

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera

Congelado del pejerrey (*Odontesthes regia regia*)
corte mariposa, en bloque y tipo exportación

TESIS

Presentada por:

Bach. RUBÉN GABINO MAYTA TAPIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO PESQUERO

TACNA - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA

Tesis:

**“Congelado del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa,
en bloque y tipo exportación”**

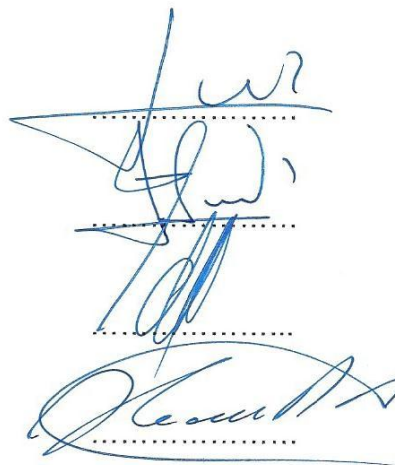
El Bachiller, RUBÉN GABINO MAYTA TAPIA, ha sustentado y aprobado la tesis el 09 de enero del 2012, cuyo Jurado Calificador está integrado por:

Presidente : MSc. Luis Antonio Espinoza Ramos

Secretario : Dr. Walter Ibárcena Fernández

Vocal : MSc. Leonardo A. Sherón Ramírez

Asesor : Ph.D. Héctor Rodríguez Papuico



DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy.

A mi hija Geovana que es el motor de mi vida.

A mi esposa Elsa Ana por acompañarme en las buenas y en las malas.

A mis amigos que han estado siempre conmigo, que me han apoyado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
1.1.3. Hipótesis.....	3

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características generales del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>)... 4	
2.1.1. Clasificación taxonómica	4
2.1.2. Distribución geográfica.....	4
2.1.3. Hábitat y alimentación del Pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) 5	
2.1.4 .Morfometría	5

2.1.5. Composición física y química	6
2.1.6. Desembarque del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) en Tacna	8
2.1.7. Exportación de Pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>).....	10
congelado	
2.2. Congelación	13
2.3. Parámetros físicos utilizados en la congelación de alimentos	14
2.3.1. Calor específico (c).....	14
2.3.2. Peso específico (P_e)	15
2.3.3. Coeficiente de conductividad térmica (k)	15
2.3.4. Coeficiente de difusividad térmica (a).....	16
2.3.5. Coeficiente de transmisión superficial del calor (h)	16
2.3.6. Tiempo de congelación	17
2.3.6.1. Método de Planck.....	18
2.3.6.2. Método analítico de Nagaoka.....	24
2.3.7. Curva de congelación.....	26
2.3.7.1. Fase I	27
2.3.7.2. Fase II	27

2.3.7.3. Fase III	28
2.3.8. Velocidad de congelación.....	29
2.4. Métodos y equipos de congelación	30
2.4.1. Congeladores de contacto directo	30
2.4.2. Congelador por aire forzado	31
2.4.3. Congelador por nitrógeno líquido.....	33
2.4.4. Congelador continuo con enfriamiento por salmuera	33
2.5. Procesos del congelado	34
2.5.1. B.Q.F (Block Quick Frozen).....	34
2.5.2. I.Q.F (Individual Quick Frozen).....	34
2.6. Aspectos físicos de la congelación.....	35
2.6.1. Cristalización y formación de hielo:	35
2.6.2. Deseccación.....	35
2.7. Cristalización	36
2.8. Recristalización	36
2.9. Tratamiento después del congelamiento	37
2.10. Glaseado	37
2.11. Alteraciones bacterianas	39

2.12. Descongelación	40
2.13. Envases y embalajes.....	41
2.13.1. Cartón corrugado.....	41
2.13.2. Celulosa	42
2.13.3. Polietileno.....	43

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución	45
3.2. Materia prima	46
3.3. Equipos y materiales	47
3.3.1. Para la preparación de la materia prima y congelado	47
3.3.2. Para los análisis químicos y microbiológicos.....	48
3.4. Métodos de análisis.....	51
3.4.1. Materia Prima	51
3.4.2. En el proceso	53
3.4.3. Producto final	55
3.5. Pruebas experimentales.....	57
3.5.1. Experimento N° 01	57

3.6. Descripción del proceso experimental.....	59
3.6.1. Recepción	59
3.6.2. Lavado I.....	59
3.6.3. Corte mariposa	60
3.6.4. Lavado II.....	60
3.6.5. Plaqueado	61
3.6.6. Congelado	62
3.6.7. Glaseado	63
3.6.8. Empacado	64
3.6.9. Almacenamiento.....	64

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. De la materia prima	66
4.1.1. Características Generales	66
4.1.2. Análisis físico.....	68
4.1.3. Análisis químico proximal	69
4.2. Del proceso	70
4.2.1. Experimento N° 01	70

4.3. Del producto final	79
4.3.1. Características generales.....	79
4.3.2. Evaluación microbiológica	81
4.3.3. Control físico (exudado)	82
4.3.4. Balance de materia y rendimiento	84
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición física del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>)	07
Tabla 2.	Características de densidad del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>)	07
Tabla 3.	Características de rendimiento del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>)	08
Tabla 4.	Análisis proximal del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>)	08
Tabla 5.	Evolución de los mercados de pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) congelado (US\$ FOB)	10
Tabla 6.	Valores u^2 utilizables para determinar tiempo de refrigeración (t_k) mediante la ecuación de Plank clasificar $hx/k \cong hl/k$	22
Tabla 7.	Criterios Microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano y bebidas	40
Tabla 8.	Evaluación de frescura del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>)	67
Tabla 9.	Morfometría del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>).	68

Tabla 10.	Rendimiento promedio del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>)	69
Tabla 11.	Análisis proximal del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>)	70
Tabla 12.	Tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido experimentalmente	71
Tabla 13.	Tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido mediante fórmulas analíticas	78
Tabla 14.	Dimensiones del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) corte mariposa	80
Tabla 15.	Análisis proximal del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) Congelado corte mariposa	81
Tabla 16.	Análisis microbiológico del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) corte mariposa	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>)	06
Figura 2.	Desembarque de recursos hidrobiológicos C.H.D. pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) Tacna: 2005 – 20010 (TMB)	09
Figura 3.	Evolución de las exportaciones de pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) congelado	11
Figura 4.	Principales mercados de pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) congelado	12
Figura 5.	Valores de $\ln C$, o respectivamente, de $\ln C_1$, $\ln C_2$, $\ln C_3$. para láminas, cilindros y esferas	21
Figura 6.	Fases de congelación	29
Figura 7.	Ubicación de las Termocuplas y sus respectivas variables	58
Figura 8.	Pejerrey corte mariposa (<i>Odontesthes regia regia</i>) estibados en bandeja de aluminio	61
Figura 9.	Cámara de congelación por aire forzado en PROPESUR	62
Figura 10.	Recepción de datos del termo registrador	63
Figura 11.	Diagrama de flujo experimental del proceso de congelado de pejerrey corte mariposa (<i>Odontesthes</i>	65

	<i>regia regia)</i>	
Figura 12.	Curva del tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido experimentalmente a $\frac{1}{4}$ del largo de la bandeja	72
Figura 13.	Curva de congelado del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) en corte mariposa obtenido experimentalmente a $\frac{1}{4}$ de la bandeja	73
Figura 14.	Curva del tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido experimentalmente a $\frac{1}{3}$ del largo de la bandeja	74
Figura 15.	Curva de congelado del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) en corte mariposa obtenido experimentalmente a $\frac{1}{3}$ de la bandeja	75
Figura 16.	Curva del tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido experimentalmente a $\frac{1}{2}$ del largo de la bandeja	76
Figura 17.	Curva de congelado del pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) en corte mariposa obtenido experimentalmente a $\frac{1}{2}$ de la bandeja	77
Figura 18.	Diagrama de flujo final del proceso de congelado de pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>) en corte mariposa	83

Figura 19. Rendimiento de Pejerrey (*Odontesthes regia regia*) 85
corte mariposa congelada en túnel por aire forzado

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Cálculo del tiempo de congelación mediante las fórmulas analíticas de Plank y Nagaoka	97
Anexo 2.	Datos de temperatura de congelación por aire forzado	109
Anexo 3.	Análisis organoléptico - pescado fresco (según WITTFOGEL)	110
Anexo 4.	Medidas de 52 ejemplares de pejerrey (<i>Odontesthes regia regia</i>)	111
Anexo 5.	Cálculo de U (coeficiente de transferencia de calor modificado) y cálculo de "a" (difusidad térmica)	112

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Planta PROPESUR (Productos Pesqueros del Sur) ubicado en el Parque Industrial de Tacna. El pejerrey (*Odontesthes regia regia*) fue traída del Puerto Pesquero Miguel Grau. Se utilizó el termorregistrador, las termocuplas se colocaron en tres posiciones diferentes: $1/4$, $1/3$ y $1/2$, del bloque hasta llegar a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, y la temperatura del túnel de congelación fue de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. El tiempo total de congelación, en planta y experimentalmente fue de 140,0 minutos a la temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el centro del producto. El análisis microbiológico, mostró ausencia total de enterobacterias, encontrándose dentro de los límites permisibles por la NTS 071-MINSA/DIGESA.

El porcentaje de rendimiento, fue de 53,00% y congelados de 49,80% con respecto a la materia prima. El tiempo total de congelación, mediante las fórmulas analíticas de Planck y Nagaoka et. al, fueron de 139,20 minutos y 136,25 minutos respectivamente.

Palabras clave: congelado, pejerrey, tiempo de congelación.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the facilities of the PROPESUR Plant (Productos Pesqueros del Sur) located in the Industrial Park of Tacna. The pejerrey (*Odontesthes regia regia*) was brought from the Fishing Port Miguel Grau. The thermoregulator was used, the thermocouples were placed in three different positions: 1/4; 1/3 and 1/2 of the block until reaching $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, and the temperature of the freezing tunnel was $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. The total freezing time in plant and experimentally was 140,0 minutes at $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ in the center of the product. The microbiological analysis, showed total absence of enterobacteria, being within the limits allowed by NTS 071-MINSA / DIGESA.

The percentage of yield was 53,00% and frozen of 49,80% with respect to the raw material. The total freezing time, using the analytical formulas of Planck and Nagaoka et. al, were 139,20 minutes and 136,25 minutes respectively.

Keywords: frozen, pejerrey, freezing time.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Perú es uno de los países ricos en variedad de recursos hidrobiológicos, nuestro mar alberga una diversidad de especies marinas peces, moluscos, crustáceos, etc., que son capturados por embarcaciones industriales y artesanales, con artes y aparejos que van a servir para cubrir la demanda alimenticia que existe en nuestro país y en el exterior.

El incremento desmesurado de la población mundial hace que los países que no tienen dichos recursos hidrobiológicos, dirijan sus ojos hacia el Perú, motivo por el cual se ha incrementado las exportaciones de productos hidrobiológicos congelados en los últimos años.

El problema que nos aqueja hace mucho tiempo es la deficiente alimentación, cuya solución nos lleva a plantear diferentes alternativas que nos lleven a resolver parte este problema, para esto podemos aprovechar los recursos hidrobiológicos que se encuentran en nuestro

litoral. El agua desde hace mucho tiempo ha sido una fuente indispensable de recursos marinos y nuestro país es uno de los más privilegiados en este aspecto.

La inquietud de realizar estudios que permitan la conservación de esta especie (*Odontesthes regia regia*) mediante la congelación con fines de exportación y de alcance local es precisamente para mejorar parte de la deficiencia del nivel nutricional de nuestra población.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Realizar un estudio sobre el tiempo de congelado del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa, en el bloque y tipo exportación.

1.1.2. Objetivos específicos

Para lograrlo debemos seguir los siguientes objetivos:

- Hallar el análisis sensorial para la materia prima.
- Hallar el análisis proximal de la materia prima y producto final.
- Encontrar el flujo de congelamiento adecuado para este tipo de presentación.
- Determinar el tiempo de congelación usando termorregistrador.

- Establecer el tiempo total de congelamiento bajo la fórmula de Plank y Nagaoka.
- Evaluar microbiológicamente al producto terminado.
- Hallar el balance de materia.

1.1.3. Hipótesis

Si optimizamos los métodos de procesamiento del recurso pejerrey (*odontesthes regia regia*) corte mariposa, es posible obtener un producto en congelado mediante la presentación tipo BQF (Block Quick Frozen) con característica de exportación, y alto valor nutricional.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características generales del pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

2.1.1. Clasificación taxonómica

Según, Lozano (1981), la clasificación sistemática de la especie Pejerrey es la siguiente:

Clase	: Actinopterygii
Orden	: Atheriniformes
Familia	: Atherinidae
Nombre científico	: <i>Odontesthes regia</i> (Humboldt, 1833)
Nombre común	: “Pejerrey de mar”
Nombre inglés	: Sea silverside

2.1.2. Distribución geográfica

Se distribuye desde Punta aguja (Perú) hasta el archipiélago de los Chonos o Islas Guaitecas, Aysén (Chile), (IMARPE/ITP, 1996).

2.1.3. Hábitat y alimentación del Pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

Peces epipelágicos que viven próximos a la costa, entre 0 y 50 m de profundidad, formando pequeños cardúmenes, asociado con sardina y anchoveta. Sobre aspectos reproductivos, se desconoce información al respecto. El pejerrey predica principalmente sobre especies tanto del bentos (anfípodos y poliquetos) como del plancton (copépodos calanoídeos y larvas). Esto debido a que ocupa ambientes marinos bien diversos, tales como estuarios, playas y fondos fangosos. En aguas peruanas se alimenta además de huevos de anchoveta, de sus propios huevos y zooplancton y que desova en otoño e invierno. Es una especie de rápido crecimiento y corto ciclo de vida, con 4 a 4,5 años de longevidad con una longitud asintótica de 27,7 cm LT, valores estimados con ejemplares capturados en Playa Chipana (Iquique), (Stuardo, 1985).

2.1.4. Morfometría

Cuerpo alargado, comprimido lateralmente, con pedúnculo caudal largo y bajo.

Perfil dorsal más o menos recto. Hocico puntiagudo. Dorso de color verde oliváceo. Presenta una banda longitudinal plateada sobre los

flancos, con una línea azul reflectante en su reborde superior. Aleta caudal amarilla, marginado con negro.

La primera aleta dorsal con 4 a 7 espinas blandas. Aletas pélvicas y la anal, son traslúcidas e incoloras. Escamas cicloides pequeñas cubren todo el cuerpo, sin invadir las aletas, a excepción de la base de la caudal.

Línea lateral es discontinua, con escamas acanaladas distribuidas en forma irregular (Salazar, 2007).



Figura 1. Pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

Fuente: WIKIPEDIA, (2010).

2.1.5. Composición física y química

El contenido de la parte comestible alcanza un 52,1%, (IMARPE e ITP, 1996), este rendimiento dependerá de la habilidad del fileteador, esta operación se realiza en forma manual.

Tabla 1. Composición física del pejerrey (*Odontesthes regia regia*).

COMPONENTE	PROMEDIO (%)
Cabeza	15,5
Vísceras	13,6
Espinas	9,4
Piel	4,2
Aletas	2,8
Filetes	52,1
Pérdidas	2,4

Fuente: Instituto de Mar del Perú e Instituto tecnológico del Perú (1996).

Tabla 2. Características de densidad del pejerrey (*Odontesthes regia regia*).

PRODUCTO	DENSIDAD (kg/ m³)
Pescado entero	890
Pescado entero con hielo (3:1)	781
Filete bloque sin congelar	1047

Fuente: Instituto de Mar del Perú e Instituto tecnológico del Perú (1996).

Tabla 3. Características de rendimiento del pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

PRODUCTO	%
Eviscerado	80 - 88
Eviscerado descabezado	63 - 69
Filete con piel	50 - 58
Filete mariposa	64 - 68

Fuente: Instituto de Mar del Perú e Instituto tecnológico del Perú (1996).

Tabla 4. Análisis proximal del pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

COMPONENTE	%
Humedad	76,50
Proteína	19,60
Grasa	2,40
Sales minerales	1,40
Carbohidratos	0,10
Calorías (100 g)	133

Fuente: Instituto de Mar del Perú e Instituto tecnológico del Perú (1996).

2.1.6. Desembarque del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) en Tacna

El gráfico de desembarque de pejerrey y otras especies en los últimos años se observan en la figura 2.

Como se muestra en siguiente figura, los años entre el 2005 al 2010, como se observa que el año 2005 hubo mayor desembarque, disminuyendo en el 2006, a partir de ese año va en aumento de la extracción.

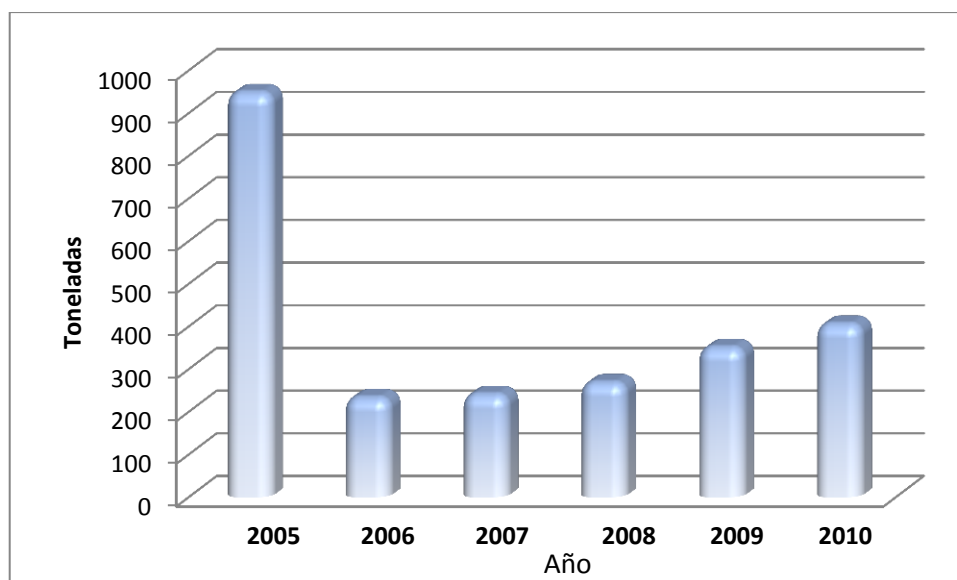


Figura 2. Desembarque recursos hidrobiológicos C.H.D. pejerrey (*Odontesthes regia regia*) Tacna: 2005 - 2010 (TMB)

Fuente: DIREPRO-TACNA, (2011).

2.1.7. Exportación de Pejerrey (*Odontesthes regia regia*) congelado

El 2010, fue un año con bajos desembarques de pejerrey a nivel nacional, en Tacna más bien se incrementó ligeramente como lo muestra la figura 2. En consecuencia las exportaciones bajaron como se muestra en el tabla 5 y la figura 3 (PROMPERÚ, 2010).

Tabla 5. Evolución de los mercados de pejerrey (*Odontesthes regia regia*) congelado (US\$ FOB)

Mercados	2006	2007	2008	2009	2010	Var.%10/09
Estados Unidos	389924	622468	522120	1332930	445793	-67%
España	524191	814975	3121982	810051	312237	-61%
Canadá	268862	289549	214622	770273	244801	-68%
Ucrania	18984	30621	74471		56311	
Federación Rusia	48450			53363	32191	-40%
Hong Kong		3		23573	27609	17%
Aguas Internacionales					24866	
Taiwán		549	41039	68650	12594	-82%
Otros(3)	126932	2020675	343621	48550	11346	-77%
Total	1377343	3778840	1508855	3107391	1167748	-62,42%

Fuente: PROMPERÚ, (2010).

En la Figura 3, se muestra el comportamiento de las exportaciones en los años 2006 al 2010, claramente se ve una baja de las exportaciones de pejerrey (*Odonthestes regia regia*) congelado el año 2010.

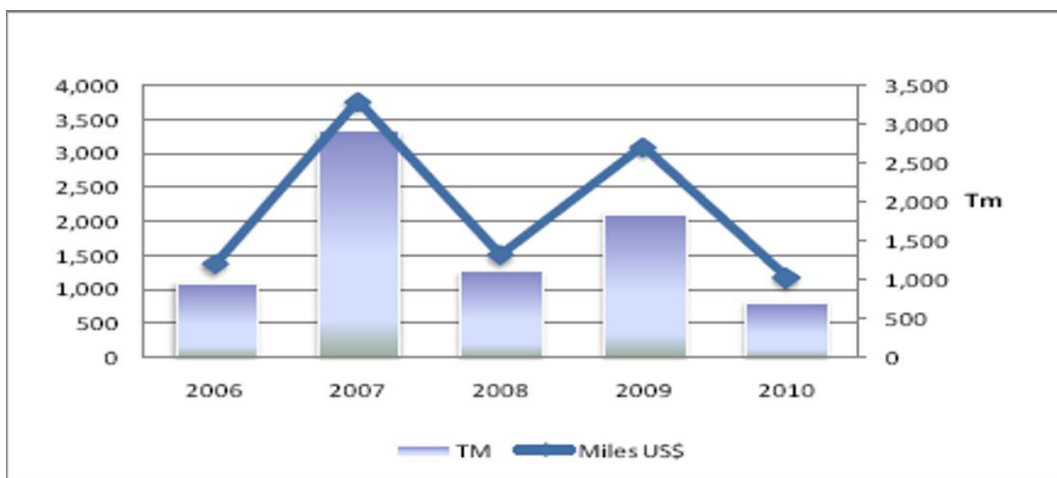


Figura 3. Evolución de las exportaciones de pejerrey (*Odontesthes regia regia*) congelado

Fuente: Promperú, (2010).

Cabe destacar que hasta el 2007 la única empresa que exportaba pejerrey congelado en Tacna era la empresa MIRAMAX SEAFOODS S.A.C., actualmente no opera en nuestra ciudad.

Siendo los principales mercados para la exportación de pejerrey congelado los países de Estados Unidos, España y Canadá como lo muestra la figura 4. Las empresas que están exportando pejerrey congelado en diversas presentaciones son: Produpesca S.A.C., Gam Corp S.A., Producciones Pacífico Andino S.A.C. UMI Foods, S.A.C., Corporación Novamar S.A.C. (PROMPERÚ, 2010).

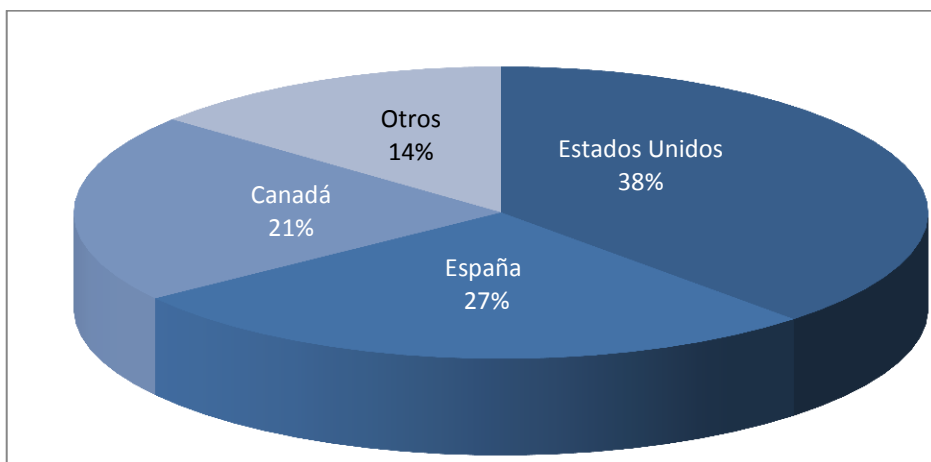


Figura 4. Principales mercados de pejerrey (*Odontesthes regia regia*) congelado

Fuente: PROMPERÚ, (2010).

Las presentaciones del pejerrey (*Odonteshtes regia regia*) congelado para exportación:

- **Presentación:** Congelado, Entero, Filetes, HG con cola.
- **Medidas:** Entero: 9 cm – up/pieza; HG con cola: 3 – 6 inch.
- **Empaque:** Filetes: Block interfoliado x 10 kg.
- **Entero:** Block x 10 kg.
- **HG con cola:** I.Q.F. en bolsas x 2 kg y en cajas cartón x 20 kg. netos (PESQUERA ELIZABETH S.A.C, 2011).

Pero puede variar de acuerdo a las características que el comprador desee.

2.2. Congelación

Según el Instituto Internacional del Frío (1990), los alimentos congelados son aquellos que han sido sometidos a un proceso de congelación especialmente concebido para preservar su calidad inicial, (IIF, 1990).

Cuando se usa el término de congelación rápida o profunda, generalmente significa que el principio es congelado y mantenido de la siguiente manera:

- a. La congelación se realiza de tal forma que el paso de la zona de máxima cristalización se efectúa rápidamente (para la mayoría de los productos entre -1 y -5 °C) y la congelación se completa solamente cuando el equilibrio de temperatura alcanza a -18°C .
- b. La temperatura del producto se mantiene no mayor de -18 °C, durante el almacenamiento hasta su transporte (IIF, 1990).

Los alimentos congelados deberían tener la misma calidad que los no congelados siempre y cuando la congelación se haya efectuado convenientemente; en este sentido se debe tener mucho cuidado en juzgar un alimento congelado.

Es importante señalar que cuando un alimento congelado se compara con el fresco, el congelado resulta tener una mayor aprovechabilidad de proteínas, hierro, vitaminas, y además una digestibilidad más fácil.

Si bien en la conservación por congelación se inhibe por completo el crecimiento bacteriano, no sucede lo mismo con los procesos enzimáticos que, siempre en dependencia con la temperatura, continúan su proceso aunque en forma muy lenta (Pérez, 1992).

2.3. Parámetros físicos utilizados en la congelación de alimentos

2.3.1. Calor específico (c)

Es la capacidad de un cuerpo para absorber calor. (Alarcón, 1978).

El calor específico c (kJ/kg⁰C) puede calcularse a partir de la siguiente ecuación, (IIF, 1990).

$$c = 2,094 X_f + 1,256 X_g + 4,187 H \quad \dots\dots\dots(a)$$

Donde:

2,094 : Constante de la grasa líquida (kJ/kg°C).

1,256 : Constante de los sólidos (kJ/kg°C).

4,187 : Constante de la humedad (kJ/kg°C).

X_f : Porcentaje de grasa (%).

X_g : Porcentaje de sólidos totales (%).

H : Porcentaje de humedad (%).

2.3.2. Peso específico (P_e)

Es el peso que hay en una unidad de volumen, (Muñante, 1996).

El peso específico P_e (kg/l), en especies hidrobiológicas variables 15 °C tienen un valor de 1072 kg/l, (Hermann, 1976).

2.3.3. Coeficiente de conductividad térmica (k)

Es la capacidad del pescado para conducir calor cuando este se calienta o enfría (Muñante, 1996).

Según Lees (1969), el coeficiente de conductividad térmica, K (kcal/hm°C) se determina, conociendo el porcentaje de materia grasa (X_f) con la ecuación siguiente:

$$k= 0,7400 - 0,0117 (X_f) \dots\dots\dots(b)$$

2.3.4. Coeficiente de difusividad térmica (a)

El coeficiente de difusividad térmica, “a” (m²/h); viene a ser el índice de conducción de temperatura de un cuerpo y es hallado mediante la ecuación planteada por Planck (1977) (Lees, 1969).

$$a= k/P_e c \dots\dots\dots(c)$$

Donde:

k: Coeficiente de conductividad térmica (kcal/hm⁰C).

P_e: Peso específico (kg/l).

c: Calor específico (kJ/kg⁰C).

2.3.5. Coeficiente de transmisión superficial del calor (h)

Se define el Coeficiente de transmisión superficial de calor **h** [kcal/hm²C], también llamada coeficiente de película o conductancia superficial, como el parámetro que relaciona el flujo de calor **Q** [kcal/m²] entre una superficie y el ambiente como función lineal de la diferencia de temperatura superficie-aire [°C] (EDITORIAL.DCA, 2011).

Según Planck, (1977), se calcula con la siguiente ecuación:

$$hL/k_1 = N_{NU} = 0,664 (N_{RE})^{1/2} (N_{PR})^{1/3} \dots\dots\dots(d)$$

Donde:

$$N_{NU} : \text{Número de Nusselt} = hL/k_1 \dots\dots\dots (e)$$

$$N_{RE} : \text{Número de Reynolds} = VL\sigma_a/\mu \dots\dots\dots (f)$$

$$N_{PR} : \text{Número de Prandtl} = \mu C_a/K_1 \dots\dots\dots (g)$$

h : Coeficiente de transmisión superficial de calor
(kcal/hm²°C).

L : Longitud de la lámina a congelar (m).

V : Velocidad del aire (m/s).

σ_a : Densidad del aire (kg/m³).

μ : Viscosidad del aire (kg/h m).

K_1 : Conductividad térmica del aire (kcal/hm°C).

C_a : Calor específico del aire (kcal/kg°C).

2.3.6. Tiempo de congelación

El tiempo de congelación es el tiempo transcurrido para reducir la temperatura del producto desde la inicial hasta otra dada en su centro térmico (FAO, 1977).

Existen factores que influyen en el tiempo de congelación que son necesarios para los cálculos y comprensión del proceso.

- Tamaño del producto, en la medida que el espesor o diámetro aumenta, el tiempo requerido para reducir el contenido de calor también se incrementa.
- Temperatura del medio congelante.
- Coeficiente de transferencia de calor por convección, la magnitud del coeficiente de transferencia de calor por convección, horas, tiene significativa importancia sobre el tiempo de congelación.
- Otros factores; el contenido de humedad, densidad y el porcentaje de agua no congelable en el producto (Ibárcena, 2001).

2.3.6.1. Método de Planck

Planck, (1977), afirma que el tiempo de congelación es el tiempo transcurrido a partir de la temperatura Inicial de la congelación, hasta una temperatura óptima de congelación para cada producto, que es ajeno del tiempo ha sido enfriado ya hasta el punto de congelación y que todo el calor de congelación se elimina en las proximidades de dicho punto.

Además, se asume que los productos que se van a congelar tiene formas geométricas como láminas, cilindros o esferas.

Para el cálculo del tiempo total de congelación se emplean las siguientes fórmulas planteadas por Planck:

a. Tiempo de refrigeración (T_k)

$$T_k = \frac{x^2}{a} \cdot \frac{\ln(\theta_a/\theta) + \ln C}{u^2} \dots\dots\dots(h)$$

Siendo:

- X : Espesor del producto (m).
- T_k : Tiempo de refrigeración (h).
- a : Difusividad térmica expresada en función al peso específico (kcal/hm⁰C).
- c : Calor específico del producto (kcal/kg⁰C).
- u : Magnitud resultante de la condición de transporte térmico en la superficie.
- θ_a, θ : Diferencias de temperaturas.

Para $\theta_a = t_a - t_o$ (i)

t_a : Temperatura inicial del producto ($^{\circ}\text{C}$).

t_o : Temperatura del medio de congelación ($^{\circ}\text{C}$).

Para $\theta = t_g - t_o$ (j)

t_g : Temperatura inicial de congelación del
producto ($^{\circ}\text{C}$).

t_o : Temperatura del medio de congelación ($^{\circ}\text{C}$).

Para desarrollar la ecuación se debe de utilizar la figura 5 y tabla 6.

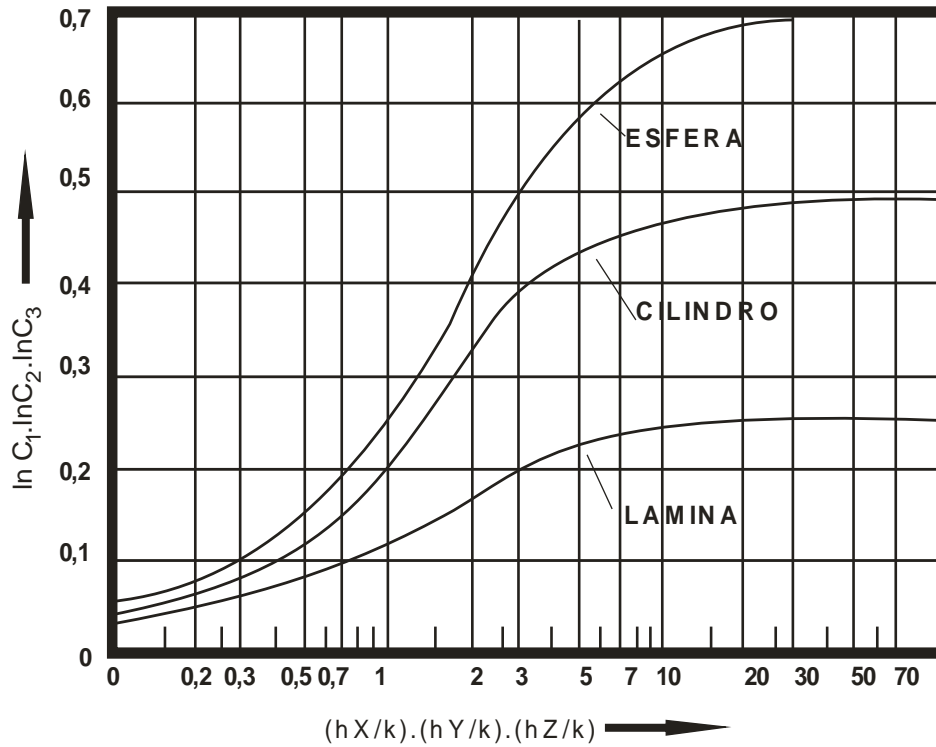


Figura 5. Valores de $\ln C$, o respectivamente, de $\ln C_1$, $\ln C_2$, $\ln C_3$. para láminas, cilindros y esferas.

Fuente: Plank (1977).

Donde: $\ln C_1$ corresponde si la muestra tiene forma laminar.
 $\ln C_2$ corresponde si la muestra es de forma cilíndrica.
 $\ln C_3$ corresponde si la muestra es de forma esférica.

Tabla 6. Valores u^2 utilizables para determinar tiempo de refrigeración (t_k) mediante la ecuación de Plank clasificar $hx/k \cong hL/k$.

Índices hL/k	u para lámina
0,01	0,0100
0,02	0,0199
0,05	0,0493
0,07	0,0683
0,10	0,0967
0,15	0,142
0,20	0,187
0,30	0,273
0,50	0,462
0,70	0,563
1,00	0,741
1,5	0,977
2,0	1,164
3,0	1,42
5,0	1,73
7,0	1,89
10,0	2,04
15,0	2,17
20,0	2,24
30,0	2,31
50,0	2,36
70,0	2,47

Fuente: Plank (1977).

b. Tiempo de congelación (t)

$$t = \rho/\theta (P d/h + R d^2/k) \dots\dots\dots(k)$$

$$\rho = H L_f \sigma \dots\dots\dots(l)$$

Donde:

t : Tiempo de congelación (h).

θ : Diferencia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Para $\theta = t_g - t_o$.

t_g : Temperatura inicial de congelación del producto ($^{\circ}\text{C}$).

t_o : Temperatura del medio de congelación ($^{\circ}\text{C}$).

P y R : Factores de forma de la Ec. de Planck, en el caso de flujo unidireccional para una lámina son:

$$P = 1/2 \text{ y } R = 1/8.$$

h : coeficiente de transferencia superficial de calor ($\text{kcal}/\text{hm}^2\text{C}$).

d : Espesor de la lámina a congelar (m).

ρ : Calor latente por unidad de volumen (kcal/m^3).

H : Porcentaje de humedad del producto (%).

L_f : Calor latente de fusión (kcal/kg).

σ : Densidad del producto (kg/m^3).

c. Tiempo total de congelación (T_{θ})

$$T_{\theta} = T_k + t \quad \dots\dots\dots(\text{II})$$

Donde:

T_{θ} : Tiempo total de congelación (Planck, 1977) (h).

T_k : Tiempo de refrigeración (h).

t : Tiempo de congelación (h).

2.3.6.2. Método analítico de Nagaoka

Nagaoka et. al (1955 y 1958), citado por Planck (1977), dice que propusieron correcciones basadas en resultados experimentales, a fin de reducir las inexactitudes de la Ecuación básica de Plank siendo la expresión resultante:

$$T_2 = H \left(C_w(t_a - t_g) + L_f + C_i(t_g - t_{\theta}) \right) (1 + 0,00445(t_a - t_g)) \frac{\rho}{\theta} \left(P \frac{d}{h} + R \frac{d^2}{k_i} \right) \quad \dots\dots\dots(\text{o})$$

Siendo:

C_w y C_i : Calores específicos del agua y del hielo, respectivamente (kcal/kg°C).

k_i : Conductividad térmica del hielo (kcal/hm°C).

- t_a : Temperatura inicial del producto ($^{\circ}\text{C}$).
- t_{θ} : Temperatura final del producto ($^{\circ}\text{C}$).
- t_g : Temperatura inicial de congelación del producto ($^{\circ}\text{C}$).
- P y R : Factores de forma de la ecuación de Planck, para una lámina de flujo unidireccional: $P=1/2$ y $R= 1/8$.
- P : Calor latente por unidad de volumen (kcal/m^3).
- d : Espesor de la lámina a congelar (m).
- H : Porcentaje de humedad del producto (%).

Si los alimentos están empaquetados, es preciso añadir las resistencias de los materiales de embalaje y la de los espacios ocupados por aire, que siempre existen pero que son difíciles de evaluar, (Planck, 1977).

Si k_1, k_2, \dots Son los índices de conductividad térmica y e_1 y e_2 , los espesores de cada una de las capas de envoltura del alimento, se tiene:

$$\sum_{e=1}^{e=n} \frac{e_e}{k_e} = \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \dots + \frac{e_n}{k_n} \dots\dots\dots(p)$$

Y:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h} + \sum_{e=1}^{e=n} \frac{e_e}{k_e} \dots\dots\dots(q)$$

Donde:

$\sum_{e=1}^{e=n} e_e / k_e$: Resistencia Térmica de los empaques (hm²°C/kcal).

h : Coeficiente de transferencia de calor (kcal/hm²°C).

U : Coeficiente de transferencia de calor modificado
(kcal/hm²°C).

1/U : Resistencia total a la transmisión de calor (hm²°C/kcal).

Por lo que en todas las ecuaciones, para el cálculo del tiempo total de congelación deberá reemplazarse “U” por “h”, cuando se utilicen materiales de empaque (Plank, 1977), mencionado por (Flores, 1987).

2.3.7. Curva de congelación

Congelar alimentos significa aplicar temperaturas de -18 °C y aún menos en el centro térmico. En forma práctica, el proceso de congelación se puede mostrar muy claramente en la figura 6 de la curva de congelación. En efecto, para alcanzar la temperatura de congelación recomendada por el Instituto Internacional del Frío (IIF), el alimento debe pasar por tres fases bien definidas:

2.3.7.1. Fase I

Consiste en la eliminación del calor sensible descendiendo su temperatura hasta proximidades del punto de congelación, (Pérez, 1992).

En éste se produce la refrigeración del producto a congelar la temperatura desciende en forma rápida hasta la temperatura crioscópica o temperatura de congelación, no existe cambio de estado. Se conoce esta fase con el nombre de zona de pre-enfriamiento (Postolski, 1986).

2.3.7.2. Fase II

Corresponde al cambio de estado de agua. Se va a considerar que es homogéneo (el agua no es químicamente pura) hay una pequeña concentración de solutos; aparición de cristales mezclados con pequeñas partículas de solutos. El cambio de estado ocurre cuando el alimento alcanza su temperatura crioscópica o punto de congelación.

Esta fase está delimitada por el rango de temperatura que va de -1 a -5 °C, conocida como "zona de máxima formación de los cristales de hielo" en el músculo de pescado el calor extraído es calor latente que se libera gradual y lentamente en el rango de temperatura señalado. Se

asume que cerca del 80% del agua libre se encuentra congelada (Charm, 1971).

2.3.7.3. Fase III

Es el sub enfriamiento del alimento congelado ya no hay cambio de estado; existe extracción del calor sensible. La variación de la temperatura con respecto al tiempo es mayor que la Fase I.

Esta fase determina la temperatura final de congelación. Esta temperatura deberá ser igual o un poco más baja que la temperatura de la cámara de almacenamiento (Ibárcena, 2001).

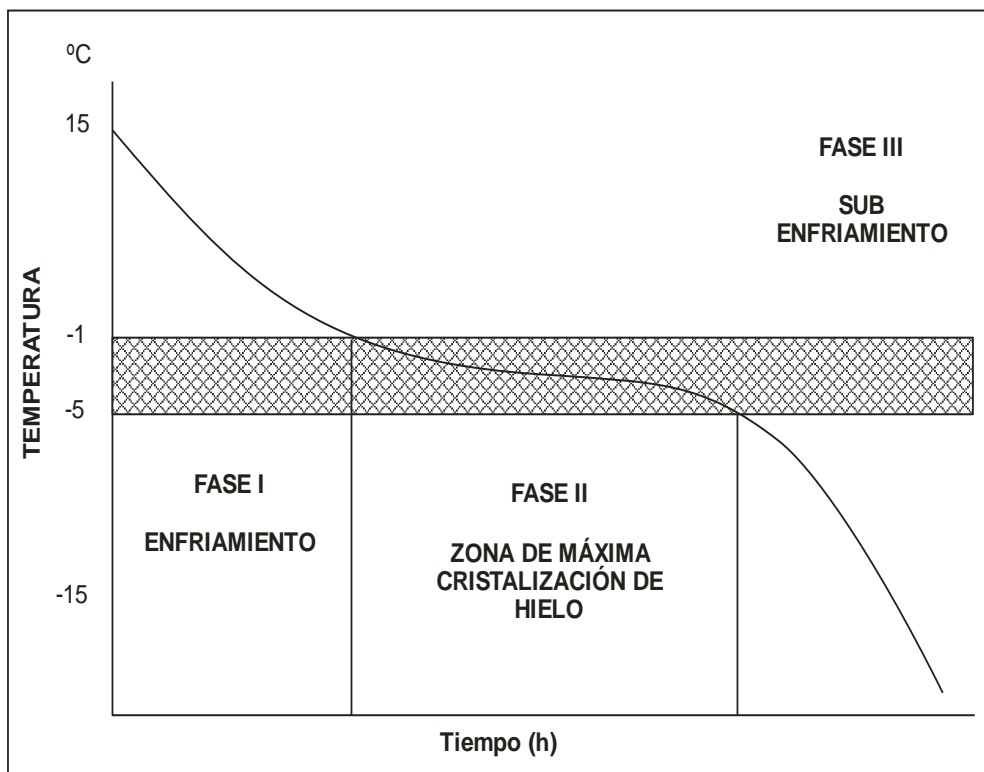


Figura 6. Fases de congelación

Fuente: Charm, (1971).

2.3.8. Velocidad de congelación

Se ha de tener en cuenta que la congelación es siempre más rápida cerca a la superficie del pescado en contacto con el medio refrigerante y más lenta en el centro (FAO, 1977).

La calidad de un producto congelado depende de la velocidad a que es congelado, se obtiene mejores resultados cuando los alimentos

son sometidos a congelación rápida (Earle, 1979). En la actualidad los sistemas de congelación se clasifican según la velocidad de avance del frente de hielo, como sigue:

Menos de 0,1 cm/h	Congelación muy lenta.
0,1 a 0,5 cm/h	Congelación lenta.
0,5 a 5,0 cm/h	Congelación rápida.
Más de 5,0 cm/h	Congelación muy rápida (Hermann, 1976).

2.4. Métodos y equipos de congelación

2.4.1. Congeladores de contacto directo

El producto está sujeto entre dos placas cruzadas, en el interior de las cuales circula el criógeno; o entre dos correas, circulando el criógeno en el exterior de estas bandas; el producto puede ponerse simplemente sobre una correa. Estos dispositivos aseguran una buena transmisión térmica, con un tiempo de congelación, con la reserva de que el producto mismo sea un buen conductor del calor (IIF, 1990).

a. Congelador en placas de contacto

El congelador por contacto, es utilizado generalmente para congelar bloques, donde la temperatura real de congelación equivale a la del evaporador.

El pescado o carnes son envasados en bandejas en forma de bloques colocados en placas de congelación que son presionados desde la parte superior hasta la parte inferior a través de un pistón hidráulico.

Habiendo de dos tipos, horizontales de 10 a 26 placas donde es apoyado por la mano de obra para cargar y descargar el bloque. Pesan de 10 a 15 kg cada uno.

Los verticales son más comunes con una altura del bloque de 7 cm y que muestran una consistencia lo más firme posible (IIF, 1990).

2.4.2. Congelador por aire forzado

Por este sistema se reduce el tiempo necesario para la congelación sobre todo para las velocidades de aire por uno o varios ventiladores de acuerdo a la capacidad del túnel.

La velocidad de aire varía de 4 a 6 m/s siendo su capacidad de congelación 2 a 5 veces más rápida que el congelador tipo anaquel por lo que tiene grandes ventajas, resaltando su versatilidad por lo que hace tener buena aceptación industrial (Maza, 1982), mencionado por (Flores, 1987).

Esta técnica congela el producto sea cual fuere su presentación forma y tamaño, puede ser trozos, bloque BQF (Block Quick Frozen), individual I.Q.F (Individual Quick Frozen), enteros, envasados, etc. Lo principal es que la corriente de aire llegue a todos los puntos por igual (Multon, 1988).

a. Túnel de congelación

Se denomina así (por extensión) las cámaras equipadas de evaporadores y de ventiladores, donde el frío circula a través de los productos situados sobre bandejas o cuadros que están dispuestos a su vez sobre estantes estacionarios, o sobre carros que recorren el túnel aisladamente o en serie; las capas de los productos están suficientemente separadas para que el aire circule libremente (IIF, 1990).

2.4.3. Congelador por nitrógeno líquido

En este sistema los alimentos son trasladados a través de una faja transportadora donde son pre-enfriados con nitrógeno frío, y luego son rápidamente congelados mediante pulverización o rociados de nitrógeno en estado líquido.

El procedimiento de rociado ofrece ventajas como una rápida congelación acompañada de una intensa eliminación de oxígeno, lo que impide la oxidación de grasas.

La desventaja de este método es que es demasiado costoso (Cox, 1987).

2.4.4. Congelador continuo con enfriamiento por salmuera

Es muy parecido al congelador por circulación de aire continuo. Emplea una salmuera refrigerada para enfriar una cinta transportadora de acero inoxidable en cuya superficie superior se coloca el producto que se va a congelar. El tiempo de congelación con la salmuera es aproximadamente igual que por circulación de aire si el producto está en trozos delgados; para productos más gruesos el tiempo de congelación será comparativamente más largo (FAO, 1977).

2.5. Procesos del congelado

2.5.1. B.Q.F (Block Quick Frozen)

B.Q.F son las siglas que en inglés significan Block Quick Frozen, o congelación rápida en bloque.

Este proceso de congelamiento rápido permite que los cristales de hielo que se forman dentro de las células del pescado no sufran daño. Por lo tanto al descongelar el producto no hay derrame de fluidos celulares, lo cual garantiza una textura, valor nutritivo y sabor igual al producto inicial.

Aplicado a bloques de pescados enteros, filetes congelados, obteniéndose bloques compactos y de formas geométricas (ITP, 1999).

2.5.2. I.Q.F (Individual Quick Frozen)

IQF son las siglas que en inglés significan Individual Quick Frozen, o congelación rápida de manera individual.

Este proceso de congelamiento rápido es aplicado en filetes simples pescado entero, porciones. Este método de congelamiento permite la utilización del pescado de acuerdo a cantidades exactas solicitadas por los consumidores (ITP, 1999).

2.6. Aspectos físicos de la congelación

2.6.1. Cristalización y formación de hielo:

En alimentos que son enfriados bajo los 0 °C; se comienza a formar hielo a la "Temperatura crioscópica" (comienzo de la congelación), que es también la temperatura característica de fusión, es decir, temperatura a la cual se funde el último cristal de hielo en una descongelación suficientemente lenta. El comienzo de la congelación depende en gran medida de la concentración de las sustancias disueltas y no de su contenido en agua (Postolski, 1986).

2.6.2. Desecación

Si el producto no está protegido por un embalaje impermeable y en riguroso contacto con él, es inevitable que una cierta porción del agua contenida se evapore en el curso de la congelación por corrientes de aire

de frío; esta porción es tanto menor cuanto más rápida sea la congelación (IIF, 1990).

Si el pescado se congela en forma rápida, durante el descongelamiento, la formación de drip es pequeña (Universidad Autónoma de Madrid, 2006).

2.7. Cristalización

En general, los alimentos son grupos heterogéneos tanto del punto de vista físico y químico; por lo que la congelación está dada por la existencia de la temperatura a la que aparecen los primeros cristales de hielo y de un intervalo de temperatura para que el hielo se forme. Si el hielo permanece en el exterior de las células, no hay peligro en que se produzca una lesión grave o irreversible (Postolski, 1986).

2.8. Recristalización

El control del cristal sería bastante simple si todos los cristales una vez formados mantuviesen sus dimensiones constantes durante su almacenamiento congelado, esta situación estática es rara por que los cristales tienen tendencia a crecer (Ibárcena, 2001).

Este fenómeno es más acentuado si se almacena el producto a temperaturas cercanas a 0 °C. Cuanto más baja es la temperatura, menores son los efectos, considerándose casi despreciables por debajo de -60 °C (Postolski, 1986).

2.9. Tratamiento después del congelamiento

Tan pronto como el pescado sale del congelador deberá glasearse o empaquetarse, a menos que se haya empaquetado antes de congelarlo, y enviarse inmediatamente a un frigorífico. Cuando se sabe que el almacenamiento va a ser breve, no hace falta empaquetar o glasear o puede no ser práctico (FAO, 1977).

2.10. Glaseado

Se emplea mucho la aplicación de una capa de hielo a la superficie de un producto congelado mediante pulverización, mojando con una brocha o por inmersión, para protegerlo de los efectos de la deshidratación y oxidación. La capa de hielo, y no el pescado debajo de ella, se sublima, excluye el aire de la superficie del pescado y reduce así la velocidad de oxidación. El glaseado aporta con frecuencia mucho calor

y es posible que se tenga que reenfriar el pescado en un congelador antes de enviarlo al frigorífico.

El glaseado se tiene regular que regular rígidamente para que se forme una capa completa y uniforme en la superficie del pescado. La cantidad de glaseado depende de: duración del glaseado, temperatura del pescado, temperatura del agua, tamaño del producto, forma del producto (FAO, 1977).

El peso del glaseado con respecto al peso del producto congelado deberá ser no menor de 2 a 4% dependiendo de la especie y forma del producto (ITP, 1999).

No se recomienda glasear por inmersión en agua, cuya temperatura inicial puede ser relativamente alta. Esta se reduce según procede el pescado y con ello variará el grosor, además el agua puede contaminar después de algún tiempo. No obstante, si se emplea este método el recipiente de inmersión ha de tener un suministro constante de agua y estar dotada de un sobrero (FAO, 1977).

2.11. Alteraciones bacterianas

Las bacterias que deterioran el pescado son típicamente psicrófilas, de suerte que las alteraciones anteriores a la congelación, que se producen incluso en la refrigeración, son generalmente más rápidas que para la carne en las mismas condiciones. Durante la congelación, cesa el desarrollo bacteriano y algunas bacterias se mueren; no obstante el crecimiento reaparece después de la descongelación y el deterioro prosigue a la misma velocidad que en el pescado que no haya sido congelado (IIF, 1990).

La siguiente tabla se refiere a la Norma Sanitaria: NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01 que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, ver tabla 7.

Tabla 7. Criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano y bebidas.

XI. PRODUCTOS HIDROBIOLÓGICOS.						
XI.1 Productos hidrobiológicos crudos (frescos, refrigerados, congelados, salpessos ó ahumados en frío).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos (30° C)	2	3	5	2	5×10^5	10^6
<i>Escherichia coli</i>	4	3	5	3	10	10^7
<i>Staphylococcus aureus</i>	7	3	5	2	10^2	10^3
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia /25 g	-----
<i>Vibrio cholerae</i> (*)	10	2	5	0	Ausencia /25 g	-----
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	10	2	5	0	Ausencia /25 g	-----

(*) Para productos hidrobiológicos crudos, frescos, refrigerados y congelados.

Fuente: Minsa/Digesa, 2008

2.12. Descongelación

La correcta descongelación de los alimentos también es una técnica muy importante. La descongelación se considera terminada cuando se alcanza los 0 °C. Aunque la descongelación es el proceso inverso de la congelación, existen diferencias significativas entre ambas. Aplicando el mismo gradiente térmico, la descongelación es mucho más lenta que la congelación por dos motivos:

- a. La conductividad térmica del hielo es cuatro veces superior a la del agua. $k(\text{hielo}): 2,25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ a 0 °C $k(\text{agua}): 0,57 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ a 0 °C.

- b. Durante la congelación lo primero que se funde es la capa superficial de hielo del alimento. Esta capa de agua formada tendrá menor conductividad y difusividad térmica que el hielo original, reduciéndose notablemente la velocidad de transmisión de calor hacia el interior del alimento. Este fenómeno se acentúa a medida que transcurre la descongelación (ITP, 1999).

2.13. Envases y embalajes

2.13.1. Cartón corrugado

El cartón corrugado consiste de al menos una capa de cartón y adherido a la superficie de éste una capa de medio corrugado. La mayoría de las paredes de la estructura de un cartón corrugado es hoy en día hecho a partir de papel kraft sin tratamiento de blanqueado, en una variedad de pesos que van desde 127 a 537 g/m² siendo el más común el de 205 g/m². Las corrugaciones y flautas impresas en el medio dan al cartón corrugado sus cualidades de fuerza y amortiguación (absorbente de impacto). En las cajas de cartón corrugado las flautas son usualmente verticales para dar la máxima fuerza al apilamiento y vienen en cuatro tamaños estándares (ITP, 1999).

El cartón corrugado, logra obtener fuerza adicional en las cajas mediante los dobles, uniones y perforaciones especiales que se les dan a estas en lugares claves de sus respectivos diseños estructurales, los cuales se conciben en base al uso específico a las que serán destinadas (ECSABOX, 2005).

2.13.2. Celulosa

La celulosa es un hidrato de carbono polimérico que se encuentra en las paredes de las células de las plantas.

El algodón es celulosa casi pura, y en la madera se encuentra combinada con otras sustancias.

La celulosa se obtiene de la madera, el algodón, el lino, el yute, el cáñamo, la paja, y de plantas de crecimiento rápido.

En las plantas, la celulosa suele aparecer combinada con sustancias leñosas, grasas o gomosas. Salvo algunos insectos, ningún animal tiene en los tejidos verdadera celulosa (ECSABOX, 2005).

2.13.3. Polietileno

Se forma por la polimerización del etileno, y se tiene los siguientes tipos:

- Polietileno de baja densidad (LDPE): Es usualmente laminado a otros “films” base para proporcionarles resistencia a la humedad, además de ser excelente como material termo sellado. No tiene barrera a los gases.
- Polietileno de media densidad (MDPE): Comparado en el polietileno de baja densidad, el MDPE presenta una temperatura de sellado más alta, mayor rigidez y mayor resistencia al calor. Disponible en laminados para envases pasteurizados, con excelente resistencia al calor y rigidez.
- Polietileno de alta densidad (HDPE): Inferior en transparencia que los anteriores polietilenos, pero mucho mejor en fuerza de tensión, resistencia a los aceites y al calor, mejor performance como material a prueba de humedad. Disponible para laminados retortables.

- Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE): Da la posibilidad de reducir el espesor de las láminas debido a su más alta fuerza de tensión en comparación al LDPE. Disponible para envasado de líquidos.
- Ionómero (surlyn): Excelente para termosellados (especialmente en mordazas) y fuerza física. Excelente para productos en polvo y bandejas moldeadas.
- Etileno vinil-acetato (EVA): Material suave, no muy rígido, excelente en sellabilidad térmicas a bajas temperaturas. Envases para líquidos. Útil en la industria del congelado (ITP, 1999).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Planta PROPESUR (Productos Pesqueros del Sur) ubicado en el Parque Industrial (Mz. A Lote 2). Las pruebas se realizaron en el túnel de congelación por aire forzado.

Los análisis físicos, químicos y microbiológicos se realizaron en los siguientes laboratorios.

- Centro de Producción y Tecnología Pesquera (CEPROTEP) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias/ Escuela Académico Profesional de Ingeniería Pesquera, para la realización de los análisis de frescura físico – sensorial.

- Laboratorio de Tecnología Pesquera de la Facultad de Ciencias Agropecuarias/ Escuela Académico Profesional de Ingeniería Pesquera, para la realización del análisis proximal de la materia prima y el producto final.
- Laboratorio de microbiología de la facultad de Ciencias, para la realización de los análisis microbiológicos del producto final.

3.2. Materia prima

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se utilizó como materia prima al recurso pejerrey (*Odontesthes regia regia*) adquirido en el Puerto pesquero de Tacna Miguel Grau, la cantidad de 5 kg, el cual se trasladó enseguida en cajas con hielo, al Centro de Producción y Tecnología Pesquera (CEPROTEP).

3.3. Equipos y materiales

3.3.1. Para la preparación de la materia prima y congelado

a. Túnel de congelamiento

El método de congelación utilizado es por aire forzado, cuya velocidad promedio de enfriamiento es de 5 m/s, con refrigerante freón (R-502) y la temperatura promedio de congelamiento es de -30 °C.

El túnel está conformado por: la cámara de cinco toneladas de capacidad, con un compresor de 15 HP, un condensador enfriado con dos ventiladores marca BOHN-AMERICANA.

b. Termorregistrador

Marca SHIMADEN CO, LTD eléctrico 220V 60Hz con una escala de temperatura -50 °C a 150 °C, contando con 06 termocuplas.

c. Termómetro

Escala: 0 a +110 °C

d. Balanza de platillos

Marca: Cóndor

Capacidad: 1 kg \pm 10 g

e. Congeladora

Marca: Faeda

Capacidad: 300 litros

f. Mesa de acero inoxidable

Dimensión: 3,5 x 1,5 m

3.3.2. Para los análisis químicos y microbiológicos

a. Químico proximal

➤ **Balanza analítica de precisión**

Marca: Sartorius

Capacidad: 160 g

➤ **Balanza digital**

Marca: DIGITAL WEISHING SCALE

Capacidad: 10 kg

➤ **Estufa**

Marca: Mermment

Temperatura: 0 a 225 °C

➤ **Mufla de calcinación**

Marca: FURNACE.

Temperatura: 0 a 1400 °C

➤ **Campana extractora de gases**

Marca: Ezermeister ISZ

➤ **Placas Petri**

Marca: Pirex

➤ **Probetas**

Marca: Pirex

Capacidad: 10 y 100 ml

➤ **Balones**

Marca: Pirex

Capacidad: 250 y 500 ml

➤ **Matraz**

Marca: Pirex

Capacidad: 250 ml

➤ **Reactivos**

- Ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,1N con fc = 1,1940
- Hexano (solvente)

- Ácido bórico al 4%
- Catalizador, sulfato de potasio y cobre ($\text{CuSO}_4 : \text{K}_2\text{SO}_4$)
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 40%
- Rojo de metilo

b. Microbiológico

➤ **Balanza Digital**

Marca: Darus (USA)

Capacidad: 200 g

➤ **Incubadora**

Marca: Memmert

Rango de temperatura: 0 a 70 °C.

➤ **Horno**

Marca: Memmert

Rango de temperatura: 30 a 200 °C

➤ **Estufa**

Marca: Memmert

Rango de temperatura: 0 a 250 °C

➤ **Esterilizador**

Rango de temperatura: 0 a 120 °C

3.4. Métodos de análisis

3.4.1. Materia Prima

a. Análisis físico

Consistió en las mediciones morfométricas del pescado fresco

b. Análisis sensorial

Se determinó el grado de frescura y calidad del pescado fresco, a través de los parámetros indicados por Wittfogel (ver anexo 3).

c. Análisis químico proximal (Método A.O.A.C, 1990)

Se realizaron por duplicado, teniendo en cuenta los métodos y pautas oficiales de la A.O.A.C. (A.O.A.C, 1990).

➤ **Determinación de la Proteína total (N x 6,25)**

Se realizó mediante el método Semi-microkjeldhal, al encontrar el nitrógeno total, este fue multiplicado por el factor 6,25 (para carnes),

obteniéndose el porcentaje de proteína bruta.

➤ **Determinación de la Humedad**

Se realizó por el método de la pérdida de peso. Moler el pejerrey y homogenizar, para luego retirar una muestra y llevarlo a la estufa a una temperatura de 105 °C por 4 horas, hasta obtener un peso constante.

➤ **Determinación de Ceniza**

Se determinó por el método de calcinación en la mufla a 600 °C por espacio de 4 horas, con el fin de obtener las sales minerales presente en ella.

➤ **Determinación de Grasa total**

Se determinó por el método de soxhlet, cuyo fundamento es la extracción de la grasa mediante un solvente (éter, hexano, cloroformo, etc.) y luego eliminación del solvente por evaporación.

➤ **Carbohidratos**

Se determinó por diferencia de peso restando del 100% los porcentajes de humedad, proteínas, grasas y cenizas.

3.4.2. En el proceso

a. Determinación experimental del Tiempo de congelación mediante Termorregistrador

Cada bandeja contenía 1 kg de producto B.Q.F (Congelado Rápido en Bloque) cubierto por una lámina de polietileno.

Para obtener el tiempo de congelación en forma práctica se realizó empleando el termorregistrador, donde una termocupla fue colocada en la parte central de la bandeja y que contenía el pejerrey para registrar la temperatura en proceso de congelación.

La temperatura inicial del producto a congelar fue de 10 °C, la temperatura de la cámara fue de -7 °C, cabe indicar que el paso por el túnel de congelación fue por el método de aire forzado.

b. Determinación del Tiempo total de congelación mediante el empleo de fórmulas analíticas

Las ecuaciones analíticas que se emplearon para el cálculo del tiempo y velocidad de congelación fueron:

➤ **Ecuaciones de Plank**

Para obtener el círculo del tiempo total de congelación y cálculo de la velocidad lineal de congelación.

$$t = \rho/\theta (P d/h + R d^2/k)$$

➤ **Ecuaciones de Nagaoka y colaboradores.**

Para el cálculo del tiempo total de congelación, siendo este un método comparativo para encontrar directamente el tiempo total de congelación del pescado.

$$T_2 = H \left(C_w(t_a - t_g) + L_f + C_i(t_g - t_\theta) \right) (1 + 0,00445(t_a - t_g)) \frac{\rho}{\theta} \left(P \frac{d}{h} + R \frac{d^2}{k_i} \right)$$

3.4.3. Producto final

a. Análisis físico

El análisis físico del bloque congelado, consistió en la medición del largo, ancho y altura del bloque.

El exudado del producto, se realizó al medio ambiente, luego se pesó.

b. Análisis químico proximal (Método A.O.A.C, 1990)

Estos análisis fueron los mismos que se les realizaron a la materia prima, teniendo en cuenta los métodos y pautas oficiales de la A.O.A.C. (A.O.A.C., 1990).

c. Análisis microbiológico

Se realizaron las pruebas microbiológicas con la finalidad de verificar el grado de contaminación que probablemente haya sucedido en el proceso de congelación del producto, evaluando de esta manera la eficiencia de todo el proceso.

El Método de ensayo que se utilizó para el análisis microbiológico fue según la RM: N° 071-2008-SA. Los controles microbiológicos fueron los siguientes:

- Recuento total de bacterias aerobias mesófilas viables
Se utilizó el método del recuento estándar en placa, con el agar plate count.
- ***Escherichia coli***
Se realizó la prueba presuntiva, con el caldo lactosado bilis verde brillante.
- Determinación de ***Staphylococcus aureus***
Se determinó mediante el método de recuento de placa con el agar baird parker.
- Determinación de ***Salmonella*** en 25 g
Se realizó por el método de recuento en placa con agar violeta cristal rojo neutro bilis.

d. Determinación del balance de materia y rendimiento

Se procedió a controlar el peso del producto, tanto desde el principio del proceso hasta obtener el producto congelado manteniendo presente las pérdidas de peso durante el proceso de congelación.

3.5. Pruebas experimentales

3.5.1. Experimento N° 01

El experimento consistió en determinar el tiempo experimental de congelación y compararlas con los resultados de Plank y Nagaoka.

Para esto se utilizó el termo registrador, el cual la termocupla se colocó en tres posiciones diferentes del bloque, $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{3}$; $\frac{1}{2}$, del largo del bloque, hasta llegar a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la temperatura del túnel de congelación por aire forzado fue de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

a. Objetivo

Determinar el tiempo de congelación del bloque de pejerrey (*Odontesthes regia regia*) mediante el método práctico y mediante la ecuación de Planck y Nagaoka.

b. Variables

A₁: Ubicación de la termocupla, parte central, a $\frac{1}{4}$ del largo del bloque.

A₂: Ubicación de la termocupla, parte central, a $\frac{1}{3}$ del largo del bloque.

A₃: Ubicación de la termocupla, parte central, a $\frac{1}{2}$ del largo del bloque.

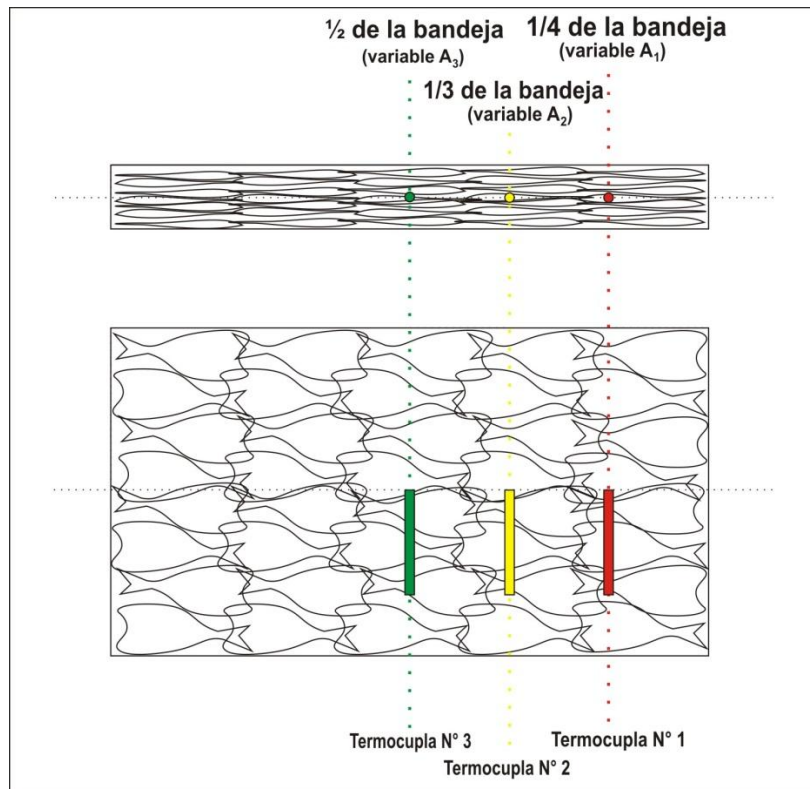


Figura 7. Ubicación de las Termocuplas y sus respectivas variables.

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Descripción del proceso experimental

3.6.1. Recepción

El pejerrey (*Odontesthes regia regia*) fue traída del Puerto Miguel Grau, la cantidad de 5 kg, con una talla promedio de 16,5 cm y seguidamente fue transportada en cajas de tecnoport; tanto para las pruebas preliminares como para las definitivas.

Se realizó un examen físico sensorial utilizando, el método de Wittfogel (Ver anexo 3).

Así mismo, se realizó examen físico como son el rendimiento, morfometría de la especie y análisis químico de la misma.

3.6.2. Lavado I

Durante esta operación la especie fue lavada mediante chorros de agua potable y fría (2 °C), con un contenido mínimo de 0,5 ppm de cloro, con la finalidad de eliminar partículas extrañas, mucosidad y otras impurezas.

3.6.3. Corte mariposa

El pescado previamente lavado se realizó el corte mariposa con sumo cuidado procurando de no contaminar con la masa visceral, cuyo rendimiento varía de acuerdo al tamaño de la especie, estación del año, hábitat, etc.

3.6.4. Lavado II

Inmediatamente después se realizó el lavado con agua fría (2 °C) con la finalidad de eliminar restos de sangre, vísceras, etc.

Luego se procedió a la desinfección del pejerrey, los cuales fueron incorporados a una tina con agua con solución de cloro al 3 ppm, durante 5 segundos.

Inmediatamente después se procedió a incorporar a otra solución en cremolada, durante 5 minutos.

3.6.5. Plaqueado

El producto fue estibado, sobre planchas de aluminio, intercalando las capas con láminas de polietileno de baja densidad de 40 micras de espesor. La placa contenía 1 kilo de pejerrey corte mariposa.

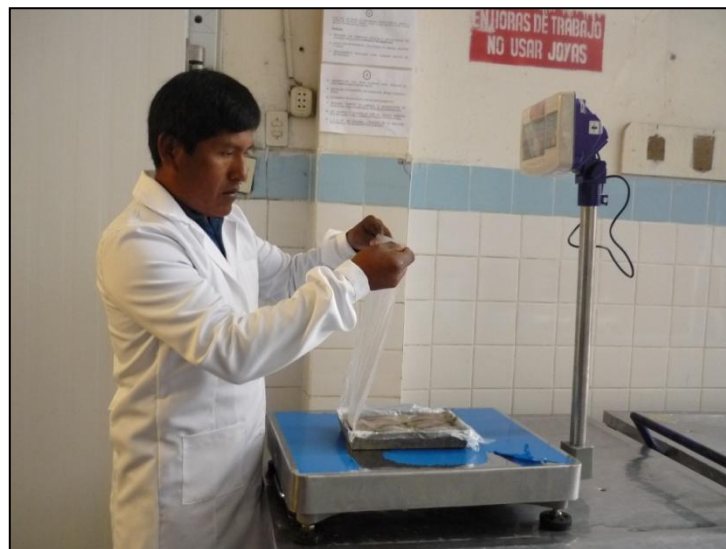


Figura 8. Pejerrey corte mariposa (*Odontesthes regia regia*) estibados en bandeja de aluminio.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.6. Congelado

En la figura 9, se observa el túnel de congelación por aire forzado a una temperatura de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, donde se ubicó la bandeja con el pejerrey corte mariposa. El túnel se encontraba lleno, con otro recurso hidrobiológico (filetes de perico) a congelar, una vez colocadas las bandejas dentro del túnel, se inició la congelación.



Figura 9. Cámara de congelación por aire forzado en PROPESUR.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10, se observa el termo registrador con la respectiva termocupla, este equipo registró la temperatura, desde el momento en que el pejerrey ingresó al túnel de congelación; tomando los datos de la temperatura y tiempo, mientras llega a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el centro del bloque.



Figura 10. Recepción de datos del termo registrador

Fuente: Elaboración propia

3.6.7. Glaseado

El bloque del pejerrey corte mariposa congelado, inmediatamente después de la salida del túnel de congelación. Se sumergió en agua fría (cremolada) aproximadamente $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, por un tiempo de 5 segundos, la

diferencia de temperatura entre producto y el agua fría, hace que se forme una película delgada de hielo alrededor del bloque, con la finalidad de prevenir la oxidación y deshidratación del producto.

3.6.8. Empacado

El producto glaseado fue empacado en bolsas de polietileno de 1kg de capacidad, luego se sellaron y fueron colocados en cajas master preparado exclusivamente para este estudio.

3.6.9. Almacenamiento

Esta operación se realizó en la cámara de almacenamiento a una temperatura de -20 °C, la caja en el pejerrey en estudio fue estibada de tal manera que se pueda permitir una circulación de aire de frío con la finalidad de asegurar o garantizar la conservación del producto.

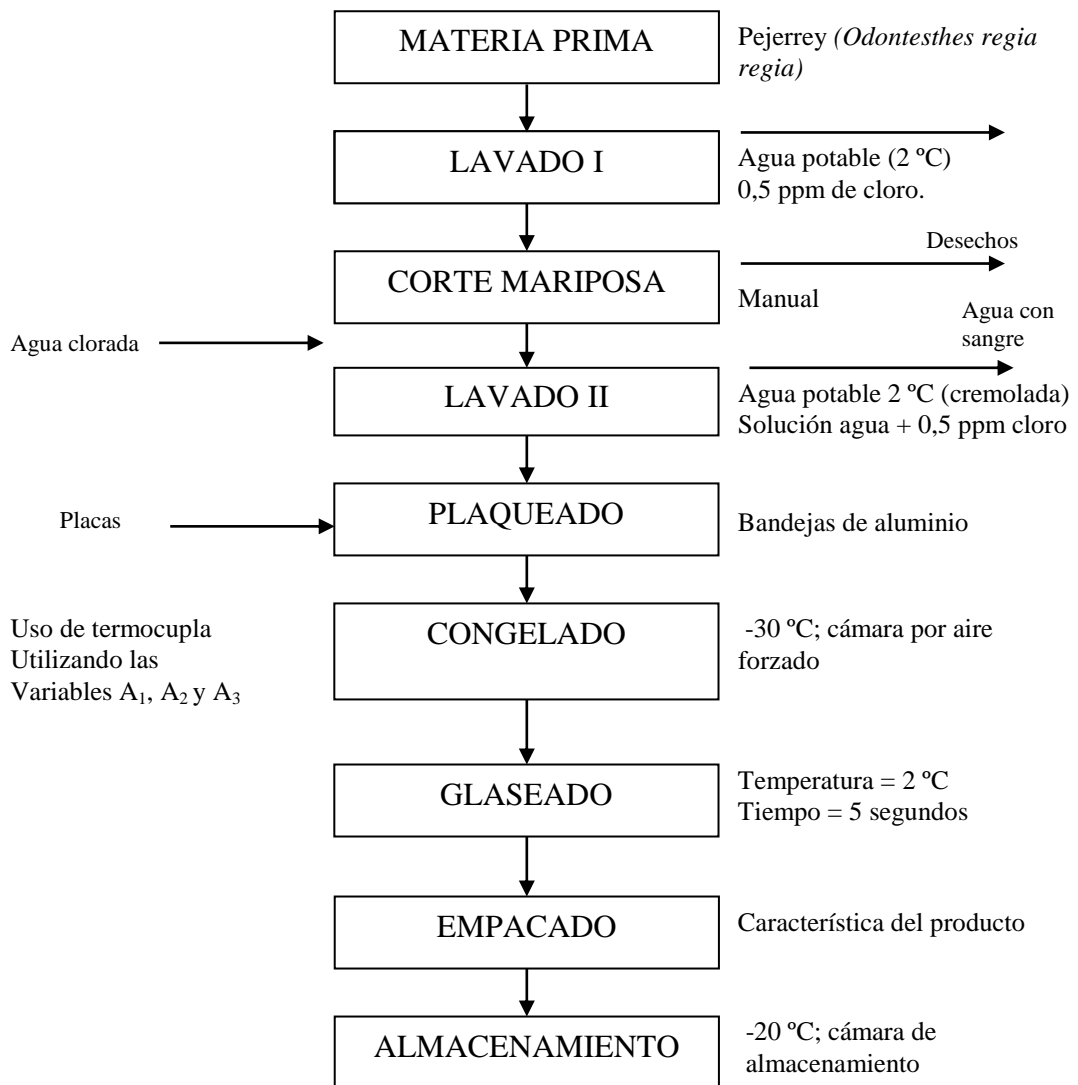


Figura 11. Diagrama de flujo experimental del proceso de congelado de pejerrey corte mariposa (*Odontesthes regia regia*)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. De la materia prima

4.1.1. Características Generales

Las características sensoriales de frescura realizadas al pejerrey (*Odontesthes regia regia*) donde se tomaron al azar 40 ejemplares.

De acuerdo al sistema de evaluación para el pescado fresco de Wittfogel, se consideran: la superficie y consistencia, ojos, branquias, cavidad abdominal y órganos, olor.

El pescado tiene un puntaje final de 18 puntos que se encuentra dentro del rango considerándose de buena calidad, tal como se muestran en la tabla 8:

Tabla 8. Evaluación de frescura del pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

PUNTAJE	CARACTERÍSTICAS
SUPERFICIE Y CONSISTENCIA	
3	Superficie aterciopelada y sin brillo; color ligeramente pálido; mucílago lechoso y opaco. Consistencia un poco relajada y elástica disminuida.
OJOS	
4	Globo ocular hinchado y abombado, córnea clara y brillante, pupila negro oscuro.
BRANQUIAS	
4	Color rojo sanguíneo, mucílago claro, transparente y filamentosos.
CAVIDAD ABDOMINAL Y ÓRGANOS	
4	Superficie de corte de los lóbulos ventrales con color natural, sin decoloración, lisas y brillantes, peritónea liso brillante y muy firme; riñones, restos orgánicos (excepto parte del estómago e intestinos) así como sangre aórtica, rojo profundo.
OLOR	
3	Ya no como el agua de mar, pero fresco y específico.

Fuente: Elaboración propia

Puntaje total = 18

Clasificación para el Análisis Organoléptico

- * Calidad extra: 18 a 20 puntos.
- * **Buena calidad: 13 a 18 puntos.**
- * Calidad media: 8 a 13 puntos.
- * Recusable: menor a 8 puntos.

4.1.2. Análisis físico

La materia prima utilizada en promedio fue de la talla de 16.5 cm de largo como se observa en la tabla 9; tomando como muestra 40 ejemplares al azar (Ver anexo 4), encontrándose de un tamaño aceptable, según la Tabla de tallas de captura y tamaño mínimo de malla permisible de los principales recursos hidrobiológicos, utilizada por la Dirección Regional de Producción (1996).

Asimismo se determinó que el peso promedio de los 40 ejemplares es 20 g.

Tabla 9. Morfometría del pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

Características	Mínimo	Máximo	Promedio
Longitud (cm)	15,5	18,50	16,50
Ancho (cm)	1,50	2,20	1,80
Altura (cm)	2,50	3,00	2,70
Peso (g)	18,00	22,00	20,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Rendimiento promedio del pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

	Peso total	Cabeza, vísceras y espinazo	Aletas	Corte mariposa	Otros
Cantidad promedio (g)	20,00	9,10	0,16	10,70	0,04
Porcentaje (%)	100,0	45,50	0,80	53,50	0,20

Número de especies: 40

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 10, el rendimiento del pejerrey para este tipo de corte mariposa es de 53,50%, pero hay que tener en cuenta que el rendimiento para este tipo de presentación está supeditado a las habilidades del fileteador.

4.1.3. Análisis químico proximal

Los resultados de los análisis químicos de humedad, proteína, grasa total y cenizas realizado en el pescado fresco se encuentran en la tabla 11, en donde se observa que la cantidad de proteínas es ligeramente más elevada 0,30% que la encontrada en bibliografía, (Instituto de Mar del Perú e Instituto tecnológico del Perú), y en el caso de la grasa, que disminuye un 0,10%, debido probablemente al desgaste físico por el que paso antes de ser capturada, desove, etc., en el caso de

las sales minerales disminuye 0,13% y en carbohidratos aumenta 0,10%, esto debido al tipo de alimento, época del año, desove, etc.

Tabla 11. Análisis proximal del pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

COMPONENTE	%
Humedad	76,30
Proteína	19,90
Grasa	2,30
Sales minerales	1,27
Carbohidratos	0,23

Fuente: Elaboración propia

4.2. Del proceso

4.2.1. Experimento N° 01

En este experimento se puede observar que la curva de congelación ubicada a $\frac{1}{2}$, largo de la bandeja, tuvo un tiempo total de congelación de 140 min, tardando más que los otros dos experimentos ubicados a $\frac{1}{3}$ de la bandeja y a $\frac{1}{4}$ del largo de la bandeja, ver tabla 12.

Tabla 12. Tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido experimentalmente

METODO DE CONGELACIÓN	TIEMPO (min)		
	REFRIGERACIÓN	CONGELACIÓN	TOTAL DE CONGELACIÓN
AIRE FORZADO			
$\frac{1}{4}$	16	90	106,0
$\frac{1}{3}$	19	105	124,0
$\frac{1}{2}$	22	118	140,0

Fuente: Elaboración propia

La forma de la curva de congelación del producto (ver figuras 11; 13 y 15), tiene estrecha similitud con la forma de las curvas de congelación descritas en la literatura por Plank (1977), IIF, (1990), en donde se observa tres secciones definidas, la primera sección corresponde a la zona de extracción del calor sensible, la segunda correspondiente a la zona de extracción del calor latente y la tercera correspondiente a la zona de extracción de calor latente esencialmente y sensible.

Los datos de Temperatura de congelación por aire forzado, (ver anexo 2), se procesaron con el software Microsoft Excel, como se muestran en las figuras 12; 14 y 16, donde:

y = ecuación polinómica grado 6 (pescado) y 2 (cámara)

R^2 = permite determinar la fiabilidad de la tendencia y la exactitud de la previsión.

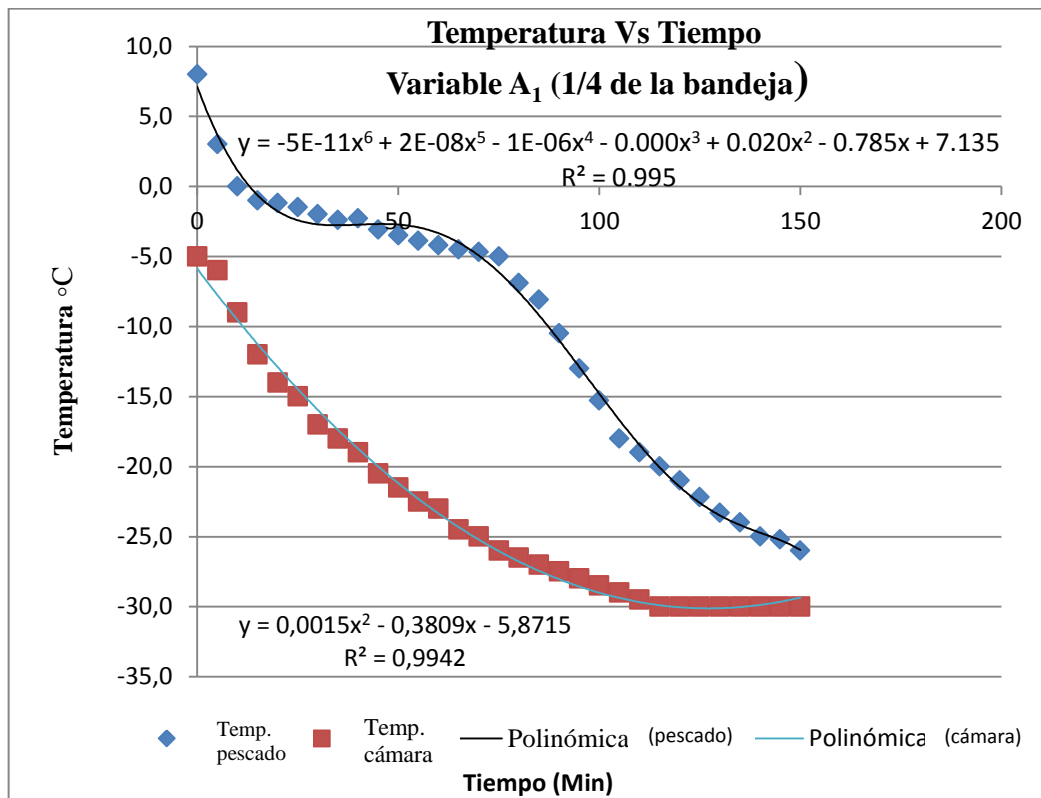


Figura 12. Curva del tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido experimentalmente a ¼ del largo de la bandeja.

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 12 y 13, se observa la curva experimental con la variable A₁ (termocupla a ¼ del largo de la bandeja), el tiempo transcurrido en la fase II (zona de máxima formación de cristales), es menor que las otras dos variables, debido a que la termocupla está a ¼ del largo de la bandeja y por lo tanto mucho más lejos del centro térmico,

esto hace que la temperatura llegue más rápido a -5°C y el tiempo de la Fase II sea más corto.

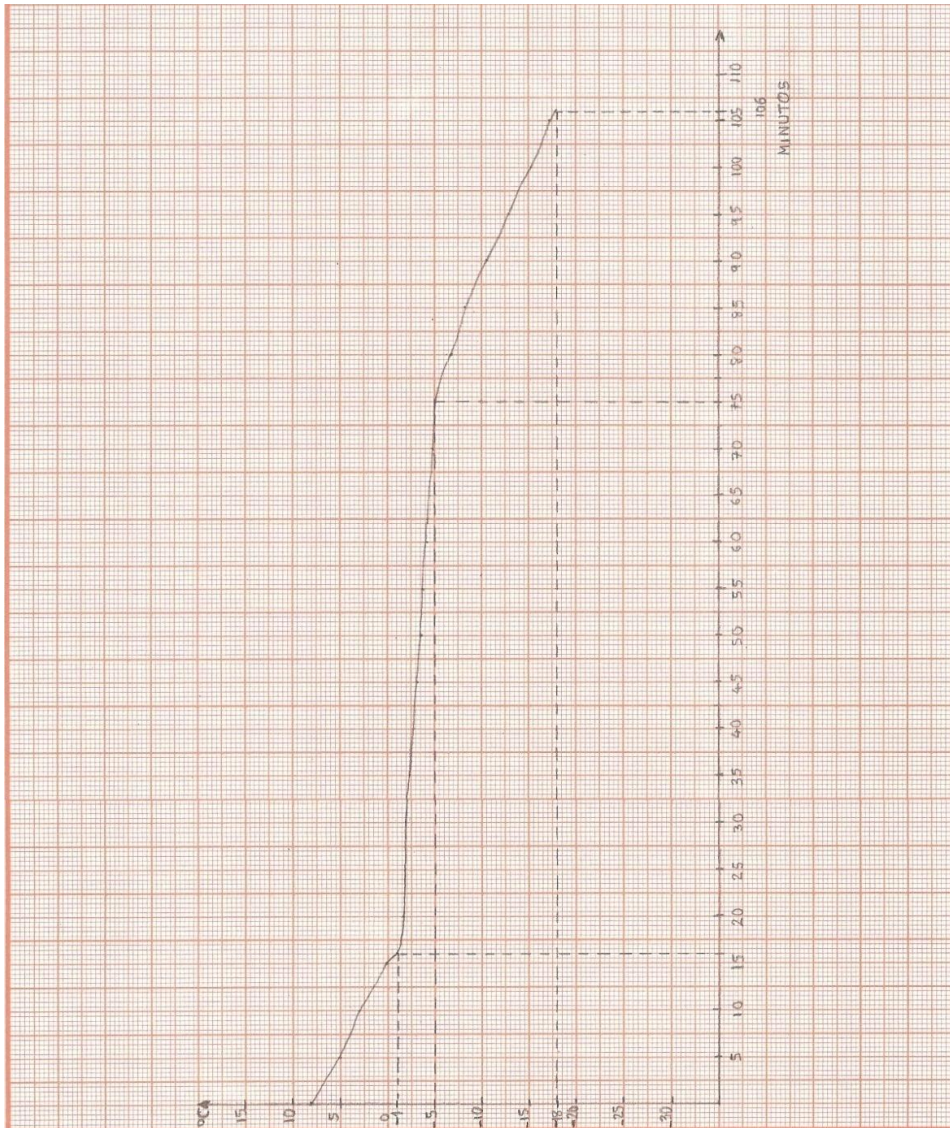


Figura13. Curva de congelado del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) en corte mariposa obtenido experimentalmente a 1/4 de la bandeja

Fuente: Elaboración propia

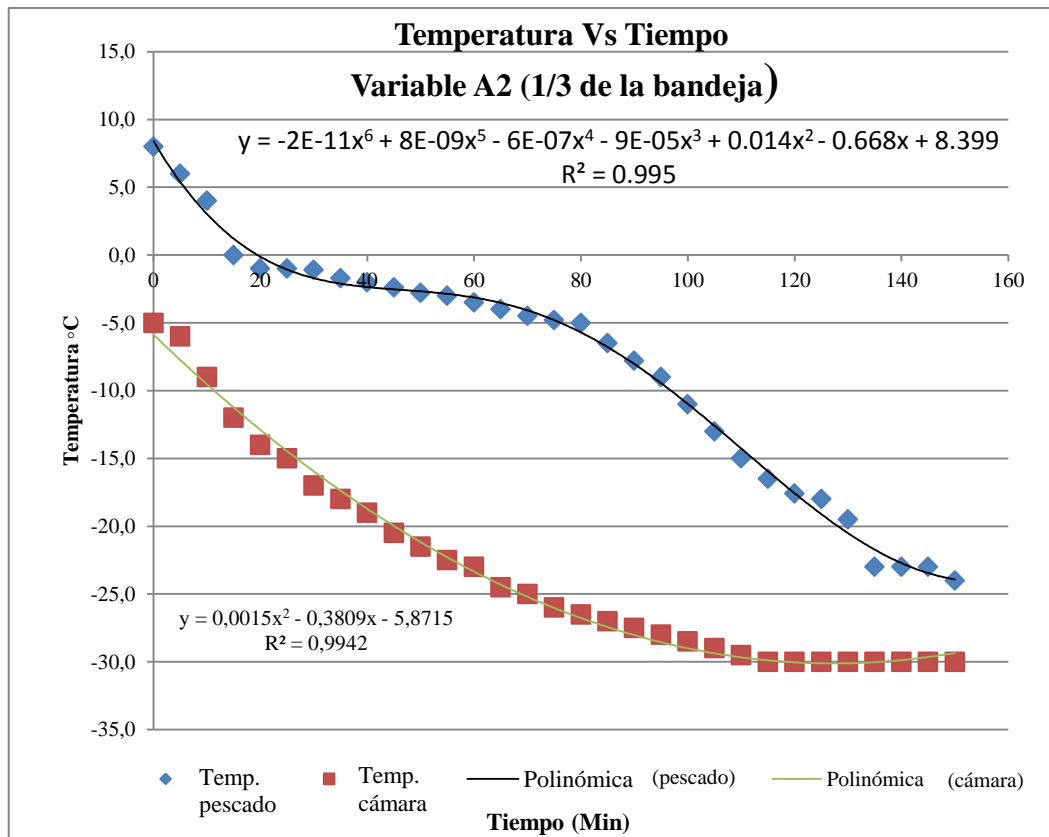


Figura 14. Curva del tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido experimentalmente a 1/3 del largo de la bandeja

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14 y 15, se observa la curva experimental con la variable A_2 (termocupla a 1/3 del largo de la bandeja), se observa que la Fase II (zona de máxima formación de cristales), que está representada por las series de color azul (termocupla en el pescado), se alarga un poco, debido que la termocupla está a 1/3 del bloque y por lo tanto hay

mucho más calor latente que extraer y que se libera gradual y lentamente.

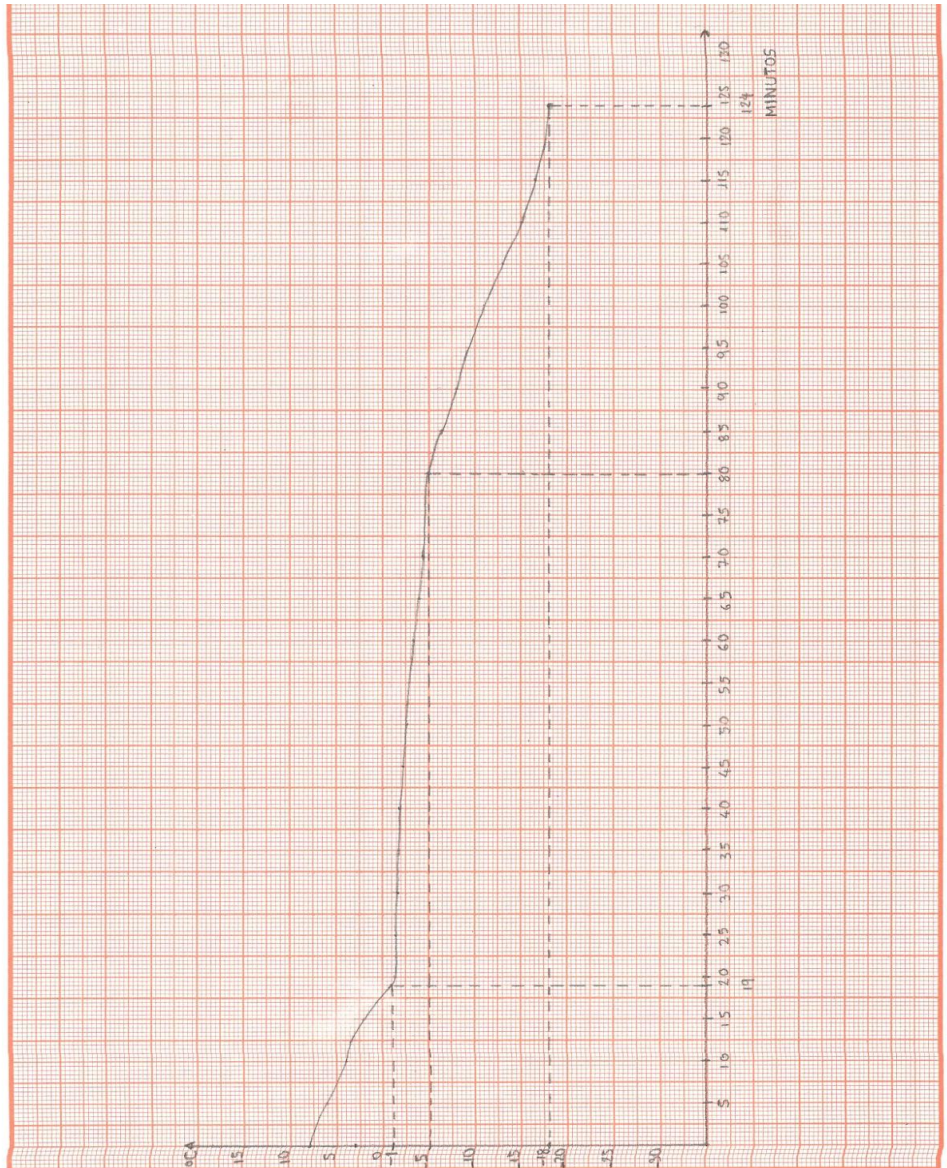


Figura 15. Curva de congelado del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) en corte mariposa obtenido experimentalmente a 1/3 de la bandeja

Fuente: Elaboración propia

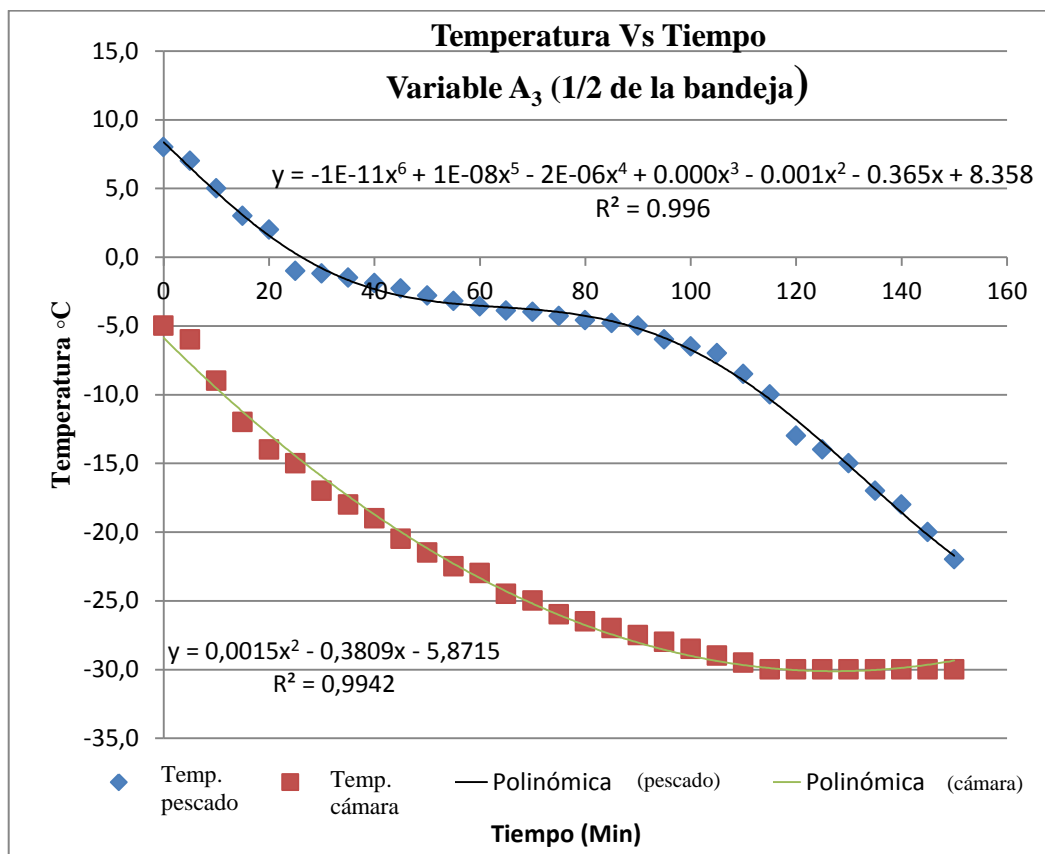


Figura 16. Curva del tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido experimentalmente a 1/2 del largo de la bandeja.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 y 17, se observa la curva experimental con la variable A₃ (termocupla a 1/2 del largo de la bandeja), del experimento N° 1, que en la fase III (zona de máxima de formación de cristales de hielo), el tiempo se prolonga más que en las dos variables anteriores, debido a

que la penetración del frío llega al centro térmico (punto que se enfría más lentamente).

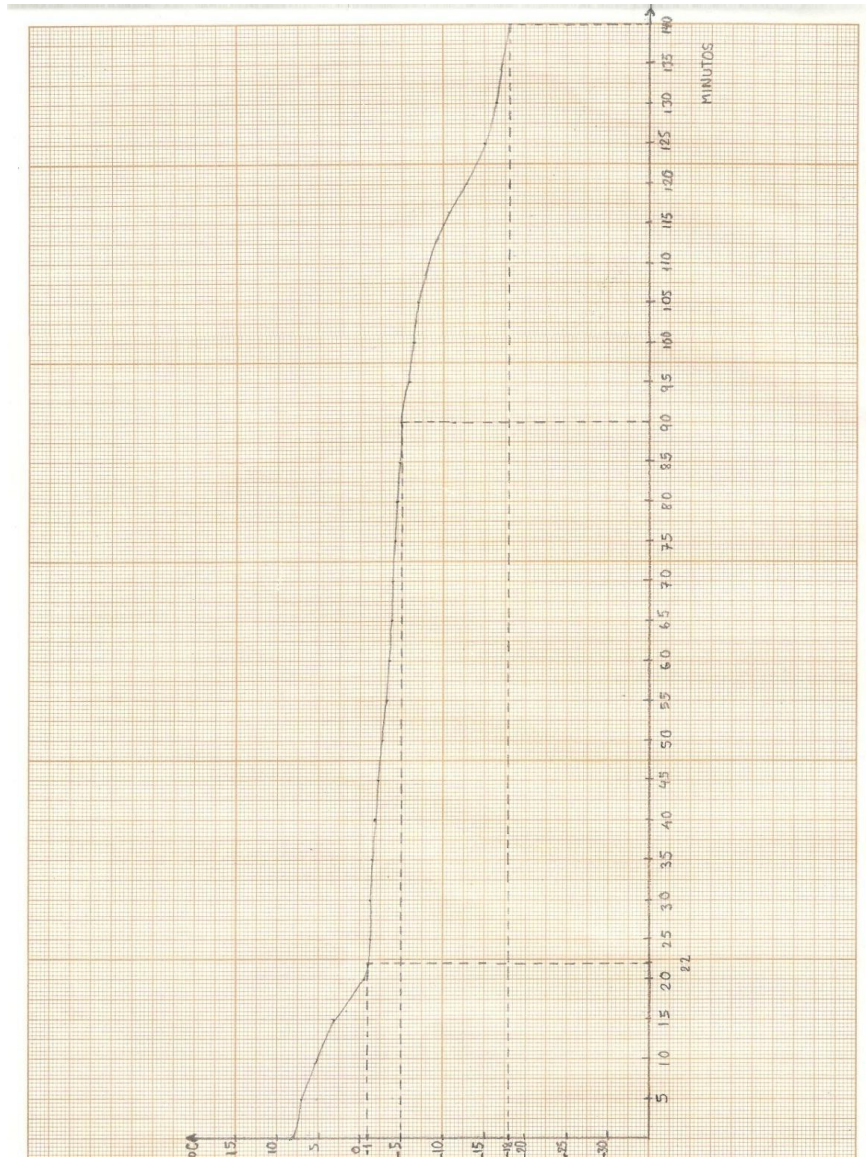


Figura 17. Curva de congelado del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) en corte mariposa obtenido experimentalmente a 1/2 de la bandeja

Fuente: Elaboración propia

De la curva obtenida experimentalmente (figura 17), se reunieron datos del tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación, que se reportan en la tabla 12, en donde el tiempo total de congelación fue de 140 minutos, tiempo que empleo el producto para llegar a la temperatura de -18 °C, considerando que la temperatura de la cámara fue de -30 °C.

Tabla 13. Tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación obtenido mediante fórmulas analíticas

FORMULAS ANALÍTICAS	TIEMPO (min.)		
	REFRIGERACIÓN	CONGELACIÓN	TOTAL DE CONGELACIÓN
PLANK	19,80	119,40	139,20
NAGAOKA	-	-	136,25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se observa los resultados del tiempo de refrigeración, congelación y total de congelación, obtenidos mediante la ecuación de Plank (1977) y el tiempo total de congelación mediante la ecuación de Nagaoka et al (1955 y 1958).

Los cálculos realizados para encontrar los tiempos totales de congelación mediante las formulas analíticas de Plank y Nagaoka, se muestran en el anexo 1, en donde el tiempo total de congelación de Plank es más distante al tiempo total de congelación de Nagaoka, debido a que

este método sustituye la conductividad térmica del producto (k) por la conductividad térmica del hielo (k_i).

4.3. Del producto final

4.3.1. Características generales

Las observaciones de carácter sensorial para la evaluación del producto congelado, se realizó teniendo en cuenta algunos criterios tomados a la materia prima fresca.

El producto antes de la evaluación se descongeló a temperatura ambiente (20 °C) bajo sombra.

Se observó que el producto luego de 30 días de almacenamiento conservó la textura firme, color y olor característicos; y buena apariencia, no presentando ningún deterioro físico contando con las características adecuadas para ser considerado apto para el consumo humano.

El pejerrey corte mariposa, que se utilizaron para el proceso de congelación (BQF) por aire forzado, presentaron las siguientes dimensiones en promedio, como se puede observar en la tabla 14.

Tabla 14. Dimensiones del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa.

Características	Dimensión (promedio)
Largo (cm)	12,0
Ancho (cm)	7,0
Altura (cm)	0,6
Peso (g)	10,3

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 15, se muestra el análisis proximal del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa congelado, comparándolo con la tabla 11, se puede decir que el porcentaje de humedad disminuye un 4,10% debido a la pérdida de agua libre durante el descongelamiento. En el caso de la proteína, grasa, cenizas y carbohidratos sucedió lo contrario, aumentó de porcentaje, debido que se concentran los sólidos.

Tabla 15. Análisis proximal del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) congelado corte mariposa

Componente	% (BH)	% (BS)
Humedad	72,20	0,00
Proteína	23,30	83,81
Grasa	2,60	9,35
Cenizas	1,47	5,29
Carbohidratos	0,43	1,55

Donde:

BH: base húmeda

BS: base seca

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Evaluación microbiológica

En la tabla 16, se reporta los resultados del análisis microbiológico realizado al Pejerrey corte mariposa, teniendo en cuenta la Norma Técnica SANITARIA 071-MINSA/DIGESA-V.01 emitida el año 2008.

Se observa la presencia de bacterias aerobias mesófilas viables en el pejerrey, esto se debe probablemente a una contaminación que hubo durante el proceso de congelado. Los resultados en la determinación de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp*, *Escherichia coli* y *Vibrio cholerae* indica ausencia de estos microorganismos.

La ausencia de estos microorganismos permite que el producto se encuentre apto para el consumo humano, considerando que las muestras analizadas, cumplieron con los estándares microbiológicos determinados por la NTS 071-MINSA/DIGESA-V.01 año 2008.

Tabla 16. Análisis microbiológico del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa

Control Microbiológico	Resultados	Norma
Recuento total de bacterias aerobias mesófilas viables.	1x10 ² u.f.c/g muestra	
<i>Salmonella</i> sp. (en 25 g)	Ausencia	NTS 071 – MINSA/DIGESA- V.01 año 2008
Enumeración de <i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia	

Fuente: Elaboración propia; Muestras por duplicado.

4.3.3. Control físico (exudado)

Se midió el exudado del bloque de pejerrey (*Odontesthes regia regia*) al medio ambiente. El peso inicial fue de 1,0 Kg, después del exudado quedó un peso de 960 g, es decir hubo una merma del 4%; por lo que se puede decir que las condiciones de proceso y congelado fueron satisfactorias. El porcentaje de exudado se encuentra dentro del límite de tolerancia que es del 10%.

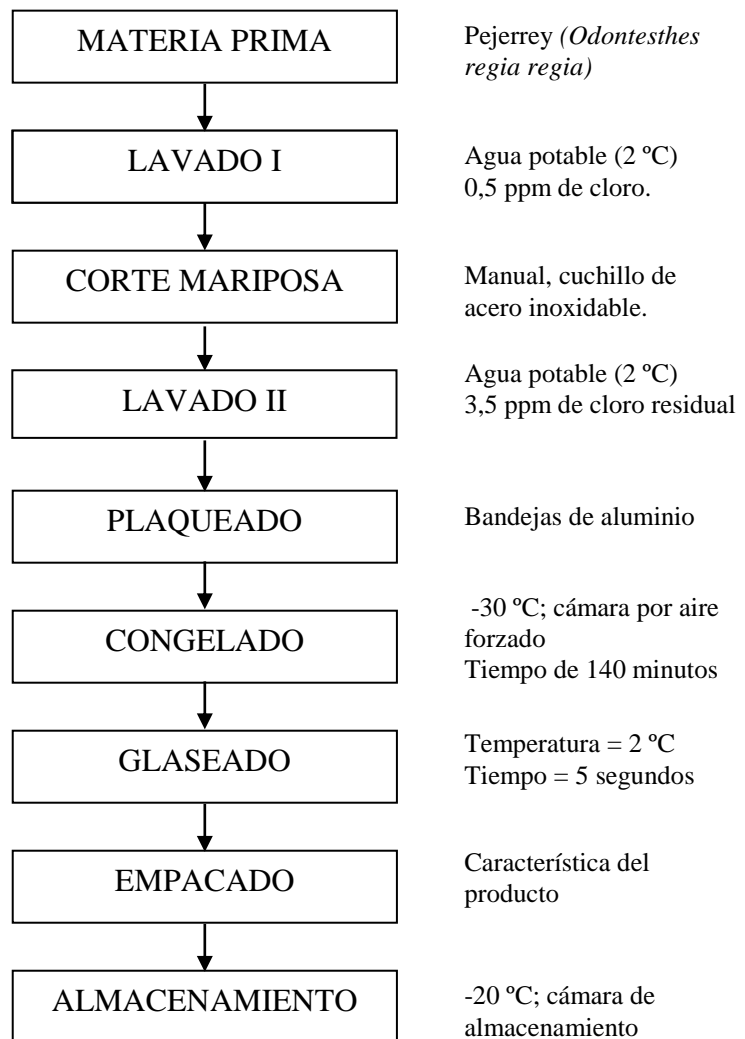


Figura 18. Diagrama de flujo final del proceso de congelado de pejerrey (*Odontesthes regia regia*) en corte mariposa.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Balance de materia y rendimiento

El balance de materia realizado por el proceso de congelado del Pejerrey (*Odontesthes regia regia*) en corte mariposa, se muestra en la figura 19, donde se observa que su rendimiento final fue de 49,80%.

La materia prima recepcionada constituye el 100%, luego es lavada con chorros de agua fría y presenta una pérdida de 0,2% conformada por trazas: sangre, residuos impregnados, mucus, y otros; luego se procede al corte mariposa, donde se presenta la mayor pérdida que es 46,80% que comprende la cabeza, vísceras, espinazo trazas de sangre, etc., posteriormente se procede a un segundo lavado y la eliminación de restos de sangre, para darle un acabado al corte mariposa que tiene una pérdida de 1,20% contándose con 49,80% de producto para ser congelado, obteniéndose una pérdida por congelación de 2,0%.

De esta manera encontramos un rendimiento promedio de 49,80% con respecto a la materia prima inicial.

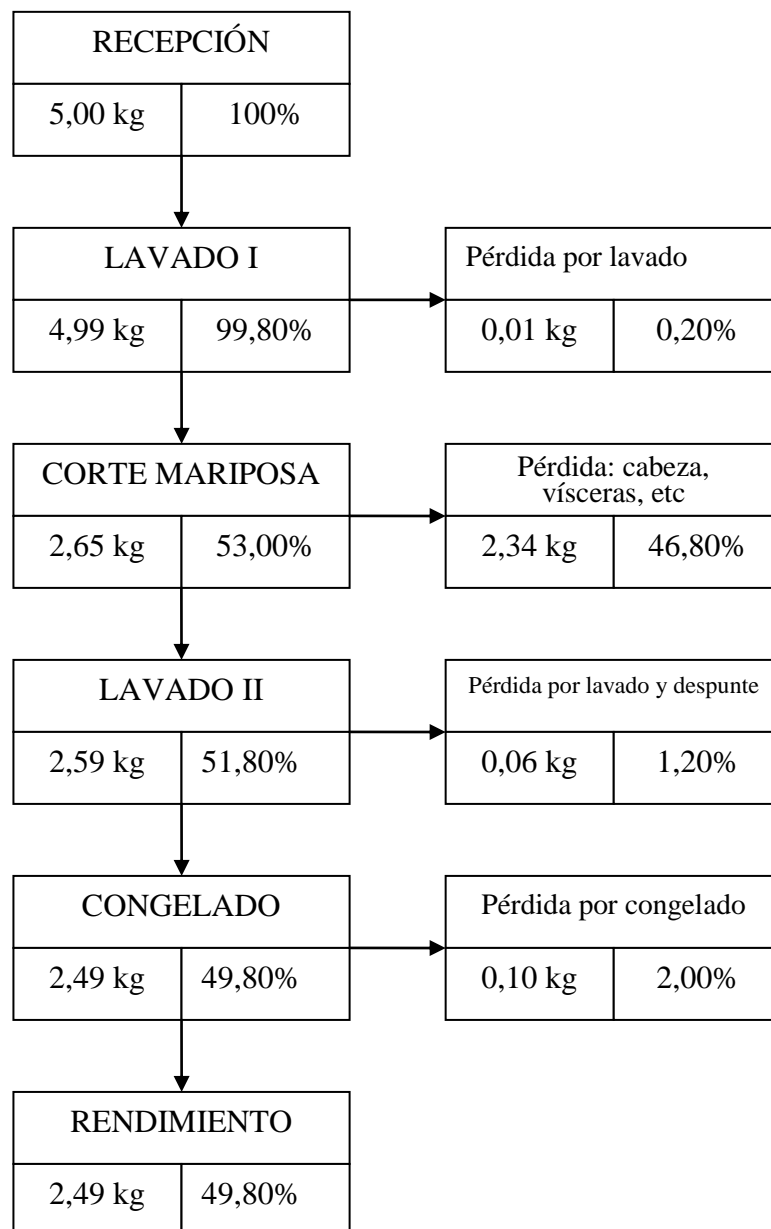


Figura 19. Rendimiento de Pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa congelada en túnel por aire forzado.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Obtenido los resultados se puede concluir en lo siguiente:

1. El análisis sensorial de Pejerrey (*Odontesthes regia regia*), con el que se trabajó obtuvo un puntaje de 18 puntos con un calificativo de bueno.
2. La composición química de la materia prima fue: humedad 76,30%; proteína: 19,90%; grasa: 2,30%; sales minerales: 1,27%; carbohidratos: 0,23%. Del producto final: humedad 72,20%; Proteína: 23,30%; Grasa: 2,60%, Ceniza: 1,47%; Carbohidratos: 0,43%
3. El flujo de congelamiento es: Materia prima pejerrey (*Odontesthes regia regia*)- Lavado I (agua potable 0,5 ppm de cloro)- Corte mariposa (manual, cuchillo acero inoxidable- Lavado II (agua potable 3,5 ppm de cloro residual)- Plaqueado – Congelado (-30 °C, cámara por aire forzado, tiempo 140 min.)- Glaseado (temperatura 2°C x 5 segundos)- Empacado (característico del producto) – Almacenamiento (-20 °C, cámara de almacenamiento).

4. Según el experimento N° 1, la variable $A_3 = \frac{1}{2}$ del bloque, es la que se considera como el tiempo total de congelación del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa tipo B.Q.F en forma práctica, ya que es el punto donde se enfría más lentamente y cuyo tiempo fue de 140,0 minutos a la temperatura de -18 °C en el centro del producto.
5. El tiempo Total de congelación del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa, mediante las fórmulas analíticas de Planck y Nagaoka: fueron de **139,20** minutos y **136,25** minutos respectivamente.
6. En el análisis microbiológico se encontró 1×10^2 ufc/g Recuento total de bacterias aerobias mesófilas viables en el Pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa congelado, probablemente ocurrió en el procesamiento del congelado, pero encontrándose en los límites permisibles por la NTS 071-MINSA/DIGESA.
7. El rendimiento del Pejerrey (*Odontesthes regia regia*) corte mariposa, fue de 53,00% y congelado, fue de 49,80%, en relación a la materia prima.

RECOMENDACIONES

Obtenido los resultados se puede recomendar en lo siguiente:

1. Realizar estudios referentes al tema utilizando otros tipos de presentación (congelado HG, congelado HGT, entero).
2. Determinar los tiempos de congelación empleando el uso de otros tipos de congelado (Ejm. por placas de contacto, por salmuera, etc.)
3. Realizar otros trabajos de investigación utilizando otras especies marinas, por ejemplo con la especie perico.
4. Se debe tener mucho cuidado en la manipulación del pescado, tanto en el procesamiento primario, como en el congelado, ya que esto influye en la calidad final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón, J., (1978) "*Tratado práctico de Refrigeración Automática*".

Marcombo S.A. Barcelona - España.

A.O.A.C., (1990) "*Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical chemists*". 14, Th. Ed. Washington D.C. USA.

CODEX ALIMENTARIUS. (1998). "*Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del Codex alimentarius sobre pescado y productos pesqueros*". Berguen – Noruega.

Cox, P., (1987) "*Ultracongelación de los alimentos*". Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.

Charm, S., (1971) "*Alimentos congelados*". Editorial Acribia. Zaragoza-España.

DIREPRO, (2011) "*Dirección Regional de Producción*" -Tacna. *Desembarque de Recursos hidrobiológicos C.H.D. Tacna: 2005 - 2010 (TMB)*.

EARLE, R.L., (1979) "*Ingeniería de los Alimentos*". Editorial Acribia.
Zaragoza - España.

ECSABOX, (2005) "*Empaques Colon S.A. BOX*" *Principios básicos del empaque corrugado*. Obtenido el 22 de octubre del 2010.
Recuperado de: http://www.ecsabox.com/principios_del_carton.pdf

EDITORIAL.DCA.ULPGC, (2011) *Editorial Departamento de Construcción Escuela de Arquitectura Universidad de Las Palmas de Gran Canaria* "Transmisión de Calor" Obtenido el 13 de Noviembre del 2011. Recuperado de en: http://editorial.cda.ulpgc.es/ambiente/1_calor/4_transm/index.ht

FAO, (1977) "*Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación*" *La Congelación en las Pesquerías* Documento Técnico sobre la Pesca Nº 167. Roma - Italia.

Flores, E., (1987) "*Evaluación para el Procesamiento para Congelado I.Q.F. del Molusco Aductor con Coral (Argopecten purpuratus), Abalón (Concholepas concholepas) y Caracol (Thais*

chocolata)”. Tesis para optar el grado académico de Bachiller en Pesquería - Transformación, UNJBG. Tacna- Perú.

Hermann, K., (1976). “*Alimentos Congelados, Tecnología y Comercialización*”. Editorial Acribia. Zaragoza - España.

Ibárcena, W., (2001) “*Congelación*”. Separatas del curso de Congelación. Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias/ Escuela académico profesional de Ingeniería Pesquera de la UNJBG- Tacna.

IFOP-CHILE, (2003) *Instituto de Fomento Pesquero. Catálogo de Normas Internacionales de Calidad Productos Pesqueros*. Santiago - Chile.

IMARPE/ITP, (1996) *Instituto del Mar del Perú (IMARPE) e Instituto Tecnológico Pesquero (ITP). “Compendio Biológico Tecnológico de las principales especies Hidrobiológicas Comerciales del Perú”*. Editorial Stella. Callao - Perú.

Instituto Internacional del Frío (IIF), (1990) “*Alimentos Congelados Procesado y Distribución*”. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.

Isique, J., (1999) “*Operaciones en la preparación de la materia prima*”. Separata del Curso de Tecnología Pesquera IV. Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias/ Escuela académico profesional de Ingeniería Pesquera de la UNJBG-Tacna.

ITP, (1999) *Instituto Tecnológico Pesquero “Procesamiento de productos congelación de pescado*”. Callao – Perú.

ITP, (1999) *Instituto Tecnológico Pesquero “Envasado de Productos Pesqueros Congelados*” Agosto – 1999. Callao – Perú.

Lees, R., (1969) “*Manual de Análisis de los Alimentos*”. Editorial Acribia. Zaragoza – España.

Lozano, C., (1981) “*Oceanografía, Biología Marina y Pesca*”. Tomo I. Editorial Paraninfo. Madrid – España.

Multon, J., (1988) “*Congelación de alimentos*”. Editorial Acribia. Zaragoza
- España.

Muñante, I., (1996) “*Propiedades Físicas y Termofísicas del Cuerpo del Pescado*”. Separata del Curso de Tecnología Pesquera I. Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias/ Escuela Académico Profesional de Ingeniería Pesquera de la UNJBG-Tacna.

NTS 071-MINSA/DIGESA, (2008) *Norma Técnica Sanitaria*, “Aspectos microbiológicos de los alimentos” Lima-Perú.

Pérez, R., (1992) “*Aspectos relacionados con el proceso de congelación sobre la calidad nutricional en los alimentos*”. Alimentos, N° 03 Volumen 17 Lima-Perú.

PESQUERA ELIZABETH S.A.C., (2011) “*Productos de exportación*” Presentación del pejerrey congelado para exportación. Obtenida el 19 de diciembre del 2011. Recuperado de:
<http://www.pesqueraelizabeth.com/productos.html>

Planck, R., (1977) *“El Empleo del Frío en la Industria de la Alimentación”*.

Editorial Reverte S.A. Barcelona - España.

Poldoski, J., (1986) *“Tecnología de la Congelación de los Alimentos”*.

Editorial Acribia, Zaragoza – España. “Métodos de Conservación” Obtenida el 15 de noviembre del 2010.

Recuperado en:

http://www.alipso.com/monografias/congelado_de_frutos/

PROMPERÚ, (2010) *“Desenvolvimiento del Comercio Exterior Pesquero”*

Informe anual 2010. Obtenida el 30 de diciembre 2011.

Recuperado de en:

<http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/283857330rad5545C.pdf>

Salazar, J., (2007) *“Morfometría del pejerrey (Odontesthes regia regia)”*.

Obtenida el 15 de noviembre del 2010. Recuperado de en:

http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/pesca_desarrollo/adj_actividades_de_investigacion.pdf

Stuardo, (1985) “*Alimentación del pejerrey (Odontesthes regia regia)*”.

Obtenido el 12 de octubre del 2010. Recuperado de en:

<http://ictiochile.cl.tripod.com/pejerrey.htm>

Universidad Autónoma de Madrid, (2006) “*Aplicación del frío a la conservación de alimentos- Operaciones y procesos de la Tecnología de Alimentos*”. Recuperado de:

http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/mrgarcia/Operaciones/refrig2005-2006.pdf

WIKIPEDIA, (2010) “*Pejerrey (Odontesthes regia regia)*”. Obtenido el 10 de enero del 2010. Recuperado de:

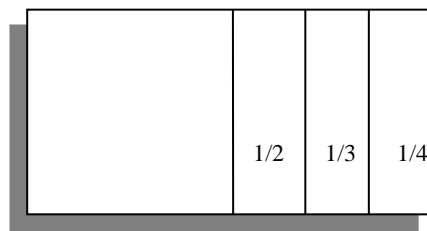
<http://es.wikipedia.org/wiki/Congelaci%C3%B3n>

ANEXOS

Anexo 1

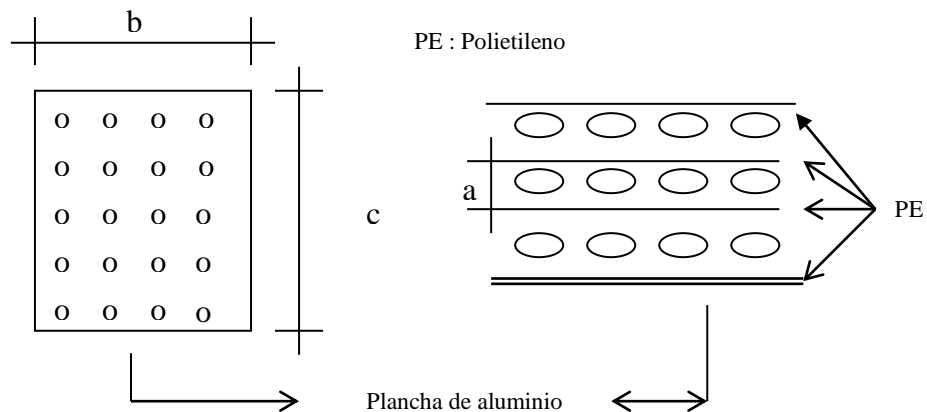
Cálculo del tiempo de congelación mediante las fórmulas analíticas de Plank y Nagaoka

Representación gráfica: Determinación experimental del tiempo de congelación, ubicando la termocupla en tres posiciones diferentes.



- **Cálculo del tiempo total de congelación**

Tomando varias unidades de pejerrey (corte mariposa) dispuestas en 03 capas separadas por láminas de polietileno (sobre plancha de aluminio perforado).



- **Dimensiones de la bandeja**

$$a = 0,025 \text{ m}$$

$$b = 0,20 \text{ m}$$

$$c = 0,25 \text{ m}$$

$$e_{PE} = 54,51 \mu = 0,00005451 \text{ m}$$

$$e_{A1} = \frac{1}{16}'' = 0,0625 \text{ pulg} = 0,00158 \text{ m}$$

Los cálculos respectivos se hicieron para la capa central, por ser la más representativa.

La transferencia de calor se ha determinado por la relación que existe entre sus dimensiones:

$$b/a \text{ y } c/a \geq \frac{6}{1} \text{ transferencia de calor unidireccional}$$

$$b/a \text{ y } c/a < \frac{6}{1} \text{ transferencia de calor tridireccional}$$

- **Cálculos preliminares**

Para efectuar estos cálculos, se han empleado valores promedios de la composición química del pejerrey (*Odontesthes regia regia*) del resultando, de la tabla 11.

COMPONENTE	PROMEDIO (%)
Humedad	76,30
Proteínas (N 6,25)	19,90
Grasas	2,30
Cenizas (sales minerales)	1,27
Carbohidratos	0,23
TOTAL	100,00

- **Calor específico**

$$c = 2,094 X_f + 1,256 X_g + 4,187 H \quad \dots\dots\dots(a)$$

Reemplazando convenientemente los datos en la ecuación (a) se tiene:

$$c = 2,094 (0,023) + 1,256 (0,214) + 4,187 (0,763)$$

$$c = 3,5116 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 0,8494 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

▪ **Coefficiente de conductividad térmica**

$$k = 0,7400 - 0,0117 (X_f) \dots\dots\dots (b)$$

Mediante la ecuación (b) se obtiene:

$$k = 0,7400 - 0,0177 (0,023) = 0,7396 \text{ kcal/h m}^\circ\text{C}$$

▪ **Coefficiente de la difusividad térmica**

$$a = k/P_e c \dots\dots\dots(c)$$

Reemplazando valores en la ecuación (c) se tiene:

$$a = 0,7396/(1072 \times 0,849) = 8,126 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{h}$$

▪ **Coefficiente de transmisión superficial de calor**

Siendo las propiedades del aire a -30°C :

$$\sigma_a = 1,451 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,05641 \text{ kg/h m}$$

$$K_1 = 0,01875 \text{ kcal/m h}^\circ\text{C}$$

$$V_a = 5 \text{ m/s}$$

$$C_a = 0,2403 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$L = 0,25 \text{ m}$$

Reemplazando convenientemente en las ecuaciones (f) y (g), se tiene:

Cálculo del número de Reynolds:

$$N_{RE} = V_a L \sigma_a / \mu. \quad \dots\dots\dots(f)$$

$$N_{RE} = \frac{5 \text{ m/s} \times 0,25 \times 1,451 \text{ kg/m}^3}{0,05641 \text{ kg/hm} \times 1 \text{ h}/3600 \text{ s}}$$

$$N_{RE} = 115\,750,75$$

Cálculo del número de Prandtl:

$$N_{PR} = \mu C_a / K_1 \quad \dots\dots\dots(g)$$

$$N_{PR} = \frac{0,05641 \text{ kg/hm} \times 0,2403 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}}{0,01875 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}}$$

$$N_{PR} = 0,7229$$

$$hL/K_1 = N_{NU} = 0,664 (N_{RE})^{1/2} (N_{PR})^{1/3} \quad \dots\dots\dots(d)$$

Despejando “h” en la ecuación (d), se tiene lo siguiente:

$$h = 0,664 (115\,750,75)^{1/2} \times (0,7229)^{1/3} \times (0,01875/0,25)$$

$$\mathbf{h = 15,206 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}}$$

Una capa de pejerrey (capa central)

a) Mediante la ecuación de Plank

○ **Tiempo de refrigeración**

$$T_k = \frac{x^2}{a} \cdot \frac{\ln(\theta_a/\theta) + \ln C}{u^2}$$

Siendo:

$$2X = 0,025 \text{ m}$$

$$X = 0,0125 \text{ m};$$

$$X^2 = 1,562 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Sustituyendo los valores de (i) y (j) se tiene lo siguiente:

$$\theta_a = t_a - t_o \quad \dots\dots\dots(i)$$

$$\theta_a = 8 - (-30) = 38 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta = t_g - t_o \quad \dots\dots\dots(j)$$

$$\theta = -2 - (-30) = 28 \text{ }^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$\ln(\theta_a/\theta) = \ln 38/28 = 0,31$$

Calculando el In C

$$h = 15,206 \text{ kcal/b m}^2\text{°C}$$

$$x = 0,0125 \text{ m}$$

$$k' = 0,369 \text{ kcal/hm}^0\text{C}$$

sustituyendo "U" en vez de "h" y "k' " en vez de "k" se tiene:

$$UX/k' = (15,204 \times 0,0125) / 0,369 = 0,515$$

En la figura 1 (lamina) para:

$$UX/k = 0,515 \text{ ----- } \ln C = 0,09$$

En la tabla 6 (lámina) para:

$$UX/k = 0,515 \text{ ----- } u^2 = 0,4721$$

Reemplazando “a’ ” en lugar de “a” (anexo 5) en la ecuación (h) (por ser flujo de calor unidireccional) se obtiene:

$$T_K = \frac{1,562 \times 10^{-4}}{4,052 \times 10^{-4}} \times \frac{0,31 + 0,09}{0,467}$$

$$T_K = 0,33 \text{ h}$$

○ **Tiempo de congelación**

$$t = \rho/\theta (P d/h + R d^2/k) \dots\dots\dots(k)$$

Donde:

$$d = 0,025 \text{ m}; d^2 = 6,25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

P = 1/2; R = 1/8 (Factores de forma constante de Plank, para flujo de calor unidireccional).

○ **Calor latente**

$$\rho = H L_f \sigma \dots\dots\dots(l)$$

Reemplazando valores en la ecuación (I)

$$\rho = 0,763 \times 66 \times 1072$$

$$\rho = 53983,78 \text{ kcal/m}^3$$

Empleando "k" y "U" en vez de "k" y "h" (anexo 5)

respectivamente, se tiene:

$$t = \frac{53983,78}{28} \left(\frac{0,0250}{2 \times 15,204} + \frac{6,25 \times 10^{-4}}{8 \times 0,369} \right)$$

$$t = 1,99 \text{ h}$$

○ **Tiempo total de congelación**

$$T_{\theta} = T_k + t \dots\dots\dots(II)$$

Reemplazando valores en la ecuación (II):

$$T_{\theta} = 0,33 + 1,99 = 2,32 \text{ h} = \mathbf{139,20 \text{ min.}}$$

b) Mediante la ecuación de Nagaoka

Reemplazando "U" en lugar de "h" (anexo 5) en la ecuación (o):

$$T_2 = 0,763 (1(8-(-2)) + 66 + 0,55 (-2-(-20))) (1+(0,00445) (8-(-2)))$$

$$\left(\frac{1072}{28}\right) \left(\frac{0,025}{2 \times 15,204} + \frac{6,25 \times 10^{-4}}{8 \times 1,8}\right)$$

$$T_2 = 2,27 \text{ h} = 136,25 \text{ min.}$$

c) Cálculo de la velocidad lineal de congelación

Para hallar estos valores se ha considerado el espesor total de las tres capas de producto separadas por láminas de polietileno donde los resultados de $r = 0,7$ y $r = 1$ corresponden a las velocidades de la superficie y centro de la capa central respectivamente.

$$v = \frac{h\theta}{\rho} \dots\dots\dots(r)$$

Reemplazando valores en la ecuación (r):

a) Cuando $r = 0$

$$V = (15,206 \times 28) / 53983,78$$

$$V = 7,867 \times 10^{-3} \text{ m/h} = 0,79 \text{ cm/h}$$

b) Cuando $r = 0,3$

$$V = \frac{\theta}{\rho} \left(\frac{1}{\frac{1}{h} + \frac{rxd}{2xk}} \right) \dots\dots\dots(s)$$

Reemplazando los valores de la ecuación tenemos:

$$V = \frac{28}{53983,78} \left(\frac{1}{\frac{1}{15,206} + \frac{0,3 \times 0,075}{2 \times 0,369}} \right)$$

$$V = 5,39 \times 10^{-3} \text{ m/h} = 0,539 \text{ cm/h}$$

c) cuando $r = 0,5$

$$V = 0,445 \text{ cm/h}$$

d) Cuando $r = 0,7$

$$V = 0,379 \text{ cm/h}$$

e) Cuando $r = 0,85$

$$V = 0,341 \text{ cm/h}$$

f) Cuando $r = 1$

$$V = 0,309 \text{ cm/h}$$

Anexo 2

Datos de temperatura de congelación por aire forzado

UBICACIÓN DE LA TERMOCUPLA A LO LARGO DE LA BANDEJA (°C)				TEMPERATURA DE LA CAMARA DE CONGELACIÓN
Tiempo	1/4 (A1)	1/3 (A2)	1/2 (A3)	AIRE FORZADO (° C)
0	8	8	8	-5,0
5	5	6	7	-6,0
10	3	4	5	-9,0
15	0	2	3	-12,0
16	-1	0	2	-13,0
19	-1,5	-1	0	-13,3
20	-1,6	-1,2	-0,6	-14,0
22	-1,8	-1,3	-1	-14,5
25	-1,9	-1,5	-1,1	-15,0
30	-2,0	-1,6	-1,2	-17,5
35	-2,4	-1,7	-1,5	-18,0
40	-2,8	-2,0	-1,9	-19,0
45	-3,1	-2,4	-2,3	-20,5
50	-2,8	-2,8	-2,8	-21,5
55	-3,5	-3,0	-3,2	-22,5
60	-4,2	-3,5	-3,6	-23,0
65	-4,5	-4,0	-3,9	-24,5
70	-4,7	-4,5	-4,0	-25,0
75	-5,0	-4,8	-4,3	-26,0
80	-6,9	-5,0	-4,6	-27,0
85	-8,1	-6,5	-4,8	-27,5
90	-10,5	-7,8	-5,0	-28,0
100	-15,3	-11,0	-6,0	-28,5
105	-17,6	13,0	-6,5	-29,0
106	-18,0	-14,0	-7,0	-29,2
110	-19,0	-15,0	-7,8	-29,5
115	-20,0	-16,5	-10	-30,0
120	-21,0	-17,6	-13,0	-30,0
124	-22,4	-18,0	-14,0	-30,0
125	23,3	-19,5	-15,0	-30,0
130	-24,0	-23,0	-16,0	-30,0
135	-25,0	-23,0	-17,0	-30,0
140	-25,0	-23,0	-18,0	-30,0
145	-25,8	-24,0	-20,0	30,0
150	-26,0	-24,0	-22,0	-30,0

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3

Análisis organoléptico - pescado fresco (según WITTFOGEL)

PUNTAJE	CARACTERÍSTICAS
SUPERFICIE Y CONSISTENCIA	
4	Superficie lisa, brillante; color luminoso; mucílago claro y transparente. Consistencia firme y elástica bajo la presión con los dedos
3	Superficie aterciopelada y sin brillo; color ligeramente pálido; mucílago lechoso y opaco. Consistencia un poco relajada y elástica disminuida.
2	Superficie granulosa; color aguados; mucílago gris amarillento y denso; consistencia clara relajadamente; escamas separables de la piel
1	Superficie muy granulosa; color sucios o imprecisos; mucílago turbio, amarillento o marrón rojizo, grumoso, consistencia blanda se quedan impresos los dedos
OJOS	
4	Globo ocular hinchado y abombado, córnea clara y brillante, pupila negro oscuro.
3	globo ocular plano; córnea opalescente; pupila opaca.
2	Globo ocular hundido; córnea acuosa y turbia; pupila gris lechoso.
1	Globo ocular contraído; córnea turbia; pupila opaca cubierta de mucilago turbio gris amarillento.
BRANQUIAS	
4	Color rojo sanguíneo, mucílago claro, transparente y filamentoso.
3	Color rosa pálido, mucílago opaco.
2	Color rojo grisáceo y acuoso; mucílago lechosos; turbio y denso
1	Color sucio, marrón, rojizo, mucílago turbio gris y grumoso.
CAVIDAD ABDOMINAL Y ÓRGANOS	
4	Superficie de corte de los lóbulos ventrales con color natural, sin decoloración, lisas y brillantes, peritonea liso brillante y muy firme; riñones, restos orgánicos (excepto parte del estómago e intestinos) así como sangre aórtica, rojo profundo
3	Superficie de corte de los lóbulos ventrales aterciopelados y sin brillo, igual que los lóbulos ventrales mismos, como rojiza a lo largo de la espina central, riñones, estos órganos rojo pálido como laca.
2	Superficie de sección de los lóbulos ventrales amarillentos; peritoneo o granuloso áspero separable del cuerpo riñones, restos órganos y sangre marrón rojizo.
1	Superficie de sección de los lóbulos ventrales turbios y pastosos; sangre acuosa, de color sucio (marrón) con tonalidad violeta.
OLOR	
4	Fresco como el agua de mar (practicarlo en la superficie, branquias, cavidad abdominal).
3	Ya no como el agua de mar, pero fresco y específico.
2	Olor natural o ligeramente ácido, parecido a de la leche o cerveza.
1	Olor pescado o rancio, "violento" o "pescado" de TMA.

Clasificación para el Análisis Organoléptico

* Calidad extra : 18 a 20 puntos.

* Buena calidad : 13 a 18 puntos.

* Calidad media : 8 a 13 puntos.

Fuente: Isique, 1999

Anexo 4

Medidas de 52 ejemplares de pejerrey (*Odontesthes regia regia*)

MUESTRA	TALLA	MUESTRA	TALLA
01	17,0	27	15,5
02	17,5	28	15,0
03	17,5	29	16,0
04	18,0	30	16,0
05	17,5	31	17,0
06	17,5	32	15,0
07	17,0	33	15,5
08	16,5	34	16,0
09	15,5	35	15,0
10	16,5	36	15,0
11	16,5	37	15,0
12	17,0	38	16,0
13	17,5	39	15,0
14	16,0	40	16,0
15	15,0	41	17,0
16	16,0	42	16,0
17	17,0	43	15,0
18	17,0	44	15,0
19	17,0	45	15,5
20	15,0	46	18,5
21	18,5	47	15,0
22	18,0	48	15,5
23	16,0	49	16,0
24	15,0	50	15,5
25	15,5	51	15,5
26	16,5	52	15,5

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5

Cálculo de U (coeficiente de transferencia de calor modificado) y cálculo de “a” (difusidad térmica)

1. La siguiente modificación del coeficiente de transmisión de calor “h” mediante la ecuación de Plank, se efectúa calculando la resistencia térmica del recipiente que contiene el producto.

a. Cálculo de la resistencia térmica (bandeja)

$$e_{AL} = 0,00158 \text{ m}$$

$$K_{AL} = 174 \text{ kcal/hm}^{\circ}\text{C}$$

Reemplazando valores en la ecuación (p) se tiene:

$$\sum_{e=1}^{e=n} \frac{e_e}{k_e} = \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \dots + \frac{e_n}{k_n} \dots\dots\dots(p)$$

$$\sum_{e=1}^{e=n} \frac{e_e}{k_e} = 0,00158/174$$

$$\sum_{e=1}^{e=n} \frac{e_e}{k_e} = 9,08 \times 10^{-6} \text{ hm}^2\text{C/kcal}$$

- b. Calculando “h” (coeficiente de transmisión de calor) mediante la ecuación de Plank.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h} + \sum_{e=1}^{e=n} \frac{e_e}{k_e} \dots\dots\dots(q)$$

Reemplazando los valores en la ecuación (q) se obtiene:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{15,206 \text{ kcal/hm}^2\text{°C}} + 9,08 \times 10^{-6} \text{ hm}^2\text{°C/kcal}$$

$$\frac{1}{U} = 0,0657 \text{ hm}^2\text{°C/kcal}$$

$$U = 15,204 \text{ kcal/hm}^2\text{°C}$$

2. Calculo de los valores de la conductividad térmica “k” y la difusidad térmica “a” del producto, que influyen en el congelado (3 capas de producto y las 4 láminas de polietileno).

- a. Conductividad térmica.

$$k' = \frac{(4e_{PE}/3d)(K_{PE}) + (3d/(3d + 4e_{PE}))(k)}{2}$$

Donde:

$$d = 0,025$$

$$k = 0,7396 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}$$

$$e_{PE} = 0,00005451 \text{ m}$$

$$k_{PE} = 0,26 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}$$

$$k' = \frac{\frac{4(0,00005451)(0,26)}{3(0,025)} + \frac{3(0,025)(0,7396)}{3(0,025) + 4(0,00005451)}}{2}$$

$$k' = 0,369 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}$$

b. Modificación de “a” (difusidad térmica)

Se encuentra reemplazando los valores en la ecuación (c), empleando el valor de “k’ ”.

$$a = k/P_e c \quad \dots\dots\dots(c)$$

$$a' = 0,369 / (1072)(0,8494)$$

$$a' = 4,052 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{h}$$