizó mayor extracción para consumo en estado fresco, siendo la trucha el principal recurso, se extrajo 33 mil 207 toneladas métricas, cantidad mayor en 49,2% respecto al 2012 (22 mil 262 toneladas métricas); seguido del recurso gamitana, se extrajo 531 toneladas métricas, cantidad que aumentó en 17,2% con relación al año 2012 (453 toneladas métricas). (PRODUCE, 2015).

Las exportaciones peruanas de trucha arcoíris mantienen una tendencia creciente al pasar de US\$ 9 millones (2013) a US\$ 26 millones (2017), lo cual se traduce en una tasa media anual de 30,9%. Es importante mencionar que el 53% de las ventas al exterior se realizan en presentaciones congeladas (filetes y HG1) que tienen como destinos

principales a Canadá, Japón y Rusia; mientras que el porcentaje restante se envía en presentaciones frescas al mercado estadounidense, básicamente. (PROMPERU, 2018)

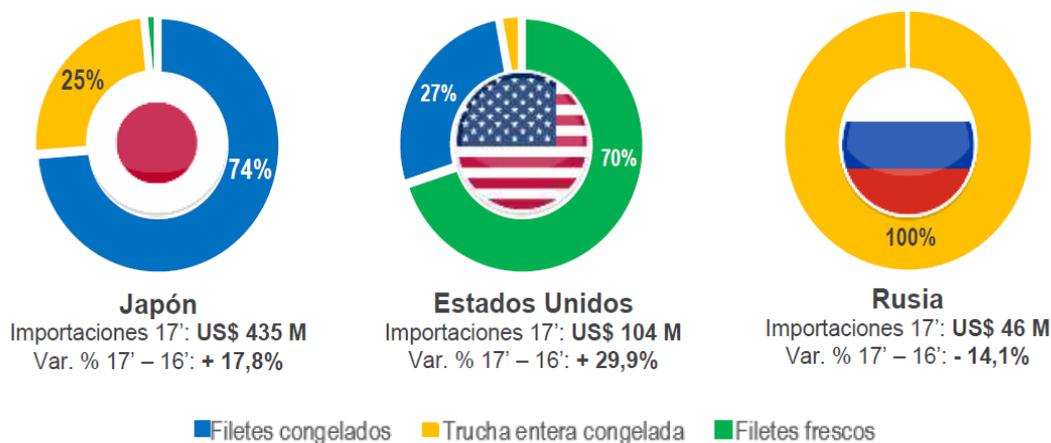


Figura 1 Distribución por presentaciones

Fuente: Inteligencia de mercados PROMPERU

Es por ello que se hace de necesidad transformar la trucha en productos no perecederos dándole un valor agregado para lo cual se requiere métodos de conservación como el congelado el cual ampliara su tiempo de vida útil una vez procesada la materia prima.

El congelado es uno de los procesos más comunes de conservación de alimentos, resulta efectiva en la retención de aroma, color y valor nutritivo de alimentos y moderadamente en la conservación de la textura. (Heldman y Hartel, 1997). Las investigaciones relacionadas en la industria de la trucha en nuestro país son limitados, pese a ser uno de los recursos hidrobiológicos de principal aprovechamiento, a diferencia de sus variedades semejantes como es el salmón que ha sido ampliamente estudiado.

La textura del pescado difiere ampliamente de la carne roja, porque contiene menos tejido conectivo y los enlaces cruzados formados entre las moléculas de colágeno son más débiles, lo que da como resultado que generalmente la carne del pescado tenga una textura más blanda. Además, se ha demostrado que puede variar según la región del

músculo y, enormemente, según la especie; siendo esto último explicado principalmente por la gran variabilidad del tamaño de las fibras en las especies de pescado. Por otra parte, este parámetro es más firme en zonas donde el filete de pescado tiene más colágeno (Skjervold et al., 2001).

El color de la carne de los salmónidos es el parámetro de calidad más importante después de la frescura. La preferencia de los consumidores por colores rojo anaranjados más intensos, se asocian a un mejor sabor, mejor textura y mayor calidad, aun cuando el color del filete no tiene impacto sobre estos parámetros (Christiansen et al., 1995). Uno de los principales exportadores de trucha en el país y sobre todo en la región Puno es Piscifactorías de los Andes S.A. empresa que exporta sus productos al mercado internacional y en menor cantidad al mercado nacional donde la demanda de sus clientes tiende a valorar el filete de trucha por el grado de pigmentación y textura para lo cual es necesario tener un método adecuado de congelación que no altere las características del filete.

1.1.OBJETIVO GENERAL

Comparar el efecto del método de congelación en los parámetros de textura y el color en dos regiones anatómicas del filete de trucha (*Oncorhynchus mykiss*).

1.1.1 Objetivos Específicos

- Comparar el parámetro de textura inicial y textura final de los filetes de trucha sometidos a congelación por aire forzado (túnel) y contacto directo (placas), en la región craneal y caudal del filete, mediante una evaluación instrumental y sensorial.

➤ Comparar el parámetro de color inicial y color final de los filetes de trucha sometidos a congelación por aire forzado (túnel) y contacto directo (placas), en la región craneal y caudal del filete mediante, una evaluación instrumental y sensorial.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES DE LA TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*)

Tiene una longitud máxima de 115 cm (20kg). Dorso verde oscuro o verde pardo, lados más claros con una banda horizontal azul iridiscente. Puntos negros muy pigmentados en la cabeza, cuerpo, aleta dorsal y cola. Especie anádroma pero también sedentaria (no migratoria). Sin duda el salmónido más fácil de cultivar, por su distribución por todo el mundo. Su nombre ha cambiado del muy conocido *Salmo gairdneri* al actual *Oncorhynchus mykiss* ya que su zona de hábitat original está en el pacífico y sus características sistemáticas recuerdan más el género *Oncorhynchus* que al género *Salmo*. En las piscifactorías la carne suele colorearse, antes de su recolección para el consumo, con carotenoides para imitar el color de la carne del salmón (Ruiter, 1999)

2.1.1. Ubicación taxonómica

La trucha arco iris tiene la siguiente ubicación taxonómica según (Rojas, 2008):

Reino : Animal

Sub Reino: Metazoos

Phylum: Chordata

Sub Phylum: Vertebrata

Orden: Salmoniformes

Sub Orden: Salmonidei

Familia: Salmonidae

Súper Clase: Gnathostomata

Clase: Osteichthyes

Sub Clase: Actinopterygii

Género: Oncorhynchus

Especie: mykiss

Nombre común: Trucha arco Iris.

2.1.2. Etapas de producción

El proceso de producción de la trucha tiene las siguientes etapas:

2.1.2.1 Alevinaje

Esta etapa comprende el cultivo de trucha arco iris, desde su talla promedio de siembra ≥ 5.0 cm hasta alcanzar los 10 cm y peso promedio de 12.0 g aproximadamente. Esta fase tiene una duración aproximada de 03 meses dependiendo de la temperatura del agua (FONDEPES, 2014)

2.1.2.2. Juveniles

Esta etapa comprende el cultivo de trucha arco iris, desde su talla promedio de 10 cm hasta alcanzar los 17 cm, con peso promedios de 68.0 g, aproximadamente. Esta fase tiene una duración aproximada de 02 meses, en condiciones normales de crianza. En esta fase, son alimentados con alimento balanceado tipo crecimiento, que contienen alrededor de 40% de proteína, suministrándole una cantidad aproximada al 3.5% de su biomasa, con raciones distribuidas entre 04 veces diarias (FONDEPES, 2014).

2.1.2.3. Pre engorde

Los jóvenes alevines se mantienen en condiciones controladas hasta el tamaño adecuado para ser transferidos a los tanques/jaulas de engorde (Mendoza, 2011)

2.1.2.4. Engorde

Esta etapa comprende el cultivo de trucha arco iris, desde su talla promedio de 17 cm hasta alcanzar los 26 cm., equivalente a un peso promedio de 250 g (tamaño plato). Esta fase tiene una duración aproximada de 3 meses. En esta etapa se puede suministrar alimento balanceado acabado con pigmento, con la finalidad de dar la coloración salmonada a la carne, según el requerimiento del mercado. La mortalidad estimada para todo el proceso productivo se encuentra en el rango del 3% al 5% en condiciones normales de crianza.(FONDEPES, 2014).

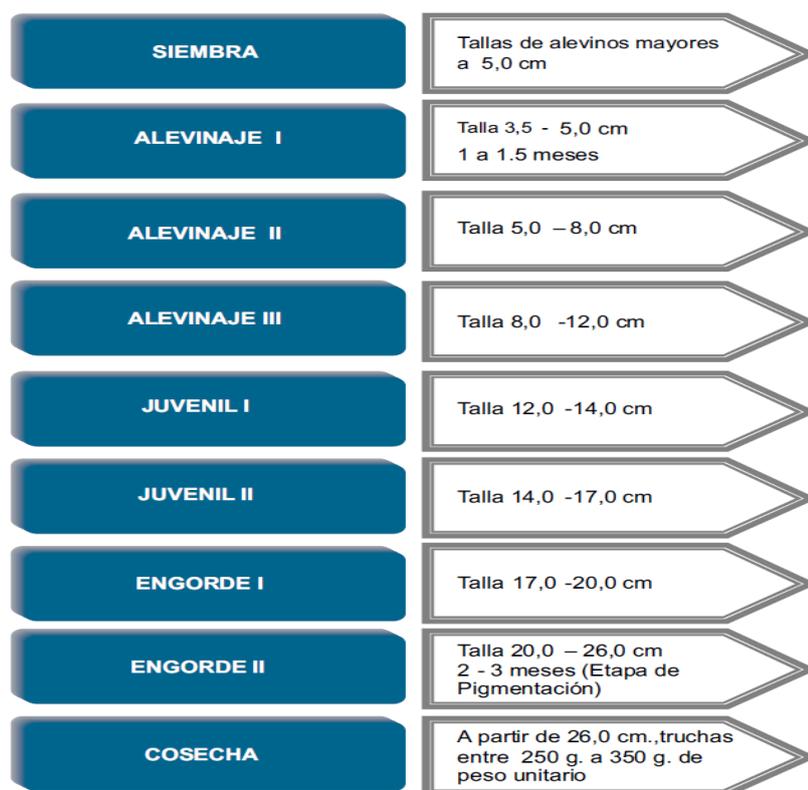


Figura 2 Flujo de producción de la trucha
Fuente: FONDEPES, 2014.

2.1.3. Estructura muscular

El músculo de pescado está formado por segmentos angulares superpuestos que se llaman miótomos o miómeros, los cuales están unidos por capas intermedias de tejido conjuntivo que se llaman miócomos o mioseptos (Primo, 1998). La anatomía del músculo del pez difiere de la anatomía de los animales terrestres, porque carece del sistema tendinoso (tejido conectivo) que conecta los paquetes musculares al esqueleto del animal. En cambio, los peces tienen células musculares que corren en paralelo, separadas perpendicularmente por tabiques de tejido conectivo (miocomata), ancladas al esqueleto y a la piel. Los segmentos musculares situados entre estos tabiques de tejido conectivo se denominan miótomos (Huss, 1998).

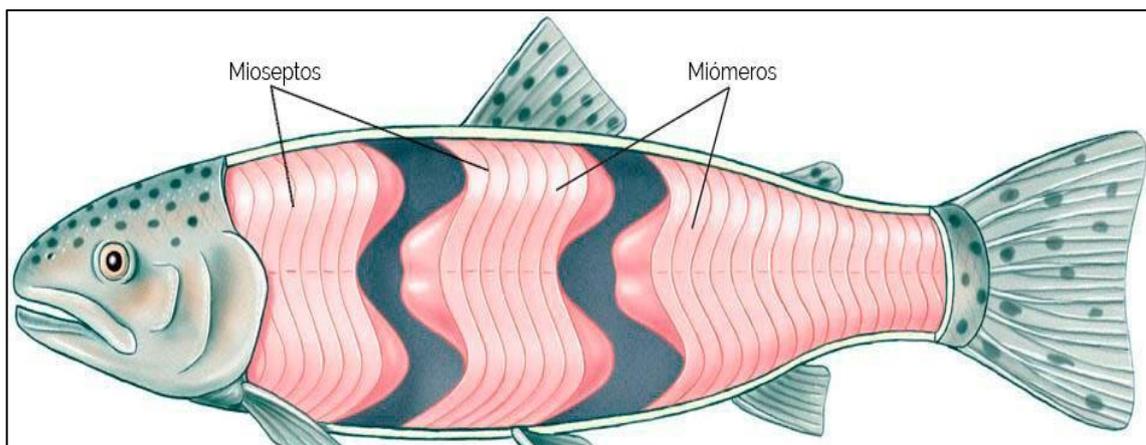


Figura 4 Estructura muscular de la trucha

Fuente: BIOINNOVA

La célula está envuelta por una cubierta de tejido conectivo denominada sarcolema. Las miofibrillas contienen proteínas contráctiles, actina y miosina. Estas proteínas o filamentos están ordenados en forma alternada muy característica, haciendo que el músculo parezca estriado en una observación microscópica (Huss, 1998).

2.1.3.1 Rigidez cadavérica

Es la contracción muscular, el cuerpo se vuelve inflexible, que se manifiesta después del sacrificio (Huss, 1998; Alcazar, 2002). El tiempo entre el inicio y la resolución del rigor mortis dependen de diversos factores, tales como la especie, la talla, las condiciones fisiológicas antes del sacrificio, la forma de sacrificio la manipulación y la temperatura de almacenamiento (Massa, 2006). En pescados exhaustos como las especies capturadas por arrastre, la fase de rigor pasa rápidamente, así como en especies pequeñas y fatigadas (Huss, 1998).

En las fibras musculares, cuando la concentración de ATP cae por debajo de un determinado valor crítico (en general valores $< 1,0 \mu\text{moles/g}$ de músculo) se produce el fenómeno singular, denominado rigor mortis o rigidez cadavérica (Massa, 2006).

El rigor mortis es la contracción del músculo debido a la unión irreversible de los filamentos de actina y miosina una vez acabados las reservas de ATP (Sánchez, 2005)

La resolución del rigor es un proceso no del todo comprendido, pero siempre ocasiona el reblandecimiento (relajación) posterior del tejido muscular y se cree está relacionado con la activación de una o más enzimas musculares presentes en el pescado, las cuales digieren ciertos componentes del complejo rigor mortis (Huss, 1998). La causa principal de dicho proceso es la pérdida de la regulación biológica de las proteasas que funcionan en el recambio de las proteínas del músculo en el animal vivo, durante el almacenamiento postmortem, dichas proteasas hidrolizan ciertas proteínas del músculo debilitando la estructura miofibrilar y promoviendo el ablandamiento (Massa, 2006).

2.1.4. Pigmentación en truchas

La trucha no poseen la habilidad metabólica inherente para sintetizar los pigmentos por esto son necesario incluidos dentro de la dieta como moléculas preformadas que son absorbidas y depositadas en los tejidos, dando como resultado una coloración rosada de las truchas; la coloración está dada por la presencia de carotenoides oxigenados en su tejido muscular, como la cantaxantina y en forma abundante la astaxantina, aunque también se pueden encontrar pequeñas cantidades de otros carotenoides como zeaxantina, luteína, capsantina, etc. (Bjerkeng, 2000).

2.2. CALIDAD EN LA PRODUCCION DE TRUCHAS ARCO IRIS

2.2.1. Calidad

Es el conjunto de características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas e implícitas; también se puede concebir como la aptitud para satisfacer las necesidades de los usuarios o consumidores al menor costo posible; estas necesidades expresadas o potenciales deben ser traducidas y formuladas en relación con las diferentes etapas necesarias para obtener la calidad. (Cuba, J. 2005).

La calidad de los productos alimentarios se ha puesto en primer plano tanto a nivel del consumidor como de los profesionales. Sin embargo, este término cubre numerosos aspectos (higiénica, nutricional, organoléptica y tecnológica) que tienen, a priori, pocas relaciones entre ellos más o menos estudiadas (Roudot,2004). En la industria pesquera, el término calidad tiene variados significados y generalmente está asociado a la apariencia estética y frescura o deterioro del pescado (Huss, 1998).

2.2.2. Parámetros de evaluación de calidad en salmónidos

La calidad del pescado fresco es una de las principales preocupaciones de la industria y los consumidores, por ser este un producto altamente perecible. El deterioro del pescado se produce principalmente como resultado de la actividad bacteriológica que lleva a la pérdida de calidad y posterior daño del producto (Liston, 1980). Se producen a menudo, cambios en la calidad gradualmente durante el período de almacenamiento posterior a la cosecha como resultado de procesos oxidativos, enzimáticos y/o bacterianos. Estos procesos degradan las cualidades de sabor, gusto y aroma y promueven cambios a la textura, color, pH y el estado nutricional, que en última instancia pueden hacer que los productos de la pesca no sean aptos para el consumo y no comercializables (Bonilla y col., 2007).

Los métodos para la evaluación de la calidad del pescado fresco pueden ser convenientemente divididos en dos categorías: sensorial e instrumental. Dado que el consumidor es el último juez de la calidad, la mayoría de los métodos químicos o instrumentales deben ser correlacionados con la evaluación sensorial antes de ser empleados en el laboratorio (Huss, 1998).

2.3.1 Evaluación de textura

La textura es uno de los parámetros de calidad más importantes que determina la sensación global de percepción sensorial de productos de salmón. Este parámetro es un término que involucra varias propiedades físicas tales como: firmeza, dureza, fragilidad, adhesividad, cohesividad, elasticidad y viscosidad (Sigurgisladottir et al., 1997).

La textura del pescado difiere ampliamente de la carne roja, porque contiene menos tejido conectivo y los enlaces cruzados formados entre las moléculas de colágeno son más débiles, lo que da como resultado que generalmente la carne del pescado tenga

una textura más blanda. Además, se ha demostrado que puede variar según la región del músculo y, enormemente, según la especie; siendo esto último explicado principalmente por la gran variabilidad del tamaño de las fibras en las especies de pescado.

La textura está compuesta por distintos parámetros tales como: firmeza, dureza, fragilidad, adhesividad, cohesividad, elasticidad y viscosidad (Sigurgisladottir y cols.,1999). En la carne de pescado, la textura está influenciada por varios factores tales como la extensión del rigor mortis, la proporción y extensión de la declinación del pH post mortem, y la proporción y extensión de la proteólisis, causando ruptura miofibrilar. Otros parámetros como el contenido de grasa, ácidos grasos y distribución de la grasa en el músculo influyen en la firmeza de la carne (Sigurgisladottir y cols., 1999).

La composición química y estructura física también varía a lo largo del filete y puede afectar las propiedades texturales. Por lo tanto, el lugar de donde es extraída la muestra es de mucha importancia y debe ser considerado cuando se midan las propiedades texturales en el filete (Jonsson y cols., 2000).

Mediciones objetivas de las características de textura pueden realizarse mediante texturometro (Veland y Torrissen, 1999). Si bien estos métodos son muy sensibles presentan la desventaja de ser destructivos (Sigurgisladottir et al.,1999). Estos sistemas consisten en el principio mecánico de la introducción de una o varias agujas o punzones a través de una muestra de carne, midiendo la fuerza necesaria para atravesar a la misma. (García, 2007).

2.3.2. Evaluación del color en salmónidos

El color de la carne juega un importante rol en la percepción del consumidor sobre la calidad de este producto. Algunos estudios en productos del mar muestran que los consumidores asocian el color con la frescura (Yagiz y cols., 2010).

La calidad de la carne de trucha arcoiris está parcialmente determinada por su color que a su vez está influenciado por el contenido de carotenoides. La pigmentación de la carne de trucha arcoiris es producida por los keto-carotenoides astaxantina (AX) y cantaxantina (CX)), pigmentos que los peces no pueden sintetizar. Los carotenoides provienen de la dieta del pez: en la naturaleza, la trucha los obtiene de sus presas, pero en la acuicultura son adicionados en la dieta (Choubert y Baccaunaud, 2006).

Los ketocarotenoides contienen enlaces dobles conjugados carbono- carbono, responsables del color. El alto número de enlaces dobles conjugados están expuestos a la oxidación con el aire lo que provoca una decoloración de los pigmentos (Choubert y cols., 2005).

2.3.3 Métodos de evaluación

Para la industria de la acuicultura de truchas es importante clasificar la trucha por color en forma rápida y económica; se usan fundamentalmente dos métodos, uno basado en la comparación del color del músculo con cartillas visualmente y el otro es una medida instrumental (Christiansen y Torrissen, 1997).

2.3.3.1. Evaluación visual

La medición visual de color es usada para clasificar truchas en planta de proceso y para medir el color en estudios de investigación; en la evaluación visual del color se usa la cartilla Roche TM, el abanico o regla calorimétrico SalmoFan TM' este último tiene

una gama amplia de colores que va desde el 20 al 34, donde 20 es igual a un color rosa muy pálido y el 34 llega a un color rojo-anaranjado, lo cual permite una mejor estimación de la coloración del músculo en campo (Pokniak et al., 2001).



Figura 5 Regla de escala Salmofan

Fuente: Salmofan Tm

La evaluación visual tiene limitaciones, está sujeta a factores ambientales como calidad y tipo de luz, color de fondo, además de ser un método subjetivo; es decir, dos medidores con visión normal y bajo las mismas condiciones de iluminación pueden clasificar un mismo filete en dos categorías diferentes (Bjerkeng, 2000).

El ojo humano es capaz de captar diferencias de color relativamente pequeñas, pero tiene habilidad limitada para separar matices cuando el color es intenso, es decir, tiende a no discriminar cuando la concentración de pigmento en el músculo es alta; además el cerebro humano tiene limitada habilidad para recordar y describir el valor del color observado (Carrió, 2009).

2.3.3.3. Evaluación instrumental

Es considerado objetivo y preciso, dado por su carácter instrumental; se basa en la luz reflectada, utilizando un colorímetro; su principio se fundamenta en el hecho de que la sensación que se tiene es triparamétrica, es decir en función del tono, la claridad y la saturación, los colores pueden ser representados por coordenadas en un espacio tridimensional; la información se basa en un sistema de valores establecido por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE); el espacio cromático es definido por coordenadas rectangulares ($L^* a^* b^*$), donde L^* es la luminosidad, a^* es la cromaticidad rojo(+) o verde(-) y b^* es la cromaticidad amarillo(+) o azul(-) (Castro, 1992).

2.3.3.4. Expresión final de color

Son muchos los factores que determinarán la expresión de un color; sin embargo, en ciertas ocasiones a pesar de tener suficiente pigmento depositado en el músculo, puede que no se exprese el color esperado; dentro de los factores que pueden incidir se encuentran la velocidad de crecimiento, infiltración de grasa y características de la composición muscular del pez (Almendras y Sabelle, 1999).

2.3.4. Evaluación de la textura

2.3.4.1 Evaluación visual Gaping

El Gaping es un fenómeno en el cual los tejidos conectivos de los filetes de pescado fallan en mantener unidos los bloques de músculo (Lavety et al., 1998). Otros autores lo definen como el grado espontáneo de separación de los miómeros en el filete lo cual dificulta su posterior procesamiento y disminuye su valor comercial (Skjervold et al., 2001).

No se conoce aún el mecanismo que conduce al gaping, pero según autores (Skjervold et al., 2001) podría ser el resultado de una desconexión de las fibras

musculares que ocurre en la interfase con el mycomata, la cual está asociada con el rompimiento de la membrana del sarcolema y la lámina que reviste la base de las fibras musculares. La literatura informa (Skjervold et al., 2001) que para tener salmón de elevada calidad se requiere que este sea procesado lo más rápido posible, una vez que ha sido capturado. En el caso de filetes de pescado la severidad del gaping disminuye notoriamente, si el fileteado se realiza cuando el pescado aún está en etapa de pre-rigor porque casi no existe gaping. Esta diferencia se hace, generalmente, aún más pronunciada cuando el pescado ha sido almacenado refrigerado con hielo.

La congelación y descongelación influyen en la consistencia del pescado, porque el tejido conjuntivo absorbe agua y los cristales de hielo lo rompen; si el pescado se descongela y se filetea los miótomos se sueltan y los filetes pierden consistencia. Este efecto se llama “gaping” (Primo, 1998).

Tabla 1. Escala de severidad de Gaping

Puntaje	Severidad del Gaping	Numero de Aberturas
0	No hay Gaping	Ausencia
1	Gaping Leve	de 1 a 5 grietas
2	Gaping Moderado	de 5 a 10 grietas
3	Gaping Intenso	mayor a 10 grietas
4	Gaping Severo	Numero considerable de aberturas
5	Gaping Extremo	Filetes totalmente separados

Fuente: Andersen et al (1994)

2.3.4.2 Evaluación instrumental

Mediciones objetivas de las características de textura pueden realizarse mediante texturómetro (Veland y Torrissen, 1999). Si bien estos métodos son muy sensibles presentan la desventaja de ser destructivos (Sigurgisladottir et al., 1999; Hyldig y Nielsen, 2001). Estos sistemas consisten en el principio mecánico de la introducción de una o

varias agujas o punzones a través de una muestra de carne, midiendo la fuerza necesaria para atravesar a la misma. (García, 2007).

Los métodos de penetración son comúnmente usados como instrumentos de valoración de alguna característica de textura en la línea de procesado. (García, 2007) los resultados de la medición con un penetrómetro portátil, que mide la firmeza como la elasticidad se correlacionan bien con la calificación subjetiva de la textura (Botta, 1991).

2.4 CONGELADO

La congelación es un proceso físico-químico complejo, de intercambio de calor y agua entre las células y el medio externo, que culmina en un cambio de una fase líquida a una sólida (Schneider y Mazur, 1984). Se logra incorporando un agente crioprotector al medio de congelación (Schneider y Mazur, 1986). Al iniciarse el descenso de la temperatura, comienza a formarse hielo extracelular, con la consecuente concentración de sales, lo que provoca disminución del volumen celular y destrucción de la membrana plasmática. Al tener una tasa de enfriamiento muy rápida, el agua no alcanza a salir del interior de la célula y se produce el hielo intracelular (Cabodevilla y Teurel, 2001).

La congelación uno de los procesos más comunes de conservación de alimentos, resulta efectiva en la retención de aroma color y valor nutritivo de alimentos y es moderadamente en la conservación de la textura. (Schwartzberg, 1999).

2.4.1 Etapas del congelado

2.4.1.1 Sub-enfriamiento

Se debe de pasar una barrera energética antes de que ocurra el proceso de cristalización como punto inicial de congelación (Franks, 1985). El proceso de sub-enfriamiento se observa cuando se retira calor sensible por debajo de 0 °C sin cambio de

fase, resultando en un estado termodinámico inestable que inicia la formación de agregados submicroscópicos de agua llegando a una interface conveniente que es necesaria para la transformación de líquido a sólido. El grado de subenfriamiento esta dictaminado por el inicio de la nucleación. Sin embargo, cuando no hay una interface estable, no se inicia la separación de fases ya que las moléculas de líquido no son capaces de alinearse por sí mismas (Reid,1993).

2.4.1.2 Nucleación

La nucleación se define como el agrupamiento de átomos en fase líquida en un núcleo estable pequeño. Para un grupo de radio r , el proceso está gobernado por la energía libre de formación acompañada por una condensación líquido-sólido ($\Delta G_{1 \rightarrow S}$), y está dada por la ecuación 1

$$\Delta G_{1 \rightarrow S} = \frac{4}{3} \pi r^3 \Delta G_V + 4 \pi r^2 \gamma \dots \dots \dots (1)$$

donde r es el radio de la partícula, ΔG_V es la diferencia de energía libre entre la fase sólida y la acuosa, y γ es la energía libre interfacial por unidad de área entre el hielo y la fase sin congelar (Franks, 1982).

De manera termodinámica, la agrupación de partículas a temperaturas por debajo del punto de fusión inicial no es favorable debido a que la relación entre la superficie y el volumen de los nucleos es muy grande y por lo tanto la energía interfacial con el líquido se vuelve una barrera (Sahagian y Goff, 1996).

El proceso de nucleación se divide en:

a) Nucleación homogénea.

La fluctuación de densidad en la fase líquida resultan en la formación de un núcleo en un patrón tridimensional puro. Se da en sistemas puros en ausencia de impurezas o cualquier tipo de sustancia que ayude a la nucleación. La probabilidad de que se de este tipo de nucleación en agua a 0 °C es cercana a cero, sin embargo, al disminuir la temperatura la probabilidad de que el núcleo llegue a un tamaño crítico incrementa y alcanza 1 cerca de -40 °C (Franks, 1982; Reid, 1983; Franks, 1985).

Un parámetro importante que se toma en cuenta al estudiar la nucleación del hielo, es la velocidad a la cual el núcleo aparece por volumen por unidad de tiempo. La relación generalizada se establece por medio de la ecuación 2.

$$J(T) = A * \exp(B\theta) \dots \dots \dots (2)$$

Donde J(T) es la velocidad de nucleación a temperatura T, A y B son constantes que representan los parámetros físicos del hielo y el agua, y θ describe la dependencia de temperatura, $((\Delta T)^2 T^3)^{-1}$, donde ΔT es el grado de sub-enfriamiento y T es la temperatura absoluta. Se observa que al incrementar ΔT , existe un punto característico del sistema donde la velocidad de nucleación se incrementa rápidamente (Franks, 1987).

b) Nucleación heterogénea.

Este tipo de nucleación es el más importante en el proceso de congelación de alimentos. Ocurre cuando las moléculas de agua se ensamblan en un agente de nucleación como las paredes del contenedor donde se encuentra, en cuerpos extraños o en material insoluble (Franks, 1987).

La congelación de agua debido a este tipo de nucleación se lleva a cabo en temperaturas más altas, ya que las partículas tienden a incrementar la estabilidad de la agrupación facilitando el proceso. Esto se traduce en una reducción de la energía de activación a cualquier temperatura y sugiere que es controlado por algún mecanismo catalizador (McBride, 1992)

2.4.1.3 Propagación de cristales de hielo.

Una vez que se inicia la nucleación y el crecimiento de cristales, las moléculas de agua se mueven rápidamente para alcanzar la estabilidad termodinámica como hielo hexagonal, el cual es el arreglo estructural favorecido energéticamente (Hobbs, 1974).

El crecimiento de los cristales ocurre cuando el número de moléculas de agua se difunden a través de la interfase y la orientación hacia un sitio de crecimiento es mayor que el número de moléculas desviadas. El mecanismo y la velocidad de crecimiento de cristales dependen de la concentración y de la morfología de la superficie. Los mecanismos incluidos en el desarrollo de la morfología de los cristales durante la congelación son complejos y se ven afectados por diversos factores (Fennema, 1973).

También es fuertemente afectado por variables termodinámicas, (propiedades de transferencia de calor), variables cinéticas (propiedades de transferencia de masa) y variables propias del alimento (ej., composición y tamaño). La modificación de éstas variables puede conducir a grandes cambios en la distribución del hielo y por consecuencia en la calidad del producto (Sahagian y Goff, 1996).

2.4.2. Métodos de congelado

Existen tres métodos básicos para el congelamiento, la elección dependerá del costo, función y posibilidad de realización según la localización y tipo de producto.

A continuación, se presentan los tres métodos:

2.4.2.1 Congelación por aire forzado

Una corriente de aire frío pasa sobre el producto y extrae el calor del producto hasta que se consigue la temperatura final. Requiere gran consumo energético, pero con buenos rendimientos. Se basa en producir aire frío, a velocidades de 3m/seg, con potentes ventiladores, pasando el producto a contracorriente en túnel con transportador continuo, o bien, dejando el producto en túnel estacionario y produciéndose corriente discontinua de aire enfriado. Puede aplicarse a cualquier producto, sea cual sea la forma, tamaño y tipo de envase. El producto final puede destinarse a siguientes transformaciones industriales, siempre que se ponga cuidado en el manejo de las temperaturas (Tsukuda, 1980).

Todo el sistema queda encerrado en una cámara aislada, con el suelo construido en forma de tanque con pendiente para el desagüe lo que facilita la limpieza (Tsukuda, 1980).

2.4.2.2 Congelador por placas o por contacto

Se caracteriza porque el calor se transmite desde el alimento hasta el refrigerante a través de una pared sólida metálica. Destacan los congeladores de placas, generalmente de aluminio o cualquier otro metal de elevada conductividad térmica. (Fernández, J. 2005).

La presión que aplica las placas a cada lado del producto mejora el contacto y de este modo aumenta el coeficiente de transferencia de calor. Para mantener las placas muy próximas se emplea un sistema hidráulico que ejerce presiones de 1 a 10 bar (Gidding y Hill, 1978).

Las placas se montan en paralelo en sentido vertical u horizontal, los espacios entre las placas son variables abriéndose para ser cargadas de alimentos envasados o sin envasar y cerrándose antes de proceder a la congelación. De forma que la superficie de las placas están en íntimo contacto con el alimento envasado. Generalmente se mantiene una presión moderada entre 0.0.7 kg/cm² y 0.3kg/cm² para conseguir un buen contacto. Para conseguir coeficiente de transmisión de calor elevado y uniforme los envases deben estar completamente llenos de alimentos y las placas no deben tener ni hielo, ni otro tipo de depósitos. (Fernández, J. 2005).

2.4.2.3 Criogénico

Se utilizan fluidos criogénicos, nitrógeno o dióxido de carbono, que sustituyen al aire frío para conseguir el efecto congelador. El producto se sitúa en contacto directo con el fluido refrigerante (Leninger y Beverloo, 1975)

2.4.3. Efectos del congelado en la textura y color de los alimentos

2.4.3.1. Textura

Las técnicas de congelación lenta, en las que los avances hacia delante de la congelación se producen a una velocidad inferior a 0,2 cm/h, influyen en el tamaño y el número de cristales. En la Figura 6 se ilustra el impacto de la velocidad de congelación en las células y, consecuentemente, en las propiedades organolépticas. Los cristales grandes que se forman en condiciones de congelación más lenta generan presión mecánica y crean bordes afilados que dañan todos los componentes celulares (los orgánulos y las membranas celulares, entre otros). Este daño provoca la unión de las enzimas y los sustratos que se habían separado previamente y, por lo tanto, produce diferentes reacciones enzimáticas. Las cualidades organolépticas de la carne que se ven

afectadas por los métodos de congelación son básicamente la ternura, la jugosidad y la capacidad de retención de agua. (Augolon,2012)

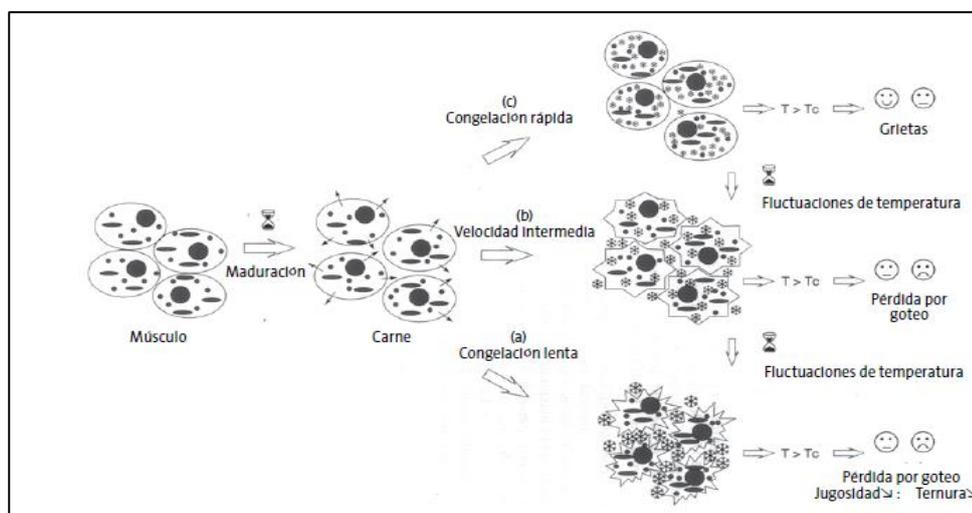


Figura 6 Formación de cristales de hielo en la célula

Fuente: Augolon,2012

En muchos casos, el deterioro causado por el hielo se explica por la rigidez y el tamaño de los cristales del interior de la estructura celular de los alimentos. El resultado de esto es una presión mecánica que puede dañar la estructura celular de productos como la carne, la fruta y las verduras. (Augolon,2012).

Durante la congelación, almacenaje congelado y el posterior descongelado, el pescado puede sufrir alteraciones como producto del proceso mismo, lo que origina cambios profundos en su calidad, textura, apariencia y características organolépticas. Estos cambios se deben a la formación de cristales de hielo, desecación, enranciamiento y los cambios en la textura producto de la desnaturalización y agregación de las proteínas (Ben-Gigirey et al., 1999)

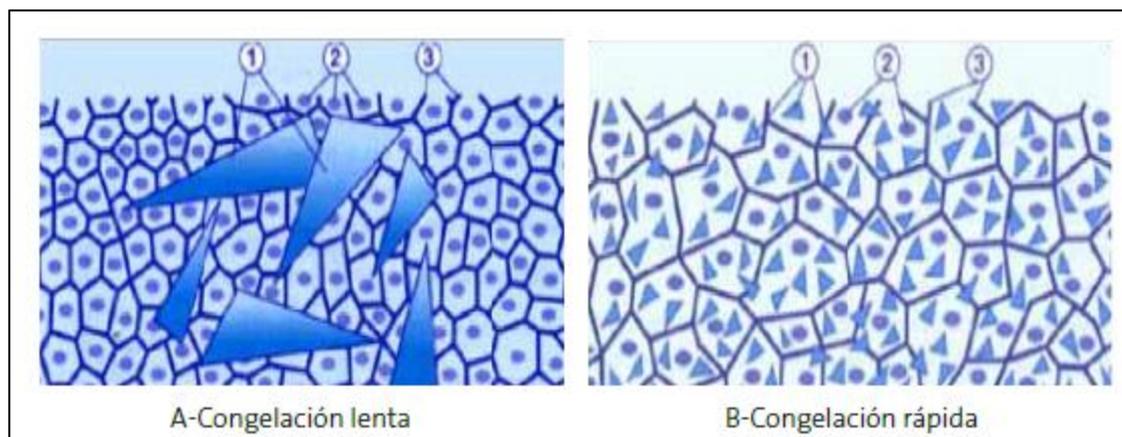


Figura 7 Efecto del congelado en la célula

Fuente: Augolon, 2012

Donde:

1. Cristales de Hielo
2. Núcleos de la célula
3. Paredes de la célula

2.5 DESCONGELACION BAJO CORRIENTE DE AGUA

Los alimentos se descongelan sumergiéndolos en una corriente de agua a una temperatura de 21 °C o más baja. El flujo de agua debe ser suficientemente fuerte para arrastrar al desagüe partículas del alimento, este método es el más recomendado por ser de mayor rapidez en comparación a otros métodos y permite reducir el nivel de exudado en el proceso de descongelación (Jasper, y Placzek, 1990).

La descongelación de la carne bajo corriente de agua es el proceso culminante del procesamiento del mismo con frío y consiste en la elevación de su temperatura hasta 0°C. Entonces ocurren en la carne cambios sustanciales, relacionados principalmente con la descongelación de los cristales de hielo y la adsorción, (por parte de los tejidos musculares) del líquido resultante, es decir se produce en determinada medida la

recuperación, por parte de las fibras musculares, del líquido que se separa de ellas en forma de cristales de hielo. El líquido resultante del descongelamiento de los cristales de hielo es absorbido casi en su totalidad por los tejidos, estos aumentan su volumen y la carne, después del descongelamiento, posee características similares a la carne fresca (Maza, 2001).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCION

El presente trabajo de investigación se ha ejecutado en las siguientes instalaciones:

- Planta de procesamiento primario de Piscifactorías de los Andes S.A. Parque Industrial Salcedo Mz N lote 8.-Puno
- Empresa Acuícola de Servicios Múltiples S.R.L. Parque Industrial Salcedo Mz N lote 10-Puno.
- Laboratorio de Post Cosecha de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Altiplano- Puno.

3.2 MATERIALES DE EXPERIMENTACION

Las materias primas para la siguiente investigación fueron obtenidas de la Empresa Piscifactorías de los Andes S.A. en tamaño de 700 a 800gr en etapa de acabado comercial para obtener filetes de 200gr a 250gr.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Materiales

- Balanza gramera WEIGHT 0 a 5000g
- Cuchillos para Eviscerado y fileteado
- Tableros
- Paletas de entubado
- Bolsas Laminadas de 100 micras de espesor
- Cajas COOLER para traslado de Muestras

3.3.2. Equipos de planta y congelado

- Selladora al vacío de doble campana marca HENCOVAK.
- Túnel de congelado DANFOSS capacidad de 1.5Tn
- Congelador de placas MOON LIGHT capacidad 0.5Tn.

3.3.3 Instrumentos de medición

- Texturometro BROKFIELD CT3
- Colorímetro SC-20
- Regla lineal Salmofan.
- Termómetro de punzón TAYLOR (-40 A 230°C).

3.4 METODOLOGIA DE PROCESAMIENTO.

La presente investigación ha seguido el siguiente diagrama de flujo de acuerdo a la metodología de AQUASEM (2013).

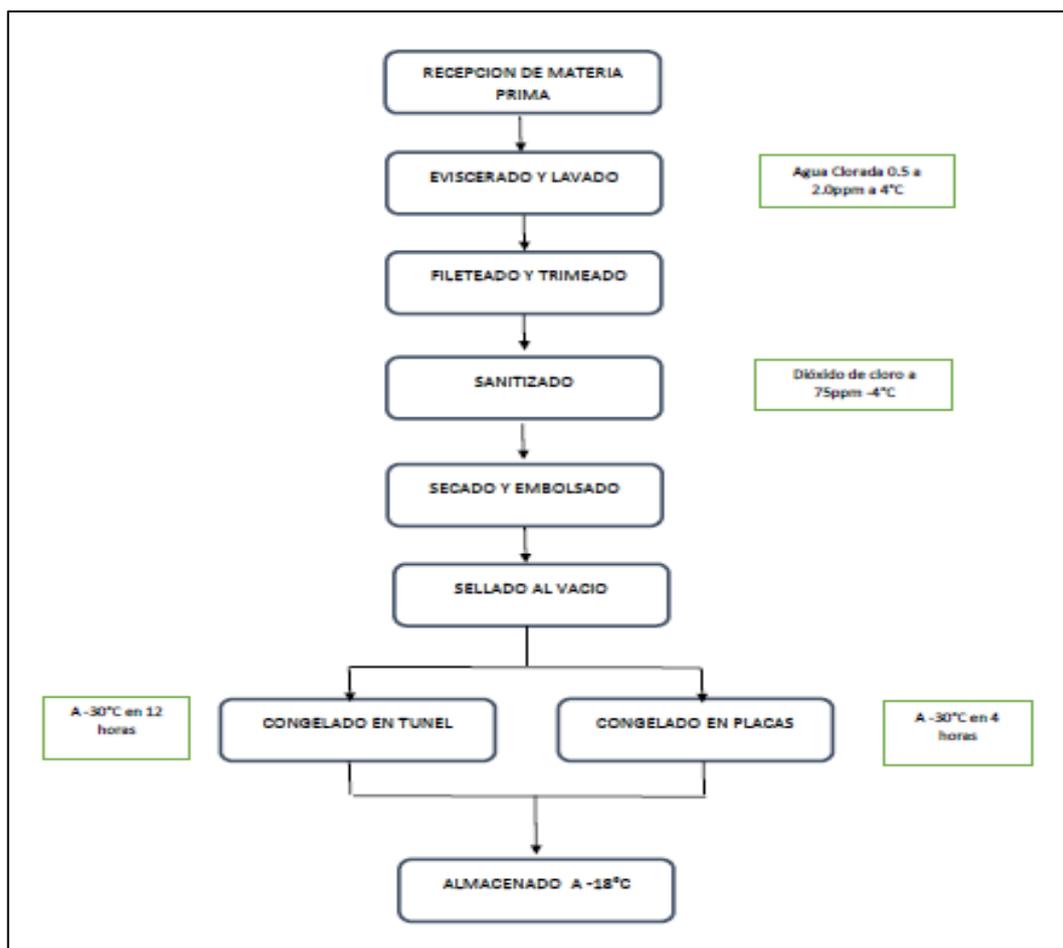


Figura 8. Diagrama de flujo filetes congelados

Fuente: AQUASEM, 2013

A continuación, se describe las etapas del proceso

- a. *Recepción.* Se ha recepcionado en cubetas de 20kg. a temperatura de 1.8°C
- b. *Eviscerado y lavado.* Se realizó un corte longitudinal desde el ano hacia las aletas pectorales para posteriormente retirar las vísceras del canal del trucha incluido las agallas y finalmente se realiza el lavado con abundante agua.
- c. *Fileteado y Trimeado.* Se realizó un corte para separar los filetes del esqueleto de la trucha y se dio un trimeado en presentación comercial TRIM B.

- d. *Sanitizado*. Luego del trimeado se sanitizo por inmersión en un contenedor de 100 litros por el lapso de 1 minutos en una solución de dióxido de cloro a una concentración de 5ppm. Para luego escurrirlo en bandejas
- e. *Secado y entubado*. En esta operación se procedió a secar los filetes con sumo cuidado con papel absorbente para posteriormente entubarlo en bolsas laminadas de 100U de espesor como se realiza para presentaciones comerciales de exportación.
- f. *Sellado al Vacío*. Se procedió a sellar las bolsas de los filetes en la selladora de vacío de doble campana Hencovack para una mejor conservación del producto antes del congelado.
- g. *Congelado en túnel de aire forzado*. Luego se procede a congelar las muestras del lado izquierdo de la trucha en el túnel de congelación por el lapso de 10 horas y se retiró el filete a temperatura de -18°C en el centro térmico.
- h. *Congelado en placas por contacto directo*. El lado derecho de las muestras en el congelador de placas por el lapso de 4 horas y se retiró al llegar a -18°C en el centro térmico.
- i. *Almacenado*. Se procedió a rotular las cajas con las muestras tanto de túnel como de placas y luego se guardó en la cámara de almacenamiento a temperatura de -20°C por el lapso de 15 días.
- j. *Descongelado*. Se procedió a descongelar las muestras mediante chorro de agua a -18°C .

3.5. METODOLOGIA DE EVALUACION

3.5.1 Evaluación instrumental

La evaluación instrumental se realizó en el laboratorio de post cosecha de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano en dos etapas fresco y descongelado y se realizó el siguiente procedimiento:

3.5.1.1 Evaluación de textura

Se realizó mediante el método de esfuerzo al corte, utilizando un accesorio de Warner-Brazler a un texturometro y la aguja N° 15 donde se obtuvo los valores de resistencia al corte (mJ), de una muestra de filete en forma rectangular de 3x3cm aproximadamente y de 1.5 cm de espesor. El corte se realizó perpendicularmente. Este aparato realiza una simple medida de la fuerza máxima de corte ejercida durante la ruptura completa de la muestra (Vieira, Martinez, Diaz, & Garcia, 2004).

3.5.1.2 Evaluación del color

Para su determinación se ha utilizado el colorímetro CS - 20, utilizando el espacio CIELAB. Este sistema permite identificar el color con la ayuda de las coordenadas, luminosidad (L^*), tonalidades de rojo - verde (a^*) y las tonalidades de amarillo - azul (b^*) para cada muestra.

3.5.2. Evaluación sensorial

Las muestras fueron evaluadas por 10 panelistas de la empresa Piscifactorías de los Andes S.A. de experiencia laboral en procesamiento de filetes de trucha mayor a 5 años en dos sesiones donde se evaluó las muestras antes del congelado y pasado 30 días luego de su congelado.

La metodología utilizada para realizar el análisis sensorial fue la técnica de Análisis Descriptivo Cuantitativo QDA. Para esto, se desarrolló una ficha de evaluación (Anexo 1) basada en la CAC/GL 31 (1999) entregada por el Codex Alimentario (1999). Las muestras de filete de trucha fueron presentadas a los panelistas los cuales evaluaron los parámetros de color mediante la escala SALMOFAN y la textura mediante un análisis visual y de tacto usando la escala de GAPING en una escala de 0 a 5. Y la escala de Likert acondicionada de elasticidad del musculo la cual se presenta en la figura 9.

Grado	Puntuacion	Descripcion
Muy malo	1	Se deshace el musculo con facilidad
Mala	2	No recupera su forma original
Regular	3	Recupera su forma despues de un lapso de tiempo
Buena	4	Recupera con facilidad su estado original
Muy buena	5	Ofrece resistencia a la presion

Figura 9 Escala de Likert acondicionada

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos de las evaluaciones se presentan en el Anexo 2 para evaluación de textura instrumental y sensorial y el anexo 3 para color instrumental y sensorial.

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.6.1. Modelo estadístico para análisis instrumental de textura y color

Para comparar los resultados obtenidos de textura y color de cada método de congelación se aplicó el diseño completamente al azar con tres repeticiones realizando su respectivo análisis de varianza (ANOVA). (Chambilla, 2010).

Tabla 2. Distribución de tratamientos y repeticiones

REPETICIONES	TRATAMIENTOS					
	INICIO DEL CONGELADO		FINAL PLACAS		FINAL TUNEL	
	R.CRANEAL	R.CAUDAL	R.CRANEAL	R.CAUDAL	R.CRANEAL	R.CAUDAL
1	T1	T4	T7	T10	T13	T16
2	T2	T5	T8	T11	T14	T17
3	T3	T6	T9	T12	T15	T18

Cuyo modelo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = Unidad experimental que recibe el tratamiento i -ésimo y está en el bloque j -ésimo (variable de respuesta)

μ = Es verdadero efecto medio probable

τ_i = El verdadero efecto del i -ésimo tratamiento (1,2,3)

e_{ij} = El verdadero efecto de la unidad experimental en la j -ésima bloque que esta sujeto a i -ésimo tratamiento (error experimental)

3.6.2. Modelo estadístico para evaluación sensorial de textura y color

Para comparar los resultados obtenidos luego de la aplicación de la congelación por túnel de aire forzado y por contacto directo se realizó un diseño completamente al azar con 5 repeticiones y fueron evaluados por 10 panelistas luego se aplicó su respectivo ANOVA.

Tabla 3. Distribución de tratamientos y repeticiones para evaluación sensorial

REPETICIONES	TRATAMIENTOS					
	INICIO DEL CONGELADO		FINAL PLACAS		FINAL TUNEL	
	R.CRANEAL	R.CAUDAL	R.CRANEAL	R.CAUDAL	R.CRANEAL	R.CAUDAL
1	T1	T6	T11	T16	T21	T26
2	T2	T7	T12	T17	T22	T27
3	T3	T8	T13	T18	T23	T28
4	T4	T9	T14	T19	T24	T29
5	T5	T10	T15	T20	T25	T30

Cuyo modelo lineal fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = Unidad experimental que recibe el tratamiento i-ésimo y está en el bloque j-esima (variable de respuesta)

μ = Es verdadero efecto medio probable

τ_i = El verdadero efecto del i-ésimo tratamiento (1,2,3)

e_{ij} = El verdadero efecto de la unidad experimental en la j-esima bloque que esta sujeto a i-esimo tratamiento (error experimental)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 EVALUACION INSTRUMENTAL DE LA TEXTURA

4.1.1 Región craneal del filete de trucha

En la tabla 4 se presenta el análisis de varianza para la región craneal donde hubo una diferencia significativa ($p < 0.05$) una vez aplicado el ANOVA.

Tabla 4. ANOVA Para Evaluación de Textura En La Reg. Craneal

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Media Cuadratica	Valor F	Valor p	Nivel de significancia
TRATAMIENTO	2	0.12407	0.062033	8.55	0.018	*
ERROR	6	0.04353	0.007256			
Total	8	0.1676				

C.V.= 5.9%

Al presentarse un efecto significativo entre tratamientos podemos afirmar que alguna de las medias es diferente y el coeficiente variabilidad está dentro del rango de variabilidad aceptable se ha aplicado la prueba Tukey la cual se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Prueba de Tukey Para La Región Craneal

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACION
TEXTURA INICIAL CRANEAL	3	2.61	a
TEXTURA FINAL EN PLACAS	3	2.44	a b
TEXTURA FINAL EN TUNEL	3	2.32	b

Se puede observar que las diferencias entre las medias de la textura inicial antes de someterse a congelado fue de 2.61mJ y la textura final después del congelado en túnel fue de 2.32mJ por otro lado para la textura después de someterse al congelado en placas la media fue de 2.44mJ la cual se ubica en la misma columna de agrupación de medias de

Tukey con la media de la textura inicial indicando que el tratamiento por placas no ha sufrido variación en comparación al tratamiento de congelado por túnel.

Tabla 6. Pruebas simultaneas de Tukey para diferencia de medias

Diferencia de niveles	Diferencia de Medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor P	Nivel de Significancia
TEXT. FINAL PLACAS - TEXT. INICIAL	-0.1633	0.0695	(-0.3768; 0.0501)	-2.35	0.124	N.S
TEXT. FINAL TUNEL - TEXT. INICIAL	-0.2867	0.0695	(-0.5001; -0.0732)	-4.12	0.015	*
TEXT. FINAL PLACAS - TEXT. FINAL TUNEL	-0.1233	0.0695	(-0.3368; 0.0901)	-1.77	0.256	NS

Nivel de confianza individual = 97.80%

Al realizar prueba simultaneas de Tukey en la tabla 6 se puede observar que existe un valor $p < 0.05$ para la diferencia de medias entre la textura inicial y la textura final del congelado en túnel, mientras que para la textura inicial y textura final de placas el p valor es > 0.05 y no se encuentra diferencia entre ambas; por lo tanto podemos concluir que un congelado en placas (por contacto directo) es el mejor método para conservar la textura del filete de trucha a diferencia de un congelado por túnel (por flujo de aire continuo). Según lo manifestado por Tejada et al. (1996), en una congelación lenta, el tamaño del cristal que se forma es tan grande que rompe las paredes celulares, permitiendo el derrame de fluidos internos y la consiguiente pérdida de sabor, textura y valor nutritivo cuando se descongela el alimento según lo manifiesta. El tiempo de congelado de túnel (por aire forzado) fue de 12 horas en comparación al congelado por placas (contacto directo) fue de 4 horas. Este resultado coincide en una mejor conservación de la textura cuando el producto es sometido a congelación rápida, tal como manifiesta Chambilla (2010) al encontrar mayor estabilidad en la conservación de proteínas 16.6 % en un congelado por el método de congelado criogénico, seguido por el congelado en placas 14.7% y túnel 13.4% en la evaluación de la carne de cuy , así mismo las diversas proteínas muestran distintas susceptibilidades a la desnaturalización por congelación, resultando siempre más

afectadas las globulinas que las albúminas y en el seno del músculo, la actomiosina. La actina y la miosina son las proteínas fibrilares fundamentales de la fibra muscular, constituyendo en la musculatura del pescado un 75% aproximadamente de la proteína total según Rodríguez (2011). Cuando el músculo se descongela, si las condiciones de conservación han sido óptimas, las fibras musculares recobran su forma original; sin embargo, si las condiciones de congelación no han sido buenas, la morfología de las fibras se verá modificada como lo indica Howgate, (1979). Durante la descongelación, el agua tiende a rehidratar el músculo, pero puede existir un exceso de agua extracelular que no es reubicada y se pierde por exudación. Cuando el agua extracelular del músculo se descongela, en el lugar donde estaban los cristales de hielo se pueden formar unos canales por donde el agua fluye y contribuyen a esta pérdida de agua según lo manifestado por Offer & Knight (1988).

4.1.2 Región caudal del filete de trucha

La tabla 7 presenta el Análisis de varianza realizado a los resultados obtenidos de la medición de textura instrumental en la región caudal del filete de trucha.

Tabla 7. ANOVA para evaluación de textura en la Reg. Caudal

Fuente	GL	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA CUADRÁTICA	Valor F	Valor p	Nivel de Significancia
TRATAMIENTO	2	0.09242	0.04621	4.54	0.063	NS
Error	6	0.06107	0.01018			
Total	8	0.15349				

C.V.= 5.5%

Según los resultados de los tratamientos en la región caudal del filete no presentaron diferencias significativas estadísticamente dado que el p valor es 0.063 siendo

este $p > 0.05$, por lo tanto, la variación de textura tanto para el congelado en túnel y congelado en placas en relación a la textura inicial no ha sido alterada significativamente.

Esto es corroborado por Jonsson et al.(2000) que indican que la composición química y estructura física también varía a lo largo del filete y puede afectar las propiedades texturales. Por lo tanto, el lugar de donde es extraída la muestra es de mucha importancia y debe ser considerado cuando se midan las propiedades texturales en el filete, en el caso de la región craneal si hubo diferencia significativa entre los dos tipos de congelado y esto probablemente se deba a que el largo de las células musculares del filete es heterogéneo, variando desde el final de la cabeza (parte craneal) hasta el final de la cola (parte caudal). La célula muscular más larga se encuentra en el duodécimo miotoma contado desde la cabeza y su longitud media es de alrededor 10 mm para un pescado de 60 cm de largo como lo indica Love (1975). Esto también se muestra en la figura 2 donde la distribución de los miomeros varía a lo largo del filete.

4.2 EVALUACION SENSORIAL DE LA TEXTURA

4.2.1 Elasticidad en la región craneal.

La tabla 8 nos presenta el análisis de varianza que se ha realizado a los datos obtenidos luego de efectuar el análisis sensorial.

Tabla 8. ANOVA para Evaluación Sensorial En La Reg. Craneal

Fuente	GL	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA CUADRATICA	Valor F	Valor p	Nivel de Significancia
TRATAMIENTO	2	3.559	1.7795	13.94	0.001	*
Error	12	1.532	0.1277			
Total	14	5.091				

C.V.=19.2%

Podemos verificar que hay diferencia significativa entre las medias por ser el valor $p < 0.05$, a pesar de que el coeficiente de variación este alto se puede tener en cuenta que aún es aceptable para la evaluación realizada, es por ello que se aplica las comparaciones de medias múltiple de Tukey

Tabla 9. Prueba De TUKEY Para La Región Craneal

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACION
TEXTURA INICIAL CRANEAL	5	3.98	a
TEXTURA FINAL EN PLACAS	5	3.46	a
TEXTURA FINAL EN TUNEL	5	2.79	b

Se verifica que entre la textura inicial con la textura al final de congelado en placas comparte una misma letra al realizar la prueba de Tukey a diferencia de la textura en túnel, lo cual indica que se ha conservado la textura luego de someter a congelado por placas.

Tabla 10. Prueba simultanea de Tukey para las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p	Nivel de significancia
TEXTURA INICIAL - TEXTURA FINAL EN TUNEL	-1.19	0.226	-1.792; -0.588	-5.27	0.001	*
TEXTURA INICIAL - TEXTURA FINAL EN PLACAS	-0.52	0.226	(-1.122; 0.082)	-2.3	0.094	NS
TEXTURA FINAL EN PLACAS - TEXTURA FINAL EN TUNEL	0.67	0.226	(0.068; 1.272)	2.96	0.03	*

Nivel de confianza individual = 97.94%

La tabla 10 nos indica que el congelado por placas conserva la elasticidad como indicador sensorial de textura a diferencia del congelado en túnel. Antes de someter a congelado la media inicial para la elasticidad fue de 3.98 la cual califica como buena al compararla con la figura 9 en la escala de Likert acondicionada para esta evaluación y luego de someter a congelado por túnel fue de 2.79 la cual califica como regular y en relación a la textura del congelado en placas en el cual se obtuvo una puntuación de

3.46 la cual es considerada buena por lo tanto no hubo variación significativa entre el tratamiento en fresco y el tratamiento en congelado de placas por lo tanto el congelado por placas conserva la elasticidad del musculo del filete en la región craneal . Ben Gigirey, et al. (1999) manifiesta que la baja en la elasticidad se debe principalmente a la desnaturalización y agregación de las proteínas que forman parte de las miofibrillas (proteínas miofibrilares), que son responsables de mantener unidas las fibras del músculo; así mismo una congelación lenta provoca presencia de cristales de hielo más grandes según lo descrito por Augolon (2012).

4.2.2 Elasticidad en la región caudal

Se presenta la tabla 11 donde se ha realizado el análisis de varianza con los datos obtenidos por los panelistas en la evaluación sensorial.

Tabla 11. ANOVA para evaluación elasticidad en La Reg. Caudal

Fuente	GL	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA CUADRATICA	Valor F	Valor p	Nivel de Significancia
TRATAMIENTO	2	0.892	0.446	3.92	0.059	NS
Error	12	1.364	0.1137			
Total	14	2.256				

C.V.=10.7%

En la tabla 11 se puede apreciar que no existe diferencia significativa entre tratamientos dado que el p valor (0.059) es mayor a 0.05 ($p > 0.05$) por lo que podemos afirmar que ambos tratamientos no hay variación estadísticamente significativa y se refleja en la tabla 12.

Tabla 12. Comparaciones múltiples de medias de TUKEY

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACION
TEXTURA INICIAL CAUDAL	5	4.1	a
TEXTURA FINAL EN PLACAS	5	3.5	a
TEXTURA FINAL EN TUNEL	5	3.6	a

El congelado en placas como el congelado en túnel conservan el filete sin mayor daño en esta región caudal del filete obteniendo puntuación de 4.1 según la evaluación de los panelistas para la textura inicial cuya calificación es muy buena de acuerdo a la figura 9, en el tratamiento de congelado en túnel se obtuvo una puntuación promedio de 3.6 y en el caso del tratamiento de congelado por placas se obtuvo una puntuación de 3.5, en ambos tratamientos representa una calificación buena. Hernández et.al, (2001) en un estudio realizado en Salmon Coho indicaron que mientras menor sea la relación proteína/lípidos, existe una disminución de la firmeza, lo cual para nuestro resultado tendría relación por la zona de toma de muestra, dado que existe menor presencia de lípidos en la zona caudal a diferencia de la zona ventral del musculo de la trucha.

4.2.3 Evaluación por gaping en la región craneal.

Se presenta en la tabla 13 el respectivo análisis de varianza para determinar si entre las medias obtenidas hay diferencia significativa.

Tabla 13.ANOVA para Evaluación Gaping En La Reg. Craneal.

Fuente	GL	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA CUADRÁTICA	Valor F	Valor p	Nivel de Significancia
TRATAMIENTO	2	0.6973	0.34867	15.16	0.001	*
Error	12	0.276	0.023			
Total	14	0.9733				

C.V=14.3%

Efectivamente se obtiene que el valor $p < 0.05$ por lo tanto las medias son diferentes significativamente y se aplica la prueba de Tukey de comparaciones múltiples mostradas en la tabla 14 al 95% de confianza.

Tabla 14. Prueba De Tukey Para Gaping En La Reg. Craneal

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACION
GAPING CRANEAL EN TUNEL	5	2.12	a
GAPING CRANEAL EN PLACAS	5	1.78	b
GAPING INICIAL	5	1.60	b

En la tabla 14 al realizar la prueba comparativa de TUKEY se puede observar que entre el gaping obtenido al inicio del congelado los panelistas observan una media de 1.6 el cual representa un gaping leve después del congelado en placas se obtiene una media de 1.78 teniendo una mejor conservación de los miómeros, y en el gaping después del congelado de túnel se obtuvo una media de 2.12 lo cual representa un gaping moderado según la tabla 1 por lo tanto el congelado en placas conserva el gaping como indicador de textura a diferencia que el congelado por túnel. Skjervold et al. (2001), manifiesta que podría ser el resultado de una desconexión de las fibras musculares que ocurre en la interfase con el miofibril, la cual está asociada con el rompimiento de la membrana del sarcolema y la lámina que reviste la base de las fibras musculares. Las miofibrillas aisladas del músculo del pescado conservado durante un tiempo, muestran una disminución y desalineación del número de sarcómeros, que está relacionado con la duración del período de conservación. Este fenómeno se atribuye a la desintegración post-mortem de la línea Z, causado por proteasas citoplasmáticas del músculo del pescado la velocidad y el grado de fragmentación de las miofibrillas dependen de la especie de pescado y de las condiciones de conservación del músculo descrito por Tokiwa y Matsumiya, (1969). Guevara (1988), quien señala que el gaping aumenta con la disminución del pH y con lo señalado por Love (1970), quienes reportaron que el pH tiene tanta influencia como la temperatura en el músculo durante el rigor mortis, que finalmente afectan al gaping presentado por el músculo del salmón. Por lo cual un congelado rápido evita el incremento del gaping en los filetes.

4.2.4 Evaluación por gaping en la región caudal

En la Tabla 15 se presenta el análisis de varianza obtenido a partir de los datos obtenidos por la evaluación de los panelistas en la región caudal del filete de trucha.

Tabla 15. ANOVA Para Gaping En La Región Caudal

Fuente	GL	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA CUADRÁTICA	Valor F	Valor p	Nivel de Significancia
Factor	2	0.009333	0.004667	0.15	0.865	NS
Error	12	0.38	0.031667			
Total	14	0.389333				

C.V.=9.84%

En la tabla 14 se obtiene que el valor $p > 0.05$ lo cual estadísticamente no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Si los miotomas (miomeros) no están conectados a la miocomatas, se forman rendijas y agujeros en la carne, los cuales son característicos del gaping (Eskin et al., 2013), en el análisis realizado por los panelistas se obtuvo un puntaje de 1.7 en el tratamiento inicial y al final del congelado por túnel y placas se obtuvo una media de 1.6 y 1.7 respectivamente que están dentro del parámetro de gaping leve por el número de grietas de acuerdo a la tabla 1.

4.3 EVALUACION DEL COLOR

4.3.1 Evaluación instrumental en las coordenadas L, a*,b* de la región craneal

En la tabla 16 se presenta el análisis de varianza obtenido a partir de la medición donde se han trabajado los parámetros L (luminosidad), *a (rojo-verde) y b*(amarillo-azul) en la región craneal del filete de trucha.

Tabla 16. ANOVA en la región craneal para L, *a y*b

	FACTOR	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	Valor F	P Valor	Nivel de significancia
L CRANEAL	Entre grupos	119.735	2	59.868	26.134	0.00109	*
	Dentro de grupos	13.745	6	2.291			
	Total	133.480	8				
*a CRANEAL	Entre grupos	641.235	2	320.617	71.537	0.00007	*
	Dentro de grupos	26.891	6	4.482			
	Total	668.126	8				
*b CRANEAL	Entre grupos	65.882	2	32.941	15.932	0.00398	*
	Dentro de grupos	12.406	6	2.068			
	Total	78.288	8				

C.V.=6.1% para Luminosidad; C.V=15.3% para a*; C.V=5.1% para b*;

Se puede observar que se ha obtenido un valor p menor a 0.05 para los 3 parámetros de medición por lo cual podemos afirmar que existe diferencia significativa entre los tratamientos y se presenta mediante la comparación de medias múltiples de Tukey en la tabla 17 para L.

Tabla 17. Prueba de Tukey Para Luminosidad L

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACION
LUMINOSIDAD TUNEL	3	71.67	a
LUMINOSIDAD INICIAL	3	66.21	b
LUMINOSIDAD PLACAS	3	62.83	b

Podemos observar que hay una diferencia estadísticamente significativa entre la luminosidad inicial y la luminosidad final obtenido del congelado del túnel con una media de 66.21 y 71.67 respectivamente.

Tabla 18. Prueba de comparación de medias tukey para *a

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACION
a* FINAL TUNEL	3	67.72	a
a* INICIAL	3	63.01	a
a* FINAL PLACAS	3	47.93	b

En la tabla 18 se presenta la prueba de Tukey para el valor *a se puede observar que entre la media inicial y la media de a* del túnel no hay mayor variación e incluso que mejora la tendencia hacia la tonalidad roja y en cuanto a la media final del congelado por placas tiende a ser significativamente diferente por tener tendencia hacia la tonalidad verde.

Tabla 19. Prueba de comparación de medias Tukey para *b

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACION
b* FINAL TUNEL	3	63.33	a
b* FINAL PLACAS	3	61.81	a
b* INICIAL	3	57.01	b

En la tabla 19 al realizar la comparacion de medias se obtiene que la media inicial de *b es significativamente diferente de los tratamientos de placas y tunel en el parametro amarillo- verde. Por lo tanto, podemos concluir que con el tratamiento en túnel obtenemos una mejor coloración respecto a la tonalidad roja y con el tratamiento en placas se acerca a la tonalidad amarilla, el resultado obtenido difiere de lo encontrado por Nickell y Bromage (1997) y Christiansen et al. (1995) quienes observaron que a medida que el color rojo anaranjado de los salmónidos se hace más intenso L^* disminuye la tonalidad.

La mayoría de las investigaciones realizadas en pigmentación de salmónidos apuntan a cuantificar el componente rojo del músculo (a^*). Storebakken (1992) manifiesta que al congelar y refrigerar filetes de truchas arco iris, con concentraciones de 7 ppm astaxantina sintética en el músculo, por 6 meses entre $<20^{\circ}\text{C}$ y $<80^{\circ}\text{C}$, no se registraron pérdidas significativas, observándose una coloración más roja y brillante que los obtenidos al comienzo del almacenamiento en congelación de estos músculos de truchas. Esto coincide con nuestros resultados con respecto a la tonalidad roja a^* que se ha incrementado en relación a la media inicial con el mejor tratamiento que es el de congelado por túnel. Así mismo, Andersen et al. (1994), demostraron que en filetes congelados de peces del género de *Oncorhynchus* al aumentar la rancidez a nivel muscular disminuye la concentración de astaxantina muscular situación que se acentúa al pasar el tiempo.

4.3.2 Evaluación instrumental en las coordenadas L*a*b de la región caudal

Para la determinación del color en las coordenadas L*a*b se ha realizado el análisis de varianza con los datos obtenidos de la evaluación y presentados en la tabla 31 del anexo 3 para verificar si existe diferencia significativa los datos del análisis de variancia se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. ANOVA Para Color En La Región Caudal

		Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P	Sig.
LUMINOSIDAD	Entre grupos	121.394	2	60.697	4.771	0.058	NS
	Dentro de grupos	76.340	6	12.723			
	Total	197.734	8				
ROJO VERDE CAUDAL	Entre grupos	290.093	2	145.047	22.607	0.002	*
	Dentro de grupos	38.496	6	6.416			
	Total	328.589	8				
AMARILLO AZUL CAUDAL	Entre grupos	211.720	2	105.860	11.648	0.009	*
	Dentro de grupos	54.528	6	9.088			
	Total	266.248	8				

C.V= 8.6% para Luminosidad, C.V.=11% para a*, C.V.= 9.5% para b*

En la tabla podemos observar que al hacer el análisis de variancia existe diferencia significativa entre grupos en cuanto a los parámetros a* y b* pero no se presenta diferencia en cuanto al parámetro L dado que el p valor > 0.05 es por ello que realizamos la prueba de comparación múltiple de tukey en la región caudal para establecer en que grupos se encuentra diferencias en la tabla 20 para el parámetro *a.

Tabla 21. Prueba de Tukey para a* en la región caudal

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACION
a* INICIAL	3	65.21	a
a* FINAL TUNEL	3	58.26	b
a* FINAL PLACAS	3	51,30	c

En la tabla 21 para el parámetro *a en la región caudal al realizarse la prueba de Tukey para medias se encuentra que todas las medias son significativamente diferentes con tendencia a disminuir la tonalidad roja , lo cual nos indica que hubo una variación en comparación al *a inicial de media 65.21 seguido de la media final del túnel 58.26 y altamente significativo al final de placas de 51.30

Tabla 22. Prueba de Tukey para b* en la región caudal

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACION	
b* FINAL PLACAS	3	65.24	a	
b* INICIAL	3	60.27	a	b
b* FINAL TUNEL	3	54.06		b

En la tabla 22 se observa que se agrupa la media *b inicial y la media *b placas teniendo una variación significativa con el *b final del túnel por lo tanto podemos concluir que el congelado por placas no conserva el color en esta región tendiendo a la tonalidad amarilla la cual es indicador de disminución en cuanto a parámetro de color requerido por los clientes, Torrissen y col. (1989) discute dos modelos hipotéticos sobre el depósito de pigmento en salmónidos. En el primero, la concentración de carotenoides es considerada como una función lineal con el incremento de peso, por lo tanto su eficiencia de retención también aumentaría con el peso. Los estudios que soportan este modelo han sido realizados por cortos periodos de tiempo por Spinelli y Mahnken. (1978). El otro modelo asume una tasa de retención constante independiente de la talla del pez.

4.3.3 Evaluación sensorial de color en la región craneal

Para la evaluación de color se utilizó la regla Salmofan de escala 20 a 30 según la tonalidad contrastada con el filete en la región craneal los resultados se presentan en la y se presenta en la tabla 23 el análisis de varianza para la región craneal.

Tabla 23. ANOVA para evaluación sensorial en La Región Craneal

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Media Cuadratica	Valor F	Valor p	Nivel de significancia
Tratamiento	2	9.733	4.8667	11.23	0.002	*
Error	12	5.2	0.4333			
Total	14	14.933				

C.V.=4%;

Se puede observar que existe diferencia significativa por ser el $p < 0.05$, para analizar entre que tratamientos se encuentra diferencia se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey en la tabla 24.

Tabla 24. Prueba de Tukey para Evaluación De Color

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACION
COLOR CRANEAL TUNEL	5	26.4	a
COLOR CRANEAL INICIAL	5	26.2	a
COLOR CRANEAL PLACAS	5	24.60	b

La media inicial tiene un valor inicial de 26.2 y la media del túnel 26.4 a diferencia de la media final de placas 24.6 el cual tuvo un descenso en cuanto a la apreciación visual de los panelistas mediante la escala Salmofan.

Por lo tanto, al someter las muestras a una evaluación de color por el método sensorial se concluye que el congelado por túnel conserva la tonalidad roja respecto a la medición inicial a diferencia del congelado en placa. Este método, además de ser simple y rápido, es importante porque los consumidores deciden su compra en base a la apreciación visual del color del filete según Araneda (2003). También Sigurgisladottir et al (1999) manifiesta que la evaluación visual tiene limitaciones, ya que está sujeta a factores ambientales como calidad y tipo de luz, color de fondo, además de ser un método subjetivo, es decir, dos medidores con visión normal y bajo las mismas condiciones de iluminación pueden clasificar un mismo filete en dos categorías diferentes; Calvo (1989)

recomienda que la evaluación visual se lleve a cabo en el exterior, con luz de día y de cara al norte, pero por motivos prácticos dentro de las plantas de proceso se recomienda el uso de cabinas de iluminación controlada. Por lo tanto se concluye que se aprecia una mejor conservación del color en un congelado por túnel dado que el producto no esta en contacto directo a diferencia que el congelado por placas el cual si no se tiene un control adecuado sobre el congelado el producto puede llegar a tener perdida de pigmentación por quemadura.

4.3.4 Evaluación sensorial de color región caudal

Los datos obtenidos de la medición del grado de pigmentación en la región caudal del filete se procesaron para el análisis de variancia y poder observar si estadísticamente hay diferencias significativas en relación a la medición inicial luego de aplicar los tratamientos de congelado. Esto se presenta en la tabla 25.

Tabla 25. ANOVA para Evaluación De Color En La Región Caudal

Fuente	GL	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA CUADRATICA	Valor F	Valor p	Nivel de Significancia
Tratamiento	2	1.2	0.6	0.5	0.619	NS
Error	12	14.4	1.2			
Total	14	15.6				

C.V=4%

Se puede observar que no existe diferencia significativa entre tratamientos por ser el p valor mayor a 0.05 y se comprueba al aplicar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey en la tabla 26.

Tabla 26. Comparaciones múltiples de Tukey para la región caudal

FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACION
COLOR CAUDAL PLACAS	5	26.6	a
COLOR CAUDAL INICIAL	5	26.6	a
COLOR CAUDAL TUNEL	5	26.00	a

Se concluye que mediante una evaluación sensorial por el método de la Regla Salmofan no se pudo encontrar diferencias entre los dos métodos de congelado y la muestra inicial por lo tanto ambos métodos conservan el parámetro de color, Hardy y Torrissen (1987) manifiestan que la intensidad de la pigmentación se relaciona con la cantidad de pigmento retenido en el músculo, la cuál varía de acuerdo a factores fisiológicos o nutricionales, variando el porcentaje de retención entre, 1 y 18% para salmónidos; Storebakken (1992), ha demostrado que la cantaxantina se deposita en el músculo blanco de la trucha arcoíris, mientras que en el músculo oscuro no se ha determinado el depósito de carotenoides. Esto se puede atribuir a la composición desigual de la actomiosina en los dos tipos de músculo o a las diferencias fisiológicas entre ellos, esto quiere decir, que la pigmentación será más intensa desde la región caudal hasta llegar a los musculo blancos, que se encuentra en la zona craneal en la que se ha clasificado nuestro filete es por ello que no se aprecia diferencia en la variación de pigmentación en ambos tratamientos. Carrio (2009) encontró que en trucha arcoiris evaluada con cartilla Roche en la planta A se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre todas las correlaciones de las mediciones visuales e instrumentales, estas últimas presentaron correlaciones más altas, lo cual indica que la repetibilidad de las mediciones instrumentales fue superior a la medición visual, ya que una correlación más alta indica que las diferencias entre la primera y segunda fue menor, es decir, el orden en que fueron clasificados los filetes la primera y segunda vez fue similar. Lo cual coincide con nuestros

resultados dado que en la evaluación instrumental se pudo identificar en esta región que si existe variación entre ambos tipos de congelado en relación a la muestra inicial.

V. CONCLUSIONES

- El parámetro de textura en la región craneal y caudal del filete de trucha luego de ser sometido al congelado por placas (contacto directo) es el mejor método de conservación para la textura a diferencia del congelado por túnel (aire continuo) donde sí hubo presencia de pérdida de textura en la región craneal pero no es percibida en la región caudal además la evaluación instrumental coincide con la evaluación sensorial de los panelistas.
- El parámetro de color (tonalidad roja-anaranjada) para la región craneal tanto para la evaluación instrumental y sensorial, coincide en que se conserva mejor al ser sometido a congelado por túnel (flujo de aire continuo) a diferencia del congelado por placas (contacto directo) sin embargo existe diferencia en la percepción visual de la región caudal a nivel sensorial donde ambos métodos de congelado conservan el color según los panelistas.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios a nivel celular sobre los efectos del congelado en trucha, además de cuantificar el daño molecular por hora de congelado.
- En cuanto al color se recomienda realizar un estudio por análisis de imágenes de la variación de las tonalidades y su correlación en línea de proceso.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcázar, J. (2002). *Diccionario técnico de industrias alimentarias*, segunda edición. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco, Perú.
- Almendras, F. Y Sabelle, M. (1999). *Guía práctica: Uso de pigmentos salmónidos*. Productos Rache Ltda. Parque Industrial, Puerto Montt Chile. Alpha. 150p.
- Álvarez, C. (2012). *Peru: ¿Acuicultura sostenible? Desarrollo Local Sostenible*, (Vol 5 N° 13), p.5.
- Andersen, U.B., Sromsnes, A.N., Steinsholt, And Thoamssen, M.S. (1994). *Fillet gaping in farmed Atlantic salmon (Salmo salar)*. Norwegian Journal of Agricultural.
- Araneda, T. (2003). *Variación fenotípica, genética y molecular asociada a la pigmentación de la carne en salmón Coho (Oncorhynchus kisutch)*. Tesis Dr. Ciencias Biomédicas. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Medicina. 79p.
- Augolon A, (2012). " *Impacto de los parámetros de congelación en las características de los alimentos*". Barcelona-España.
- AQUASEM (2013), *Manual de Analisis de Peligros y riesgos de puntos críticos de control versión 2*, Puno-Peru.
- Ben- Gigirey, B; Vieites Baptista De Sousa, J; Villa, T; Barros- Velásquez, J. (1999). " *Chemical changes and visual appearance of Albacore Tuna as related to frozen storage*". J. Food Science 64(1): 20-24.
- Bjerkeng, B. (2000). *Carotenoid pigmentation of salmonid fishes - recent progress*. In: *Simposium International de Nutritiona cicalae (5., 2000, Yucatán, Mérida)*. Universidad Autónoma. p. 71-89.
- Bioinnova, 2016. *Estructura muscular de una trucha, con haces musculares (miómeros) separados por tejido conjuntivo (mioseptos)*. Recuperado de

<https://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidad-animal/anatomia-oncorhynchus-mykiss/>.

- Bonilla TD, Nowosielski K, and Cuvelier M, (2007). *Prevalence and distribution of fecal indicator organisms in South Florida beach sand and preliminary assessment of health effects associated with beach sand exposure*. Marine Pollution Bulletin.
- Botta, J.R. (1991). *Instrument for non-destructive texture measurement of raw Atlantic cod (Gadus morhua) fillet*. J. Food Sci. 56, 962-964, 968.
- Calvo, C. (1989). *Medida sensorial. Correlación sensorial / instrumental. pp 49-64 In: El color en alimentos: medidas instrumentales*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, dep. de Agroindustria y Tecnología de Alimentos. Publicaciones misceláneas agrícolas, N° 31, 1989. 96p.
- Cabodevilla, J. Y M. Teruel. (2001). *Crío preservación de embriones bovinos. Citado por: PALMA G. (2001). Biotecnología de la Reproducción*. Ed. INTA Balcarce. Argentina.
- Carrió R. (2009). *Evaluación de dos sistemas de medición de color en filetes de salmónidos*. Tesis optar el grado de Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 125p.
- Castro, E. (1992). *Métodos de evaluación y certificación de pigmentación para La industria salmonera. V International Symposium on Fish Nutrition and Feeding*. Foundation, Chile. Santiago, Chile.
- Chambilla, W. (2010). *Efecto del método de congelación sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de la carne de cuy (cavia porcellus)*. Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.

- Choubert, G. y Baccaunaud, M. (2006). “*Colour changes of fillets of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss W.) fed astaxanthin or canthaxanthin during storage under controlled or modified atmosphere*”. LWD, Vol. 39, Págs.: 1203-1213.
- Choubert, G; Dentella, E; Atgié, C; Baccaunaud, M. (2005). “*Effect of light on colour stability of sliced smoked rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fed astaxanthin*” Food Research International, Vol. 38, Págs.: 949-952.
- Christjansen, R., Torrissen, J. (1997). *Growth and survival of Atlantic salmon, Salmo salar L. fed different dietary levels of astaxanthin*. Aquaculture Nutrition.
- Christiansen, R., Struksnaes, G., Estermann, R. and Torrissen, O. (1995). *Assessment of flesh colour in Atlantic salmon, Salmo salar L*. Aquaculture Research 26: 311-321.
- CIE. (1986). Colorimetry. 2nd edition. *Commission Internationale de l'Eclairage, publicación 15.2*. Vienna, Austria. 83 pp.
- Codex Alimentarius. (1999). “*Directrices para la evaluación sensorial del pescado y los mariscos en laboratorio*” Norma técnica CAC/GL 31.
- Cuba, J. (2005). “*Calidad en la Productividad*”; Lima: Macro EIRL.
- Eskin, N.A., Aliani, M., and Shahidi. (2013). F. Chapter 3- Meat and Fish. *Biochemistry of Foods (3° Edition)*, 127–185.
- Fennema, O.R. (1973). *Nature of freezing process*. En Fennema, O.R., Powrie, W.D., y Marth, E.H. (eds.). *Low-Temperature Preservation of Foods and Living Matter*. Marcel Dekker. Nueva York, EE.UU. p. 153. Citado en Sahagian M. E. y Goff, H. D. 1996. Fundamental aspects of the freezing process. En L. E. Jeremiah (Ed.) *Freezing effects on food quality*. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, EE. UU.
- Fennema, O.R. (1975). *Principles of Food Science Part II. En: Physical Principles of Food Preservation*. New York.Pp.173.

- Fernández, J. (2005) “*Aspectos de la Congelación*” - Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Almería –España.
- Franks, F. (1987). *Nucleation: A maligned and misunderstood concept. Cryo-Letters* 8 p. 53. Citado en Sahagian M. E. y Goff, H. D. 1996. Fundamental aspects of the freezing process. En L. E. Jeremiah (Ed.) *Freezing effects on food quality*. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, EE. UU.
- Franks, F. (1985). *Biophysics and biochemistry at low temperatures. Cambridge University Press. Cambridge, EE. UU.* p. 21. Citado en Sahagian M. E. y Goff, H. D. 1996. Fundamental aspects of the freezing process. En L. E. Jeremiah (Ed.) *Freezing effects on food quality*. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, EE. UU.
- Franks, F. (1982). *The properties of aqueous solutions at sub-zero temperatures. En Franks, F. (ed.). Water: A comprehensive treatise. Vol.7. Plenum Press, New York.* p. 215-338. Citado en Sahagian M. E. y Goff, H. D.
- FONDEPES (2014). *Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. Manual de crianza de trucha arco iris en jaulas*. Programa de transferencias de tecnologías en acuicultura para pescadores artesanales y comunidades campesinas. Edit. PRODUCE y Cooperación Española. Lima. Perú.
- García, GI A. (2007). *Bioquímica del músculo; Métodos para evaluar la dureza de la carne*. Monografía, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
- García, J. A., Nuñez, F. A., Chacón, O., Alfaro, R. H., & Espinosa, M. R. (2003). *Estudio microbiológico de tejido superficial de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) y del agua circundante. Hidrobiológica* , 13 (2), 111-118.
- Gidding y Hill, (1978) “*Relationship Of Freezing Preservation Parameters To Texture-Related Structural Damage To Thermally Processed Crustacean Muscle*” J. Food Pres.

- Guevara, C. (1988). *Comportamiento bioquímico de las proteínas del pescado sometidas a temperaturas bajo 0 °C*. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Alimentos. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile.
- Hardy, R.W. and Torrissen, O.J. (1987). *Carotenoids pigmentation of salmonids*. Aquaculture Magazine, 1:8-14.
- Heldman, D. R. y Hartel, R. W. (1997). *Principles of food processing. Freezing and frozen-food storage*. Chapman & Hall. Nueva York. pp. 113-137.
- Hernández, M; Egea, M; Rueda, F; Aguado, F; Martínez, F; García, B. (2001). “*Effects of comercial diets with different P/E ratios on sharpsnout seabream (Diplodus puntazzo) growth and nutrient utilization*”. Aquaculture, Vol. 195, Págs.: 321-329
- Hyldig, G., & Nielsen, D. (2001). *A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle*. Journal of Texture Studies, 32(3), 219-242.
- Hobbs, P.V. (1974). *Ice physics*. Clarendon Press. Oxford p. 461. do en Sahagian M. E. y Goff, H. D. 1996. *Fundamental aspects of the freezing process*. En L. E. Jeremiah (Ed.) Freezing effects on food quality. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, EE. UU.
- Howgate, P. (1979). Fish. In J. G. Vaughan (Ed.), Food Microscopy (pp. 343-392). London, U.K.: Academic Press Inc.
- Huss, H.H. (1998). *Pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad*. FAO. Documento Técnico de Pesca N° 348. FAO, Roma-Italia.
- Jasper W. y Placzek R. (1990) “*Conservación de la carne por el frío*”. Acribia, Zaragoza. España.

- Jonsson, A; Sigurgisladottir, S; Hafsteinsson, H; Kristbergsson, K. (2000). “*Textural properties of raw Atlantic salmon (Salmo salar) fillets measured by different methods in comparison to expressible moisture*” Aquaculture Nutrition.
- Lavety, J., Afolabi, A., And Love, R.M. (1998). The connective tissues of fish. IX. Gaping in farmed species. Int. J. of Food Sci., and Technol. 23: 23-30.
- Leninger y Beverloo, (1975) “*Food Process Engineering D. Reidle, Dordrecht*”.
- Liston, J. (1980). “*Microbiology in fishery science*” *Advances in Fishery Science and Technology*. Fishing News Book Limited, Surrey, Farnham, Págs.: 138-157.
- Love, R.M. (1970). The chemical biology of fishes : with a key to the chemical literature. Academic Press, London ; New York.
- Love, R.M. (1975). Variability of Atlantic cod (Gadus morhua) from the Northeast Atlantic: a review of seasonal and environmental influences on various attributes of fish. J. Fish. Res. Board Canada 32, 2333-2342
- Massa, A.E. (2006). *Cambios bioquímicos post-mortem en diferentes especies pesqueras. Determinación de la vida útil de las mismas en frío*. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Mar del Plata, Buenos Aires-Argentina.
- Maza S. (2001). “*Descongelación y Evaluación física Organoléptica de Productos Pesqueros Congelados*”. Ed. Industria Alimentaria. Moscú.
- McBride, J.M. (1992). Crystal polarity: A window on ice nucleation. Nature 256 p. 814. Citado en Sahagian M. E. y Goff, H. D. 1996. Fundamental aspects of the freezing process. En L. E. Jeremiah (Ed.) Freezing effects on food quality. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, EE. UU.
- Mendoza , D. H. (2011). *Estudio Sobre la Acuicultura de la Trucha a Nivel Mundial, en Desarrollo de la Importación de las Ovas, la Tendencia de la Producción*

- Nacional y su Comercialización*. Lima - Perú: Dirección General de Acuicultura - Ministerio de la Producción.
- Nickell, D. and Bromage, N. (1997). *Problems of pigmentation: lipids and maturation*. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Stirling FK9 4LA.
- Offer, G., & Knight, P. (1988). *The structural basis of water-holding in meat part 2: drip losses*. In R. Lawrie (Ed.), *Developments in meat science* vol. 4 (pp. 73-243). London: Elsevier Applied Science.
- PRODUCE (2015). *Informe de saldos de créditos y depósitos al cierre de operaciones de mayo 2015*. Síntesis de Actividad Económica en la región Puno. Banco Central de Reserva. Lima. Perú.
- PROMPERU (2018). Informe especializado: Oportunidades para la trucha en el mundo. Departamento de inteligencia de mercados. Lima-Peru.
- Pokniak, J., Bravo, I., Battaglia, J., Cornejo, S. (2001). *Pigmentation of rainbow trout's (Oncorhynchus mykiss) fed two levels of astaxanthin in their growing-fattening diets*. Arch. Med. Vet. 33 (2):155-164.
- Primo, Y. E. (1998). *Química de los alimentos*. Primera edición. Editorial Síntesis S.A. Madrid-España. Pág. 387 -399.
- Reid, D.S. (1983). *Fundamental physicochemical of freezing*. Food Technology. 37(4) p. 110. Citado en Sahagian M. E. y Goff, H. D. 1996. *Fundamental aspects of the freezing process*. En L. E. Jeremiah (Ed.) *Freezing effects on food quality*. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, EE. UU.
- Reid, D. S. (1993). *Basic physical phenomena in the freezing and thawing of plant and animal tissues*. En Mallet, C.C (ed). *Frozen Food Technology*. Blackie Academic and Professional. Londres. p. 1.

- Rodríguez Turienzo L. (2011). *“Evaluación de recubrimientos comestibles proteicos aplicados al salmón del Atlántico (Salmo salar) congelado: estudio de diferentes formulaciones y tratamientos tecnológicos”*, Universidad de Santiago de Compostela- España.
- Rojas, R. (2008). *Manual Para la Producción de Truchas en Jaulas Flotantes*. Huancavelica, Perú: Inversiones Santa Ines SAC.
- Roudot, A.C. (2004). *Reología y análisis de la textura de los alimentos*. Editorial Acribia S.A., Zaragoza-España.
- Ruiter, A. (1999). *El pescado y los productos derivados de la pesca: composición, propiedades nutritivas y estabilidad*. Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España.
- Sahagian, M. E., y Goff, H. D. (1996). *Fundamental Aspects of the Freezing Process*. Capítulo1. En L. E. Jeremiah (Ed). *Freezing Effects on Food Quality*. Marcel Dekker, Inc., USA. pp.1-50.
- Sánchez, CS. P. (2005). *Estudio de alternativas para la evaluación de la frescura y la calidad del boquerón (Engraulis encrasicolus) y sus derivados*. Tesis de Doctorado, Facultad de Farmacia, Universidad de Barcelona. Barcelona-España.
- Sigurgisladottir, S., Torrissen, O., Lie, O., Thomassen, M., Hafsteinsson, H. (1997). *Salmon Quality: Methods to determine the quality parameters*. Rev. Fish Science 5: 1- 30.
- Sigurgisladottir, S; Hafsteinsson, H; Jonsson,A; Nortvedt, R; Thomassen, M; Torrissen, O. (1999). *“Textural Properties of Raw Salmon Fillets as Related to Sampling Method”* J. Food Sci. Vol. 64 Pags.:99-104.
- Schneider, U.P. Mazur. (1984). *Osmotic consequences of cryoprotectant permeability and its relation to the survival of frozen-thawed embryos*. Theriogenology 21: 70-79.

- Schneider, U. Y P. Mazur. (1986). *Implications and aplicación of long-term preservation of embryos for freezing*. In: MORROW, D. Ed. *Current Therapy in Theriogenology II*, Philadelphia, WB Saunders Co. pp 81-83.
- Schwartzberg H. G. (1999). "Food freeze concentration. In: *Biotecchnology and Food Process Engineering*." H.G. Schwartzberg and M.A. Rao, eds. Institute of Food Technologist. Chicago.
- Skverjold , P.O.; Rora, A.M.B.; Fjaera, S.O.; Vegusdal, A.; Vorre, A. Yeinen, O. (2001). *Effect of pre, in, or post rigor filleting of live chilled Atlantic salmon*. 194:315-326.
- Spinelli, J. and Mahnken, C. (1978). *Carotenoid deposition in pen-reared salmonids fed diets containing extracts of red crab (Pleuroncodes planipes)*. *Aquaculture* 13: 213.
- Storebakken, T. and No, H. K., (1992). *Pigmentation of rainbow trout*. *Aquaculture*,100: 209-229.
- Tejada, M., Careche, M., Torrejón, P., del Mazo, M. L., Solas, M. T., García, M. L., & Barba, C. (1996). *Protein Extracts and Aggregates Forming in Minced Cod (Gadus morhua) during Frozen Storage*. *J Agric Food Chem*, 44(10), 3308-3314.
- Tokiwa, T. y Matsumiya, H. (1969): *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 35: 1099-1109.
- Torrissen, O.J., R.W. Hardy, K.D. Shearer. (1989). *Pigmentation of salmonids - Carotenoid deposition and metabolism*. *CRC Crit. Rev. in Aquat. Sc.* 1: 209-225.
- Tsukuda, (1980) "Lipids in Kamaboko of sardine and mackerel flash" *Bull. Tokai Region. Fish Res. Lab.* 103, 99-104.
- Veland, J. O y Torrissen, O. J. (1999). *The texture of atlantic salmon (Salmosalar) muscle as measured instrumentally using TPA and warner-bratzler shear test*. *J Sci Food Agric* 79:1737-1746.

- Vieira, C., Martinez, B., Diaz, M. T., & Garcia, M. D. (2004). *Efecto de la maduración y del periodo de conservación sobre la evolución de las características de la carne de vacuno*. Castilla, España: Instituto Tecnológico de agrario de Castilla y León.
- Yagiz, Y; Kristinsson, H; Balaban, M; Welt, B; Raghavan, S; Marshall, M. (2010). “*Correlation between astaxanthin amount and a* value in fresh Atlantic salmon (Salmosalar) muscle during different irradiation doses*” Food Chemistry, Vol. 120, Págs.: 121-127.

ANEXO N° 1

TEST DE EVALUACION DESCRIPTIVO

1. EVALUACION DE TEXTURA REGION CRANEAL

1.1 GAPING REGION CRANEAL Y CAUDAL. Observe la muestra y otorgue un puntaje del 1 al 5 de acuerdo al numero de grietas use como referencia la tabla proporcionada

<i>REGION CRANEAL</i>		<i>REGION CAUDAL</i>	
<i>MUESTRA</i>	<i>PUNTAJE</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>PUNTAJE</i>
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	

1.2 ELASTICIDAD DEL MUSCULO REGION CRANEAL .Con un dedo presione la parte media de la muestra de filete y observe la capacidad del musculo de retornar a su estado normal

<i>MUESTRA</i>	<i>(1) Muy Malo</i>	<i>(2) Malo</i>	<i>(3) Regular</i>	<i>(4) Bueno</i>	<i>(5) Muy Bueno</i>
1					
2					
3					
4					
5					

2. EVALUACION DE TEXTURA REGION CAUDAL

2.1 GAPING REGION CAUDAL. Observe la muestra y otorgue un puntaje del 1 al 5 de acuerdo al numero de grietas use como referencia la tabla proporcionada

<i>REGION CRANEAL</i>		<i>REGION CAUDAL</i>	
<i>MUESTRA</i>	<i>PUNTAJE</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>PUNTAJE</i>
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	

2.2 ELASTICIDAD DEL MUSCULO REGION CAUDAL .Con un dedo presione la parte media de la muestra de filete y observe la capacidad del musculo de retornar a su estado normal

<i>MUESTRA</i>	<i>(1) Muy Malo</i>	<i>(2) Malo</i>	<i>(3) Regular</i>	<i>(4) Bueno</i>	<i>(5) Muy Bueno</i>
1					
2					
3					
4					
5					

3. EVALUACION DE COLOR REGION CRANEAL

Con ayuda de la Regla de color Salmofan otorgue la puntuacion de color que vea por conveniente

<i>REGION CRANEAL</i>		<i>REGION CAUDAL</i>	
<i>MUESTRA</i>	<i>COLOR</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>COLOR</i>
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	

NOMBRE Y APELLIDO _____

TIEMPO EN LA EMPRESA _____

FECHA _____

ANEXO N °2 DATOS DE EVALUACION DE TEXTURA

Tabla 27. Resultado de evaluación instrumental

REPETICIONES	TRATAMIENTOS					
	ANTES DEL CONGELADO		CONG. PLACAS		CONG. TUNEL	
	R.CRANEAL	R.CAUDAL	R.CRANEAL	R.CAUDAL	R.CRANEAL	R.CAUDAL
1	2.65	2.69	2.56	2.45	2.38	2.77
2	2.61	2.63	2.48	2.37	2.29	2.5
3	2.57	2.57	2.3	2.5	2.3	2.75

Tabla 28. Resultado de evaluación sensorial

REPETICIONES	TRATAMIENTOS					
	ANTES DEL CONGELADO		CONG. PLACAS		CONG. TUNEL	
	R.CRANEAL	R.CAUDAL	R.CRANEAL	R.CAUDAL	R.CRANEAL	R.CAUDAL
1	3.7	4.3	4	3.2	2.8	3.4
2	4.1	4	3.1	3.7	2.7	3.5
3	4.6	3.8	3.8	3.7	2.65	3.7
4	3.5	3.9	3.4	3.5	2.8	4.4
5	4	4.5	3	3.6	3	3.2

Tabla 29. Resultado de evaluación de gaping

REPETICIONES	TRATAMIENTOS					
	ANTES DEL CONGELADO		CONG. PLACAS		CONG. TUNEL	
	R.CRANEAL	R.CAUDAL	R.CRANEAL	R.CAUDAL	R.CRANEAL	R.CAUDAL
1	1.6	1.5	1.9	1.9	2	1.6
2	1.3	1.7	1.6	1.5	2.1	1.7
3	1.7	1.8	1.7	1.5	2.2	1.9
4	1.8	1.6	1.8	1.8	2.3	1.5
5	1.6	2	1.9	1.6	2	1.8

ANEXO N° 3 DATOS DE EVALUACION DE COLOR

Tabla 30. Resultados de evaluación instrumental en la región craneal

REPETICIONES	TRATAMIENTO								
	ANTES DEL CONGELADO			CONG. TUNEL			CONG. PLACAS		
	L	*a	*b	L	*a	*b	L	*a	*b
1	66.1	62.07	56.7	73.33	67.5	60.83	62.9	48.7	62.77
2	68.4	64.5	57.23	70.57	70.47	65.47	63.2	49.63	61.2
3	64.13	62.47	57.1	71.13	65.2	63.7	62.37	45.47	61.7

Tabla 31. Resultados de evaluación instrumental en la región caudal

REPETICIONES	TRATAMIENTO								
	ANTES DEL CONGELADO			CONG. TUNEL			CONG. PLACAS		
	L	*a	*b	L	*a	*b	L	*a	*b
1	60.4	62	61.23	52.07	57.93	54.63	60.5	50.77	68.33
2	54.4	69.7	58.1	52.77	59.53	53.97	60.93	50.27	60.37
3	54.83	63.93	61.47	58.2	57.33	53.6	67.57	52.87	69.13

Tabla 32. Resultados de evaluación sensorial en la región craneal

REPETICIONES	TRATAMIENTO		
	ANTES DEL CONGELADO	CONG. TUNEL	CONG. PLACAS
1	26	27	24
2	25	26	24
3	27	26	25
4	26	27	25
5	27	26	25

Tabla 33. Resultados de evaluación sensorial en la región caudal.

REPETICIONES	ANTES DEL CONGELADO	TRATAMIENTO	
		CONG. TUNEL	CONG. PLACAS
1	26	27	26
2	27	27	27
3	27	23	27
4	27	26	27
5	26	27	26

ANEXO 4. PANEL FOTOGRAFICO



Figura 10. Muestras rotuladas para evaluación



Figura 11 Evaluación instrumental de muestras



Figura 12 Evaluación sensorial de muestras