

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño del Sistema Industrial para la aplicación de Tecnología de
Barreras en el procesamiento de porciones refrigeradas de
Dorado (*Coryphaena hippurus*)”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentada por:

Omar Fernando Uvidia Achance

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2006

AGRADECIMIENTO

De todo corazón agradezco a mi fuente de fe y esperanza, Dios, a mi maestro, Jesús del Gran Poder, a mi amigo inseparable, el Divino Niño Jesús, a mi familia por ser fuente de amor y paciencia. Además, a todas las personas que de uno y otro modo colaboraron en la realización de este trabajo, especialmente a la Msc. Fabiola Cornejo, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A MI PAPÁ
(DECISIÓN)

A MI MAMA (PUREZA
Y HONESTIDAD)

A MI HERMANO
(SALUD)

A MI INGRID (AMOR)

A MIS AMIGOS
(ENTUSIASMO)

A MIS MAESTROS
(CONOCIMIENTO)

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Msc. Fabiola Cornejo Z.
DIRECTORA DE TESIS

Ing. Luís Miranda S.
VOCAL

Ing. Ernesto Martínez L.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Omar Uvidia Achance

RESUMEN

El presente trabajo consiste en aplicar una de las tecnologías no convencionales de conservación de alimentos, tal como lo es Tecnología de Barreras, en porciones refrigeradas de Dorado (*Coryphaena hippurus*) DARDEN 6 onzas, con el objetivo de prolongar su tiempo de vida útil y proponer un esquema para llevar dicha tecnología a la Industria.

El proceso consistió en reducir de una manera mínima el pH y la actividad de agua del alimento, con la finalidad de originar un medio diferente al que están acostumbrados los microorganismos de deterioro. El método que se utilizó para la aplicación de barreras fue la deshidratación osmótica, incluyendo ácido en la formulación de la correspondiente solución osmótica, provocando la acidificación del producto. El estudio de estabilidad se realizó a la temperatura de comercialización del producto en fresco ($T^0 < 4^{\circ}\text{C}$), se utilizó como indicadores la caracterización organoléptica del producto, crecimiento microbiano y formación de histamina.

Los resultados demuestran que se incremento el tiempo de almacenamiento de porciones refrigeradas de Dorado en un 150%, dando origen a un nuevo producto con características próximas al natural. Las condiciones a las que se logró tal estabilidad fueron: actividad de agua 0.987, pH 6.1, 0.266% de ácido acético y 1% de sal en fase acuosa.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Materia prima: DORADO (<i>Coryphaena hippurus</i>).....	3
1.2. Causas y efectos del deterioro en porciones refrigeradas.....	6
1.3. Tecnología de Barreras.....	11
1.3.1. Definición y Principios.....	12
1.3.2. Efectos.....	13
1.3.3. Aplicaciones.....	14
1.4. Selección de Barreras.....	15
1.4.1. Reducción de a_w	17
1.4.2. Reducción de pH.....	21
1.4.3. Temperatura de Refrigeración.....	23
1.4.4. Interacción entre las barreras seleccionadas.....	27
CAPÍTULO 2	
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
2.1. Materia prima.....	28
2.2. Proceso de Aplicación de Barreras.....	31

2.2.1. Deshidratación Osmótica.....	31
2.2.2. Acidificación de Solución Osmótica.....	35
2.2.3. Empaque y Almacenamiento.....	36
2.3. Análisis.....	37
2.4. Estudio de Estabilidad.....	42
2.4.1. Análisis Sensorial.....	43
2.4.2. Crecimiento Microbiológico.....	47
2.4.3. Formación de Histamina.....	48
 CAPÍTULO 3	
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	50
3.1. Cinética de Deshidratación Osmótica.....	50
3.2. Determinación de Características Físicas.....	56
3.2.1. Materia Prima.....	56
3.2.2. Muestras Experimentales.....	57
3.3. Estudio de Estabilidad en Percha.....	61
3.3.1. Materia Prima.....	62
3.3.2. Muestras Experimentales.....	68
 CAPÍTULO 4	
4. DISEÑO DEL SISTEMA.....	82
4.1. Determinación de la capacidad requerida.....	82
4.2. Determinación de Características de Solución Osmótica a emplearse.....	88
4.3. Diseño de la instalación Industrial del proceso “Tecnología de Barreras”.....	90
4.4. Costo estimado de la Instalación Industrial del proceso “Tecnología de Barreras” para Empresas Empacadoras y Exportadoras de Pesca Blanca	132
 CAPÍTULO 5	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	133

APÉNDICES
BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ác.	Ácido
Aw ó a_w	Actividad de agua
$a_{w\ m.p}$	Actividad de agua del Dorado fresco
a_{ws}	Actividad de agua de solución osmótica
HT	Alta temperatura
HACCP	Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control
A_{tc}	Área de transferencia de calor
AOAC	Association of official agricultural chemists
t	Bajas Temperaturas o de Refrigeración
LT	Baja temperatura
BPM	Buenas prácticas de Manufactura
cm.	centímetros
NaCl	Cloruro de Sodio
ICMSF	Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos
D.O.	Deshidratación Osmótica
EP	Equipo de Procesado
FDA	Food and Drug Administration
ICP	Intercambiador de Calor a Placas
Kg.	Kilogramo
KJ	Kilo-Joule
Km.	Kilometro
l. o lit.	Litro
MIC	Medición del Índice de Calidad
m.	Metro
m^2	Metro cuadrado
m.o.	Microorganismos
MRD	Microorganismos Responsables del Deterioro
mm.	milímetros
min.	Minutos
O ₂	Oxígeno
ppm	Partes por millón
PCA	Plate Count Agar

ss. ó °Brix	Porcentaje de sólidos solubles
PDA	Potato Dextrosa Agar
pH	Potencial de Hidrógeno
PIDR	Proceso de Impregnación y deshidratación por remojo
pdto.	Producto
PCC	Puntos críticos de control
S.O.	Solución osmótica
T°	Temperatura
TC	Transferencia de Calor
ucf/g	Unidades formadoras de colonias por gramo de alimento

SIMBOLOGÍA

	Válvula para toma de muestras
	Válvula de globo para regulación de flujo
	Válvula esférica o de paso
	Control de temperatura
	Control de Nivel
E.P.	Equipo de Procesado
I.C.P.	Intercambiador de calor a placas
	Trampa de tipo depósito para sólidos
	Recirculación de proceso
	Recirculación para alcanzar temperatura de proceso
	Recorrido del fluido de servicio

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

SIMBOLOGÍA

h	Coeficiente Individual de Transferencia de Calor
δ	Desviación Estándar de Datos
Δx	Espesor de la placa
n_p	Número de corrientes en paralelo
%	Porcentaje
V_A	Válvula de paso tipo bola de línea de alimentación
V_R	Válvula de paso tipo bola de línea de recirculación
V_D	Válvula de paso tipo bola de línea de descarga

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Esquema de Transferencia de Materia durante Deshidratación Osmótica.....	20
Figura 2.1. Proceso de Aplicación de Tecnología de Barreras.....	32
Figura 3.1. Contenido de agua y sólidos solubles en porciones refrigeradas de Dorado DARDEN 6 onzas, sometidas a D.O.	51
Figura 3.2. Curva de pérdida de peso total de porciones de Dorado DARDEN 6 onzas durante D.O.	52
Figura 3.3. Cambios Sensoriales por deterioro. Porciones frescas.....	62
Figura 3.4. Crecimiento de microorganismos responsables del deterioro en porciones frescas.....	64
Figura 3.5. Concentración de Histamina en porciones frescas.....	67
Figura 3.6. Cambios sensoriales por deterioro. Porciones frescas y experimentales.....	70
Figura 3.7. Crecimiento de Aerobios Totales en porciones frescas y experimentales.....	72
Figura 3.8. Crecimiento de Coliformes Totales en porciones frescas y experimentales.....	74
Figura 3.9. Concentración de Histamina en porciones experimentales..	76
Figura 3.10. Acidez (% de ácido Acético) en S.O. reutilizada.....	78
Figura 3.11. Porcentaje de sólidos solubles en S.O. reutilizada.....	79
Figura 3.12. Humedad en porciones sometidas a S.O. reutilizada.....	81
Figura 4.1. Aplicación de Barreras a porciones Refrigeradas de Dorado.....	91
Figura 4.2. Esquema del equipo de Procesado.....	94
Figura 4.3. Disposición de cadena para remojar las porciones.....	95
Figura 4.4. Distribución de porciones dentro de la cadena.....	97
Figura 4.5. Dimensiones de cada canasta.....	100
Figura 4.6. Arreglo Transversal.....	102
Figura 4.7. Arreglos dispuestos en el lado de retorno.....	103

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Productos conservados por aplicación de Tecnología de Barreras.....	14
Tabla 2	Pesos y Dimensiones de porciones de Dorado DARDEN 6 onzas.....	29
Tabla 3	Equipos e instrumentos utilizados.....	39
Tabla 4	Esquema MIC empleado para porciones frescas de Dorado.....	45
Tabla 5	Esquema MIC empleado para porciones sometidas a Tecnología de Barreras.....	46
Tabla 6	Métodos ICMSF.....	48
Tabla 7	Cloruros (% NaCl) en porciones refrigeradas de Dorado.....	60
Tabla 8	Valores promedios para solución Osmótica.....	77
Tabla 9	Consumo mensual de producto exportado (Producto fresco).....	85
Tabla 10	Procesamiento de porciones refrigeradas de Dorado (DARDEN 6 onzas)	87
Tabla 11	Características físico-químicas de solución Osmótica...	89
Tabla 12	Parámetros de Proceso.....	90
Tabla 13	Superficie de cada canasta.....	98
Tabla 14	Volumen de cada canasta.....	99
Tabla 15	Requerimientos para sección de remojo.....	104
Tabla 16	Sección de escurrido.....	106
Tabla 17	Especificaciones de cadena 5966.....	107
Tabla 18	Equipos y accesorios auxiliares para el sistema de recirculación.....	111
Tabla 19	Características del tanque.....	113
Tabla 20	Características del agitador.....	114
Tabla 21	Propiedades físicas de Solución Osmótica.....	119
Tabla 22	Propiedades físicas de Salmuera (25% NaCl).....	119
Tabla 23	Requerimientos para el ICP.....	125
Tabla 24	Costo estimado de Instalación Industrial.....	132

INTRODUCCIÓN

El mundo competitivo en el que están inmersas las empresas exportadoras de pesca blanca exige la diversificación de sus líneas de producción, provocando que no sólo se basen en el empaçado de pesca fresca y congelada, sino que elaboren productos con valor agregado; como aquellos que poseen un mayor tiempo de vida en percha conservando sus características nutricionales y organolépticas lo más parecidas a las características naturales del alimento.

El presente trabajo propone el “Diseño del Sistema Industrial para la aplicación de Tecnología de Barreras en el procesamiento de porciones refrigeradas de Dorado (*Coryphaena hippurus*)”, enfocado a una producción de 1500 libras por día de temporada, con el objetivo principal de prolongar el tiempo de vida útil de las porciones tipo DARDEN 6 onzas, reduciendo de una manera mínima su actividad de agua (a_w) y pH, por medio del proceso de deshidratación osmótica que incluye acidificación de la solución.

Para verificar la eficacia del proceso, una vez aplicada las barreras sobre las porciones frescas, se procedió a realizar el estudio de estabilidad a la temperatura de comercialización del producto ($T^\circ < 4^\circ\text{C}$), tanto en las porciones frescas como en las experimentales; se utilizaron como

indicadores de vida útil la caracterización sensorial, el crecimiento microbiológico y la concentración de histamina.

Una vez comprobado que el método de conservación es efectivo y por tratarse de un producto de interés comercial, se procedió a diseñar un esquema industrial, que emplee los mismos parámetros de proceso, dados a escala de laboratorio y que permita manejar una producción real y continua de producto.

Es necesario indicar que el presente trabajo se realizó con el apoyo de una de las más importantes empresas exportadoras de pesca blanca ubicada en la ciudad de Manta, dicha empresa prestó sus instalaciones y personal técnico para realizar los estudios correspondientes a la Industrialización de Tecnología de Barreras.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Materia prima: DORADO (*Coryphaena hippurus*)

El Dorado es la variedad más representativa de la llamada Pesca Blanca⁽¹⁾ en el Ecuador. Pertenecce a la familia Coryphaenidae (3). Se lo conoce comercialmente como Mahi-mahi. En la pesca artesanal se capturan ejemplares desde 42 cm. hasta 180 cm. (de largo) (3). Los Puertos principales de desembarque son: Esmeraldas, Manta, San Mateo, Puerto López, Santa Rosa y Anconcito (3).

La temporada de pesca es de Diciembre a Marzo de cada año (estación lluviosa). Cuando existe un evento “El Niño Oscilación del Sur” su disponibilidad se prolonga durante todo el año (3). El desembarque promedio anual en la pesca artesanal es de 12071 toneladas (3).

(1): Denominada a la captura de especies en mar abierto.

Producto de consumo masivo a nivel local. Su carne (cruda) es de color blanquecino tendiendo a rosada, de excelente calidad. Su piel sirve para la fabricación de cuero, con el cual se pueden elaborar carteras, correas, billeteras, monederos, llaveros y similares (3).

A nivel Industrial los tipos de procesamientos (fresco y congelado) son los siguientes (3):

- H & G: Tronco sin cabeza, vísceras, cola; con piel.
- Filetes: Filete con y sin piel, sin línea de sangre, sin espinas.
- Porciones (congelado): Sin piel y sin hueso.

Con sus respectivos tipos de empaques (3):

- H & G: Caja de cartón parafinado, empaque con aislamiento de poliestireno, envolturas de polietileno, con paquetes de gel congelado.
- Filetes: en el caso de fresco, en caja de cartón parafinado, con aislamiento de poliestireno; envolturas de polietileno, con y sin fundas especiales para empacar al vacío, con y sin paquetes de gel congelado.
- Porciones: caja de cartón, con y sin fundas especiales para empacar al vacío.

Producción

La exportación de Pesca Blanca en el Ecuador, representa una buena fuente de ingreso económico para las zonas costeras, tales como Manta, Esmeraldas, San Mateo, Puerto López, Santa Rosa y Anconcito. Actualmente, el Dorado ocupa el segundo lugar en las exportaciones de pesca blanca. Desde el punto de vista artesanal, el Dorado es el recurso más importante, por los volúmenes que se capturan y porque su pesca es ampliamente conocida (3). Al nivel Industrial o para las Empacadoras de pesca blanca, es difícil definir la importancia del Dorado o de cualquier otra especie, pero si se puede afirmar que el Dorado representa al menos el 50% de libras totales exportadas en el año (33).

Exportación

Una Empresa Exportadora de pesca blanca llegó a exportar en el 2004 alrededor de 2'000,000 de libras de dorado procesado (esta producción varía de temporada en temporada) (33). El principal consumidor de esta especie, es los Estados Unidos (99% de participación) y Países Europeos, tales como Francia

(1% de participación). El producto va destinado a Comisariatos y Restaurantes de dichos países (33).

El volumen en ventas, no está definido por el grado de aceptabilidad que ha tenido el Dorado en el mercado internacional, ya que el volumen es demasiado grande; más bien, dicho valor está definido por la disponibilidad de esta especie (29). Teniendo en cuenta que se trata de una especie de un elevado volumen de producción, pero solo por ciertos meses del año, las Empresas procesadoras de Pesca Blanca, utilizan como principal método de conservación a la congelación (3). Con este método, las Empresas mantienen disponible todo el año a la especie en cuestión. A parte de que este método, demanda un alto gasto energético, las características organolépticas del producto se ven afectadas terriblemente (elevado grado de pérdida de textura y sabor).

1.2. Causas y efectos del deterioro en porciones refrigeradas

Una porción fresca de Dorado es una fracción estandarizada obtenida del lomo del pescado fresco. El pescado fresco es aquel que, desde su captura, no ha sufrido ninguna operación para su conservación, excepto la adición de hielo troceado y

temperaturas de refrigeración ($T^{\circ} < 4^{\circ} \text{C}$). No se considera proceso conservador el descabezado, el desangrado o eviscerado (28).

Entre los elementos evidentes del deterioro en filetes o lomos frescos de Dorado se encuentran (19):

- Detección de olores y sabores extraños
- Formación de exudados
- Producción de gases
- Pérdida de color
- Cambios de Textura

Las causas de la alteración del pescado fresco pueden ser de dos tipos: microbiológica y no microbiológica (9). La pérdida inicial de frescura de las especies de pescado magras (Dorado) en su estado natural, con o sin refrigeración se debe a cambios autolíticos⁽²⁾, mientras que el deterioro se debe principalmente a la acción bacteriana (19).

Los microorganismos son los agentes más importantes en la alteración del pescado fresco ya que son los que originan los sabores particularmente indeseables ligados a la alteración. Por

⁽²⁾: Cambios inducidos por enzimas propias del animal como la reducción de óxido de trimetilamina (OTMA) en dimetilamina (DMA) y formaldehído (FA). Puede ser la principal causa de algunas especies en almacenamiento refrigerado.

lo tanto, el control de la alteración es en gran parte, el control de los microorganismos (9).

Esta acción microbiana acarrea una secuencia de cambios en las sustancias odoríferas y sápidas. Inicialmente se forman compuestos con olor y sabor ácido, a hierba o a fruta; más tarde aparecen sustancias amargas de aspecto gomoso y aroma sulfuroso y finalmente, en el pescado pútrido el carácter es amoniacal y fecal (9, 10, 28). Entre los compuestos volátiles producidos por la acción bacteriana y que son responsables de estos olores tenemos trimetilamina (TMA), compuestos sulfurosos volátiles, aldehídos, cetonas, ésteres, hipoxantina y otros compuestos de bajo peso molecular (18). Las enzimas proteolíticas segregadas por los microorganismos atacan a los componentes estructurales, las proteínas, ocasionando un ablandamiento gradual de la carne (9).

La acción continuada de los microorganismos afecta también a la apariencia y a las propiedades físicas. Las viscosidades existentes sobre la piel que originalmente son claras y acuosas, se transforman en oscuras y grumosas. La piel pierde su

aparición brillante, la tersura, tornándose débil, pálida y desagradable al tacto (9, 10, 28).

Población Microbiana del Dorado fresco

Los microorganismos encontrados pertenecen a los géneros *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Moraxella*, *Shewanella* y *Pseudomonas*. También son frecuentes algunos géneros de las familias Vibronaceae (*Vibrio* y *Photobacterium*) y Aeromonadaceae (*Aeromonas spp.*) mientras que, algunos microorganismos Gram positivos se encuentran en proporciones variables: *Bacillus*, *Micrococcus*, *Clostridium*, *Lactobacillus* y corineformes (17).

De lo descrito hasta ahora se puede extraer que hay una variedad muy amplia y diferente número de microorganismos en el pescado. Resulta de gran interés saber la importancia de éstos en el deterioro del Dorado y determinar cómo puede controlarse mediante tecnologías de conservación no convencionales (Tecnología de Barreras). Puesto que los microorganismos presentes en el pescado deteriorado no tienen un efecto directo en la degradación (Huss, 1995), es importante conocer cuáles son realmente las bacterias específicas del

deterioro (16). Huss (1994) presentó un resumen (Ver Apéndice A) de las bacterias deteriorantes que prevalecían en la pesca blanca fresca cuando se conservaba en condiciones aerobias, al vacío a 0 y 5°C y cuando se almacenaba en condiciones aeróbicas a temperatura ambiente (17).

El principal y más específico microorganismo responsable del deterioro del Dorado procedente de aguas templadas, conservado con hielo en condiciones aeróbicas, es *Shewanella putrefaciens* (17).

Las alteraciones no microbianas son de dos clases: enzimáticas y no enzimáticas. Existen también enzimas alterantes del sabor. Los componentes responsables de los sabores característicos del pescado se ven alterados por la acción enzimática que en primera instancia produce compuestos de sabor neutro, presentando el pescado un sabor insípido y en lo posterior sustancias degradativas como la hipoxantina que produce un sabor amargo característico del pescado descompuesto (9, 10, 19).

De las alteraciones no enzimáticas la más significativa es el enranciamiento no enzimático. Esta alteración se debe a la oxidación de las superficies lipídicas con ácidos grasos insaturados que existen en la carne y otros tejidos, produciendo olores y sabores desagradables (9). Sin embargo, el pescado blanco, como el Dorado, tiene un contenido de lípidos muy bajo, por lo que si se desarrolla oxidación lipídica no es fácilmente detectable en las piezas frescas debido a que se enmascara con otros sabores y olores que aparecen durante la alteración (9).

1.3. Tecnología de Barreras

El deterioro de la calidad de los alimentos es causado por reacciones físicas (tal como la movilidad de agua desde o hacia el alimento), químicas (rancidez oxidativa), enzimáticas (rancidez lipolítica, pérdida de sabor, ablandamiento, etc.) y microbiológicas (crecimiento o presencia de microorganismos infecciosos, toxigénicos o del deterioro, productos del metabolismo (14). Sin embargo, aunque una efectiva preservación apunta a todas las formas del deterioro de la calidad siempre es la principal prioridad minimizar la potencial presencia y crecimiento de microorganismos patógenos y del

deterioro (ICMSF, 1996) (14). Por lo tanto, las tecnologías de preservación se basan principalmente en la inactivación o prevención del crecimiento de microorganismos (ICMSF, 1980) (14).

1.3.1. Definición y Principios

El “Efecto Barrera” o “Tecnología de Barreras” es una nueva tecnología que se está aplicando en la preservación de alimentos. Su objetivo es la obtención de productos estables, microbiológicamente seguros, de características organolépticas aceptables y sin afectar las características nutricionales del producto original (13). Se basa en la combinación de varias tecnologías que por muchos años se han aplicado individualmente para la conservación de los alimentos, tales como: altas temperaturas, bajas temperaturas, reducción de agua, acidificación, utilización de conservantes, agregación de sales y otros. Estas tecnologías individuales, al ser aplicadas en conjunto a un alimento, tienen un efecto sinérgico que permite que cada una de ellas sea aplicada en menor intensidad que cuando se las aplica independientemente. (13, 25, 29).

La ventaja de Tecnología de Barreras consiste en que el alimento no sufre cambios drásticos como es en el caso en donde se utiliza una sola tecnología; debido a este principio se puede obtener un producto muy similar al natural pero con una vida en percha mayor que la del producto sin procesar, incluso la idea de esta tecnología es que con una adecuada combinación de barreras no se requiera invertir en procesos que demanden grandes cantidades de energías y equipos sofisticados, en resumen al hablar de Tecnología de Barreras consiste en una combinación inteligente de diferentes tecnologías de preservación de alimentos que no demanden un mayor costo de inversión.

1.3.2. Efectos

Existe un fenómeno denominado homeostasis, el cual es un conjunto de mecanismos que las células microbianas ejecutan para mantener inalterables las actividades fisiológicas normales cuando su ambiente ha sido alterado (28). Si la homeostasis es interrumpida por las barreras aplicadas, los microorganismos no se multiplican (la fase de latencia se prolonga) o incluso

mueren antes de que su homeostasis se restablezca, ya que al ser hostil el medio en el que se encuentran gastan todas las energías posibles para mantener sus mecanismos homeostáticos y mueren. Este efecto se denomina “Agotamiento Metabólico” (28).

En el Apéndice B se nombran aquellas barreras más comúnmente usadas en la preservación de alimentos, ya sean aplicadas como barreras de proceso o como aditivos, las cuales tienen como objetivo la Inhibición parcial o completa del crecimiento microbiano.

1.3.3. Aplicaciones

**TABLA 1
PRODUCTOS CONSERVADOS POR APLICACIÓN
DE TECNOLOGÍA DE BARRERAS**

Producto	Proceso Aplicado	Estabilidad
Pan (16)	Reducción de a_w , (ácidos orgánicos, preservantes, empaque, calor	7 días
Puré de Papaya y Piña en rodajas (16)	Escaldado, reducción de a_w , reducción de pH, Sorbato de potasio	4 meses
Sardina Picada (9)	Lavado, reducción de a_w (adición de sal), sorbato de potasio, reducción de pH, empaque, calor	15 días a 15°C

Salmón en pedazos o en rodajas (9)	Reducción de a_w (adición de sal), humo natural, vinagre, sorbato de potasio y empaque al vacío	30 días a temperatura de refrigeración
Macarela (9)	Reducción de a_w (adición de sal), vacío por 3 días. Sumergido en salmuera	3 meses en refrigeración

FUENTE: HURDLE TECHNOLOGIES. COMBINATION TREATMENTS FOR FOOD STABILITY, SAFETY AND QUALITY (29).

1.4. Selección de Barreras

Tomando en cuenta, que con el presente estudio lo que se busca es la aplicación de un método de conservación no convencional de alimentos (Tecnología de Barreras) en uno de los productos de importancia comercial para las Empresas Exportadoras de pesca fresca, como lo son las porciones de Dorado (*Coryphaena Hippurus*); se ha tomado como estudio previo, el proyecto de investigación de Tecnología de Barreras realizado por la ESPOL en trozos de Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*) (15).

En primera instancia la decisión de tomar este estudio como antecedente, fue basado en que el Dorado tiene similares características con la Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*), ya que ambas especies son magras (Ver Composición química en Apéndice C); además las barreras utilizadas en dicho estudio

son comunes y básicas para los productos de origen pesquero. Los resultados del estudio en trozos de Tilapia, indican que la solución osmótica apropiada para especies de pescado magro, es aquella formada por: Sacarosa (20 %), Cloruro de Sodio (20 %) y ácido Acético (1%) (15).

El método por medio del cual se aplicaron las barreras (disminución de a_w y pH) es el denominado “Proceso de Impregnación y Deshidratación por Remojo” (PIDR) (16). Este proceso se basa principalmente en deshidratación por ósmosis pero también con reducción de pH (en nuestro caso, ácido acético que se agrega a la solución osmótica). El objetivo de este método es formular directamente un producto “formulación directa” para lograr estabilidad del mismo en un plazo mayor al del producto original (16).

Una tercera barrera, sería las bajas temperaturas (T° refrigeración), debido a que el procesamiento y la comercialización de las especies pertenecientes a la pesca blanca fresca exigen la cadena de frío desde su captura (33).

1.4.1. Reducción de a_w

La actividad de agua es un valor que expresa la disponibilidad de agua reactiva dentro del alimento (5). Los microorganismos requieren la presencia de agua, en una forma disponible, para que puedan crecer y llevar a cabo sus funciones metabólicas (22) (Ver Apéndice D). Mientras más cercano sea el valor de a_w a 1, más disponibilidad de agua existe. En el pescado fresco se tienen valores de $a_w \geq 0.98$ (22, 25).

Al observar el Apéndice D, los microorganismos que inicialmente representaban mayor importancia en el deterioro del producto pierden dicha categoría (debido al efecto inhibitor de la reducción de a_w) y son otros (que inicialmente no eran de significancia) los que pasan a ser punto de atención en el estudio de estabilidad del alimento (19).

Importancia de la reducción de a_w

La deshidratación es un método de conservación de los alimentos basado en la reducción de la a_w , lo que se consigue eliminando el agua de los productos. Al

sumergir las porciones frescas en la solución osmótica (azúcar, sal) se produce una deshidratación y son estos solutos los que, al ser añadidos, descienden la a_w .

Al combinar los dos solutos se obtiene una reducción de las respectivas difusividades (a mayor concentración de sacarosa, menor difusividad de la sal y a mayor concentración de sal, menor difusividad de la sacarosa (22)), con lo cual se pueden obtener buenos resultados en baja captación de solutos y alta reducción de a_w (22, 23). El cloruro de sodio tiene una alta capacidad depresora de a_w y causa una considerable impregnación del mismo (captación de solutos) en tejidos animales. En general, si el peso molecular de los solutos en una solución osmótica es ligeramente elevado, es posible disminuir la ganancia de solutos por una equivalente pérdida de agua. La combinación de ambas soluciones permite aprovechar las ventajas de cada una (32).

Un pequeño descenso de a_w es a menudo suficiente para evitar la alteración de los alimentos siempre que esta reducción sea potenciada por otros agentes tal

como ocurre en el presente estudio, es decir factores tales como: pH-acidez, baja temperatura (29).

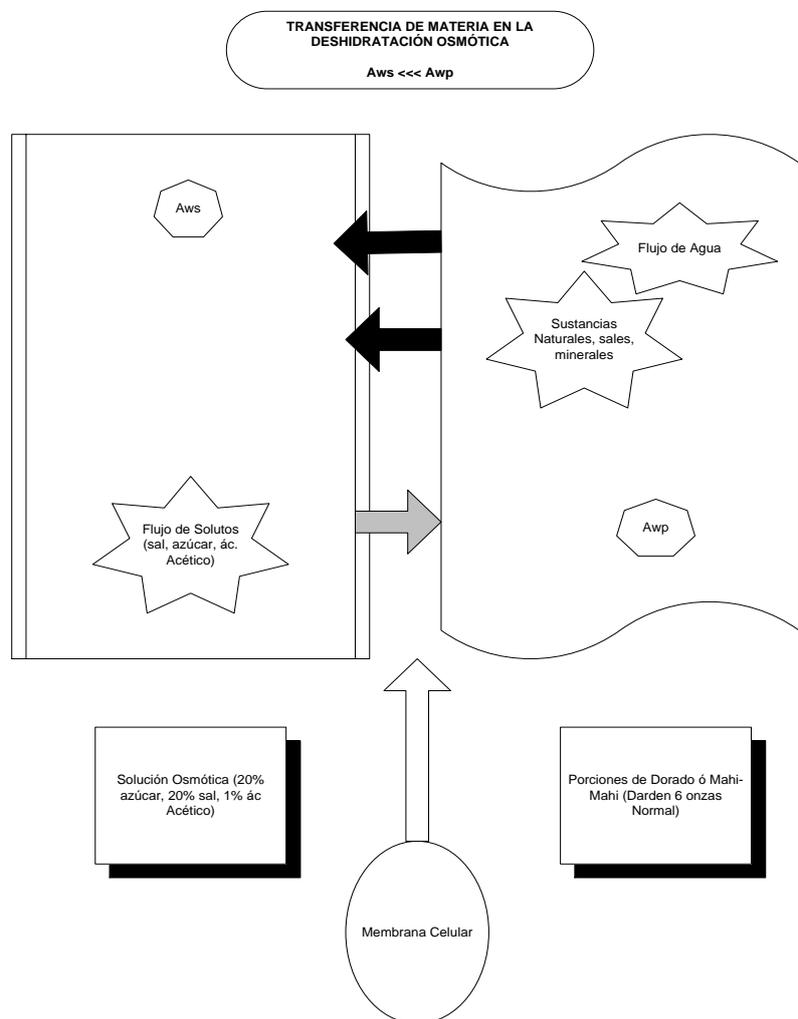
Deshidratación Osmótica

D.O. se utiliza en Tecnología de Barreras para dar origen a productos donde sus características finales sean muy similares al producto fresco, guardando una estabilidad microbiológica mayor al del producto natural o sin procesar (16).

Durante la deshidratación Osmótica ocurren dos tipos diferentes de flujos de transferencia de masa: agua se transfiere desde el producto hacia la solución osmótica (S.O.) y solutos se transfieren desde la S.O. hacia el producto (1, 5, 16). El gradiente de potencial químico que participa como fuerza impulsora de los dos flujos de transferencia de materia es la diferencia de actividades de agua entre un lado y otro de la membrana semipermeable que forma el tejido animal (5, 25, 29).

Para entender el proceso de Deshidratación Osmótica, se muestra en la figura 1.1., un esquema didáctico de lo que ocurre durante este proceso.

FIGURA 1.1.
ESQUEMA DE TRANSFERENCIA DE MATERIA DURANTE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

1.4.2. Reducción de pH

El pH de un alimento es uno de los principales factores que determinan la supervivencia y el crecimiento de los microorganismos durante el procesado, el almacenaje y la distribución (34).

Efectos del pH sobre los microorganismos

En alimentos crudos (sin procesar), el descenso del pH aumenta la estabilidad microbiológica. Esto se logra naturalmente por fermentación o artificialmente por adición de acidulantes como ácidos orgánicos débiles (ácido acético). La mayoría de los microorganismos no crecen por debajo de un pH mínimo especificado (Ver Apéndice E), pero un pH tan bajo como para que no crezcan microorganismos produce pérdida de la calidad del alimento (22).

Para acidificar medios se han usado ácidos orgánicos débiles y ácidos inorgánicos fuertes. Los más eficaces son los ácidos orgánicos débiles (22, 29, 30). La forma no dissociada de estos ácidos (Ver Apéndice F) se difunde libremente a través de la membrana celular e

ioniza dentro de la célula, dando lugar a protones que acidifican el medio interno del organismo e inhiben el transporte de nutrientes (22).

Importancia

En estado natural la carne de pescado es ligeramente ácida. Después de muerto el animal, el glucógeno se transforma en ácido láctico, lo que provoca un descenso de pH, el cual luego asciende hasta valores de 6 a 7, lo que se traduce en una predisposición para la alterabilidad, ya que a estos valores de pH no se inhibe la proliferación bacteriana (22, 25).

El ácido acético es apropiado para productos de origen pesquero, debido a su compatibilidad con el sabor del pescado (9). La ventaja de bajar el pH para la conservación de alimentos por métodos combinados es el aumento de la actividad de agua limitante de las bacterias y el descenso de la resistencia térmica de las bacterias, mientras se potencian los efectos antimicrobianos (19)

Según el principio de Tecnología de Barreras, si aplicamos las dos barreras descritas (reducción de a_w y pH) se puede lograr un efecto sinérgico para la prolongación de la fase de latencia de los Microorganismos de Deterioro, aspecto que se traduce con la prolongación de vida en percha del producto en estudio.

1.4.3. Temperatura de Refrigeración

Temperaturas de refrigeración son aquellas próximas, pero superiores, al punto de congelación de los alimentos, habitualmente se consideran como tales las incluidas en el rango -1 a 7°C . El efecto de la refrigeración sobre la microflora del pescado fresco depende de la temperatura y el tiempo de almacenamiento, así como de las características fisiológicas de los microorganismos implicados. A medida que la temperatura desciende por debajo del óptimo, el crecimiento se hace más lento y finalmente se detiene (22).

Las bajas temperaturas tienen una importante acción selectiva sobre las floras mixtas constituidas por mesófilos ($^{\circ}T$ óptima: $^{\circ}T$ ambiente) y psicrotrofos (mesófilos amantes del frío).

Efectos sobre los microorganismos de alteración

El procesamiento y comercialización de porciones frescas de Dorado se da a temperaturas de refrigeración adecuadas (inferiores a $7^{\circ}C$). Con esto, la alteración sólo será causada por los psicrotrofos. Aunque los tiempos de generación de los psicrotrofos parezcan muy prolongados, los largos periodos de almacenamiento a refrigeración utilizados en muchas especies de pescados permiten que la población psicrotrófica alcance tasas de muchos millones por gramo en unos pocos días, lo que frecuentemente resulta en la aparición de alteraciones desagradables en el olor, el gusto y la textura. Deben evitarse las fluctuaciones en la temperatura de almacenamiento porque la velocidad de crecimiento aumenta rápidamente con ella (11).

Efectos sobre los microorganismos patógenos e indicadores

La mayor parte de los patógenos son mesófilos y, con pocas excepciones, su crecimiento no constituye un problema en los alimentos refrigerados. Las *salmonelas* no crecen a temperaturas inferiores a unos 6 °C (Matches y Liston, 1968) (22). *Vibrio parahaemolyticus* es sensible a las bajas temperaturas (22).

El efecto de la refrigeración sobre los microorganismos considerados como indicadores de polución fecal también tiene considerable interés. Su multiplicación durante el almacenamiento de los alimentos puede conducir al decomiso aunque originalmente tales microorganismos no sobrepasaran una tasa aceptable. *Escherichia coli* y *Streptococcus faecalis* tienen mínimos de crecimiento similares, unos 8-10°C (22).

Barreras para la Comercialización

La temperatura de refrigeración ($T^{\circ} < 4^{\circ}\text{C}$) en comercialización de pesca fresca es la primera y más importante barrera, ya que ofrece una protección para el

alimento contra el desarrollo de gérmenes patógenos y de deterioro. Dicha barrera es exigida por normas internacionales (33).

Debido a que el objetivo del presente estudio es prolongar la vida útil de un producto comercialmente importante en pesca blanca, se ha decidido que el estudio va a partir con la limitación de que el producto experimental tendrá las mismas condiciones de almacenamiento (T° y empaque) exigidas internacionalmente para productos frescos de origen marino.

Para la mayoría de los alimentos, el envasado es necesario para preservar su calidad y protegerlos contra el daño durante el almacenamiento y la distribución. Actúa como barrera para prevenir la entrada de microorganismos, insectos, suciedad, etc., e incluso contra la transferencia o pasaje de vapor de agua, gases y aroma (22).

1.4.4. Interacción entre las barreras seleccionadas

Las limitaciones de las actividades microbianas en relación con cada barrera (a_w , pH, T° refrigeración) se han establecido en medios donde los demás factores son óptimos. Cuando uno de estos factores se desvía del valor óptimo, se estrecha el intervalo de barrera favorable para el crecimiento (22).

Lo que se busca con Tecnología de Barreras es utilizar la combinación adecuada e inteligente de temperaturas bajas, pH, y a_w , considerando que la finalidad es alcanzar la extensión de la vida útil de las porciones de Dorado, conservando su calidad fresca, y no la obtención de un producto microbiológicamente estable, como se da en el caso de la aplicación de Esterilización, Pasteurización, y otros procesos intensos que disminuyen la calidad del alimento (29).

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materia prima

Porciones frescas de Dorado

Las porciones que fueron sometidas a Tecnología de Barreras se adquirieron de la Empresa Exportadora de Pesca Blanca llamada Ocean Fish S.A., ubicada en Manabí, Km. 4.5, vía Manta-Montecristi. Dichas porciones fueron frescas, sin haber pasado por el proceso de congelamiento. Existen diferentes tipos de porciones para la comercialización de pesca fresca, pero la más comercializada en Dorado es la del tipo DARDEN de 6 onzas, cuyas características se detallan en la tabla 2.

La razón por la cual se trabajó con porciones y no con filetes, es debido a que las Exportadoras de Pesca Blanca Fresca buscan introducir al mercado Internacional productos con valor agregado

(productos elaborados o semi-elaborados), con presentación individual y para dicha presentación, las porciones de pescado son las más apropiadas (33).

TABLA 2
PESOS Y DIMENSIONES DE PORCIONES DE DORADO
(DARDEN 6 ONZAS)

Pesos y Dimensiones	Rango*
Peso (onzas)	5.5 – 6.7
Largo (cm)	14.2 – 15.2
Ancho (cm)	5.1 – 6.3
Espesor (cm)	2.2 – 3.2

FUENTE: HOJA DE CONTROL ESTADISTICO PARA PESOS Y DIMENSIONES DE DARDEN 6 ONZAS, utilizadas en OCEAN FISH S.A.

* Los rangos se deben a la falta de uniformidad que existe en los filetes o lomos de pescado.

* Los diferentes tipos o presentaciones de porciones dependen de lo que dé el lomo al ser cortado.

Sacarosa o Azúcar Común

Ingrediente comúnmente utilizado como agente osmótico. Los azúcares en general implican una disminución de la solubilidad del oxígeno y permiten también que el crecimiento de microorganismos aerobios sea más lento (32). No tiene acción antimicrobiana directa, su efecto sobre los microorganismos se debe únicamente al descenso de la a_w (35). Las soluciones de azúcar usadas como soluciones osmóticas permiten una alta reducción del contenido de humedad del producto sumergido en

ella (32). El azúcar utilizado corresponde a la marca Valdez y se lo adquirió en un comisariato local (Guayaquil). No posee restricción de uso.

Cloruro de Sodio (NaCl) o Sal común

No se lo considera como aditivo (32). El cloruro de sodio es un excelente agente osmótico (35). Su bajo peso molecular (de 58.44 g/gmol) permite una alta pérdida de agua desde el producto hacia el jarabe (35) y gran solubilidad, pero también ocasiona alta impregnación en el tejido animal (32).

Además de ser un agente osmótico, es un agente antimicrobiano (conservante), esencialmente por su efecto depresor de la actividad de agua. Los alimentos a los que se les ha adicionado de 0.7 a 5 % de sal en relación al agua del alimento, requieren otro método de conservación para garantizar su estabilidad microbiológica. El cloruro sódico se ha usado para estabilizar ciertos alimentos, entre ellos pescados con un 0.7 a 3 % de sal en relación a la fase acuosa (17). El cloruro de sodio (marca: Crisal) o sal común, se lo adquirió en un comisariato local (Guayaquil). Esta materia prima no posee restricción de uso.

Ácido acético

El ácido acético es un ácido orgánico usado como preservante, acidulante y saborizante en varias conservas alimenticias (22). En la mayoría de los productos, el efecto conservante va de la mano con otros métodos de conservación como pasteurización, refrigeración, uso de otros aditivos, etc (34). El efecto del ácido acético es más marcado sobre las bacterias y levaduras que sobre los mohos (34). El efecto inhibitor del ácido acético va dirigido a muchas cepas dentro de las cuales se encuentran tanto microorganismos causantes del deterioro como patógenos (Ver Apéndice G).

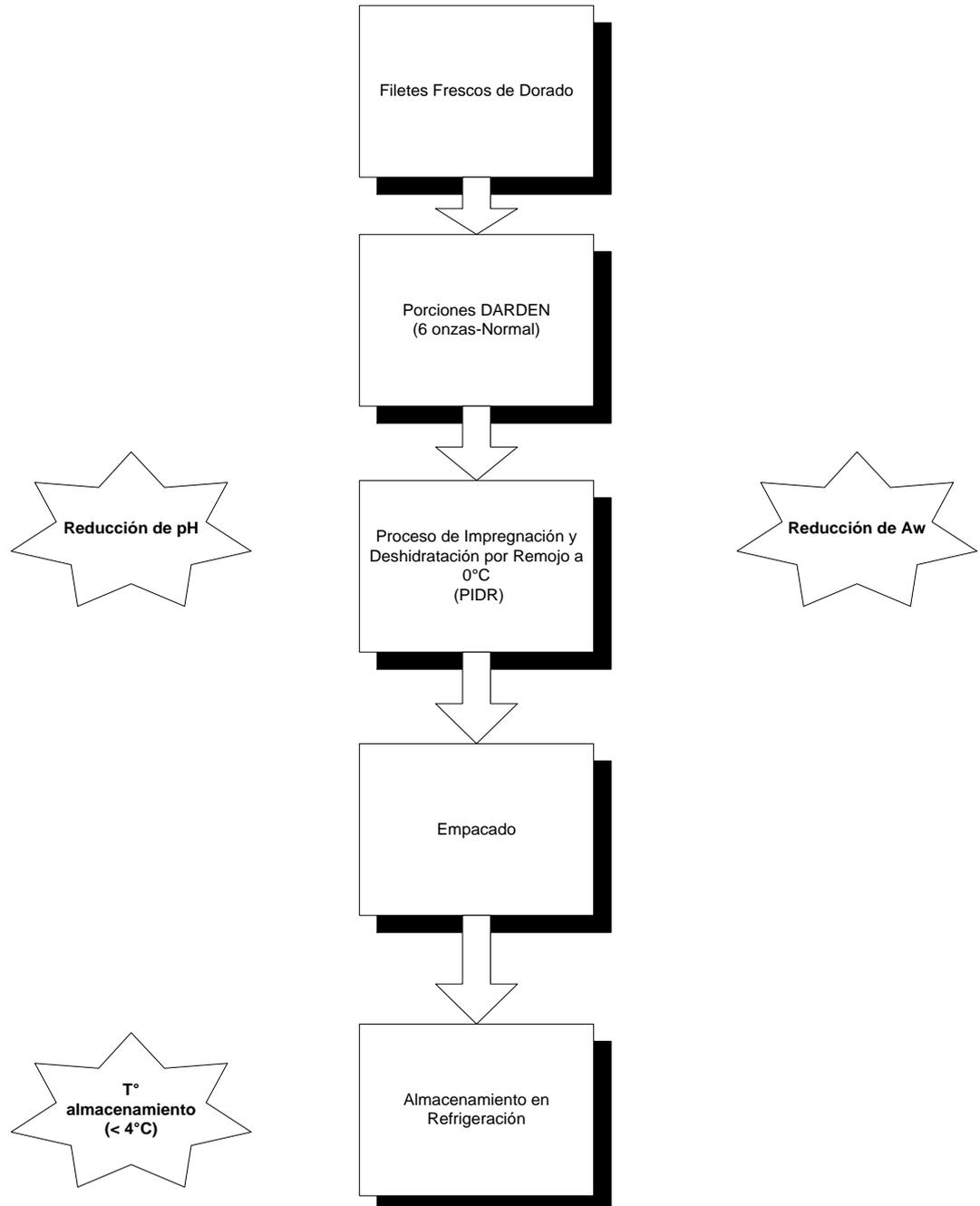
2.2. Proceso de Aplicación de Barreras

Las barreras que se utilizaron en porciones refrigeradas de Dorado se detallan en la figura 2.1.

2.2.1. Deshidratación Osmótica

La primera barrera a aplicar en la conservación de porciones de Dorado es la reducción de a_w , para esto se utilizó la Deshidratación Osmótica (D.O.).

FIGURA 2.1.
PROCESO DE TECNOLOGÍA DE BARRERAS en porciones frescas de Dorado



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La D.O. es la concentración de alimentos mediante la inmersión del producto en una solución hipertónica (en el presente trabajo, la solución esta formada de azúcar y sal) (19).

Para el proceso de Deshidratación Osmótica se utilizó Solución Osmótica ternaria formada por agua, sal y azúcar (aprovechando las ventajas que estos solutos ofrecen en solución (32)), en porcentajes de 20 % y 20 % para cada soluto, sumando el 40 % de sólidos solubles (ss); estos porcentajes se tomó como referencia de los experimentos realizados por la ESPOL en deshidratación osmótica de trozos de Tilapia Roja (15). Los porcentajes fueron con respecto al peso total de la solución y la relación solución - producto fue de 4:1. Fue necesaria la utilización de malla en la superficie de la solución para asegurar que todas las áreas del producto (que tiende a flotar) se encontrasen rodeadas con S.O. asegurando la transferencia de masa en cada una de las partes de la porción. Se realizaron agitaciones a lo largo del proceso de Deshidratación, para ayudar a que el agua expulsada por el producto se difundiera en la S.O. y evitar que se altere

considerablemente su concentración (29). La temperatura a la que se realizó la D.O., fue de 0°C, debido a que no se puede romper la cadena de frío, exigida por normas internacionales para productos de pesca fresca (33).

Durante el proceso de Deshidratación osmótica se midió la cinética de deshidratación. Para las determinaciones de humedad se siguió la técnica AOAC 24003.

Para medir la cinética de Deshidratación, se definió un tiempo experimental de D.O. de 30 min., basándose en que un tiempo mayor a 30 min. equivaldría aumentar de una manera exagerada el tiempo de trabajo dentro de la línea de producción de Empacadoras de Pesca Blanca fresca y que someter a las porciones a una solución Osmótica ($T^{\circ}= 0^{\circ}\text{C}$) por mucho tiempo afectaría intensamente las características sensoriales (sabor, textura, color, olor) naturales del producto en estudio.

Las determinaciones de humedad fueron cada 5 min. y el tiempo de Deshidratación seleccionado fue basado en pruebas de Degustación. Las porciones que se sometieron

al proceso en el tiempo seleccionado, fueron las mismas porciones experimentales del Estudio de Estabilidad.

Análisis Estadístico

Se utilizó una medida que describa la dispersión o variabilidad de los datos obtenidos. Dentro de las medidas de dispersión, se encuentra la Amplitud de Variación, Desviación Media, Varianza y Desviación Estándar (δ) (31). Se seleccionó la Desviación Estándar porque esta es una medida de fácil interpretación a causa de que los resultados se presentan en las mismas unidades de los datos originales (31). Además, se realizó un análisis de Varianza en las variables de respuesta: contenido de humedad y pérdida de peso, con la finalidad de determinar si existe una variación significativa entre los períodos experimentales de 0 a 10 min. y 0 a 30 min. Se utilizó la tabla de Distribución F (31).

2.2.2. Acidificación de Solución Osmótica

Rebajar el pH es uno de los tratamientos más utilizados en la conservación de alimentos (22). El acidulante que se utilizó en el presente estudio, es el ácido acético; dicho

acidulante ha presentado buenos resultados en productos pesqueros, además presenta entre todos los medios acidulantes, el mayor efecto de inhibición sobre uno de los microorganismos indeseables en pesca fresca, como lo es el *Staphylococcus aureus* (Chirife y Favetto, 1992). Por último, el ácido acético fue utilizado en la conservación de trozos de Tilapia Roja (15).

El ácido orgánico utilizado para reducir el pH se debe incluir dentro de los ingredientes que componen la S.O. (20% azúcar, 20% sal y 1% ác. Acético), con el objetivo de llevar a cabo el proceso PIDR (15).

Para determinar el % de ácido Acético en la S.O. y en cada una de las porciones experimentales, se utilizó la medición de acidez con el método de acidez titulable, norma AOAC 17th 925.53.

2.2.3. Empaque y Almacenamiento

Las condiciones de empaque y almacenamiento para las porciones experimentales fueron las mismas que se utilizan para filetes de Dorado fresco (para exportación), es

decir: porciones refrigeradas ($T^{\circ} < 4^{\circ}\text{C}$) en caja de cartón parafinado, empaque con aislamiento de poliestireno; envolturas de polietileno, con paquetes de gel congelado (3, 33).

2.3. Análisis

Una vez aplicado Tecnología de Barreras a porciones refrigeradas de Dorado, se procedió a realizar: Análisis físico - químicos, Controles Microbiológicos y análisis Sensorial a las porciones frescas de Dorado y porciones experimentales. Los análisis fueron llevados a cabo por duplicado.

La fase experimental se dividió en varias etapas:

Etapas 1: Determinación de la cinética de Deshidratación Osmótica (pérdida de humedad y ganancia de sólidos).

Etapas 2: Determinación de parámetros físicos en la materia prima y muestras experimentales. Los parámetros físicos a determinar son: Cloruros, acidez (% de ácido acético), pH y humedad.

Etapas 3: Estudio de Estabilidad en percha de porciones refrigeradas de Dorado:

- Caracterización sensorial de la materia prima y muestras experimentales a medida que avanza el tiempo de almacenamiento.
- Seguimiento del crecimiento microbiológico en la materia prima y muestras experimentales.
- Seguimiento de la concentración de histamina en la materia prima y muestras experimentales.

Etapla 4: Determinación de las características físicas de la solución Osmótica a emplearse: a_w , pH, acidez, °Brix.

Etapla 5: Diseño del Esquema Industrial de la etapa de aplicación de “Tecnología de Barreras” en porciones refrigeradas de Dorado.

En la tabla 3 se indica el lugar donde fueron realizados los experimentos, los equipos e instrumentos utilizados.

Cinética de Deshidratación Osmótica

Las fórmulas utilizadas para calcular pérdida de agua, ganancia de solutos y pérdida de peso fueron (26):

TABLA 3
EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Etapa Experimental	Lugar	Equipos	Instrumentos
Determinación de la cinética de Deshidratación Osmótica (pérdida de humedad y ganancia de sólidos).	Laboratorio de análisis de alimentos de PROTAL-ESPOL	Balanza Analítica (d+ 0.0001), Estufa marca Memmert (30-220 °C)	Vasos de precipitación, crisol, Pipetas de 5 ml., Bureta 25 ml., matraz Erlenmeyer, Soporte Universal.
Determinación de parámetros físicos en materia prima y muestras experimentales	Laboratorio de Química Analítica ICQ – ESPOL.	PH-metro de electrodo marca Accument ± 0.001.	
(Cloruros, acidez (% de ácido acético), pH y humedad).	Laboratorio de análisis de alimentos de PROTAL-ESPOL	Balanza digital marca KERN d+ 0.01	
Estudio de Estabilidad en percha de porciones de Dorado: crecimiento microbiológico	Laboratorio de Microbiología de Ocean Fish S.A. (Manta-Manabí)	Estufa Fisher Scientific (20-220 °C), Incubadora marca Mel Rose Park, Autoclave All American (máx. 25 psi), Baño de María marca Precision Scientific	Vasos de precipitación, pipetas de 1,5 y 10 ml, tubos de ensayo, medios de cultivo
Estudio de Estabilidad en percha de porciones de Dorado: seguimiento de la concentración de histamina	Laboratorio de Análisis Físico-Químico Ocean Fish S.A. (Manta-Manabí)	TURNER Model 450 Fluorometer	Soporte Universal, vasos de precipitación, matraces volumétricos, Bureta de 50 ml., matraz Erlenmeyer
Estudio de Estabilidad en percha de porciones de Dorado: caracterización sensorial	Área de análisis Sensorial Ocean Fish S.A. (Manta-Manabí)		
Caracterización de Solución Osmótica	Laboratorio de Análisis Sensorial y Microbiología de Alimentos FIMCP - ESPOL	Refrigerador, Balanza digital marca KERN d+ 0.01, Estufa marca Memmert (30-220°C), Refractómetros Cole-Parmer 800-323 T° 20 °C (28 a 62%) y (0 a 32%).	Vasos de precipitación, crisol, Pipetas de 5 ml., Bureta 25 ml., matraz Erlenmeyer, Soporte Universal, Pipetas Pasteur, tirillas de pH

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

ECUACIÓN DE PÉRDIDA DE AGUA

(Ec. 2.1.)

$$\Delta M_w^t = (M_0^t x_w^t - M_0^0 x_w^0) / M_0^0$$

Donde:

ΔM_w^t : Fracción Pérdida de agua

M_0^t : Masa muestra al tiempo t (g.)

M_0^0 : Masa muestra al tiempo 0 (g.)

x_w^t : Fracción de masa agua al tiempo t.

x_w^0 : Fracción de masa agua al tiempo 0.

ECUACIÓN PARA GANANCIA DE SOLUTO

(Ec. 2.2.)

$$\Delta M_{ss}^t = (M_0^t x_{ss}^t - M_0^0 x_{ss}^0) / M_0^0$$

Donde:

ΔM_{ss}^t : Fracción Ganancia de Solutos

M_0^t : Masa muestra al tiempo t (g.)

x_{ss}^t : Fracción Sólidos Solubles al tiempo t.

M_0^0 : Masa muestra al tiempo 0 (g.)

x_{ss}^0 : Fracción Sólidos Solubles al tiempo 0.

ECUACIÓN DE PÉRDIDA DE PESO TOTAL

(Ec. 2.3)

$$\Delta M_0^t = \frac{(M_0^t - M_0^0)}{M_0^0}$$

Donde:

ΔM_0^t : Fracción Perdida Peso Total

M_0^t : Masa muestra al tiempo t (g.)

M_0^0 : Masa muestra al tiempo 0 (g.)

ECUACIÓN DE GROVER

Ecuación Empírica para determinar el valor de a_w en porciones frescas y experimentales, así como en la Solución Osmótica (24).

(Ec. 2.4.)

$$a_w * 100 = 104 - 10E^\circ + 0.45(E^\circ)^2$$

Donde:

a_w : Actividad de agua

E_i : Constante de Grover con respecto a cada componente (24)

m_i : g. Agua / g. sólido

$$E^\circ = \sum \frac{E_i}{m_i}$$

Cloruros en Porciones de Dorado

Para determinar el porcentaje de Cloruros (% NaCl) y porcentaje de sal en fase acuosa (% penetración) en cada una de las porciones experimentales, se utilizó la medición de Cloruros con el método Volumétrico, norma NTE INEN 51. Es necesario exponer el concepto de porcentaje de sal en fase Acuosa o grado de penetración de la sal en el alimento para entender la función de barrera u obstáculo que ofrece el NaCl.

(Ec. 2.5.)

$$\% \text{ Sal en fase Acuosa} = \frac{\% \text{ Sal}}{\% \text{ Sal} + \% \text{ Agua}} * 100$$

2.4. Estudio de Estabilidad

Esta etapa experimental es de suma importancia, ya que es aquí donde se va a verificar el grado de efectividad que posee la aplicación de Tecnología de Barreras para prolongar el tiempo de vida útil de porciones de Dorado en fresco DARDEN 6 onzas.

La vida útil de un alimento se puede definir como el tiempo durante el cual el producto envasado y almacenado no se percibe significativamente distinto del producto inicial (6). Durante el lapso de vida útil se puede considerar que el alimento ha sufrido

una disminución tolerable de su calidad, sin llegar a un nivel de objetabilidad (fin de la vida útil) (6). La determinación de dicho punto se puede establecer rigiéndose por normas legales establecidas para el producto o con análisis sensorial cuando el consumidor (juez) juzga que el alimento se encuentra en el límite de aceptabilidad o ha perdido su excelencia (6).

Los indicadores de deterioro seleccionados para determinar la Estabilidad en percha de las porciones frescas y experimentales, fueron: Análisis Sensorial, Crecimiento Microbiológico, Velocidad de formación de histamina.

2.4.1. Análisis Sensorial

Se realizó en porciones frescas y experimentales, junto con la colaboración de personal técnico y especializado en pesca fresca de una de las Empresas Exportadoras ubicadas en la ciudad de Manta. Por lo tanto, no fue necesario preparar a dicho personal (33).

Para la determinación del grado de frescura del Dorado se recurrió al método de medición del índice de calidad (MIC). Este método, desarrollado en Tasmania y que actualmente

se utiliza en varios países europeos, se basa en los parámetros sensoriales significativos del pescado crudo y un sistema de puntuación por deméritos del 0 al 4 (18, 23). En el pescado se inspecciona y se registran los deméritos correspondientes. En el MIC se asigna la puntuación de cero al pescado muy fresco; así, la mayor puntuación corresponde al deterioro del pescado (18, 23).

En la actualidad existen esquemas MIC para bacalao, arenque, carbonero, gallineta, sardina, tilapia y lenguado (15). Para objeto de este estudio se elaboró un esquema MIC para carne fresca de Dorado y otro para las muestras experimentales, basándose en observaciones durante el almacenamiento de ambos. Las características de deterioro son semejantes en ambos tipos de porciones, situación que se debe a que no se busco alejar las características de las porciones experimentales, de las naturales. La característica que presento diferencia, fue el sabor; por esta razón se elaboraron dos tablas diferentes, pero se ponderaron a la misma calificación (15 máximo y 0 mínimo) para someter a la comparación. Las puntuaciones

asignadas a cada característica de calidad se presentan en las tablas 4 y 5.

TABLA 4
ESQUEMA MIC EMPLEADO PARA PORCIONES
FRESCAS DE DORADO

Característica	Puntuación	Descripción
Sabor	0	Fresco
	1	Poco Fresco
	2	Ligeramente agrio
	3	Picante y agrio
	4	Ácido
Color	0	Blanco Notable Brillo húmedo
	1	Claro leve. Brillo húmedo
	2	Rosado leve. Brillo húmedo
	3	Rojo leve
	4	Rojo Intenso
Olor	0	Fresco. Intensidad: leve
	1	Más acentuado, no desagradable
	2	Ligeramente Descompuesto
	3	Descompuesto; olor putrefacto
Textura	0	Firme
	1	Ligeramente exprimible
	2	Ligeramente pastoso
	3	Viscosa
	4	Mucosidad amarillenta y Viscosa

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La caracterización sensorial se realizó a medida que avanzó los días de almacenamiento. Las pruebas realizadas en cada una de las porciones, fueron descriptivas, basándose en las características de color, olor, sabor y textura. El método MIC es una prueba

descriptiva. Un panel de jueces para pruebas descriptivas de este tipo debe ser mínimo de 5 personas (23, 33).

TABLA 5
ESQUEMA MIC EMPLEADO PARA PORCIONES
SOMETIDAS A TECNOLOGÍA DE BARRERAS

Característica	Puntuación	Descripción
Sabor	0	Fresco. Salado ligero
	1	Poco Fresco. Salado leve
	2	Ligeramente agrio
	3	Picante y agrio
	4	Ácido
Color	0	Blanco Notable. Brillo húmedo
	1	Levemente claro y brillo húmedo
	2	Ligeramente claro y brillo húmedo
	3	Claro intenso y Levemente seco.
	4	Intensamente seco y no posee brillo
Olor	0	Fresco. Intensidad: leve
	1	Más acentuado, no desagradable
	2	Ligeramente Descompuesto
	3	Descompuesto; olor putrefacto
Textura	0	Firme
	1	Ligeramente exprimible
	2	Ligeramente pastoso
	3	Viscosa
	4	Mucosidad amarillenta y Viscosa

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

El resultado que se buscó con este análisis sensorial, es identificar el tiempo de almacenamiento, dentro del cual se puede considerar que las porciones frescas y experimentales son aceptables sensorialmente para el mercado de consumidores de Dorado fresco.

2.4.2. Crecimiento Microbiológico

Las pruebas a realizar fueron:

Aerobios totales: con este recuento microbiano se determinó la vida útil del producto, ya que dentro de estos aerobios se encuentran microorganismos responsables del deterioro del Dorado fresco, bajo condiciones de refrigeración ($T < 4^{\circ}\text{C}$), como por ejemplo: *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Shewanella Putrefaciens* (22, 25). Los recuentos microbianos se realizaron en porciones frescas y experimentales; sometidas a las mismas condiciones de empaque y almacenamiento.

Coliformes totales (E. Coli): este organismo es uno de los microorganismos relacionados con la descarboxilación de histidina en histamina (22). Al conocer su comportamiento de crecimiento, podemos visualizar el grado de riesgo en la producción de Histamina.

Los métodos ICMSF (Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos) que se siguieron, se encuentran expuestos en la tabla 6.

TABLA 6
MÉTODOS ICMSF

Contaje de Aerobios	Recuento en Placa. Diluciones seriadas en Agar PCA
Coliformes Totales	Número más probable. Caldo lauril sulfato triptona
Escherichia Coli	Prueba de Indol

FUENTE: ICMSF (22)

2.4.3. Formación de Histamina

Se determino durante el almacenamiento de porciones frescas y experimentales la velocidad de formación de histamina. El método utilizado para medir la concentración (ppm) de histamina fue el de Fluorometría. Norma AOAC 977.13.

Caracterización de Solución Osmótica

Características físico-químicas

Las pruebas de estabilidad se realizaron por duplicado utilizando la misma solución osmótica (S.O.). Una vez transcurrido los primeros cinco minutos entre la S.O. y las porciones experimentales (ciclo1), se procedió a realizar el primer registro de las características físico – químicas en la solución, luego de esto, se experimento con el ciclo 2, al final se registro nuevamente las características.

A la temperatura de 20°C, se registro las siguientes características físico-químicas: pH, acidez, a_w , porcentaje de sólidos solubles (ss).

Dilución de Solución Osmótica

Con la finalidad de predecir el comportamiento de dilución que posee la S.O., se procedió a realizar ciclos experimentales (6 ciclos), guardando la relación 4:1 (S.O. – producto), utilizando la misma S.O. para deshidratación. Las características físico-químicas (Acidez y porcentaje de sólidos solubles) fueron monitoreadas antes y después de ciclos consecutivos.

CAPÍTULO 3

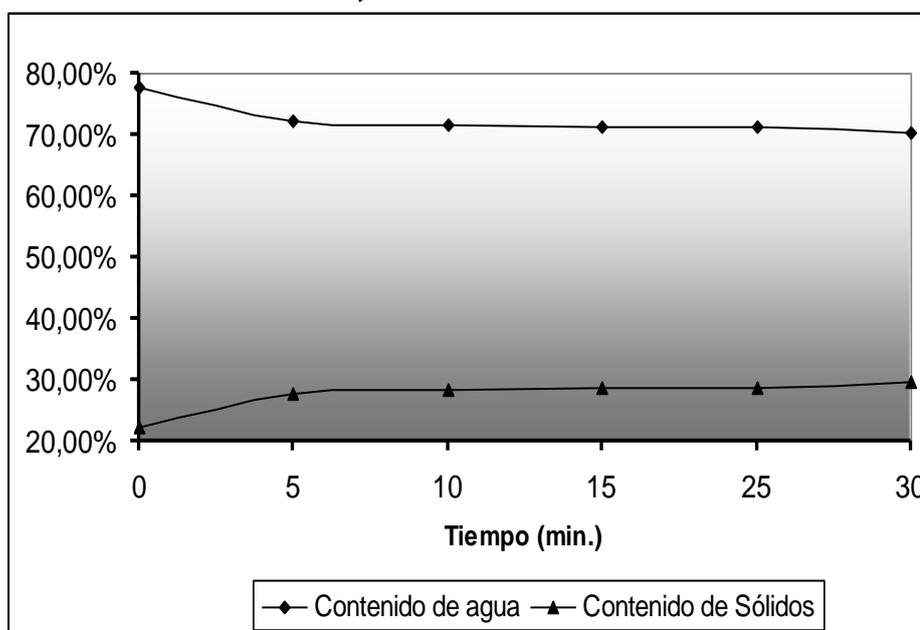
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Cinética de Deshidratación Osmótica

En Deshidratación Osmótica (D.O.), básicamente lo que se busca es el período de tiempo, donde ocurra la mayor pérdida de agua líquida, sin cambio de estado, con la menor ganancia de sólidos provenientes de la S.O. (32).

En la figura 3.1., se observa que en los cinco primeros minutos, ocurre la mayor pérdida de agua y ganancia de sólidos en porciones refrigeradas de Dorado. El periodo de 5 a 10 min., se puede considerar como un período de transición, debido a que empieza a reducirse la velocidad de pérdida de agua y ganancia de sólidos. Después de los 10 min. la disminución del contenido de agua no presenta diferencia significativa (Ver Apéndice H).

FIGURA 3.1.
CONTENIDO DE AGUA Y SÓLIDOS SOLUBLES EN
PORCIONES REFRIGERADAS DE DORADO DARDEN 6
ONZAS, SOMETIDAS A D.O.



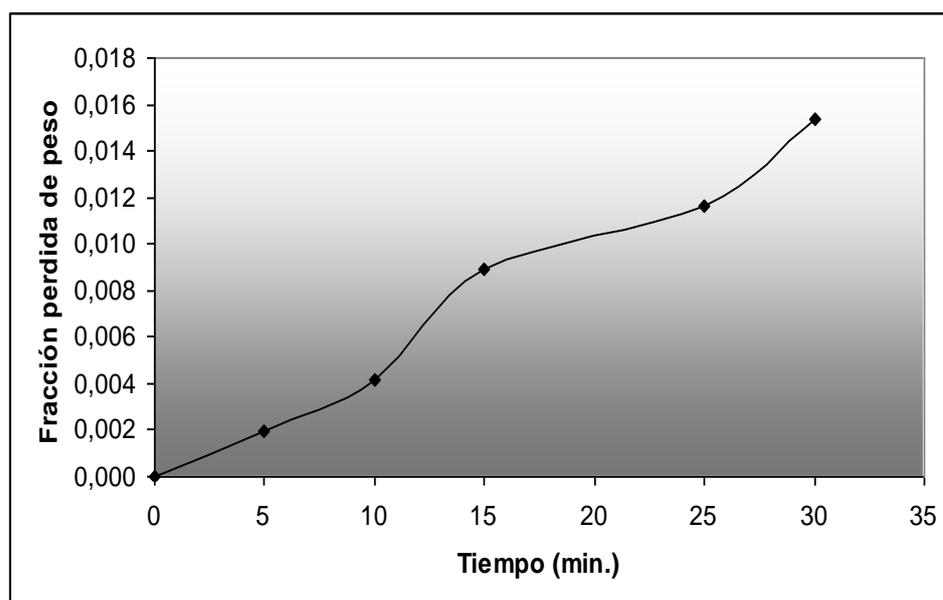
FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Por lo tanto, no es justificable extender el período de D.O. más allá de diez minutos, ya que la reducción de humedad no es significativa después de ese tiempo. Adicionalmente, dentro de los diez primeros minutos la fracción de ganancia de sólidos es menor a la ocurrida a los treinta minutos (Ver Apéndice I).

Por otro lado, el análisis de pérdida de peso es también importante, debido a que esta variable de respuesta es la que se encuentra

relacionada directamente con los términos de valor económico del producto (33).

FIGURA 3.2.
CURVA DE PERDIDA DE PESO TOTAL DE PORCIONES DE DORADO DARDEN 6 ONZAS DURANTE D.O.



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La Figura 3.2., permite observar que la pérdida de peso se da a lo largo de los 30 min. de D.O. A los 10 min., la fracción alcanza un valor de 0.004, continuando la pérdida de peso hasta un valor de 0.015 a los 30 min. Con estos resultados se puede afirmar que la pérdida de peso no se intensifica al aumentar el tiempo de D.O. Esto se confirma con la inexistencia de diferencia significativa entre los períodos de 0 a 10 min. y 0 a 30 min. (Ver Apéndice J).

Los valores de pérdida de peso de las porciones se encuentran por debajo del 1.5 %, valores que se pueden considerar pequeños cuando se trata de D.O. (32). Durante D.O., la pérdida de peso es una combinación entre ganancia de solutos y pérdida de agua. Específicamente, en soluciones ternarias (azúcar y sal en agua), se produce difusión de los sólidos que entra al producto y agua que sale del producto.

Cuando ocurre difusión simultánea de cloruro de sodio y sacarosa dentro de las porciones de pescado, el proceso de difusión de cada soluto es afectado por la presencia del otro componente (32). Con esto se entiende que la pérdida de peso ocurrida dentro de los diez primeros minutos, esta dada por la pérdida de agua, pero esta pérdida se compensa con la ganancia de solutos que ocurre en este mismo período. Teniendo en cuenta que el cloruro de sodio tiene alta velocidad de penetración e impregnación en tejidos animales y limitada capacidad para reducir el contenido de humedad y mejorar la pérdida de peso (32), se puede afirmar que la ganancia de solutos durante los diez primeros minutos esta dado por el NaCl y la reducción de contenido de humedad se origina a causa de la Sacarosa.

Con referencia de que el NaCl, no mejora la pérdida de peso (32), los pequeños valores obtenidos dentro de los diez minutos de D.O., se podrían justificar por el comportamiento de la Sacarosa causado por su peso molecular ligeramente alto (32). Dicho comportamiento es el de difundir despacio, permaneciendo en la superficie de la porción, compensando el peso perdido por el agua extraída de la porción y causando un alto gradiente de concentración entre el producto y la solución, permitiendo una gran pérdida de agua (32).

A pesar de que la sacarosa posee bajas velocidades de penetración, esta entra a competir con el NaCl, con la finalidad de evitar altas fracciones de ganancia de sólidos; competencia que se intensifica a partir de los 10 min. de D.O. (Ver Apéndice I). Existe un rápido ingreso de solutos y salida de agua desde el producto, durante los primeros diez minutos (Ver figura 3.1.), caracterizando un primer período de altas velocidades de transferencia. Probablemente esto es una consecuencia de la elevada fuerza directora inicial, ejercida por una gran diferencia de presión osmótica (32).

La fuerza motriz decrece mientras el proceso continúa (Ver Apéndice K), no solamente debido a un incremento de concentración de solutos (especialmente NaCl) en la porción (Ver Apéndice I), sino también como una consecuencia de la dilución de la S.O. por migración de agua.

La alta velocidad de ingreso que tiene la sal hacia las porciones de Dorado, en comparación con la sacarosa, es debido a su peso molecular y capacidad de ionización (32). La importancia que tiene el NaCl para reducir la actividad de agua, probablemente surge de las diferencias en tamaño molecular de sal ionizada frente a las moléculas largas y no ionizadas del azúcar, que causa una baja difusión de este soluto y, probablemente también afecta y decrece la difusión del cloruro de sodio (32).

Teniendo en cuenta que dentro de los 10 min., los 5 primeros minutos presentaron una mayor velocidad de pérdida de agua (Ver figura 3.1.), se decidió determinar los parámetros físicos (a_w , acidez (% de ácido acético), pH y Cloruros) a 5 y 7.5 min.

3.2. Determinación de Características Físicas

3.2.1. Materia Prima

Actividad de Agua

La actividad de agua del Dorado fresco ($a_{w\ m,p}$) es alrededor de 0.999 (13, 26-Ec. Grover) (Ver Apéndice L), por lo que existe un diferencial de actividad de agua entre el producto y la solución osmótica mencionada ($a_{ws}= 0.76$), lo que ocasionará que cada capa del producto tenga una actividad de agua diferente que irá de mayor a menor desde el centro hacia fuera.

Acidez (% ácido Acético) y pH

Acidez en términos de porcentaje de ácido Acético, es despreciable en porciones frescas de Dorado. Se puede observar que el pH de la carne fresca de Dorado es 6.652.

Cloruros

El porcentaje de NaCl en carne fresca de Dorado es aproximadamente 0.165%, con un porcentaje de sal en fase acuosa de 0.212%.

3.2.2. Muestras Experimentales

Actividad de Agua

Mediante la Ecuación de Grover (Ec. 2.4.) se calculó la a_w de las porciones, después de ser sometidas a Tecnología de Barreras. En un tiempo de 5 minutos de D.O., la a_w de las porciones de Dorado se reduce de 0.999 a 0.987 (Apéndice LL) y en 7.5 minutos de D.O., la a_w de las porciones de Dorado se reduce a 0.980.

Las porciones sometidas a los dos tiempos experimentales de proceso, caen en el rango de “alimentos de alta humedad” (29). En los alimentos de alta humedad las características originales de textura y sabor se conservan mejor que en los de humedad intermedia (a_w : 0.6 - 0.9) (29).

En primera instancia la a_w alcanzada para las porciones experimentales de 5 min de D.O. ($a_{w1} \approx 0.987$), no es suficiente para inhibir los microorganismos responsables del deterioro del Dorado fresco; por otro lado, porciones experimentales de 7.5 min de D.O. ($a_{w2} \approx 0.980$) poseen una a_w que se podría decir que se esta creando un medio de stress para los microorganismos; pero en ambos casos no

es suficiente aplicar la barrera sola de disminución mínima de a_w .

Tomando en cuenta que al reducir la actividad de agua de productos altamente perecederos se obtiene gran efecto en la estabilidad con pequeñas variaciones, esta mínima disminución de a_w va intensificar su actividad antimicrobiana cuando se apliquen de una manera inteligente, los demás parámetros u obstáculos que participan en la conservación de los alimentos. En este estudio las demás barreras a utilizar son la disminución de pH y T° refrigeración (T° menor a 4°C).

Acidez (% ácido Acético) y pH

El porcentaje de ácido Acético para las porciones experimentales de Dorado DARDEN 6 onzas es aproximadamente 0.266% con un pH promedio de 6.1; valores alcanzados después de 5 minutos de contacto con S.O. Por otro lado, en 7.5 min. de contacto, el porcentaje de ácido Acético para las porciones experimentales es aproximadamente 0.469% con un pH promedio de 5.9.

Al bajar el pH de 6.652 a 6.1 o 5.9, en ambos escenarios, surge el aumento de la actividad de agua limitante para el crecimiento de las bacterias; como por ejemplo: la a_w mínima, bajo condiciones óptimas, para *Pseudomona fluorescens* es de 0.97 (22), pero al disminuir el pH, la a_w mínima tiende a subir, volviéndose el m.o. más susceptible a procesos de disminución de a_w , ventaja que surge en la conservación de alimentos por métodos combinados.

El efecto antimicrobiano del ácido Acético a diferentes valores de pH (Ver Apéndice M) esta dado por el porcentaje de ácido no disociado en el producto. La proporción de ácido Acético no disociado en porciones experimentales de 5 min. y 7.5 min. es 0.014% y 0.038%, respectivamente. La flora microbiana potencial que es afectada por el stress del ácido Acético no disociado, es la *Enterobacteriaceae*, *Micrococcaceae*; familias donde se encuentran varios m.o. causantes del deterioro y patógenos (22).

En Tecnología de Barreras no es necesario alcanzar los valores y concentraciones precisas (Ver Apéndice N) para inhibir los microorganismos de deterioro, ya que al variar un

factor de crecimiento, ya sea pH, a_w , acidez, temperatura, requerimiento de O_2 , etc; los microorganismos harán uso de su Homeostasis para adaptarse al nuevo medio, provocando que su fase de latencia aumente.

Cloruros

TABLA 7
CLORUROS (% NaCl) en PORCIONES REFRIGERADAS DE DORADO

Porciones Frescas	Muestra Experimental (5 min.)	Muestra Experimental (7.5 min.)
0.165	0.739	1.177
% Penetración de Sal		
0.212	1.012	1.615

FUENTE: REALIZADO POR OMAR UVIDIA A.

La tabla 5 muestra que el porcentaje de penetración de sal se incrementa de 0.212% a 1.012%, en el caso de 5 min de D.O., mientras que para 7.5 min de D.O. se llega a 1.615%; en ambos casos se llega a superar el 1% de sal en fase acuosa, por lo tanto, el nuevo producto cae en el rango de porcentaje de penetración (0.7 a 5%) que exige la acción de otros métodos de conservación para garantizar la estabilidad microbiológica del alimento con la finalidad de que la sal actúe como agente antimicrobiano (conservante).

Al conocer el porcentaje de penetración de Sal en porciones experimentales se puede concluir que la D.O. de porciones refrigeradas de Dorado es similar a un método suave de salado que provoca la reducción de la a_w (1era. Barrera). A diferencia de la sencilla extracción, como ocurre en la deshidratación convencional, la D.O. consigue la disminución de a_w aumentando la concentración de solutos en el producto, dicho solutos son moléculas de NaCl (principalmente) y Sacarosa.

La D.O, se basó en que la reducción de a_w se produzca considerando que la concentración final de sal en el pescado tenga importante interés organoléptico (lo más próximo al pescado fresco) y la conservación se consiga mediante otras técnicas como en este estudio es la disminución de pH y temperatura.

3.3. Estudio de Estabilidad en Percha

El estudio de estabilidad en percha para porciones frescas y experimentales, se basó en tres indicadores: análisis sensorial, crecimiento microbiológico y formación de histamina. A

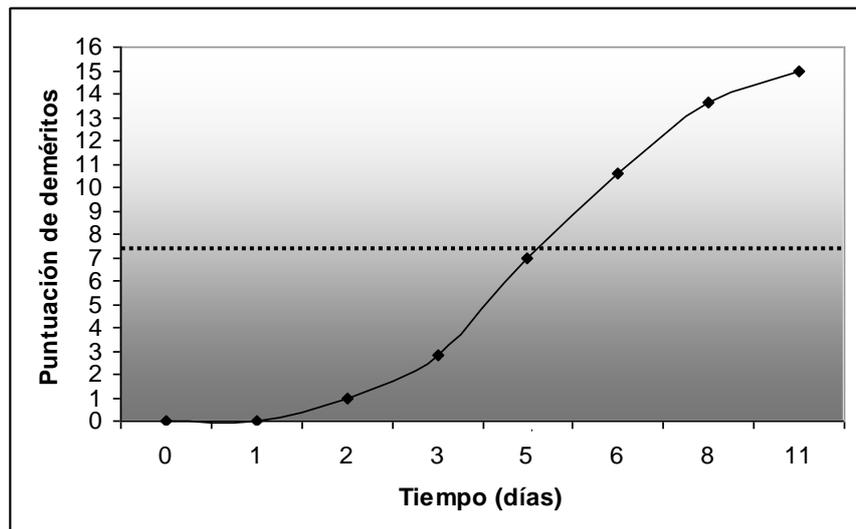
continuación, se describe el estudio de estabilidad para materia prima con el respectivo análisis para cada indicador, y de la misma manera se hará con las porciones experimentales.

3.3.1. Materia Prima

Análisis Sensorial

En la figura 3.3., cada punto representa el promedio de las calificaciones del índice de calidad otorgada por cinco jueces especializados en Pesca Fresca, teniendo un tiempo total de almacenamiento de 11 días (30).

**FIGURA 3.3.
CAMBIOS SENSORIALES POR DETERIORO.
PORCIONES FRESCAS**



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Al quinto día, el valor promedio originado por los deméritos de las porciones, es de 7; esto se interpreta como porciones de Dorado que presentaron olor y sabor ligeramente desagradable, además, el color se torno rosado y su textura perdió firmeza (ligeramente exprimible), debido al exudado.

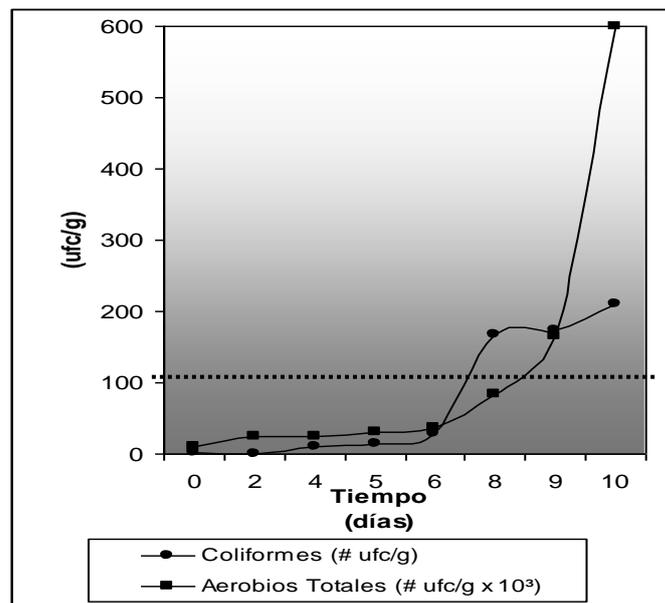
Por lo tanto, las pruebas descriptivas en porciones frescas de Dorado mostraron que al quinto día de almacenamiento dejaron de ser agradables sensorialmente.

Crecimiento Microbiológico

En la figura 3.4., se puede observar el crecimiento de Aerobios Totales y Coliformes, durante 10 días de almacenamiento. A partir del quinto día, las porciones frescas son inaceptables sensorialmente (Ver Figura 3.3.), con un contenido de 14 ufc/g para Coliformes y 31×10^3 ufc/g para Aerobios totales. Al séptimo día, no es recomendable el consumo de las porciones frescas de Dorado, desde el punto de vista microbiológico, ya que el contenido de Coliformes totales superaron los niveles permitidos (Ver Apéndice Ñ), comenzando entre el día 9 y 10, la dificultad

de enumerar las colonias de Aerobios totales (Ver Apéndice O).

FIGURA 3.4.
CRECIMIENTO DE MICROORGANISMOS
RESPONSABLES DEL DETERIORO EN PORCIONES
FRESCAS



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Las unidades formadoras de colonia (ufc) de Coliformes y Aerobios Totales (m.o. responsables del deterioro en pesca fresca) se incrementan gradualmente hasta el quinto día de almacenamiento, comportamiento que se puede interpretar como la fase de latencia o adaptación de los microorganismos al medio (Ver Figura 3.4.); además en el

día quinto, a pesar de que las porciones frescas de Dorado dejan de ser agradables desde el punto de vista sensorial (Ver Figura 3.3.), las ufc/g. no llegan a superar los valores permitidos por la FDA. Este comportamiento lleva a pensar que el deterioro organoléptico del pescado fresco no necesariamente está asociado a la etapa de crecimiento microbiano, sino que son las reacciones bioquímicas las que actúan con mayor intensidad al inicio del almacenamiento, deteriorando el producto y preparando el medio óptimo para que se multipliquen de una manera exponencial los microorganismos (22, 25); escenario que ocurre entre el quinto y sexto día de almacenamiento.

Con dos de los indicadores seleccionados para identificar el tiempo de vida útil del producto fresco refrigerado (análisis sensorial y crecimiento microbiológico), se puede resumir que el tiempo de vida en percha de porciones frescas de Dorado es de 4 días, manteniendo las condiciones de almacenamiento expuestas en la parte 2.2.3. El indicador que limita este tiempo es el de análisis sensorial, mas no, el de crecimiento microbiológico.

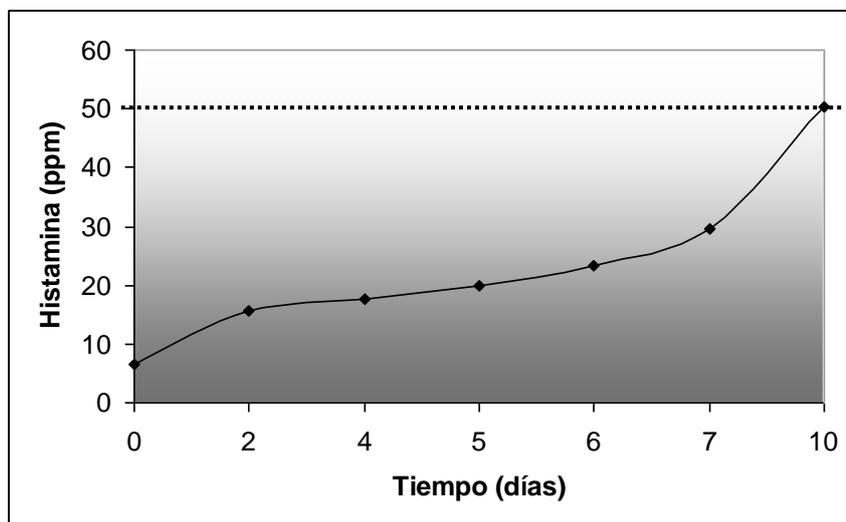
Formación de Histamina

Al observar la figura 3.5., se puede identificar que la concentración de histamina se incrementa progresivamente a medida que avanza el tiempo de almacenamiento. Al quinto día de almacenamiento, el nivel de histamina no superó su límite crítico de 50 ppm (33), a pesar de que la porción no es aceptable sensorialmente.

Este aspecto lleva a pensar que a pesar de que la porción de Dorado este inaceptable para su consumo, los niveles de Histamina no necesariamente van a ser elevados. Para que esto se de, se debe considerar que la producción de Histamina depende mucho de la temperatura de almacenamiento, donde se cumple que a temperaturas por debajo de 4 °C la generación de histamina es lenta (17).

A los 10 días de almacenamiento, los niveles de histamina fueron superiores a los 50 ppm, teniendo en cuenta que durante el estudio de Estabilidad en percha no se rompió la cadena de frío.

FIGURA 3.5.
CONCENTRACIÓN DE HISTAMINA EN PORCIONES FRESCAS



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Por esta razón, surge la necesidad de aplicar bajas temperaturas como barrera y no pensar en suprimirlas, ya que el producto experimental es muy parecido al fresco, por lo tanto, es muy importante mantener el almacenamiento a temperaturas de refrigeración, con la finalidad de que se disminuya la velocidad de reacciones químicas (formación de Histamina) y bioquímicas, y se limite de alguna manera la población microbiana: m.o. Psicofilos (*Shewanella Putrefaciens*, *Pseudomonas spp.*, *Aeromonas spp.*) (22).

Finalmente, basándose en los indicadores seleccionados para identificar el tiempo de vida útil de porciones frescas de Dorado, se puede concluir que el producto posee un tiempo de vida útil de 4 días, siendo las características sensoriales, el factor que limita este tiempo. Las características sensoriales se ven deterioradas fundamentalmente por las reacciones bioquímicas (cambios autolíticos) del pescado (17).

3.3.2. Muestras Experimentales

Personal técnico y especializado en Pesca Blanca manifestó que los consumidores son muy exigentes con respecto a las características sensoriales del producto (33). Debido a esto, la Empresa que apporto con su panel de catadores (3 jueces para este caso), decidió realizar una prueba de degustación informal sólo con el objetivo de sondear el grado de aceptabilidad o rechazo de las porciones experimentales a los diferentes tiempos de D.O. (5 y 7.5 minutos). Donde la porción de 7.5 min. no llego a satisfacer las expectativas de los catadores con respecto a la prueba de degustación. La porción procesada a 7.5 min presentó un sabor salado que lo aleja demasiado del sabor natural del Dorado fresco.

Mientras que la porción sometida a 5 min de D.O. presento un sabor salado agradable para el panel de catadores.

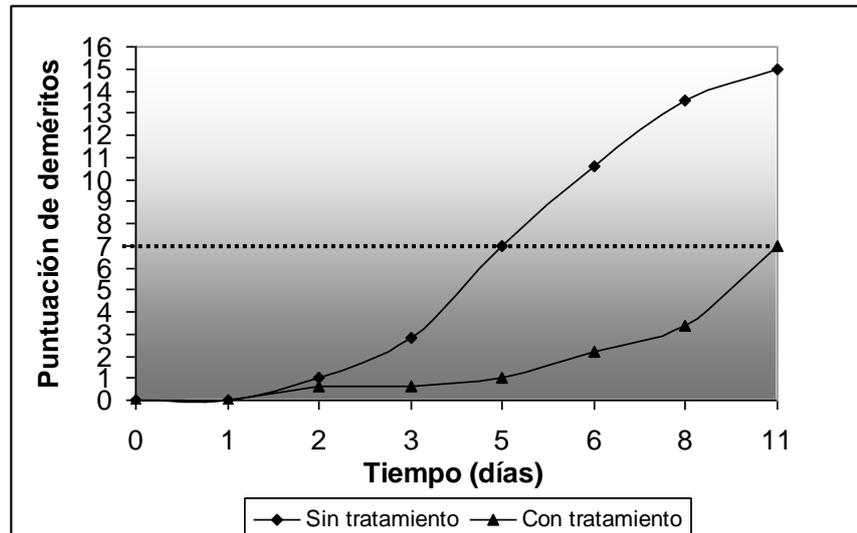
Teniendo en cuenta que se busca llevar Tecnología de Barreras a la Industria, se decidió realizar el estudio de vida en percha, solo para porciones sometidas a un tiempo de 5 minutos de proceso, ya que la porción de 7.5 minutos no cubrió las expectativas organolépticas exigidas por las Empresas Exportadoras de Pesca Blanca.

Análisis Sensorial

En la figura 3.6. se observa que las porciones experimentales (con tratamiento) poseen un tiempo de deterioro menos intenso en comparación con el tiempo de las porciones frescas (sin tratamiento).

Este comportamiento, se verifica con el de las curvas, donde la puntuación de siete, que fue el valor que indico que las características sensoriales de las porciones frescas son inaceptables, ya no se origina en 5 días, sino que al aplicar tecnología de barreras en porciones refrigeradas, el valor de siete surgió entre los días 10 y 11.

FIGURA 3.6.
CAMBIOS SENSORIALES POR DETERIORO.
PORCIONES FRESCAS Y EXPERIMENTALES



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La estabilidad organoléptica de las porciones experimentales se mantuvo muy cercana a porciones frescas aceptables para el consumo en cuanto a olor y textura. Finalmente, el sabor de la porción experimental, durante los once días, se mantuvo muy similar al de las porciones frescas de Dorado, con la diferencia de que el nuevo producto trae consigo un sabor salado aceptable y muy leve según el panel de jueces.

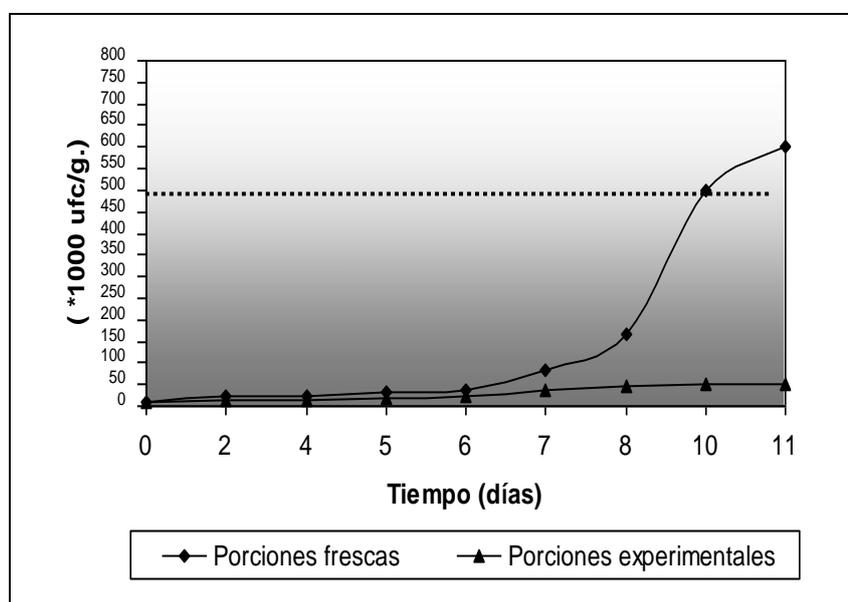
Una observación interesante que se presentó en las porciones experimentales durante su almacenamiento (Estudio de Estabilidad) es la formación de una atractiva película lustrosa y brillante en la superficie al evaporarse el agua durante el reposo. Según Gaspé (17), esto se debe a un efecto secundario de los solutos (sal y azúcar), que se traduce en la solubilización de las proteínas solubles (17). Aspecto que lleva a pensar, que existen cantidades de azúcar y NaCl (principalmente) que se quedan en la superficie de la porción después del tratamiento, debido a que el tiempo de cinco minutos, es un período relativamente pequeño para D.O. (29). Esto se traduce en que el azúcar dificulta el ingreso de sal a través de la carne del pescado (32).

Crecimiento Microbiológico

Como se puede observar en las figuras 3.7. y 3.8., las curvas de porciones experimentales muestran que los niveles de microorganismos se mantuvieron por debajo de los niveles aceptados por la FDA (líneas punteadas en las figuras) durante todo el tiempo que duró el estudio de estabilidad en percha. La velocidad de crecimiento de los

Aerobios Totales fue mayor que la de Coliformes, pero en ambos casos, los niveles alcanzados no fueron niveles que atenten a que las muestras experimentales no sean comestibles dentro de los once días de estudio.

FIGURA 3.7.
CRECIMIENTO DE AEROBIOS TOTALES EN
PORCIONES FRESCAS Y EXPERIMENTALES



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

En la figura 3.7., se puede evidenciar que la etapa de crecimiento logarítmico para Aerobios totales, en porciones frescas, inicia entre los días cinco y seis; comportamiento que no se da en el caso de porciones experimentales, ya que no se logró observar una plena etapa de crecimiento

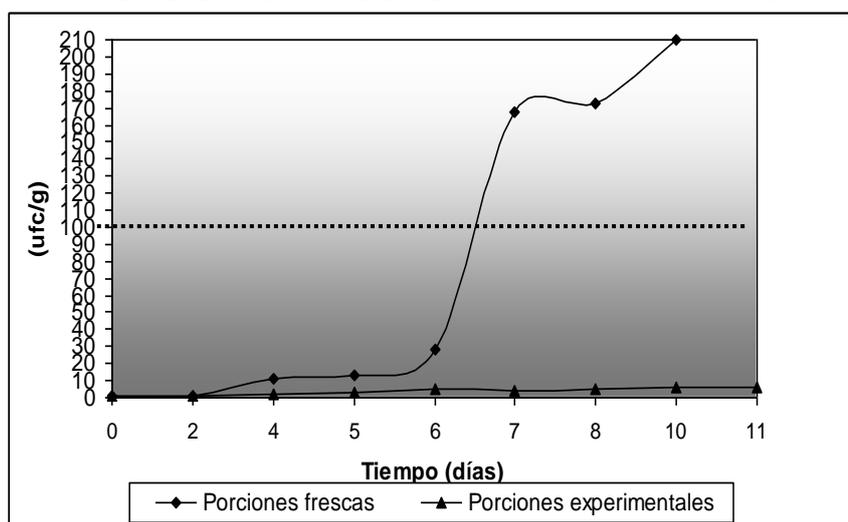
dentro de los once días de almacenamiento. Teniendo como referencia el principio de Tecnología de Barreras, aplicando reducción de a_w (0.999 a 0.987) y pH (6.652 a 6.1), sumándose a esto un porcentaje de ácido Acético no disociado de 0.014% y la presencia de 1% de NaCl en fase acuosa, se pudo observar un efecto sinérgico para la prolongación de la fase de latencia de los microorganismos de deterioro, aspecto que se traduce con la prolongación de vida en percha de las porciones experimentales.

La población psicotrófica (Aerobios totales y Coliformes), alcanza tasas de muchos millones por gramo, después de los 5 días, lo que frecuentemente resulta en la aparición de alteraciones desagradables en el olor, gusto y textura (11), que se interpreta como el fin del tiempo de vida útil de las porciones frescas.

En porciones experimentales, los cambios de olor, gusto y textura se mantienen aceptables en 11 días de almacenamiento, ya que los microorganismos de deterioro no gastan todas sus energías para intensificar las reacciones autolíticas (17), sino que gastan todas las

energías posibles para mantener sus mecanismos homeostáticos, comportamiento que se confirma con el retardo de los cambios sensoriales (Ver figura 3.6.) y con el bajo crecimiento de microorganismos en porciones experimentales (Ver figura 3.7. y 3.8.).

FIGURA 3.8.
CRECIMIENTO DE COLIFORMES TOTALES EN
PORCIONES FRESCAS Y EXPERIMENTALES



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Con la aplicación de Barreras se originó un medio de crecimiento diferente al que están acostumbrados los m.o. de deterioro de porciones de Dorado, en otras palabras, un medio de crecimiento que provoca un stress para la supervivencia de los m.o. Si se tiene en cuenta, que la fase

de latencia no es más que la adaptación de los m.o. al medio en que se van a desarrollar (22), fase que dura aproximadamente entre 4 y 5 días en porciones frescas de Dorado (Ver figura 3.4.), ahora en porciones sometidas a Tecnología de Barreras, la fase mencionada se prolonga a once días (Ver figuras 3.7. y 3.8.), donde a partir de ese tiempo es muy probable que los m.o. se hallan adaptado al medio, gracias a su Homeostasis.

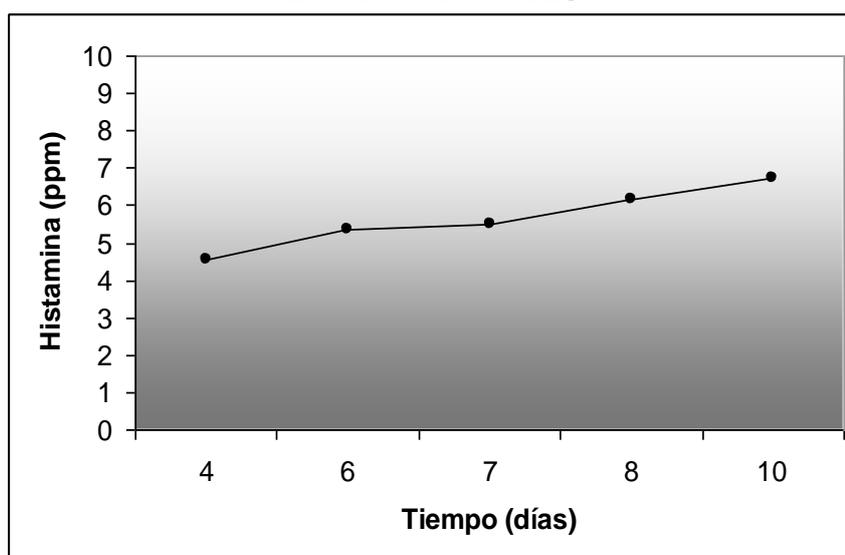
Se puede afirmar con fundamento que las barreras aplicadas para elaborar el nuevo producto, si tuvieron efectividad para retardar el crecimiento de los microorganismos responsables del deterioro de porciones de Dorado bajo refrigeración.

Formación de Histamina

La figura 3.9. muestra datos desde el cuarto día de almacenamiento (fin de vida útil de porciones frescas; 17.6 ppm). Se puede visualizar que los niveles de Histamina en porciones experimentales se mantienen en un rango de 4 a 7 ppm. Durante los días de almacenamiento, la

concentración de histamina se incrementa progresivamente pero sin llegar a superar el nivel permitido (50 ppm).

FIGURA 3.9.
CONCENTRACIÓN DE HISTAMINA EN PORCIONES EXPERIMENTALES



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Es necesario recalcar que en las porciones experimentales y frescas no se puede hablar de una disminución de histamina, ya que una vez formada esta sustancia no desaparece por ningún método de conservación de alimentos (17). Las porciones experimentales presentan una menor velocidad de generación de Histamina que las porciones frescas (Figura 3.9.). Este efecto podría ser debido a que las reacciones normales de Descarboxilación

de Histidina (aminoácido) en Histamina, intensificadas por m.o., entre ellos los Coliformes (E. Coli), no poseen su velocidad normal, ya que los m.o. se encuentran realizando un gasto metabólico (Homeostasis) para adaptarse al nuevo medio de crecimiento.

En resumen, el tiempo de vida útil de las porciones experimentales es de 10 días, considerando que a partir del día once, los niveles de m.o. en estudio son aceptados, pero este producto presenta características sensoriales alejadas de las características naturales, principalmente con respecto al color.

Características físico-químicas de Solución Osmótica

**TABLA 8
VALORES PROMEDIOS PARA SOLUCIÓN OSMÓTICA**

Características físico-químicas S.O.	Ciclo #		
	0	1	2
pH	3,0	3,16	3,305
Acidez (% ác.Acético)	1,054%	1,036%	1,019%
Actividad de agua	0,75	0,758	0,767
% sólidos Solubles (°Brix)	41,8%	41,2%	40,6%
Peso de S.O. (g.)	691,74	682,23	672,85
Merma de S.O. (%)		1,37%	1,37%

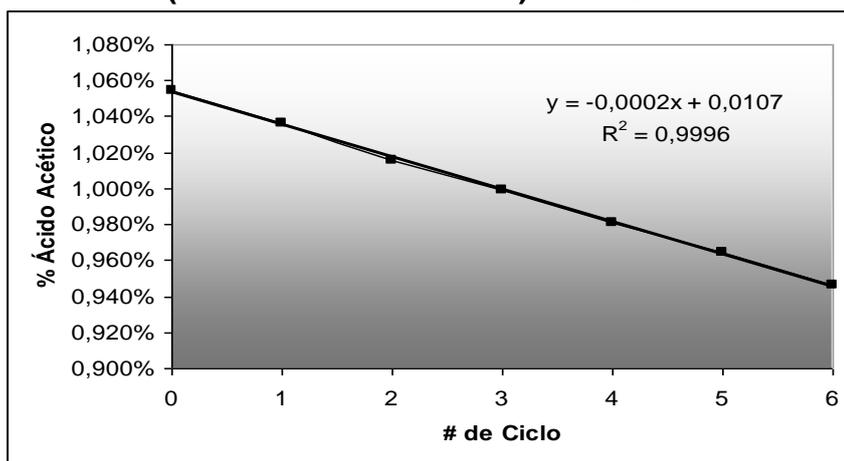
FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

En la tabla 8, se detalla la información obtenida en dos ciclos consecutivos, utilizando la misma S.O. Una vez realizado los dos ciclos, se procedió hacer el análisis de estabilidad para las porciones experimentales; el cuál arrojó resultados que indicó la factibilidad de utilizar en dos ciclos consecutivos la misma S.O., siempre y cuando, se mantenga la relación en peso: S.O. - producto (4:1).

Dilución de Solución Osmótica

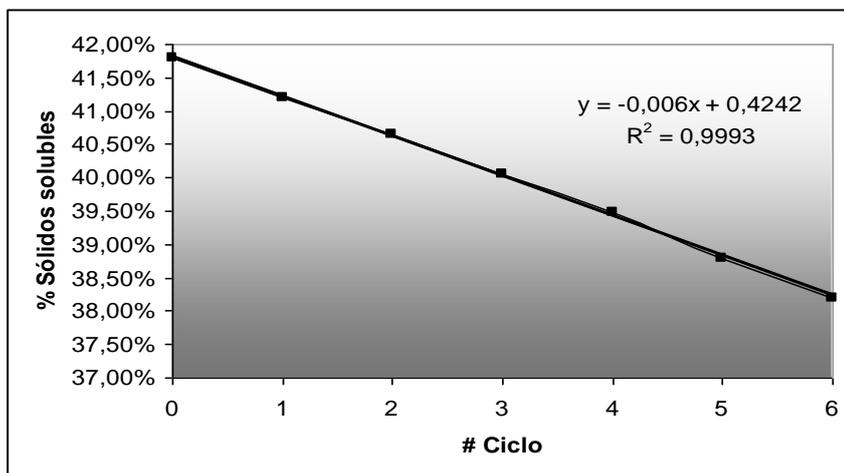
A continuación, en las figuras 3.10. y 3.11., se encuentran las ecuaciones de línea de tendencia, que caracterizan el comportamiento de Acidez y porcentaje de sólidos solubles en S.O. durante seis ciclos de cinco minutos cada uno.

FIGURA 3.10.
ACIDEZ (% de ÁCIDO ACÉTICO) EN S.O. REUTILIZADA



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

**FIGURA 3.11.
PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES EN S.O.
REUTILIZADA**



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

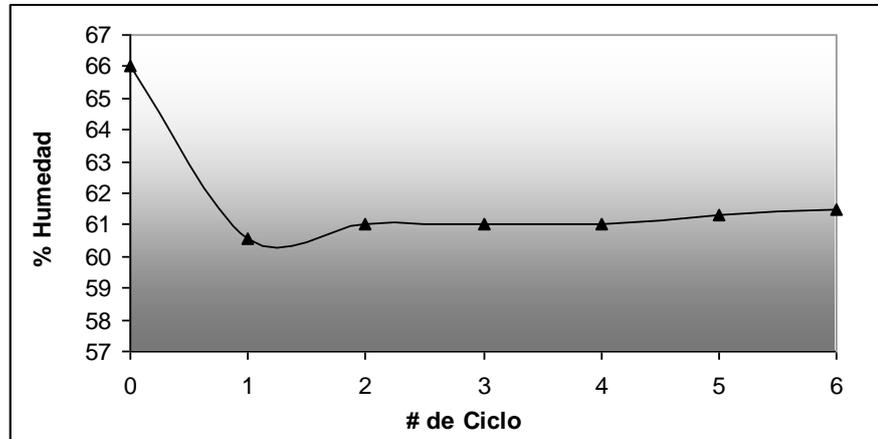
Conociendo las ecuaciones de tendencia, se puede predecir las características físico-químicas de la S.O., según sea el número de ciclos. Tal es así, que al utilizar la ecuación de acidez, se obtiene un valor de 1.03 % de ácido Acético para el segundo ciclo, valor que no presenta diferencia significativa con el porcentaje experimental de ácido Acético para el mismo ciclo (Ver tabla 8). De la misma manera, ocurre con la ecuación de porcentaje de sólidos solubles, con esta ecuación se obtiene un valor de 41.22 % versus un valor experimental de 40.6 %.

Además, los datos experimentales de porcentaje de ácido Acético presentan una amplitud promedio de 0.018 entre dos ciclos consecutivos, observación que también surge para los datos experimentales de porcentaje de sólidos solubles, cuya amplitud promedio es de 0.6. Este comportamiento permite afirmar que la ganancia de sólidos y ácido acético es constante durante los 6 ciclos, sin realizar reconstitución alguna en la S.O.

En la figura 3.12., se puede observar que el porcentaje de agua en porciones de Dorado disminuyó de 66% a un 61%, utilizando por primera vez la S.O., luego a medida que se siguió experimentando con la misma solución, la humedad final se mantuvo entre 61 y 61.6%.

Por lo tanto, se podría decir que la S.O. reutilizada alcanzó el mismo nivel de deshidratación en porciones de Dorado durante los seis ciclos de experimentación.

FIGURA 3.12.
HUMEDAD EN PORCIONES SOMETIDAS A S.O.
REUTILIZADA



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL SISTEMA

4.1. Determinación de la Capacidad Requerida

Descripción del Mapa actual de Proceso

En el área de Producción se procede a realizar algunas operaciones, las cuales se detallan en un Diagrama de Flujo (Ver Apéndice P).

Descripción del Diagrama de Flujo

Parte de los *Proveedores* facilitan la pesca en la **Recepción en Muelle**, en esta etapa se realiza la clasificación de la pesca de forma organoléptica (sabor, olor, color, textura y piel) en todos los tipos de especies.

La temperatura de los pescados durante la calificación organoléptica debe ser inferior al límite crítico establecido en el plan HACCP (4°C). Luego, se procede a **Transportar** la carga al área de **Recepción en Planta**. Se debe asegurar que el pescado no tenga vísceras.

Se realiza la **Limpieza y Lavado** con agua potable, clorada y fría (4°C). Las tinajas o cajones y palets deben estar limpios y desinfectados antes de colocar el pescado, así como cualquier otro equipo necesario para la descarga y se procede a **Pesar** la pesca, colocando la identificación de la misma, que contiene (especie, origen y fecha), luego se procede a **Enhielar** el pescado, intercalando capas de hielo (1 capa de hielo – 1 capa de Pescado) y así sucesivamente hasta realizar el **Almacenamiento en Cámara**; estas etapas deben durar el mínimo tiempo posible.

Se coloca la pesca en la línea de Producción, se procede a lavar la pesca con agua fría (0 – 3°C) y clorada; constantemente se chequea la temperatura del producto. Culminada esta etapa, se realiza el **Procesamiento**: fileteo, cortes, lavado y/o limpieza. Se coloca el pescado en línea de proceso asegurándose antes de no

tener ningún foco infeccioso, se lava la pesca con agua fría (0 – 3°C) y clorada removiendo cualquier residuo del pescado.

Se pesa el pescado y se **Empaca** en cajas térmicas agregando suficiente gel pack; el material de empaque debe estar revisado que este libre de contaminación. Una vez empacado y rotulado se realiza el **Almacenamiento en Frío** en el cuarto de refrigeración previo a su **Embarque y Transporte**, asegurándose que el cuarto este a una temperatura de 0 a 4°C., por último llega al *Cliente*.

Puntos Críticos de Control (PCC)

Tomando en consideración el Diagrama de Flujo para porciones refrigeradas de Dorado, se los define como PCC a las etapas: recepción en muelle, recepción en planta, almacenamiento refrigerado y empacado. La identificación del peligro en las dos primeras etapas mencionadas, se trata de materia prima con inseguro nivel de histamina, mientras que las dos siguientes trata acerca de la formación de histamina y crecimiento de patógenos. Las condiciones normales para la materia prima y producto fresco son: temperatura interna menor a 4°C y niveles de histamina menores a 50 ppm. Otro aspecto a considerar es la T° del ambiente en las cámaras de almacenamiento ($T^{\circ} < 4^{\circ}\text{C}$),

Procesamiento y Empacado ($T^{\circ} < 15^{\circ}\text{C}$) (33). En resumen, la cadena de frío y las condiciones asépticas en cada una de las superficies de contacto con el producto son esenciales dentro del Sistema Industrial actual.

Proceso Productivo

La temporada de Dorado está comprendida entre los meses de Diciembre a Marzo; la temporada demanda el contrato de personal mucho mayor al del resto de meses, además el día laboral es de tres turnos. Para tener una idea del proceso productivo de Dorado fresco, se expone la Tabla 9.

TABLA 9
CONSUMO MENSUAL DE PRODUCTO EXPORTADO
(Producto Fresco)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.
81.970	209.132	180.458	35.375	7.257	2.809	1.908	1.266	0	9.588

FUENTE: ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES DE PESCA BLANCA DEL ECUADOR (3).

La tabla anterior presenta la distribución mensual de producción para el período de análisis comprendido entre Enero y Octubre del 2004. La mayor producción de Dorado fresco es en los meses de Enero, Febrero y Marzo, representando el 89.1% del total producido (33).

Descripción del nuevo Proceso de Producción

Capacidad del Sistema

La determinación de la máxima capacidad del Sistema Industrial a diseñar, se va fundamentar en la actual demanda del producto fresco, la misma que es de 1500 libras/día (33); dicha cantidad sería el punto de inicio para introducir Tecnología de Barreras en el sector de pesca fresca. El proceso productivo que caracteriza la presentación en que se realizó el estudio de barrera, esta regido por 12 pedidos/mes de temporada, representando el 11.5% del total de las libras procesadas en dichos meses (Ver tabla 9).

Velocidad de Producción

A continuación, en la tabla 10, se muestra la conducta del procesamiento de porciones refrigeradas de Dorado (DARDEN 6 onzas) sometidas a Tecnología de Barreras.

Esta tabla se elaboro tomando en cuenta días de temporada, ya que son los días de disponibilidad de pescado fresco.

**TABLA 10
 PROCESAMIENTO DE PORCIONES REFRIGERADAS DE
 DORADO (DARDEN 6 onzas)**

Datos	
Capacidad de Producción (Lb./día)	1.500,00
# porciones (6 onzas)	4.009
# personas en Fileteado y corte	6
Horas de trabajo	4
Producción	
# porciones/día*persona	669
# porciones/hora*persona	168
# porciones/min.*persona	3
# Porciones/min.	17

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Tipo de Producción

Teniendo en cuenta que la materia prima es el Dorado fresco, la aplicación de Barreras se realizará en temporada de la especie en cuestión. El procesamiento de porciones refrigeradas de Dorado se da en una producción continua, debido a que en temporada la cantidad de pescado que es capturado es elevada, provocando que el trabajo sea intenso y rápido. Las diferentes especies que llegan a las Empacadoras de pesca blanca deben ser procesadas en el menor tiempo posible, con la finalidad de disminuir en lo más mínimo las posibles fluctuaciones de temperatura que llevan a romper la cadena de frío.

4.2. Determinación de las Características de Solución Osmótica a emplearse

Teniendo en consideración, que una proporción: S.O. – producto (4:1) es alta y un tiempo de cinco minutos es pequeño en Deshidratación Osmótica, es común asumir que la concentración de S.O. se mantiene constante, aspecto importante para su reutilización (12). Con respecto a la eficacia que debe tener la S.O. para alcanzar el mismo nivel de deshidratación al nivel industrial, se puede asegurar que esta puede ser exitosamente reciclada por lo menos en 10 ciclos, siempre y cuando se mantenga una proporción: S.O. – producto (4:1) durante el proceso de deshidratación (12).

Considerando que la S.O. puede ser reutilizada máximo 10 veces (12, 32) y el nivel de humedad que se alcanzo en el producto, utilizando la misma S.O., no presenta diferencia significativa entre los seis ciclos (Ver figura 3.12), se puede afirmar que las características físico – químicas obtenidas durante 6 ciclos consecutivos (Ver figuras 3.10 y 3.11), son muy cercanas a aquellas que se esperan alcanzar para afirmar que el proceso de barreras duplicará el tiempo de vida útil de las porciones cambiando de una manera mínima sus características naturales.

Los rangos potencialmente efectivos son aquellos que se exponen la tabla 11.

TABLA 11
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE SOLUCIÓN
OSMÓTICA

Características	Valores efectivos
pH	3.16 ± 0.16
Acidez (% Ácido Acético)	1 ± 0.054
Actividad de Agua	0.75 ± 0.024
% sólidos solubles	40 ± 1.8

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

En la tabla 11 se presenta los límites de calidad para afirmar que la S.O. es efectiva en el proceso. Se debe procurar que la ocurrencia de los límites inferiores, para S.O. en contacto con porciones, sea lo menos posible. Por ejemplo, para el porcentaje de sólidos disueltos, el valor medio y efectivo es de 40%, con un porcentaje de error de ± 1.8 . El valor por debajo de la media, debe originarse durante la recirculación de la S.O y su presencia puede considerarse como rompimiento de los parámetros de proceso. Todo valor, entre el valor medio y máximo, es para afirmar que la S.O. es apta para el proceso.

4.3. Diseño de la instalación Industrial del proceso Tecnología de Barreras

Parámetros de Proceso

Los parámetros de proceso se detallan en la tabla 12.

**TABLA 12
PARÁMETROS DE PROCESO**

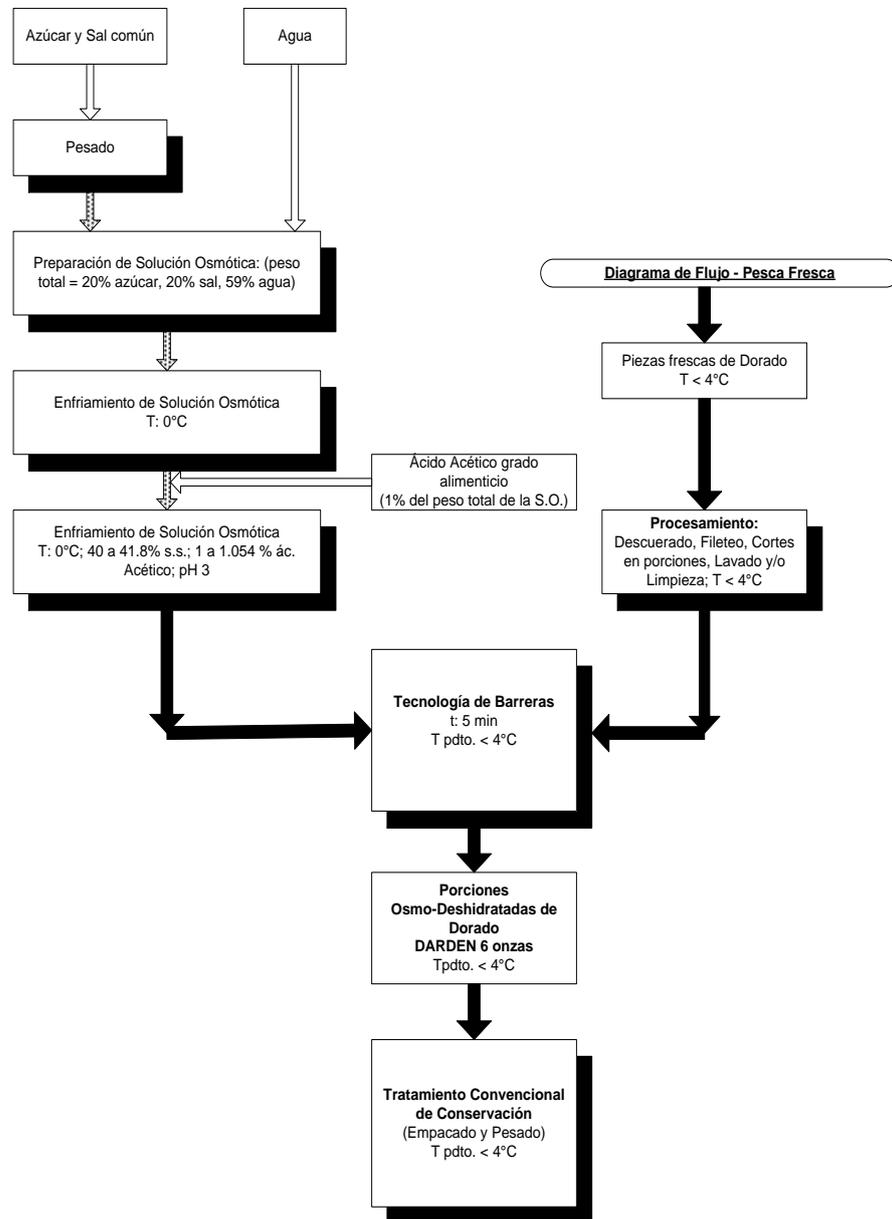
Parámetros	Valor
Tiempo de Contacto (min.)	5
Temperatura de S.O. (°C)	0±1°C
Concentración de S.O.	20 % sal; 20% azúcar; 1% ácido Acético.
Tiempo de recirculación (min.). (12)	30
# ciclos para recircular la misma S.O.	6

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Introducción de Tecnología de Barreras al Proceso actual

A continuación en la figura 4.1. se presenta el diagrama de proceso que se anexaría al actual flujo de proceso de pesca fresca con la finalidad de aplicar Tecnología de Barreras.

FIGURA 4.1.
APLICACIÓN DE BARRERAS A PORCIONES REFRIGERADAS DE DORADO



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Selección de equipos para el Proceso

Detalle de equipos para el Proceso

Los principales equipos para el Sistema Industrial de Tecnología de Barreras, son los siguientes:

- Equipo de Procesado
- Equipo para preparación y recirculación de Solución Osmótica
- Equipo de enfriamiento

Equipo de Procesado

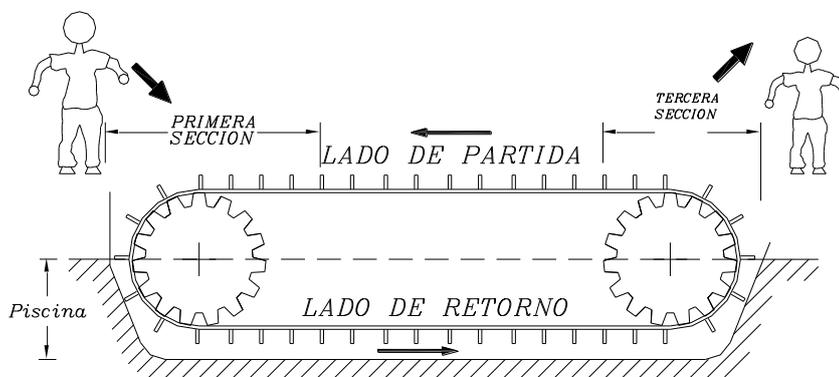
El equipo de procesado a proponer, es un transportador, cuyo diseño se basa fundamentalmente en la selección de la cadena transportadora que a lo largo de su recorrido va dar origen a tres secciones bien diferenciadas, las cuales se mencionan a continuación:

1era. Sección ó Sección de Alimentación: es donde se pone en contacto directo el operario con la materia prima, para cargar el equipo. Esta sección esta delimitada en el lado superior de la cadena (lado de partida)

2da. Sección ó Sección de Remojo: sección fundamental del equipo, ya que es aquí donde se aplica Tecnología de Barreras. Las características fundamentales consisten en que la velocidad de la cadena sea tal que las porciones permanezcan sumergidas en su totalidad por cinco minutos, para esto el equipo deberá poseer un compartimiento ó cámara con un volumen suficiente para abarcar a la solución Osmótica y a uno de los lados de la cadena (lado de retorno) que transporta las porciones. Además la S.O. no debe incrementar su temperatura más allá de 1°C y las porciones por todo el tiempo de proceso deben estar sumergidas.

3era. Sección ó Sección de Escurrido y Descarga: esta formada por los tramos de cadena, que en su recorrido sirvieron de primera y segunda sección. La distancia de esta sección esta dada por el tiempo de escurrido y velocidad de la cadena. El operario deberá retirar el producto, cuando la cadena junto con las porciones salgan del remojo, llevándolo hacia la etapa de Empacado. Las tres secciones son continuas y en su totalidad conforman el equipo de procesado (Ver figura 4.2.).

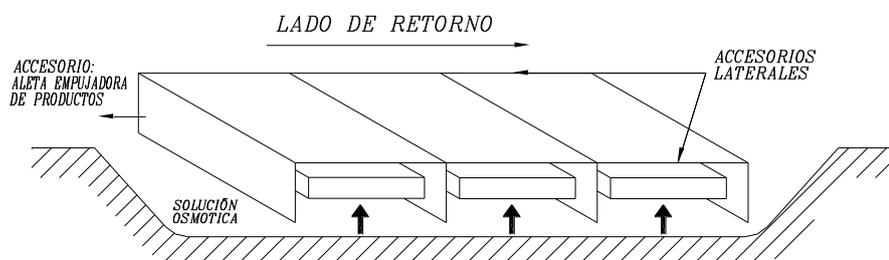
**FIGURA 4.2.
ESQUEMA DEL EQUIPO DE PROCESADO**



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La cadena transportadora, deberá poseer accesorios que formen compartimientos o divisiones donde el operario va a colocar el número de porciones según sea el número de compartimientos (lado de partida para la cadena). Además, los accesorios deben estar dispuestos de manera que actúen como soporte de barrido, al momento que el lado de regreso de la cadena se sumerja en la S.O. (Ver figura 4.3.). Esta disposición de cadena junto a la proximidad de la superficie inferior de la piscina, no permitirán que las porciones caigan al fondo de la piscina, ya que el empuje de la S.O. hace que las porciones tienden a flotar cuando se remojan.

**FIGURA 4.3.
DISPOSICIÓN DE CADENA
PARA REMOJAR LAS PORCIONES**



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Equipo para preparación y recirculación de Solución Osmótica

Para preparar y recircular la S.O. se hará uso de un tanque con agitación seguido de una bomba y un medidor para controlar el caudal que entra al equipo de procesado (EP).

Equipo de enfriamiento

Dentro del sistema de recirculación, deberá encontrarse un equipo que provoque la disminución de la temperatura de la S.O. dirigida al EP. Basándose, en las condiciones de mantener alta asepsia dentro de las Industrias Pesqueras y facilidades de limpieza y mantenimiento, se seleccionó un Intercambiador de calor tipo Placas (ICP), donde el detalle fundamental es su área de

transferencia de calor, la cual se detallará en las especificaciones de este equipo.

Esquema Industrial

En Apéndice Q, se expone el esquema Industrial que permitirá aplicar Tecnología de Barreras.

Especificaciones del equipo de Procesado

Selección de la Cadena Transportadora

La cadena transportadora a utilizar en el diseño del Equipo de Procesado (Transportador) es una de las cadenas pertenecientes a la familia Mat Top, cuya patente pertenece a la Compañía Rexnord (38), donde el distribuidor autorizado en el Ecuador es L. Henriques & Cia. S.A.

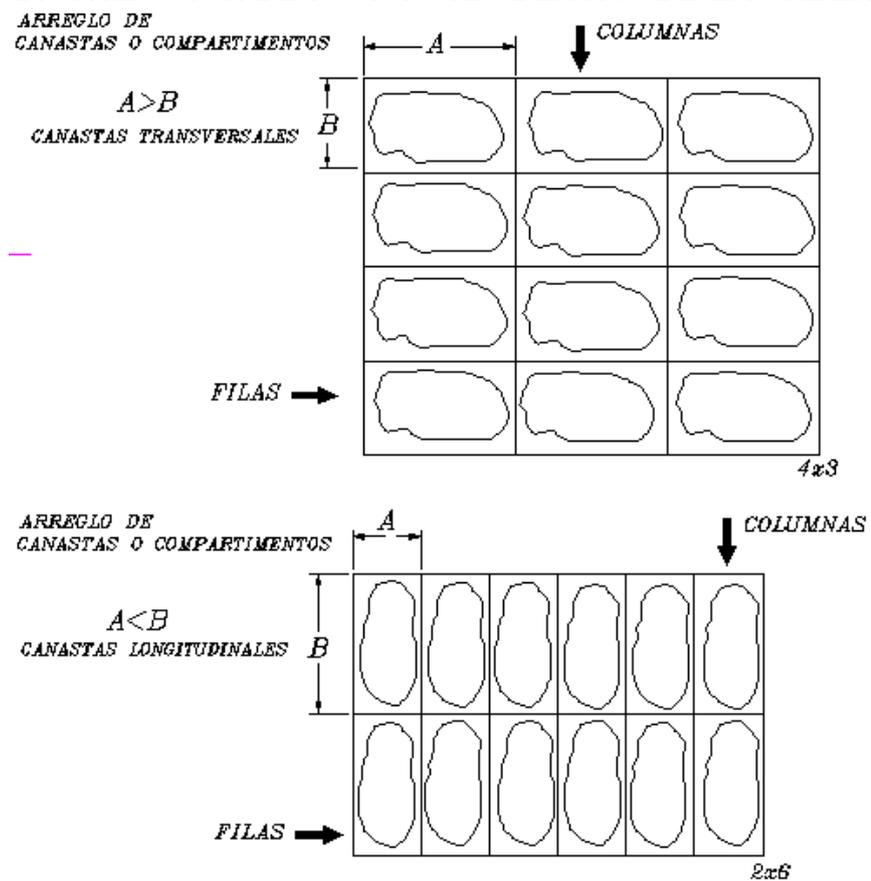
Longitud y Ancho del Transportador

Para definir la longitud y ancho del transportador se expone a continuación las especificaciones que deberá poseer la cadena para su correcta aplicación en el Proceso de Barreras.

- Canastas o compartimientos

La cadena transportadora, debe poseer accesorios que delimiten a lo largo y ancho de la cadena, canastas o compartimientos transversales (la mayor dimensión delimita el ancho de la cadena) que alojen a una porción por cada canasta.

FIGURA 4.4.
DISTRIBUCIÓN DE PORCIONES DENTRO DE LA CADENA



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La razón de esta especificación consiste en que cada porción se ponga en contacto con S.O. en todas sus partes y no exista la interrupción del contacto deseado debido a contactos directos o roces entre porciones.

La cadena al poseer divisiones va formar una matriz dada por filas y columnas que dependiendo del número de cada una de ellas va dar origen a diferentes arreglos (Ver figura 4.4.). El tamaño de cada canasta va a depender de las dimensiones de las porciones.

**TABLA 13
SUPERFICIE DE CADA CANASTA**

DIMENSIONES			
Máximas de porciones DARDEN 6 onzas		De cada canasta ó compartimiento	
Largo (mm.)	152	Largo (mm.)	172
Ancho (mm.)	63	Ancho (mm.)	83
Superficie (mm²)	9576	Superficie (mm²)	14284

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Las dimensiones de cada compartimiento están dadas, considerando una sobre dimensión de 10 mm. por cada dimensión máxima de porciones. Con las dimensiones dadas en la tabla 13, se llega a definir el ancho mínimo de la cadena y longitud mínima de la sección de remojo.

Para calcular la altura requerida para cada canasta se ha tomado como referencia el volumen de S.O. a 20°C requerido para una porción y el volumen aparente de la misma, información obtenida en las etapas experimentales (Ver tabla 14).

**TABLA 14
VOLUMEN DE CADA CANASTA**

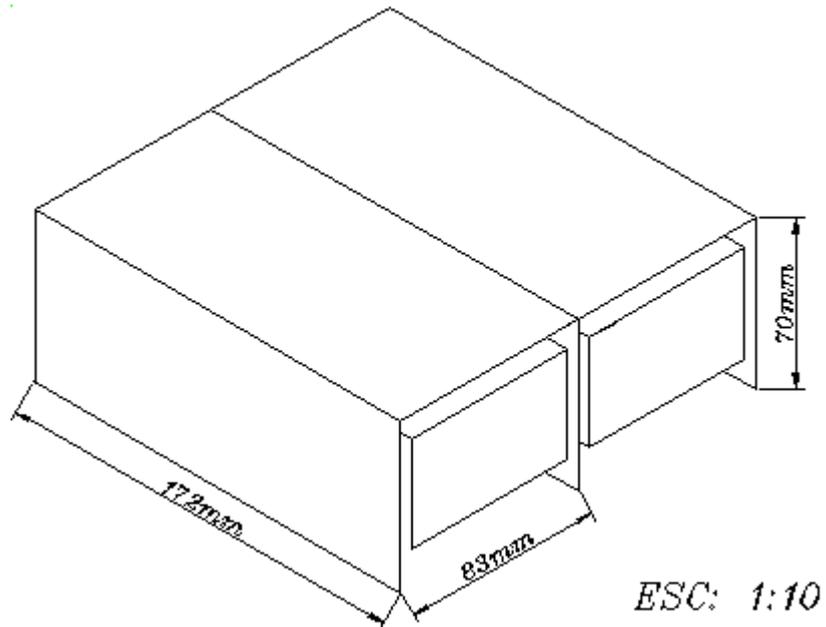
A	Vol. S.O. (cm ³ /porción)	545
B	Vol. Aparente (cm ³ /porción)	340
A+B	Vol. Mín. requerido (cm ³ /canasta)	885
	% sobre-dimensión	13%
	Vol. por canasta (cm³)	1000
	Altura mín. de cada canasta (mm.)	70

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Se definió un porcentaje de sobre-dimensión del 13% con respecto al volumen mínimo ocupado por el producto y S.O., con la finalidad de que el volumen delimitado por cada canasta sea lo suficiente para mantener la relación S.O. - producto (4:1), teniendo en cuenta que existirá pérdidas de solución debido al arrastre por parte de las porciones.

Se ha definido un volumen de 1000 cm³ por canasta, dando una altura mínima de 70 mm. En las tablas 13 y 14, se encuentran expuestas las dimensiones requeridas para cada canasta, cumpliendo con la proporción requerida de S.O. – producto.

**FIGURA 4.5.
DIMENSIONES DE CADA CANASTA**



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

- Definición del arreglo base

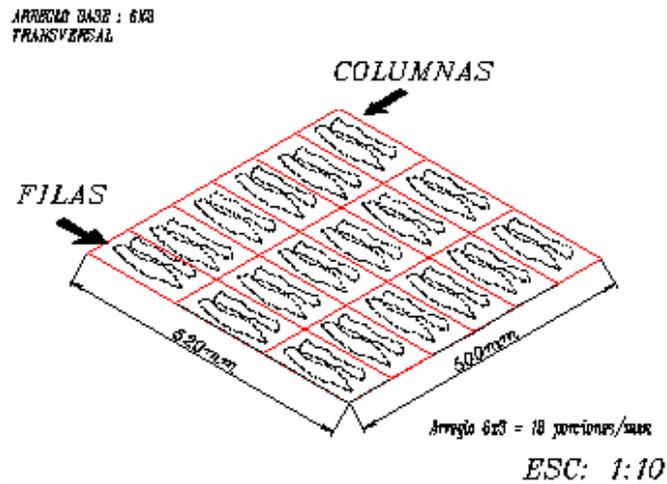
Esta definición permitirá percibir la manera en que se debe distribuir las canastas o compartimientos a lo largo de la cadena transportadora, cumpliendo con la especificación de 5 minutos de remojo para cada porción.

La longitud mínima por arreglo esta dada en un minuto, pero el proceso tarda 5 minutos, por lo tanto la longitud mínima de la sección de remojo es cinco veces este valor. En resumen, durante

los 5 minutos de proceso, el operador observará en la sección de remojo la cantidad de cinco veces el número de porciones por minuto que contenga el arreglo base seleccionado. La definición del arreglo base se presenta en el Apéndice R.

El arreglo base que va a predominar en la cadena transportadora es el arreglo 6x3, ya que es aquel que demanda menos superficie (1.3 m^2) cumpliendo con las exigencias del sistema. Los arreglos 5x4 y 6x4 también son óptimos con respecto al espacio (1.44 y 1.73 m^2 , respectivamente) pero la velocidad de producción está sobredimensionada en estos arreglos. A pesar de esto, el arreglo seleccionado presenta una velocidad de producción de 18 porciones/minuto, cantidad que se encuentra por encima de la mínima requerida. Por otro lado, si se llegase a diseñar cada canasta en posición longitudinal (mayor dimensión delimita el largo de la cadena), el arreglo óptimo sería 3x6, pero no es recomendable desde el punto de vista estético del equipo y ergonómico del operador por la dificultad de colocar porciones en seis columnas.

**FIGURA 4.6.
ARREGLO TRANSVERSAL**



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La máxima capacidad de la cadena es de 18 porciones/min. con una longitud mínima en la sección de remojo de 2500 mm. y un ancho mínimo de banda de 520 mm. Con estas especificaciones, al momento de operar el transportador, el operario deberá observar en el almacén o piscina donde se sumerja el lado de retorno de la cadena junto con las porciones, el número de 90 porciones.

- Dimensiones de Sección de Alimentación (1era. Sección)

Las canastas van estar distribuidas de la siguiente manera: un arreglo base va quedar a simple vista del operador, durante todo el tiempo de proceso, es aquí donde se va a llevar a cabo la

cargada o alimentación del equipo a una velocidad de 18 porciones por minuto con dimensiones mínimas de 500 x 520 mm. El número de canastas que siguen a continuación, va depender del recorrido que le de el diámetro de la rueda dentada (38). Este recorrido forma el paso antes de ingresar a la piscina de remojo (Ver figura 4.2.)

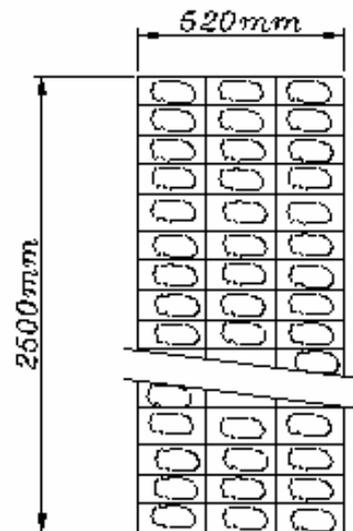
- Dimensiones de piscina (2da. Sección)

Las dimensiones de esta sección van a estar definidas por el número de arreglos que van a permanecer sumergidos.

FIGURA 4.7.
ARREGLOS DISPUESTOS EN EL LADO DE RETORNO

DIMENSIONES DE DISEÑO DE PISCINA

PORCIONES EN REMOJO. VISTA INFERIOR DE LA CADENA RESPECTO A PUNTO DE VISTA DEL OPERADOR



ESC: 1:20

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

El número de arreglos son cinco, lo cual da las siguientes dimensiones mínimas de cadena: 2500 x 520 mm. Con la ayuda de estas dimensiones se puede llegar a pensar en el volumen total mínimo ocupado por la piscina, con el dato de que cada canasta debe poseer una profundidad mínima de 70mm.

**TABLA 15
REQUERIMIENTOS PARA SECCIÓN DE REMOJO**

Peso máx. (Kg./porción)	0,19	
# de porciones	90	
Producto (Kg./5 min.)	17,1	Proporción (4:1)
S.O. (Kg./5 min.)	68,4	
Densidad S.O. (Kg./lit)	1,249	
Vol. S.O. (lit./5 min.)	54,76	
% seguridad para S.O.	8%	Merma
Vol. S.O. requerido (litros)	59,14	65%
Vol. a ser ocupado por porciones (litros)	31,86	35%
Vol. Delimitado por cadena (litros)	91,00	100%

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

El requerimiento mínimo, en cuanto a volumen, para la piscina de remojo es 91 litros con los porcentajes aproximados de ocupación para el producto (35%) y S.O. (65%), con respecto a ese volumen. Los mismos que satisfacen el requerimiento de tener un porcentaje de seguridad para compensar la merma promedio de S.O. que existe en cada ciclo (Ver tabla 8).

Asumiendo que es factible utilizar la misma S.O. durante 6 ciclos, se tiene un 8% de seguridad para cubrir la merma, lo que se traduce en un requerimiento real de 59.14 litros, tomando en consideración que la cantidad mínima de S.O. es aproximadamente 54.76 litros, valor que mantiene la relación de peso S.O. – producto (4:1).

El volumen mínimo mencionado es delimitado por la cadena transportadora. Al momento de sumergir las porciones, estas deben permanecer en cada uno de los compartimientos de la cadena transportadora, debido a esto en el diseño del equipo de procesado se debe considerar un espacio de almacenamiento (piscina), con dimensiones que sobre pasen las mínimas requeridas por la cadena, con la finalidad de que abarque el volumen de S.O. y el volumen ocupado por el lado de retorno de la cadena y porciones (Ver figura 4.2.)

- Dimensiones de Sección de Descarga y Escurrido (3era. Sección)
La velocidad de producción es de 18 porciones/min. lo mismo que significa 500 mm./min. (distancia mínima del arreglo base). Se definió un porcentaje de seguridad con respecto al tiempo experimental de escurrido, cuyo valor es del 70% (5), para

asegurar un buen escurrido de las porciones y así minimizar la merma de S.O. durante el pesado y empaclado.

TABLA 16
SECCIÓN DE ESCURRIDO

Especificaciones para 3era. Sección	
Tiempo de escurrido (min.)	1,7
Distancia de escurrido (mm.)	850
Veloc. Cadena (mm./min.)	500
Ancho mín. cadena (mm.)	520

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

La longitud mínima de la tercera Sección será de 850 mm., distancia de cadena, que ayuda a tener un tiempo de escurrido de 1.7 min. La distancia de escurrido es considerada a partir de que las porciones dejan de estar sumergidas.

Material de Cadena

El material de la cadena, a parte de que debe estar en la capacidad de trabajar a bajas temperaturas (0 a 4°C), debe guardar resistencia a sustancias químicas, como por ejemplo: sal común (NaCl), sacarosa, ác. Acético, cloro, agua y jabón. Los materiales de Polietileno (baja temperatura: LT) y Polipropileno (alta temperatura: HT) tienen la mayor resistencia contra sustancias químicas (38).

Debido a que la solución osmótica, que va estar en contacto con los elementos y accesorios del equipo a diseñar, posee una T° de operación de 0 a 1°C, se necesitará un material que trabaje a bajas temperaturas. Dicho material es el polietileno (LT) que posee un margen de operación de temperatura: -100°F a +80°F (-73°C a +27°C) (38).

Tipo de Cadena

Se determino el uso de la cadena 5966, teniendo en cuenta que mientras mayor sea el porcentaje de área abierta, la cadena es más apropiada a las aplicaciones donde se requiere un flujo libre de líquidos a través de ella (38).

**TABLA 17
ESPECIFICACIONES DE CADENA 5966**

*Paso de la Cadena (mm.)	38.1
Área Abierta (%)	31%
Materiales en existencia	Polietileno (WLT)
*Resistencia (lbs)	600
Accesorios	Aditamentos de empujador
Accesorios	Protectores laterales

FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA REXNORD (38)

*Paso es la distancia entre un listón y el otro.

*WLT: Trasluciente

*Resistencia Por Pie del ancho de la cadena

La cadena 5966 presenta diversidad de accesorios adaptables para formar los compartimientos ó canastas (Ver Apéndice S).

- *Ruedas dentadas: Serie N5966*

La rueda está construida de material Termoplástico acetal resistente al desgaste y a la corrosión. El diámetro mas grande está definido en un valor de 150.4 mm., con un número de 12 dientes, dando la equivalencia de 150.4mm./revolución.

Al tener una distancia de transferencia de 500 mm./min., se puede decir que la velocidad mínima del transportador es 3.33 rpm., velocidad relativamente baja, de tal manera que se recomienda un motor para mover las ruedas de una velocidad menor a 5 rpm. La N5966 viene en calibre cuadrado (hex), cuyas especificaciones vienen en el manual REXNORD (38).

Especificaciones para el Sistema de recirculación y Equipo de preparación de S.O.

Descripción del Sistema de Recirculación

Se determinó un volumen mínimo de 60 litros de S.O. para cumplir con el volumen delimitado por cada una de las canastas diseñadas en la 2da. Sección y cubrir la merma de S.O. originada durante treinta minutos (Ver tabla 15).

Para mantener la relación S.O. – producto (4:1) y evitar que la dilución de la S.O. afecte el proceso de barreras, se debe tomar en cuenta el esquema Industrial propuesto (Ver Apéndice Q) y el siguiente procedimiento para recirculación de S.O.:

Al iniciar la producción (1500 libras/día), se debe tener disponible 120 litros de S.O. Para el llenado del Equipo de Procesado (EP), se necesitará de por lo menos 60 litros, los cuales serán bombeados desde un tanque a un flujo de 12 litros/min., abriendo la válvula de paso $V_{A.0}$. Con esto se espera que el EP este lleno en 5 min.

Para preparar el sistema de recirculación deberán estar cerradas las válvulas $V_{D.0}$ y $V_{D.1}$. Una vez que el EP posea la suficiente cantidad de S.O. para bañar el lado de retorno de la cadena transportadora, que llevará en su interior noventa porciones por cada 5 min., se abrirán las válvulas $V_{R.0}$ y $V_{R.1}$. Con este procedimiento lo que se busca es llenar el EP y la tubería, donde se marca el inicio de la recirculación, cerrando la válvula de paso $V_{A.0}$.

Se espera que la S.O. tenga un tiempo de utilización de treinta minutos. Luego de este tiempo, es muy probable que la S.O. este diluida (características físico – químicas por debajo de la media - tabla 11) y se deba realizar la reconstitución de la misma. Para reconstituir la S.O. del EP, se debe detener la alimentación de porciones al proceso.

La recirculación debe continuar mientras se esta reconstituyendo la S.O. Una vez reconstituida dicha solución (características físico – químicas entre la media y valores máximos – tabla 11), la S.O. será apta para el proceso de barreras y se volverá a procesar producto. Para compensar la disminución de S.O. en el EP, el operario deberá tomar la cantidad requerida del tanque de preparación y almacenamiento (abrir válvula D). De esta manera, el sistema de recirculación, busca que se reutilice la solución manteniendo constantes sus características físico – químicas a través del tiempo (por encima de la media).

Equipos y accesorios auxiliares

El sistema de recirculación va necesitar equipos y accesorios auxiliares que se detallan en la tabla 18.

TABLA 18
EQUIPOS Y ACCESORIOS AUXILIARES PARA EL SISTEMA
DE RECIRCULACIÓN

Equipo	Características
Bomba para S.O. de acero inoxidable grado alimenticio	Potencia: 1 hp Voltaje de Alimentación: 110 V
Medidor de Flujo	Caudal de 10 a 30 litros/min.
Válvulas de ¾	Mando Manual (esféricas) Trampa Regulación Precisa (globo)

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Tomando en consideración, que la bomba no requiere potencia para elevar el fluido a grandes alturas y que existen sistemas domésticos de recirculación similares al propuesto (44), se definió una potencia de 1 hp para la bomba.

Diseño de tanque

El diseño del tanque para preparar y almacenar la S.O., se basa fundamentalmente en la capacidad y dimensiones del mismo. Se seleccionó esta forma de equipo por su alto grado de utilización en la Industria de Alimentos, ya que es fácil para limpiar y mantener la asepsia de la operación, además su superficie cilíndrica debe ser de tal manera que no permita la acumulación de S.O. en sus paredes.

El tanque debe ser construido de un material grado alimenticio, tal como lo es el Acero Inoxidable, agregándose a esto, que el material no podrá intensificar el incremento de T° en la S.O., al momento de la agitación mecánica.

Para definir la capacidad mínima del tanque, se consideró el doble del volumen mencionado, originando una capacidad de utilización del tanque de 120 litros. Cuando se encuentre operando el sistema, el 50% del volumen mencionado estará almacenado en el equipo de procesado (EP), mientras que el otro 50% cubrirá la necesidad de tener el mínimo volumen que evite que el EP se quede sin S.O. (reservorio).

Es necesario definir un porcentaje de seguridad al momento de construir el equipo (24, 42); en el presente estudio se definió un 18%, dando una capacidad real de 140 litros.

Para calcular las dimensiones del tanque se utilizó el dato del volumen máximo (140 litros) y la ecuación del volumen de un cilindro que se presenta a continuación:

$$(Ec.4.1.) \quad V_c = \pi r^2 h$$

Donde:

V_c = Volumen del tanque cilíndrico (m³.)

r^2 = Radio del tanque cilíndrico (m.)

h = Altura del tanque cilíndrico (m.)

Asumiendo que el diámetro del tanque es de 388.5 mm. (media plancha de 2440 mm. de largo (24)), se despejo la altura, quedando la siguiente ecuación:

$$(Ec.4.2.) \quad h = \frac{4V_c}{\pi D^2}$$

Donde:

D^2 = Diámetro del tanque cilíndrico (mm.)

Se determinó que la altura del tanque es de 1182 mm.

TABLA 19
CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE

Características	Descripción
Material	Acero inoxidable AISI 316 L
Capacidad Volumétrica	140 litros
Diámetro	388.5 mm.
Altura	1182 mm.

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Se recomienda el uso de un agitador tipo paletas por ser uno de los más comunes en la Industria de Alimentos (42). Las características del agitador se encuentran en la tabla 20.

**TABLA 20
CARACTERÍSTICAS DEL AGITADOR**

Características	Descripción
Tipo de agitador	Paletas
Material	Acero Inoxidable AISI 316 L
Motor eléctrico	110 V
Potencia	0.1 hp
Velocidad	100 rpm
Longitud de paleta	250 mm.
Altura de paleta	50 mm.

FUENTE: TALLERES A σ H

Es necesario indicar que la presencia del agitador es con la finalidad de facilitar la etapa de mezclado de ingredientes al momento de elaborar la S.O.; al momento del proceso, se podría detener el agitador, ya que la S.O. estará en constante movimiento por la recirculación de la misma.

El tanque debe estar provisto de trampa tipo depósito que impidan el paso de materiales extraños (retención de sedimentos) y de válvulas de drenaje para realizar los respectivos controles de calidad (s.s., % NaCl, % ácido Acético, pH, T°). Además, deben poseer accesorios que indiquen el nivel de volumen y una entrada para agregar los componentes al momento de elaborar y reconstituir la S.O.

Filtración de Solución Osmótica

Dentro del sistema de recirculación, se empleará una etapa para la separación mecánica de sólidos en suspensión en la S.O. Los sólidos suspendidos que se presentaron en la solución reutilizada durante la etapa experimental, fueron en su mayoría, trozos de pescado que se desprendieron por el movimiento de las porciones dentro de la S.O. Dichos trozos, presentaron un diámetro promedio de 2 mm.

Esta etapa estará representada por mallas, tipo Tyler No. doce mesh, cuyo U.S.no es 14, que quiere decir una apertura y apertura ISO nominal de 1.41 mm., para ambos casos (39). El presente accesorio, será capaz de retener toda clase de partículas sólidas que posea un diámetro mayor o igual a 1.41 mm. El flujo de S.O., que atravesará por la malla, es de 12 litros/min. La etapa de separación mecánica se recomienda ubicarla inmediatamente después del EP, para asegurar que no pasen materiales extraños que vayan afectar el normal funcionamiento de la bomba (Ver Apéndice Q).

Especificaciones del Equipo de Enfriamiento

Procedimiento para mantener la temperatura de Proceso

El equipo de enfriamiento a utilizar dentro del sistema de recirculación, es un Intercambiador de Calor a Placas (ICP), cuyo diseño se basa fundamentalmente en la definición del área de transferencia de calor (A_{tc}) requerida por el sistema.

La ubicación del ICP se recomienda entre la bomba y el EP (Ver Apéndice Q). La S.O. que fluye en la línea de entrada al EP deberá pasar antes por el equipo de enfriamiento para alcanzar la temperatura de proceso ($1\pm 1^{\circ}\text{C}$).

La temperatura promedio a la cual se va elaborar la S.O. es de 15°C , dicha temperatura debe disminuirse a la temperatura media de 0°C para que ingrese al EP. Hasta que se alcance la temperatura de proceso, el sistema de recirculación se mantendrá sin procesar producto. Una vez que la temperatura de S.O., monitoreada en el EP, sea de $1\pm 1^{\circ}\text{C}$ se procederá a dar inicio con el proceso.

Diseño del Intercambiador de Calor a Placas

Para diseñar el ICP que satisfaga los requerimientos del proceso, se debe tomar en cuenta el cálculo del Área de Transferencia de Calor (A_{tc}), cuyo valor estará definido por las condiciones de operación: T° de S.O. ($T_1 = 15^\circ\text{C}$ a $T_2 = 0^\circ\text{C}$), Flujo (12 litros/min.) y salmuera (25% NaCl) para enfriamiento proveniente del Sistema de Frío característico para Industrias Pesqueras (33).

Propiedades físicas del fluido de interés

Las propiedades físicas de la S.O. fueron determinadas utilizando los modelos para alimentos líquidos basados en su composición, dichos modelos fueron publicados por Choi y Okos (1986) y son los siguientes:

$$\text{(Ec. 4.3.) } k = \sum k_i X_i^v$$

Donde:

k : Conductividad Térmica del alimento (W/m °C)

k_i : Conductividad Térmica del componente puro (W/m °C)

X_i^v : Fracción volumétrica para cada componente

$$\text{(Ec. 4.4.) } \rho = \frac{1}{\sum \left(\frac{X_i^w}{\rho_i} \right)}$$

Donde:

ρ : Densidad del alimento (Kg./m³)

X_i^w : Fracción másica para cada componente

ρ_i : Densidad del componente puro (Kg./m³)

$$\text{(Ec. 4.5.) } c_p = \sum c_{pi} X_i^w$$

Donde:

c_p : Calor específico del alimento (KJ/Kg. °C)

c_{pi} : Calor específico del componente puro (KJ/Kg. °C)

Las propiedades físicas de los componentes puros (NaCl, Sacarosa, ácido Acético y Agua) se encuentran en el Apéndice T, las mismas que están en función de la temperatura (40). La viscosidad de la S.O. se estimó a partir de la tabla titulada “Viscosidades de Soluciones” (24). En la tabla 21, se detalla las propiedades físicas de la S.O. a la temperatura media de 15°C.

TABLA 21
PROPIEDADES FÍSICAS DE SOLUCIÓN OSMÓTICA

Propiedades físicas	
Densidad (Kg./m ³)	1235.025
Calor específico (KJ/Kg. °C)	3.023
Conductividad térmica (KJ/s m °C)	5.077 x 10 ⁻⁴
Viscosidad (Kg./m s)	2.55 x 10 ⁻³

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Propiedades físicas del fluido de servicio

A continuación, en la tabla 22, se encuentran expuestas las propiedades físicas para el fluido de servicio a una temperatura media de 0°C. La información se obtuvo de tablas y figuras, que especifican propiedades físicas en función de la temperatura para diversos líquidos puros y soluciones (24).

TABLA 22
PROPIEDADES FÍSICAS DE SALMUERA (25% NaCl)

Propiedades físicas	
Densidad (Kg./m ³)	1190
Calor específico (KJ/Kg. °C)	3.4022
Conductividad térmica (KJ/s m °C)	5.709 x 10 ⁻⁴
Viscosidad (Kg./m s)	2.40 x 10 ⁻³

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Balance de Energía

Para calcular la cantidad de Calor (W) que debe entregar la S.O., para lograr su enfriamiento de 15°C (T₁) a 0°C (T₂), se asumió que las pérdidas de Calor al medio ambiente son despreciables (42).

Por lo tanto, la energía cedida por la S.O., es recibida en su totalidad por la Salmuera helada (t₁= -2°C) (33). Con este balance, la información a obtener, es la temperatura a la cual el fluido de servicio sale del equipo (t₂) y el flujo total de Calor existente en el mismo.

$$(Ec. 4.6.) Q = wC(T_1 - T_2) = w c(t_2 - t_1)$$

Donde:

Q : Flujo total de Calor (W)

w : Flujo másico de S.O. (Kg./s)

C : Calor específico de S.O. (J/Kg.s)

T_1 y T_2 : Temperatura inicial y final de S.O. (°C)

w : Flujo másico del fluido de servicio (Kg./s)

c : Calor específico del fluido de servicio (J/Kg.s)

t_1 y t_2 : Temperatura inicial y final del fluido frío (°C)

Una vez obtenido el valor de Q y t_2 , se empieza analizar los diferentes tipos de ICP que existen en el mercado y la respectiva literatura científica que describe el normal funcionamiento del equipo (42). De la información técnica, se obtiene que el área efectiva de transferencia de calor para equipos industriales esta alrededor de los 2 m². Debido a esto, se tomo en consideración el ICP, marca Alfa-Laval tipo P-0, equipo que presenta 2.4 m² como máxima superficie de calentamiento.

Número de Corrientes en paralelo y Velocidad de Flujo

Con el tipo de ICP, se puede considerar el espacio óptimo entre placas (e), espesor de la placa (Δx) y ancho efectivo de una placa (b) (42). Por otro lado, una buena velocidad de flujo oscila entre

0.3 a 0.9 m/s (42), con lo cual permitirá estimar el número de canales o corrientes en paralelo (n_p).

Se calculó, el n_p y la velocidad de flujo (v) para cada uno de los fluidos que intervienen en el proceso. Para esto, se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$(Ec. 4.7.) \quad v_1 = \frac{Q_{s.o.}}{b * e * n_p}$$

$$(Ec. 4.8.) \quad v_2 = \frac{Q_{salmuera}}{b * e * n_p}$$

Donde:

v_1 y v_2 : Velocidad de Flujo para S.O. y fluido de servicio (m/s)

$Q_{s.o.}$: Flujo volumétrico de Proceso para S.O. (m³/s)

$Q_{salmuera}$: Flujo volumétrico de Proceso para fluido de servicio (m³/s)

b : Ancho efectivo de una placa (m)

e : Espacio entre dos placas (m)

n_p : Número de corrientes en paralelo

Coefficientes Individuales de Transferencia de Calor

El cálculo de los coeficientes individuales (h) se llevo a cabo en cada uno de los fluidos, originando así h_1 y h_2 . Se denomina

coeficiente individual, porque la ecuación esta en función de las propiedades físicas de cada fluido. Es necesario indicar que la ecuación para los coeficientes individuales, dependen del tipo de placa a utilizar (42). Se definió el uso de placas tipo “espina de pescado”, ya que presentan una mejor transferencia de calor (TC) y soporte muy rígido (42).

$$(Ec. 4.9.) \quad h_1 \text{ y } h_2 = 0.4 * R_e^{0.64} * P_r^{0.4} * \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.1} * \frac{k}{D_e}$$

Donde:

h_1 y h_2 : Coeficiente individual de TC, para S.O. y fluido de servicio (W/m² °C)

$D_e = 2e$: Diámetro equivalente o hidráulico (m)

μ : Viscosidad del fluido (Kg./m s)

ρ : Densidad del fluido (Kg./m³)

$R_e = \frac{D_e \rho v}{\mu}$: Número de Reynolds

$P_r = \frac{C\mu}{k}$: Número de Prandtl

k : Conductividad térmica (W/m °C)

μ_w : Viscosidad a la temperatura de la pared (Kg./m s).

Coeficiente Global de Transferencia de calor

Para hallar el Coeficiente Global de transferencia de calor (U_D), es necesario determinar el Coeficiente limpio (U_c):

$$(Ec. 4.10.) U_c = \frac{h_1 * h_2}{h_1 + h_2} ; (W/m^2 \text{ } ^\circ C)$$

Además, es muy importante tomar en consideración la resistencia por ensuciamiento (R_d) que ejerce cada fluido, cuya información, se encuentra en los manuales de ICP para fluidos muy parecidos a los del presente estudio (42). Por último, está la resistencia que ejerce al material de la placa; en la mayoría de los casos, el material es Acero Inoxidable, cuya conductividad se encuentra publicada en manuales de Ingeniería (24).

$$(Ec. 4.11.) \frac{1}{U_D} = \left(\frac{1}{U_c} \right) + R_{d1} + R_{d2} + \left(\frac{\Delta x}{k_{acero}} \right)$$

Donde:

R_{d1} : Resistencia por deposición, ejercida por la S.O. ($m^2 \text{ } ^\circ C/W$)

R_{d2} : Resistencia por deposición, ejercida por fluido de servicio ($m^2 \text{ } ^\circ C/W$)

Δx : Espesor de la placa de transferencia (m)

k_{acero} : Conductividad térmica del Acero Inoxidable (44.98
W/m °C)

Media logarítmica de temperaturas y su factor de corrección

La media logarítmica de temperaturas (MLDT) se la obtiene con la siguiente ecuación:

$$(Ec. 4.12.) \quad MLDT = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} * F_t$$

Donde:

$$\Delta T_1 = T_2 - t_1$$

$$\Delta T_2 = T_1 - t_2$$

F_t : Factor de corrección (42)

Área de Transferencia de Calor

La ecuación general para el diseño de Intercambiadores de Calor (24, 42), lleva en uno de sus términos, el área de transferencia de calor (A_{tc}) requerida para un determinado sistema.

$$(Ec. 4.13.) \quad Q = U_D * A_{tc} * MLDT$$

Donde:

A_{tc} : Área total de transferencia de Calor (m²)

A continuación, en la tabla 23, se expone los resultados obtenidos en cada una de las etapas descritas para llegar a determinar el área de transferencia de calor.

**TABLA 23
REQUERIMIENTOS PARA EL ICP**

Descripción	Resultados
Q (W)	11200
t_2 (°C)	9.8°C
n_{p1} y n_{p2}	4
v_1 (m/s)	0.4
v_2 (m/s)	0.468
h_1 (W/m ² °C)	9826.212
h_2 (W/m ² °C)	12109.376
U_c (W/m ² °C)	5424.486
R_{d1} (m ² °C/W)	1.72×10^{-4}
R_{d2} (m ² °C/W)	1.29×10^{-4}
U_c (W/m ² °C)	2005.26
ΔT_1 (°C)	2
ΔT_2 (°C)	5.2
MLDT	3.31
F_t	0.93
A_{tc} (m²)	1.802

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

Especificaciones de Diseño

Conociendo que el ICP, tipo P-0, presenta un área de calentamiento por placa de 0.032 m² (42), se definió que por lo menos se necesita 57 placas de TC. Además, conociendo el arreglo base 4/4 (Fluido de interés/Fluido de servicio), se puede

afirmar que existen 8 corrientes en paralelo con 7 placas de TC para dicho arreglo. Relacionando el número de placas requeridas con el número placas que define el arreglo base, se puede predecir que 8 veces se debe repetir el arreglo base para que resulte la presencia de 64 corrientes y 63 placas de transferencia de calor, las cuales definen un porcentaje de sobre diseño del 9.5%.

Procedimiento para reconstituir S.O.

Reutilizar S.O. en más de un ciclo de D.O. esta condicionado por los cambios de composición asociados a los cambios deseados en el producto, como una progresiva dilución de S.O., lo que provoca que después de cada ciclo disminuya el flujo de transferencia de masa (12). Por esta razón, se debe considerar un procedimiento para llevar las características físico – químicas de la S.O., que se encuentren por debajo de la media, a valores que sean mayores o iguales a la media establecida (Ver tabla 11).

El procedimiento se lo denomina reconstitución de S.O., que no es más que agregar una determinada cantidad de sal, azúcar y ácido Acético, con la finalidad de llegar a los valores medios e ideales de S.O. (20% NaCl, 20% Sacarosa y 1% ácido Acético). Para

conocer las características antes, durante y después del proceso se recomienda monitorear en línea de proceso, los siguientes parámetros: Densidad, T°, pH, ss, Cloruros, Acidez y Volumen. Con esta información, se podrá conocer la cantidad de cada uno de los ingredientes presentes en la S.O. reutilizada, así como también, predecir la cantidad de ingredientes que deben ser agregados para que la solución sea nuevamente apta para el proceso.

El requerimiento de ingredientes para reconstituir la S.O., se puede predecir con balances de materia y teniendo conocimiento de los controles en línea. A continuación, se exponen las ecuaciones utilizadas para reconstitución de S.O.

REQUERIMIENTO DE SAL

$$(Ec. 4.14.) M_{NaCl} = (M_1 * \%_{NaCl*}) - (M_0 * \%_{NaCl})$$

REQUERIMIENTO DE AZÚCAR

$$(Ec. 4.15.) M_{azúcar} = (M_1 * \%_{azúcar*}) - (M_0 (\%_{ss} - \%_{NaCl}))$$

REQUERIMIENTO DE ÁCIDO ACÉTICO

$$(Ec. 4.16.) M_{ácido} = (M_1 * \%_{ácido*}) - (M_0 * \%_{ácido})$$

Donde:

M_{NaCl} : NaCl requerido para reconstituir S.O. (Kg.)

$M_{azúcar}$: Sacarosa requerida para reconstituir S.O. (Kg.)

$M_{ácido}$: Ácido Acético requerido para reconstituir S.O. (Kg.)

M_1 : Masa de S.O. reconstituida (Kg.)

M_0 : Masa de S.O. reciclada (kg.)

$\%_{NaCl}$: Porcentaje de NaCl en S.O. reciclada

$\%_{NaCl*}$: Porcentaje de NaCl en S.O. reconstituida

$\%_{azúcar*}$: Porcentaje de Sacarosa en S.O. reconstituida

$\%_{ss}$: Porcentaje de sólidos solubles en S.O. reciclada

$\%_{ácido*}$: Porcentaje de ácido Acético en S.O. reconstituida

$\%_{ácido}$: Porcentaje de ácido Acético en S.O. reciclada

Utilizando estos balances de materia, se diseñó una hoja electrónica en Excel, en donde se predice la cantidad de ingredientes que se deberá agregar a una determinada cantidad de S.O. reutilizada con sus respectivas características físico-químicas (Controles en Línea), teniendo en cuenta, que serán conocidos los datos de las características físico-químicas a donde se quiere llegar con la reconstitución y la cantidad de S.O. reconstituida que se necesita. Finalmente, después de agregar las cantidades requeridas de ingredientes, se procederá a realizar

controles en línea para S.O. reconstituida (Ver Apéndice U). Los ingredientes como la sal y el azúcar serán agregados manualmente, para esto estarán depositados en tolvas (Ver Apéndice Q).

Almacenamiento de S.O.

En el Apéndice Q, se puede observar una línea que sirve para descargar el EP y retornar la S.O. al tanque de almacenamiento. Para que esto suceda, se debe abrir las válvulas $V_{D.0}$ y $V_{D.1}$, y cerrar las válvulas $V_{R.0}$ y $V_{A.1}$.

Control en línea de Proceso

Los parámetros de control, que debe tener el Sistema Industrial, están descritos a manera de procedimientos en cada una de las siguientes partes:

Equipo de Procesado

Debido a que la operación del Sistema esta en Diseño, se deben monitorear, por lo menos cada 10 min., las características físicos – químicas (% sólidos solubles, % NaCl, Acidez, pH y temperatura) de la S.O.

Tanque de Preparación y Almacenamiento de S.O.

El control de nivel y la temperatura son parámetros a monitorear en el tanque. En cada producción se debe revisar la trampa de sólidos con la finalidad de monitorear los sólidos en suspensión y el volumen de S.O. debe ser de 120 litros.

Equipo de Enfriamiento

El parámetro de control que se debe tener cuenta para monitorear el normal funcionamiento del equipo, es la temperatura. Es decir, mediciones de temperatura en las corrientes de entrada y salida del equipo.

Análisis de Peligros

Proceso

Los peligros potenciales que existen durante el proceso de barreras, son de naturaleza Químico (formación de histamina) y Biológico (multiplicación de patógenos), causado por el posible incremento de temperatura en las porciones de pescado, debido a la fricción con la cadena y máquina de remojo, ó por el abuso de temperatura en la S.O.

Almacenamiento de S.O.

Antes y después de cada producción, se deben realizar análisis físico – químicos y controles microbiológicos en la S.O. del tanque de almacenamiento. Debido a la naturaleza de la S.O. (pH < 4.5, a_w entre 0.7 y 0.8, y $T^\circ < 4^\circ\text{C}$), los microorganismos que proliferan son de origen acidotolerantes: mohos, levaduras y lactobacilos (34).

Los recuentos de tales microorganismos no precisan exceder la cifra de $10^4/\text{g}$. después de tres días de exposición a 16°C ; además, si el pH está por debajo de 4.5, no es necesario ningún otro control de laboratorio (34).

Almacenamiento de ingredientes

Se debe tener en cuenta el control de insectos y de plagas en las tolvas de almacenamiento de sal y azúcar.

4.4. Costo estimado de la Instalación Industrial del proceso “Tecnología de Barreras” para Empresas Empacadoras y Exportadoras de Pesca Blanca

La inversión económica que se debe considerar para la construcción de equipos y adquisición de instrumentación

industrial que va necesitar el proceso de Tecnología de Barreras, es de aproximadamente \$ 14300.00 (Ver tabla 24).

TABLA 24
COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACIÓN INDUSTRIAL

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Equipo de Procesado ^a	7000.00
Tanque con agitación ^b	800.00
Bomba para Solución Osmótica ^c	600.00
Medidor de Flujo ^c	200.00
Intercambiador de Calor a Placas ^d	3500.00
Malla Tyler No. 12 mesh ^d	60.00
Tubería de ¾ Acero Inoxidable Cedula 40 ^c	85.80
Accesorios de grifería (válvulas, T, codos, tuercas Universales) ^c	650.00
Termómetros ^c	85.00
Controladores de nivel ^c	160.00
Equipo para monitorear puntos de Control ^e	1100.00
TOTAL	14240.80

FUENTE: ^aL.HENRIQUES & CIA. S.A.; ^bTALLER SCAN
^cLA LLAVE S.A.; ^dIVAN BOHMAN C.A.; ^e LABORATORIOS CEVALLOS S.A. y COLE PARMER INSTRUMENT COMPANY

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Con los resultados obtenidos se puede concluir que:

1. Existe un rápido ingreso de solutos y salida de agua del producto durante los primeros diez minutos, caracterizando un primer período de altas velocidades de transferencia. La fuerza motriz decrece mientras el proceso continúa, no solamente debido a un incremento de concentración de solutos en la porción, sino también como una consecuencia de la dilución de la S.O. por migración de agua desde el producto.
2. El periodo de 5 a 10 min., se puede considerar como un período de transición, debido a que empieza a reducirse la velocidad de pérdida de agua y ganancia de sólidos. No es justificable extender el período de D.O. más allá de diez minutos, ya que la

reducción de humedad no es significativa y la fracción de ganancia de sólidos disminuye debido a la competencia que existe entre la sal y el azúcar al momento de penetrar al producto.

3. La D.O. de porciones refrigeradas de Dorado es similar a un método suave de salado que provoca la reducción de la a_w . A diferencia de la sencilla extracción, como ocurre en la deshidratación convencional, la D.O. consigue la disminución de a_w aumentando la concentración de solutos en el producto, dicho solutos son moléculas de NaCl (principalmente) y Sacarosa.
4. El proceso de D.O. permite reducir la actividad de agua de las porciones DARDEN 6 onzas a 0.987 en cinco minutos de proceso, lo cual hace que el producto recaiga dentro de los de alta humedad, permitiendo que mantenga excelentes características de sabor y textura.
5. La pérdida inicial de frescura de las porciones refrigeradas de Dorado se debe a cambios autolíticos, mientras que el deterioro se debe principalmente a la acción bacteriana. Su tiempo de vida útil es de 4 días, siendo las características sensoriales, el factor

que limita este tiempo. Son las reacciones bioquímicas las que actúan con mayor intensidad al inicio del almacenamiento, deteriorando el producto y preparando el medio óptimo para que se multipliquen de una manera exponencial los microorganismos.

6. Reduciendo la a_w (0.999 a 0.987) y pH (6.652 a 6.1), sumándose a esto un porcentaje de ácido acético no disociado de 0.014% y la presencia de 1% de NaCl en fase acuosa, se pudo observar un efecto sinérgico para la prolongación de la fase de latencia de los microorganismos de deterioro.
7. La prolongación del tiempo de latencia, observado durante el almacenamiento de porciones tratadas con tecnología de barreras, se debe al agotamiento metabólico de los microorganismos debido a las condiciones desfavorables que presenta el alimento para su crecimiento.
8. El tiempo de vida útil de las porciones experimentales es de diez días, considerando que a partir del día once, los niveles de microorganismos en estudio son aceptados, pero este producto presenta características sensoriales alejadas de las características naturales, principalmente con respecto al color.

9. El prolongar el tiempo de vida útil de porciones refrigeradas de Dorado, permite el beneficio del comerciante, ya que le permitirá tener un plazo más largo de tiempo para vender el producto.

10. El tiempo máximo para reutilizar la misma S.O. es de treinta minutos que equivale a 6 ciclos consecutivos, tiempo suficiente para alcanzar los valores por debajo de la media experimental de las características físico-químicas de S.O.

Recomendaciones

1. El factor fundamental que debe ser considerado para aplicar tecnología de barreras a nivel Industrial es la reutilización de la solución osmótica (S.O.). Es por eso, que se recomienda corridas experimentales del sistema antes de considerarlo cien por ciento confiable. Dichas corridas experimentales servirán para verificar si coincide el comportamiento de la S.O. a nivel Industrial y de laboratorio.
2. Una vez instalado el sistema, se debe registrar cada una de las características físico – químicas de S.O., con la finalidad de tener un historial del comportamiento de los parámetros de proceso, para determinar relación entre ellos. Tal es el caso entre el pH y la acidez, simplemente con conocer el pH se puede predecir el porcentaje de ácido acético en la S.O., así mismo con el conocimiento entre el porcentaje de sólidos solubles y de sal, se puede predecir la cantidad de azúcar en la solución. Con esto, el monitoreo del proceso se vuelve fácil y práctico.
3. Si se desea automatizar el sistema (uso de sensores, válvulas solenoides, etc.), es necesario poseer un historial práctico y confiable de cada uno de los parámetros de proceso. Es por eso

que se recomienda la compra de tirillas de pH, refractómetros de bolsillo que midan el porcentaje de sólidos solubles y de sal, con la finalidad de tener un conocimiento empírico del sistema para luego buscar su sofisticación. La parte del sistema, que demanda una automatización, es la reconstitución de la S.O. reciclada.

4. Se debe fomentar en la cultura del industrial ecuatoriano, el conocimiento de nuevas tecnologías de conservación de alimentos que procuran no cambiar de una manera intensa las características naturales del alimento, manteniendo o prolongando su vida en percha en comparación con las tecnologías convencionales de conservación, tal como lo es la refrigeración, congelación, etc.
5. Es necesario que el sector empresarial del Ecuador se preocupe por realizar investigaciones acerca de nuevas tecnologías, específicamente en el campo de la conservación de alimentos, ya que es aquí donde se puede originar productos con valor agregado y lo más importante, que los productos sean originarios de nuestro país. No solo se debe conformar con copiar tecnología, ya que los alimentos cambian sus características físico-químicas según sea su lugar de origen.

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

1. ALZAMORA, S.; CERRUTTI, P.; GUERRERO, S.; LOPEZ-MALO, A.; Minimally processed fruits by Combined Methods. Pages 463-483
2. ANZALDÚA-MORALES, La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España, 1994.
3. ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES DE PESCA BLANCA DEL ECUADOR, White fish handbook. Editorial ASO Expebla. Quito-Ecuador, 1era. Edición, 2001.
4. BARAT, CHIRALT, FITO; Equilibrium in Cellular food osmotic solution systems as related to Structure. Journal of Food Science, Volumen 63, Pages 836-840, 1998.
5. BARBOSA-CÁNOVAS Y VEGA-MERCADO, Deshidratación de Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza-España, 2000

6. BARREIRO JOSÉ, Tercer taller Iberoamericano sobre envases y embalajes para alimentos. Vida útil de alimentos envasados. Valencia-España, 16-18 de Octubre 1995.

7. BARTOLOMÉ FERNÁNDEZ AVELLANEDA, Presidente ejecutivo de FRIGOLAB San Mateo, Exportadora de mariscos frescos y congelados

8. CHIRALT, A; SERRANO, C; et al. Prácticas de Físico-Química de Alimentos. Departamento de Tecnología de Alimentos; Universidad Politécnica de Valencia, 1999.

9. CONNELL, J, Control de la calidad del pescado. Editorial Acribia, Zaragoza – España, 1978.

10. Conservación de Pescado y Barcos.
<http://www.atexport.com/pagesp/info/pescado.htm>

11. DESROSIER, NORMAN; Conservación de Alimentos. Editorial Continental. México, 2000.

12. GARCÍA, MARTÍNEZ, MONZÓ, CAMACHO, NAVARRETE,
Characterisation of reused osmotic solution as ingredient in new
product formulation. Food Research International , Volumen 35, pages
307 – 313, 2002

13. GOULD, G.W. Mechanisms of Action of Food Preservation
Procederus, Londres: Elsevier Applied Science, 1989.

14. GRUDA, Z; POSTOLSKI, J; Tecnología de la Congelación de
Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza – España, 1998.

15. GUADALUPE, VERÓNICA; “Estudio de la Aplicación de Tecnología
de Barreras en trozos de Tilapia Roja” (Tesis, Facultad de Ingeniería
en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior
Politécnica del Litoral, 2004).

16. GUILBERT, S.; GONTARD, N; RAOULT-WACK; Superficial edible
Films and Osmotic Dehydration: Application of Hurdle Technology
without Affecting the food integrity, pages 305-319. Francia

17. HALL, GEORGE; Tecnología del Procesado del Pescado. Editorial
Acribia, Zaragoza-España, 2da. Edición, 2001

18. HUSS, H., Aseguramiento de la Calidad de los Productos Pesqueros.
FAO Documento Técnico de Pesca N° 334. Roma, FAO. 1997.
19. HUSS, H., El pescado fresco: Su calidad y cambios en su calidad.
FAO Documento Técnico de Pesca N° 348. Roma, FAO. 1998.
<http://www.fao.org/DOCREP/V7180S/v7180s/v7180s00.htm#Contents>
20. INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN; Tabla de Composición de los alimentos Ecuatorianos. Quito-Ecuador, 1983.
21. IGOE, ROBERT. Dictionary of Food Ingredients.
22. ICMSF, Ecología Microbiana de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza – España, 1980.
23. JONSDOTTIR, S. Quality Issues in the Fish Industry.- Quality index method and TQM system. Editores: R. Olafsson y A.H. Ingthorsson. Oficina de Investigación, Universidad del Iceland.
24. KERN Q. DONALD, Procesos de Transferencia de Calor, Tercera Edición. Editorial Continental S.A. México DF, México, 1990

25. KILCAST, DAVID; SUBRAMANIAM, PERSIS. The Stability and Shelflife of Food. Woodhead Publishing Limited, Cambridge-England, 2000.
26. LABUSA, THEODORE, Moisture Sorption: Practical aspects of isotherm measurement and use. American Association of Cereal Chemists. Minnesota, 1984.
27. LARBURU NICOLAS, Máquinas Prontuario: Técnicas de Representación Simbólica. 13. Edición, Thomson Paraninpo. Madrid, España, 2000.
28. LARRAÑAGA, I; CARBALLO, J.; Control e Higiene de los Alimentos. Editorial Mc. Graw Hill. España, 1998.
29. LEINSTER, L.; GOULD, G.; Hurdle Technologies. Combination Treatments for Food Stability, Safety and Quality. Kluwer Academic/Plenum Publisher. New York – USA, 2002
30. LOMBARD, G.; WEINERT, A.; MINNAAR, A.; TAYLOR, J.; Preservation of South African Steamed Bread Using Hurdle Technology, Pages 112 – 118. Predotoria – Suráfrica, 1999.

31. MASON, LIND, MARCHAL. Estadística para Administración y Economía. Edit. Alfaomega. 10ma Edición, México D.F, México. Capítulo 4 y 11, 2002

32. MEDINA, VIVANCO, SOBRAL, HUBINGER, Osmotic dehydration of tilapia filets in limited volume of ternary solutions. Chemical Engineering Journal, Volumen 86, pages 199 – 205, 2002

33. MOLINA PATRICIO. Coordinador de Procesos y Calidad Total de Ocean Fish S.A., 2005

34. MOSSEL/B. MORENO GARCÍA. Microbiología de los Alimentos, D.A.A. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 1era. Edición en español. 1999

35. MULTON, J.; LEPATRE, F, Aditivos y Auxiliares de fabricación en las Industrias Agroalimentarias. Editorial Acribia. Zaragoza – España, 1988.

36. Obtención de la fruta deshidratada.
[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomía/71180/teoría /obfrudes/p1.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomía/71180/teoría/obfrudes/p1.htm)

37. PELEG, K. 1985. "Produce Handling, Packaging and Distribution".
The AVI Pub. Co., Westport, Conn
38. REXNORD. , Manual de Ingeniería – Cadenas Mat Top, Tercera Edición, 1994. Estados Unidos (L. Henriques & Cia. S.A.)
39. RLEARLE, Unit Operations in Food Processing. 2da. Edition. Massey University, New Zealand
40. SINGH R. PAUL, Introducción a la Ingeniería de Alimentos, Heating and Cooling Processes for Foods. University of California, Tercera Edición. California, Estados Unidos
41. SHARMA, MULVANY, RIZVI; Ingeniería en Alimentos. Operaciones Unitarias y prácticas de Laboratorio. Editorial Limusa Wiley.
42. SUÁREZ M. JOSÉ. Material Docente de Intercambiadores de Calor a Placas. Facultad de Ingeniería Química ISPJAE. Habana, Cuba.
43. TELSIS, MURARI, YAMASHITA; Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions. Chemical Engineering Journal of Food Science, volumen 86, pages 199-205,2004

44. ZEPEDA SERGIO. Material Didáctico: Funciones y Mantenimiento de Bombas. Tecnología Mecánica, ESPOLO.

45. http://www.comiteempresarial.org/cgibin/cee/index.cgi?l=1&opcion_par=29&id=57

46. <http://www.mmrree.gov.ec/mre/documentos/novedades/boletines/ano2005/marzo/bol141.htm>

APÉNDICE A

MICROBIOTA DOMINANTE Y BACTERIAS RESPONSABLES DEL DETERIORO DE LA PESCA BLANCA FRESCA. DE HUSS (1995) POR CORTESÍA DE LA FAO.

Temperatura de almacenamiento	Atmósfera de envasado	Microbiota dominante	Microorganismos responsables del deterioro (MRD)
0°C	Aerobia	Bacilos siccótrofos Gram-negativos no fermentativos (<i>Pseudomonas spp.</i> , <i>S. putrefaciens</i> , <i>Moraxella</i> , <i>Acinetobacter</i>)	<i>S. putrefaciens</i> , <i>Pseudomonas</i> ¹
0°C	Vacío	Bacilos Gram-negativos; siccótrofos o con carácter siccófilo (<i>S. putrefaciens</i> , <i>Photobacterium</i>)	<i>S. putrefaciens</i> , <i>P. phosphoreum</i>
5 °C	Aerobia	Bacilos Gram-negativos siccótrofos (<i>Vibrionaceae</i> , <i>S. putrefaciens</i>)	<i>Aeromonas spp.</i> , <i>S. putrefaciens</i>
5 °C	Vacío	Bacilos Gram-negativos siccótrofos (<i>Vibrionaceae</i> , <i>S. putrefaciens</i>)	<i>Aeromonas spp.</i> , <i>S. putrefaciens</i>
20-30 °C	Aerobia	Bacilos Gram-negativos mesófilos fermentativos (<i>Vibrionaceae</i> , <i>Enterobacteriaceae</i>)	<i>Aeromonas spp.</i> <i>Móvil</i> (<i>A. hydrophila</i>)

FUENTE: TECNOLOGÍA DEL PROCESADO DEL PESCADO (16).

¹ En pescado capturado en las aguas tropicales o procedentes de agua dulce tiende a dominar *Pseudomonas spp.*

APÉNDICE B
BARRERAS PARA PRESERVACIÓN DE ALIMENTOS

Objetivo	Factor	Método
Inhibición Parcial o completa del crecimiento Microbiano	<p style="text-align: center;">Reducción de Temperatura</p> <p style="text-align: center;">Reducción de a_w/incremento de la osmolalidad</p> <p style="text-align: center;">Restricción de Oxígeno</p> <p style="text-align: center;">Aumento de CO₂</p> <p style="text-align: center;">Reducción de pH</p> <p style="text-align: center;">Restricción de nutrientes</p> <p style="text-align: center;">Preservantes</p>	<p style="text-align: center;">Almacenamiento y distribución refrigerada</p> <p style="text-align: center;">Deshidratación o adición de solutos</p> <p style="text-align: center;">Envasado en nitrógeno o al vacío</p> <p style="text-align: center;">Atmósferas controladas o modificadas</p> <p style="text-align: center;">Adición de ácido, fermentación láctica o acética</p> <p style="text-align: center;">Control de Microestructura</p> <p style="text-align: center;">Adición de preservantes inorgánicos, orgánicos, bactericidas y antimicóticos</p>

FUENTE: HURDLE TECHNOLOGIES COMBINATION TREATMENTS FOR FOOD STABILITY, SAFETY AND QUALITY (29).

APÉNDICE C
COMPARACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA
DE LA TILAPIA Y EL DORADO

COMPOSICIÓN QUÍMICA APROXIMADA DE LA TILAPIA	
	Contenido
Proteínas	19.6%
Lípidos	1.29%
Carbohidratos	< 1%
Agua	79.89%
CONTENIDO NUTRITIVO EN 100 GRAMOS DE DORADO, PORCIÓN APROVECHABLE	
Humedad (g.)	76.5 – 79.3
Grasa (g.)	0.4 – 0.7
Proteína (g.)	18.5 – 20.5
Carbohidratos (g.)	0
Ceniza (g.)	1.0
Calcio (mg.)	21
Fósforo (mg.)	175
Hierro (mg.)	3.0
Caroteno (mg.)	-
Tiamina (mg.)	0.07
Riboflavina (mg.)	0.08
Niacina (mg.)	-
Ácido Ascórbico (mg.)	-
Calorías aprox.	88

FUENTES: ACUACULTURA DEL ECUADOR
 EL PESCADO FRESCO: SU CALIDAD Y CAMBIOS EN SU CALIDAD (19)
 COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS ECUATORIANOS (20)
 WHITE FISH HANDBOOK (3)

APÉNDICE D
EFFECTO DE LA REDUCCIÓN DE ACTIVIDAD DE AGUA EN LA
SUPERVIVENCIA DE LOS MICROORGANISMOS

Rango de a_w	Microorganismos generalmente inhibidos por disminución de a_w en estos rangos
1.00 – 0.95	<i>Pseudomonas, Escherichia, Proteus, Shigella, Klebsiella, Bacillus, Clostridium perfringens</i> , algunas levaduras.
0.95 – 0.91	<i>Salmonella, Vibrio parahaemolyticus, C. botulinum, Serratia, Lactobacillus, Pediococcus</i> , algunos mohos.
0.91 – 0.87	Muchas Levaduras (<i>Candida, Torulopsis, Hansenula</i>), <i>Micrococcus</i>
0.87 – 0.80	La mayoría de los mohos, <i>Staphylococcus aureus, Sacharomyces spp., Debaryomyces</i>
0.80 – 0.75	La mayoría de las bacterias halofílicas, <i>Aspergilli micotoxigénico</i> .
0.75 – 0.65	Mohos xerófilos
0.65 – 0.60	Levaduras osmófilas
Menos de 0.50	No hay proliferación microbiana

FUENTE: MOISTURE SORPTION (26).

APÉNDICE E
LÍMITES DE pH QUE PERMITEN EL CRECIMIENTO DE DIVERSOS
MICROORGANISMOS

Microorganismo	pH mínimo
Lactobacillus species	3.8 – 4.4
Salmonella species	3.7 – 4.5
Bacillus coagulans	3.8 – 4.8
Streptococcus faecalis	4.4 – 4.7

FUENTE: ECOLOGÍA MICROBIANA (22)

APÉNDICE F
PROPORCIÓN DE ÁCIDO NO DISOCIADO A DIFERENTES VALORES DE pH
(valores expresados en %)

Ácido Orgánico	Valores de pH				
	3	4	5	6	7
Acético	98.5	84.5	34.9	5.1	0.54
Cítrico	53.0	18.9	0.41	0.006	<0.001
Benzoico	93.5	59.3	12.8	1.44	0.144
Láctico	86.6	39.2	6.05	0.64	0.064
Propiónico	98.5	87.6	41.7	6.67	0.71
Sorbico	97.4	82.0	30.0	4.1	0.48

FUENTE: ECOLOGÍA MICROBIANA DE LOS ALIMENTOS (22)

APÉNDICE G
ESPECTRO ANTIMICROBIANO DEL ÁCIDO ACÉTICO EN LOS MEDIOS DE CULTIVO

* *Concentración precisa de ácido no disociado para la inhibición de crecimiento de la mayor parte de cepas*

Ácido Orgánico	Acético
Levaduras	0.5
Mohos	0.1
Enterobacteriaceae	0.05
Micrococcaceae	0.05
Bacillaceae	0.1

FUENTE: ECOLOGÍA MICROBIANA DE LOS ALIMENTOS (22)

* Valores expresados como porcentaje en solución.

APÉNDICE H
ANÁLISIS DE VARIANZA (Contenido de Humedad)

Periodo	media	desviación	n-1
0-10 min	73,8553333	3,2572874	2
0-30 min	72,2764286	2,4187579	6
Valor crítico	5,79		
F	1,81		
CRITERIO DE DECISION F>VC RECHAZA LA HIPOTESIS NULA			
RESPUESTA:			
<i>Acepta la Hipótesis Nula, no existe variación entre los periodos experimentales</i>			

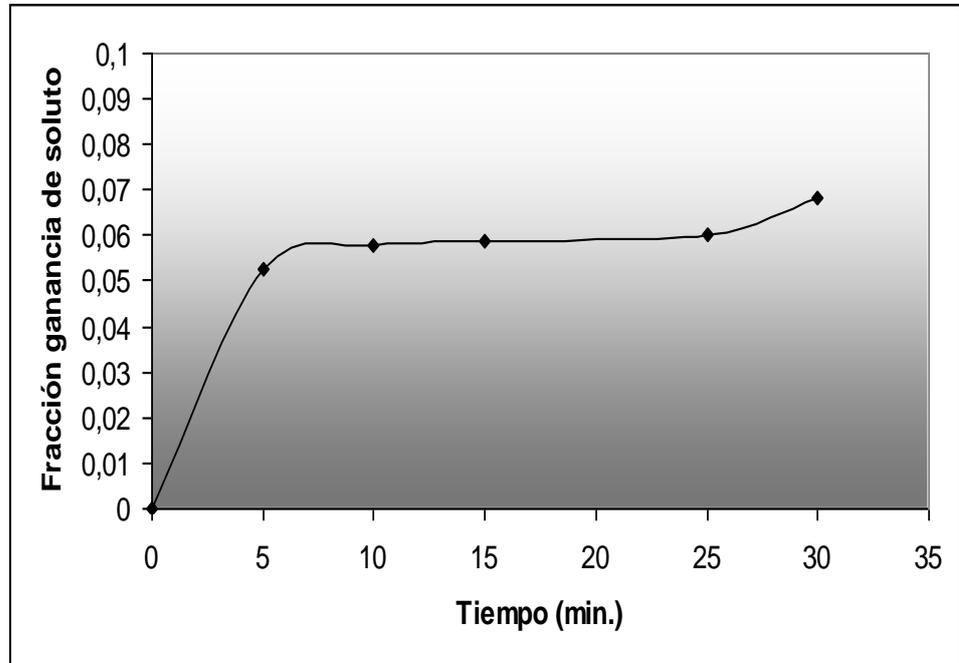
$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

$$F = \frac{(3.2572874)^2}{(2.4187579)^2}$$

$$F = 1.81354$$

FUENTE: REALIZADO POR OMAR UVIDIA A.

APÉNDICE I
FRACCIÓN DE GANANCIA DE SÓLIDOS EN PORCIONES DE
DORADO DARDEN 6 ONZAS DURANTE D.O.



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

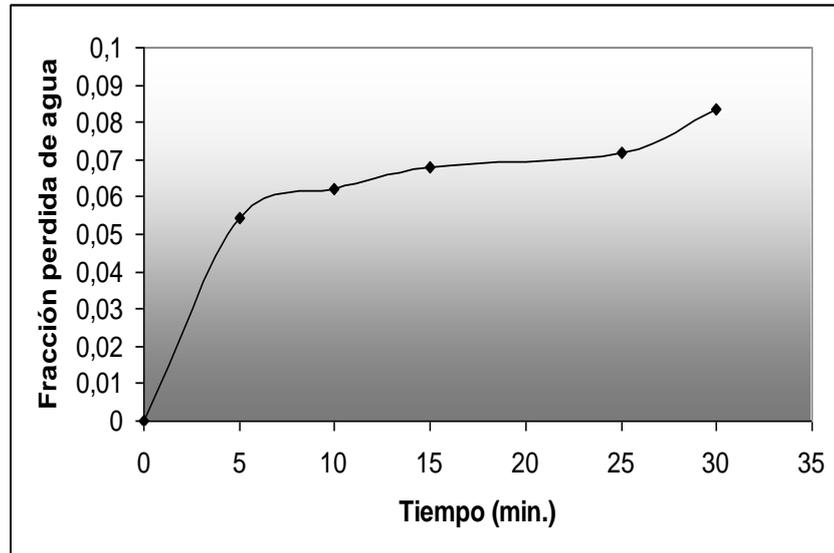
APÉNDICE J
ANÁLISIS DE VARIANZA (Pérdida de Peso)

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ $H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$			
periodo	media	desviación	n-1
0-10 min.	0,202%	0,207%	2
0-30 min.	0,760%	0,568%	6
valor crítico	19,3		
F	8,40		
CRITERIO DE DECISION		F > V_c	RECHAZA LA HIPOTESIS NULA
RESPUESTA:			
<i>Acepta la Hipótesis Nula, no existe variación entre los periodos experimentales</i>			

$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ $F = \frac{(0.568)^2}{(0.207)^2}$ $F = 7.529$

FUENTE: REALIZADO POR OMAR UVIDIA A.

APÉNDICE K
FRACCIÓN DE PÉRDIDA DE AGUA EN PORCIONES DE DORADO
DARDEN 6 ONZAS DURANTE D.O.



FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

APÉNDICE L
DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA a_w DEL DORADO FRESCO
POR MEDIO DE LA ECUACIÓN DE GROVER

Componente	Gramos	mi	Ei	Ei/mi
Agua	77,6	*	*	*
Proteína	20,5	3,79	1,30	0,34
Grasa	0,7	110,86	0,00	0,00
Carbohidratos	0		0,80	-
sal	0,165	470,30	9	0,019
			E°	0,36
<i>Por lo tanto, la a_w inicial del Pescado Fresco (Dorado) es:</i>				
a_w	0.999			

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA. A

APÉNDICE LL
DATOS PARA EL CÁLCULO DE a_w DE PORCIONES PROCESADAS EN UN
TIEMPO DE 5 MIN. (ECUACIÓN DE GROVER)

Balance de Materia				
	Inicio		Final	
	%	gramos	%	gramos
<i>Peso total</i>	100,0%	175,38	100,0%	<u>172,38</u>
<i>Agua</i>	77,6%	136,09	72,29%	124,61
<i>Proteína</i>	20,5%	35,95	20,5%	35,34
<i>Grasa</i>	0,7%	1,23	0,7%	1,21
<i>sal</i>	0,17%	0,00	0,739%	1,27
<i>ácido</i>	0,00%	0,00	0,27%	0,46
<i>Azúcar</i>	0,0%	0,00	5,50%	9,48
Aplicación de Ecuación de Grover				
Componentes	gramos	mi	Ei	Ei/mi
<i>Agua</i>	72,29	*	*	*
<i>Proteína</i>	20,50	3,526	1,3	0,369
<i>Grasa</i>	0,70	103,269	0	0,000
<i>Sal</i>	0,74	97,849	9	0,092
<i>Ácido</i>	0,27	271,839	2,5	0,009
<i>Azúcar</i>	5,50	13,141	1	0,076
			E°	0,546
			a_w	0,987

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

APÉNDICE M

PROPORCIÓN DE ÁCIDO NO DISOCIADO A DIFERENTES VALORES DE pH (valores expresados en %)

Ácido Orgánico	Valores de pH				
	3	4	5	6	7
Acético	98.5	84.5	34.9	5.1	0.54
Cítrico	53.0	18.9	0.41	0.006	<0.001
Benzoico	93.5	59.3	12.8	1.44	0.144
Láctico	86.6	39.2	6.05	0.64	0.064
Sorbico	97.4	82.0	30.0	4.1	0.48

FUENTE: ECOLOGÍA MICROBIANA DE LOS ALIMENTOS (22)

APÉNDICE N

ESPECTRO ANTIMICROBIANO DEL ÁCIDO ACÉTICO EN LOS MEDIOS DE CULTIVO

Concentración precisa de ácido no disociado para la inhibición de crecimiento de la mayor parte de cepas

Ácido Orgánico	Acético
Levaduras	0.5
Mohos	0.1
Enterobacteriaceae	0.05
Micrococcaceae	0.05
Bacillaceae	0.1

FUENTE: ECOLOGÍA MICROBIANA DE LOS ALIMENTOS (22)

Valores expresados como porcentaje en solución.

APÉNDICE Ñ
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS
PERMITIDOS PARA PESCA BLANCA FRESCA

Términos utilizados		
MNPC	Muy numerosas para contar	
Parámetros Microbiológicos Permitidos		
Aerobios Totales (ufc/g)	menor a	500x10 ³
Coliformes (ufc/g)	menor a	100
E. Coli (ufc/g)	Ausencia	
Mohos y Levaduras (ufc/g)	menor a	600
Staphilococcus (ufc/g)	Ausencia	
Salmonella (ufc/g)	Ausencia	
Enterobacterias (ufc/g)	menor a	10 ³

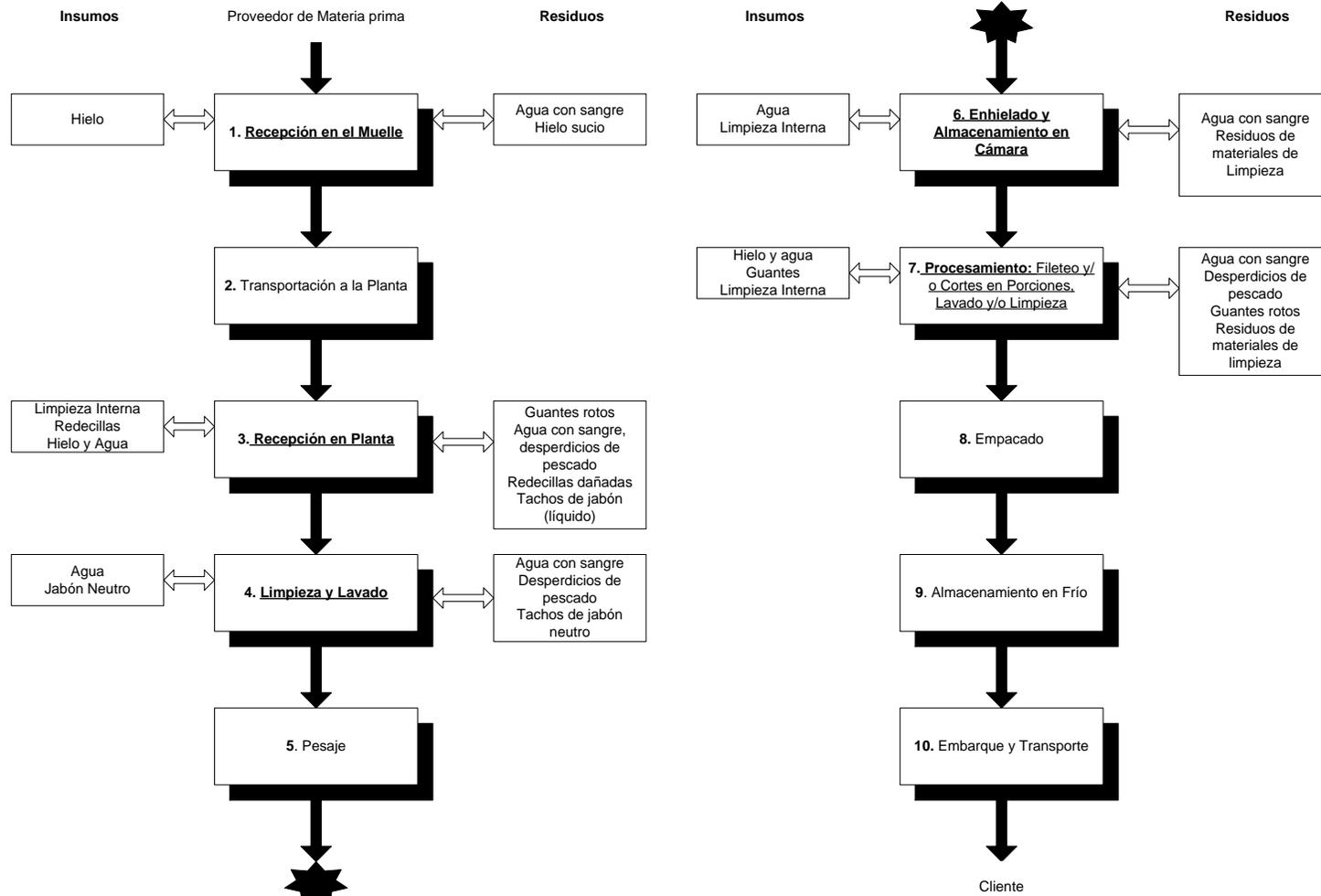
FUENTE: NORMAS FDA PARA PESCA BLANCA FRESCA (33)

APÉNDICE O
CRECIMIENTO MICROBIOLÓGICO EN PORCIONES FRESCAS DE DORADO

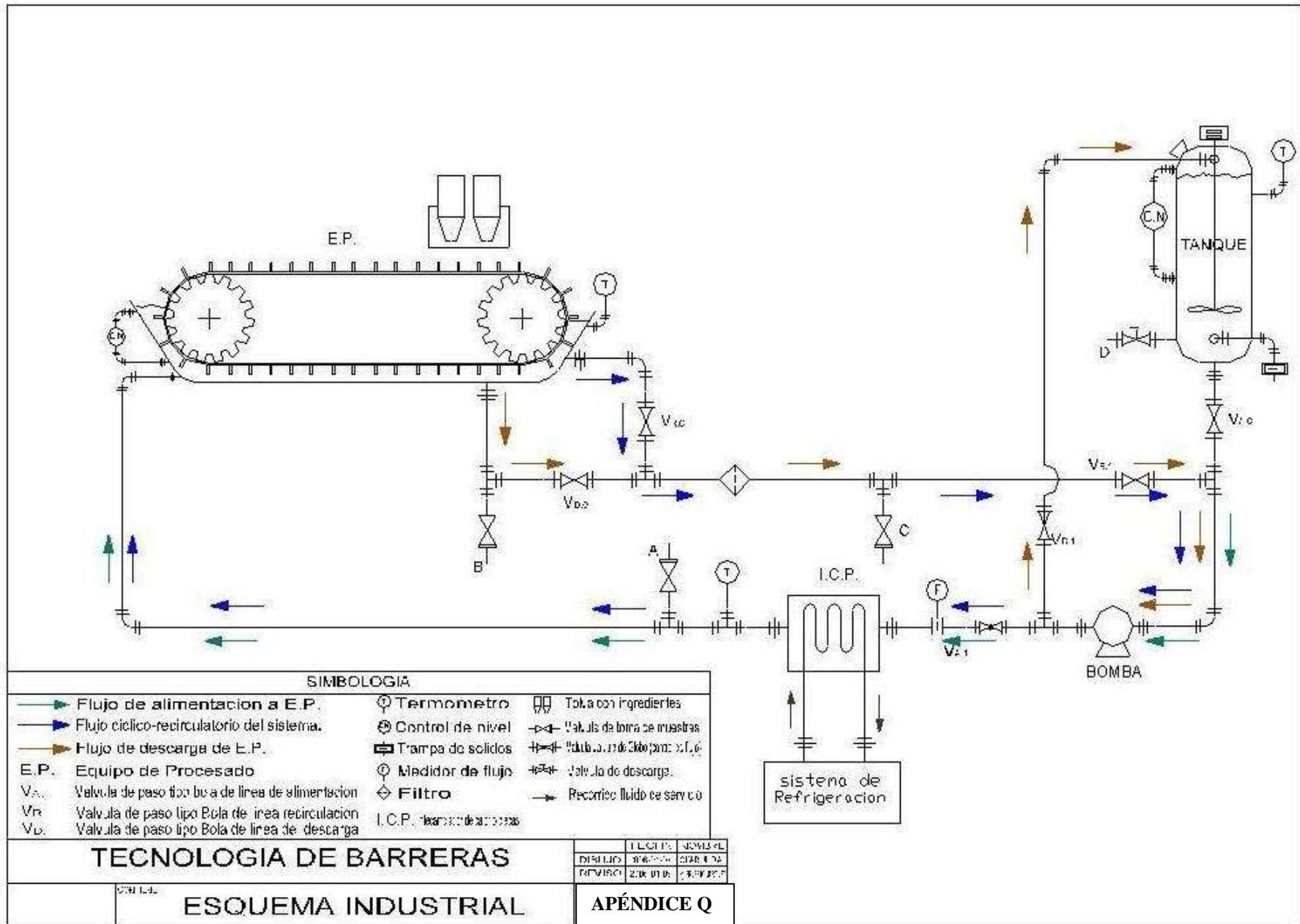
Tiempo de Almacenamiento (días)	Coliformes	E.Coli	Aerobios
	(ufc/g)	(ufc/g)	x 10³ (ufc/g)
0	2	0	11
2	1	0	24
4	11	0	24
5	14	0	31
6	28	0	36
8	168	0	165
9	173	0	MNPC
10	210	0	MNPC

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

APÉNDICE P
DIAGRAMA DE FLUJO - PORCIONES
REFRIGERADAS



FUENTE: ASOEXPEBLA (3)



APÉNDICE R
DEFINICIÓN DEL ARREGLO BASE

Matriz de Decisión para definir el arreglo base							
Posición de la porción en cada compartimiento					*Transversal		
# filas	# columnas	Porciones por minuto	Longitud mín. por arreglo (mm.)	Ancho mín. por arreglo (mm.)	Longitud mín. de 2da sección (m)	Ancho mín. de banda (m)	Superficie mín. de 2da. Sección (m ²)
4	4	16	332.64	687.0	1.66	0.69	1.14
6	3	18	498.96	515.3	2.5	0.52	1.29
3	6	18	249.48	1030.6	1.25	1.03	1.29
9	2	18	748.44	343.5	3.74	0.34	1.29
2	9	18	166.32	1545.8	0.83	1.55	1.29
5	4	20	415.80	687.0	2.08	0.69	1.43
4	5	20	332.64	858.8	1.66	0.86	1.43
10	2	20	831.60	343.5	4.16	0.34	1.43
2	10	20	166.32	1717.6	0.83	1.72	1.43
7	3	21	582.12	515.3	2.91	0.52	1.50
6	4	24	498.96	687.0	2.49	0.69	1.71
4	6	24	332.64	1030.6	1.66	1.03	1.71

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.

* Mayor dimensión de la canasta delimita el ancho de la cadena

APÉNDICE S
CADENA 5966: Accesorios

Descripción de la pieza	# de la pieza	Dimensiones "H" altura		"W" ancho	
		Pulg.	mm.	Pulg.	mm.
Aleta del empujador-F3	114-739	3	76		
Protector Lateral	114-741	3	76	3,7	93
	114-742				

FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA REXNORD (38).

APÉNDICE T

PROPIEDADES FÍSICAS DE COMPONENTES PUROS

Componente	Conductividad (W/m °C)	Densidad (Kg./m ³)	Calor específico (KJ/Kg. °C)
Sal	0,349	2419,591	1,12
Azúcar	0,221	1594,443	1,577
Ácido Acético	0,171	1050	1,99
Agua	0,596	996,382	4,176

FUENTE: HEATING AND COOLING PROCESSES FOR FOODS (40)

APÉNDICE U

HOJA DE CÁLCULO PARA RECONSTITUCIÓN DE S.O. REUTILIZADA

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS PARA S.O. REUTILIZADA					
Datos in situ			Tanque #	1	
Característica	Unidades	Valor in situ	Valor mínimo	Valor Medio	Valor máximo efectivo
Densidad	(kg./litro)	1,20	1,198	1,249	1,3
Cloruros	(% NaCl)	19,10%	19,10%	20,00%	20,90%
Sólidos Solubles	(% s.s.)	32,02%	38,20%	40,00%	41,80%
Acidez	(% ác. Acético)	0,535%	0,946%	1,000%	1,054%
Volumen	(litros)	55			
REQUERIMIENTOS PARA S.O. UTILIZABLE					
Característica	Unidades	Valor in situ	Valor medio	Valor máximo efectivo	
Volumen	litros	60			
Densidad	Kg./litro	1,249	1,249		1,3
Masa	Kg.	74,94			
Cloruros	% NaCl	20,0%	20,0%		20,9%
Sólidos Solubles	% s.s.	40,0%	40,0%		41,8%
Acidez	% ác. Acético	1,00%	1,000%		1,054%
Azúcares	% Sacarosa	20,00%	20,00%		20,90%
Humedad	% agua	59,0%	59,0%		57,1%
RECONSTITUCIÓN DE S.O.					
Ingredientes	Unidades	Valor Requerido	Característica	Unidades	Valor in situ
NaCl	Kg.	2,4051	Cloruros	(% NaCl)	20,00%
Sacarosa	Kg.	6,4765	Sólidos Solubles	(% s.s.)	40,00%
Ácido Acético	Kg.	0,3969	Acidez	(% ác. Acé.)	1,00%
Peso S.O.	Kg.	75,1574	Densidad	(kg./litro)	1,249
			pH		3

FUENTE: ELABORADO POR OMAR UVIDIA A.