

# HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE RESIDUOS DE ANCHOVETA Y ANCHOVETA ENTERA A NIVEL PILOTO Y CARACTERIZACIÓN DE SUS PRODUCTOS

## PILOT SCALE ENZYMATIC HYDROLYSIS OF ANCHOVY RESIDUES AND WHOLE ANCHOVY RAW MATERIAL AND CHARACTERIZATION ITS PRODUCTS

*Silvia Pandia, Armando Solari, Miguel Albrecht-Ruiz, Alberto Salas*

DGITTP. Instituto Tecnológico de la Producción.  
Carretera a Ventanilla km 5,2 Callao. spandia@itp.gob.pe

### RESUMEN

PANDIA S, SOLARI A, ALBRECHT-RUIZ M, SALAS A. 2013. *Hidrólisis enzimática de residuos de anchoveta y anchoveta entera a nivel piloto y caracterización de sus productos*. Bol. invest. Inst. tecnol. Prod. Perú 11: 21-28.-Se realizó la hidrólisis enzimática de residuos frescos de anchoveta y de anchoveta entera a escala piloto, los parámetros del proceso fueron de 53 °C, 60 min, relación agua: sustrato de 1:1 para ambos procesos, sin embargo la concentración de enzima empleada fue de 1,7 % para los residuos; mientras que para la anchoveta entera fue de 2,0 %. Luego del proceso se obtuvieron 3 fracciones: acuosa, grasa (lipídica) y una insoluble o precipitada. Los rendimientos de la fracción acuosa fueron de 58,8 % y 55,1 %, de la fracción grasa de 3,3% y 5,3%, de la fracción insoluble de 3,3% y 4,4%, y de los hidrolizados en polvo de 7,4% y 7,3% obtenidos a partir de residuos y de anchoveta entera, respectivamente. Los contenidos proteicos de los hidrolizados en polvo obtenidos de residuos y de anchoveta entera fueron 42,34% y 45,15%; y grasa de 1,31% y 2,97% respectivamente. Los aminoácidos de mayor contenido en ambos hidrolizados fueron la fenilalanina y el ácido glutámico, asimismo presentaron un color beige, olor y sabor ligero a pescado. Los resultados de los análisis microbiológicos indicaron que las muestras se encontraron dentro de los límites establecidos por el Ministerio de Salud. En la fracción lipídica los contenidos de EPA + DHA fueron 31,59 % y 30,3%; ácidos grasos libres de 5,32% y 2,35% expresado como ácido oleico; valor peróxido de 87,1 y 33,6 meq O<sub>2</sub> /kg muestra y anisidina de 275,29 y 137,21 en residuos y anchoveta entera, respectivamente.

PALABRAS CLAVE: hidrólisis enzimática, protamex, anchoveta, tricanter, hidrolizado en polvo.

### ABSTRACT

PANDIA S, SOLARI A, ALBRECHT-RUIZ M, SALAS A. 2013. *Pilot scale enzymatic hydrolysis of anchovy residues and whole anchovy raw material and characterization its products*. Bol. invest. Inst. tecnol. Prod. Perú 11: 21-28.-Enzymatic hydrolysis at pilot scale was performed on anchovy residues and whole anchovy from good freshness raw material. Process parameters were 53 °C, 60 min, ratio water: substrate of 1:1 for both, however the enzyme concentration employed for anchovy residues was 1,7%, while for whole anchovy it was 2,0%. After the process 3 fractions were obtained: water soluble, fat and nonsoluble. Yields for water soluble fraction were 58,8% and 55,1%, for fat fraction 3,3% and 5,3%, for nonsoluble fraction 3,3% and 4,4%, and for hydrolysed powders 7,4% and 7,3% when obtained from residues and whole anchovy, respectively. Protein contents of the hydrolyzed powder obtained from residues and whole anchovy were 42,34% and 45,15 %, and 1,31% and 2,97% for fat, respectively. Among amino acids, phenylalanine and glutamic acid content were the highest in both hydrolysates which showed a beige color, light fishy odor and flavor. The results of the microbiological tests indicated that samples were within the limits established by the Health Ministry. In the fat fraction, EPA + DHA contents were 31,59% and 30,3%, free fatty acid content 5,32%

and 2,35%, expressed as oleic acid, peroxide value of 87,1 and 33,6 meq O<sub>2</sub>/kg sample and anisidine of 275,29 and 137,21 in residues and whole anchovy, respectively.

KEYWORDS: Enzymatic hydrolysis, protamex, anchovy, tricanter, hydrolysate powder.

## INTRODUCCIÓN

En la industria anchovetera, la captura es destinada en gran parte para la elaboración de harina de pescado, no obstante, el procesamiento para enlatados ha registrado un incremento sostenido (PRODUCE 2013) siendo el rendimiento en HG aproximadamente 60 % (ITP 1996). En el periodo de enero a junio del año 2012 se registró un desembarque de 26 761 t de anchoveta para la elaboración de conservas, considerando el rendimiento, los residuos generados ascendieron a 10 704 t en ese año.

Una propuesta del Proyecto es el uso de estos residuos que permitiría el aprovechamiento de una fuente rica en proteínas. Uno de los métodos de recuperación de proteínas es la hidrólisis enzimática, que implica el uso de enzimas comerciales las cuales rompen los enlaces peptídicos en el interior de las cadenas polipeptídicas. El pH, tiempo, proporción enzima/ sustrato y temperatura influyen en la actividad de la enzima haciendo que el proceso sea más controlable (DINIZ & MARTIN 1997).

El interés y los estudios sobre hidrólisis enzimática de residuos de pescado se han incrementado desde la década pasada dado que la biomasa de origen marino provee proteínas con buenas propiedades nutricionales y un buen perfil de aminoácidos esenciales (DINIZ & MARTIN 1997, BENJAKUL & MORRISEY 1997). Por ello, se ha sugerido el uso de hidrolizados proteicos en polvo en la inclusión de diversas fórmulas alimenticias, en productos tradicionales tales como productos de panadería, enlatados, alimentos preparados o salsas así como por ser fuente de péptidos bioactivos (RAVALLEC-PLÉ et al. 2001) por sus propiedades funcionales y nutricionales (SATHIVEL et al. 2005) y como saborizantes (SHAHIDI et al. 1995).

El objetivo de este trabajo fue determinar los parámetros óptimos para el proceso de hidrólisis enzimática de residuos frescos y en anchoveta entera a nivel de planta piloto. y realizar la caracterización de la fracción soluble deshidratada y del aceite de la fracción lipídica obtenida.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Materia prima:

Se empleó anchoveta entera (*Engraulis ringens*) proveniente del Puerto del Callao y residuos frescos (cabezas, vísceras, colas y material de descarte) de la planta de procesamiento de enlatados de la empresa Pesquera 2020. La anchoveta entera en cremolada fue almacenada en cámaras de refrigeración hasta su procesamiento y los residuos obtenidos se mantuvieron en hielo en contenedores isotérmicos hasta su uso. La temperatura en ambos casos fue  $\leq 3$  °C.

### Proceso de hidrólisis a escala piloto:

Los residuos y la anchoveta entera fueron molidos por separado, pesados y alimentados a un cocinador continuo, la cocción fue realizada en el rango de 75-80 °C durante 15-20 min con la finalidad de inactivar las enzimas endógenas a fin de tener un control total de la reacción enzimática. Luego la mezcla fue transportada al tanque de hidrólisis y se agregó agua para conseguir una relación agua: sustrato de 1:1, se agregó la enzima según la cantidad de materia prima se controló la temperatura ( $\approx 53$  °C) con un sensor durante 60 min.

Luego se filtró el contenido del tanque en un tamiz cilíndrico de acero inoxidable (Mesh N° 20) y se inactivó la enzima a 85-90 °C por 20 min. La mezcla se bombeó a la Tricanter para obtener las fracciones: soluble en agua (acuosa), insoluble y lipídica.

Los resultados de trabajos preliminares reportaron valores óptimos con GH entre 15 % y 16 %. En base a ello se trabajó con concentraciones de enzima de 1,7 % para la hidrólisis de los residuos y con 2,0 % para la hidrólisis de anchoveta entera combinados con 5 niveles de tiempo (30, 45, 60, 75 y 90 minutos).

La fracción soluble fue secada por atomización utilizando maltodextrina (hidrolizado). La fracción insoluble fue almacenada; y la fracción lipídica fue caracterizada.

### Métodos analíticos:

Se realizaron los siguientes análisis: composición proximal de anchoveta entera, residuos e hidrolizados secados por atomización según la FAO (1986), el grado de hidrólisis por espectro-

fotometría (DUMAY *et al.* 2004). A los hidrolizados en polvo se les determinó la Aw (con un Aqualab, marca DECAGON DEVICES, Pullman, WA, USA); color (con el colorímetro DENSHOKU), histamina (Norma Chilena Oficial 2001), pesos moleculares (cromatografía de filtración en gel según la AOAC 2005), aminoácidos (AOAC 2005), la numeración de mohos y levaduras (FDA 1995), *Staphylococcus aureus* (ISO 1999), *Salmonella* (ISO 2002), *Escherichia coli* (ISO 2005), los microorganismos aerobios mesófilos viables según ICM-SF (1983) y la determinación de enterobacterias según la ISO (1993), la determinación de plomo y cadmio por espectroscopia de absorción atómica, técnica de llama (Metodología BOE 1991), el perfil de ácidos grasos se determinó mediante cromatografía de gases (Prevot 1976), los ácidos grasos libres y el valor peróxido se determinaron por el método AOAC (2005), y el índice de anisidina según la NTP (1983).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de la materia prima

La anchoveta utilizada en este trabajo presentó un peso promedio de 25,0 g, una longitud promedio total de  $15,0 \pm 0,5$  cm, con valores de histamina  $\leq 10$  mg/kg y una calificación sensorial aceptable.

Tabla 1.- Composición proximal (%) de residuos y anchoveta entera

	Residuos de anchoveta	Anchoveta entera
Proteína cruda	$13,12 \pm 0,47$	$16,52 \pm 0,40$
Grasa cruda	$7,23 \pm 0,63$	$9,39 \pm 1,92$
Cenizas	$5,56 \pm 0,20$	$3,37 \pm 0,27$
Humedad	$75,11 \pm 0,01$	$71,31 \pm 1,56$

Se observa en la Tabla 1 que los porcentajes de proteína y grasa en la anchoveta entera fueron mayores que en los residuos debido a la presencia de músculo que aporta un considerable contenido proteico y a que los lípidos se encuentran distribuidos principalmente en el músculo y debajo de la piel, el contenido de humedad y cenizas fue mayor en los residuos que en la anchoveta entera debido a la mayor proporción de cabezas.

### Fraciones obtenidas

La fracción lipídica estuvo compuesta por aceite y emulsión. La emulsión es un producto no deseable después de la hidrólisis y se forma debido al calentamiento inicial de la materia

prima el cual llevó a la formación de complejos proteína-lípido. ŠLIŽYTE *et al.* 2005, encontraron que el calentamiento de los residuos crudos y el agua agregada tuvo una influencia significativa en el aceite y la emulsión obtenida luego la hidrólisis en residuos de bacalao, reportaron que una mayor extracción de aceite y menor formación de emulsión fue obtenida usando enzima sin adición de agua. La emulsión también depende de la cantidad de lípidos, un alto contenido de éstos en la materia prima conllevó a la formación de emulsión y complejos de proteína-lípido, así como a la reducción de la solubilización de las proteínas. ASPMO *et al.* (2005) señala que en la hidrólisis de vísceras de bacalao con lecitasa, el calentamiento inicial aumentó la cantidad de aceite separado mientras que las materias primas hidrolizadas sin calentamiento inicial dieron una menor cantidad de aceite y una mayor cantidad de emulsión.

La fracción soluble obtenida en el presente trabajo tuvo un contenido de sólidos totales de 6 a 7 %. El agua agregada facilitó la hidrólisis enzimática para obtener una mayor cantidad de proteínas solubilizadas. ŠLIŽYTE *et al.* 2004 concluyó que la relación agua: sustrato desempeñó un papel clave en los rendimientos de proteínas recuperadas de la hidrólisis de residuos de bacalao.

### Rendimiento de fracciones

Los rendimientos de las fracciones solubles fueron: 58,8 % y 55,1%; precipitadas: 3,3 % y 4,4 %; lipídica: 4,0 % y 5,3 % para los residuos y la anchoveta entera respectivamente.

El rendimiento de la fracción soluble de residuos después del secado fue de 7,4 % y de anchoveta entera fue de 7,3 %. MOHR citado por ŠLIŽYTE *et al.* (2005) señaló que durante el calentamiento a la temperatura de hidrólisis, las proteínas sarcoplasmáticas pueden ser desnaturalizadas y precipitar. Esto es más evidente cuando el material crudo es calentado antes de la hidrólisis a fin de inactivar las enzimas endógenas. Las proteínas desnaturalizadas aparentemente son resistentes a la ruptura enzimática (CHEFTEL 1985), consecuentemente sólo una pequeña parte de las proteínas desnaturalizadas serán solubilizadas durante la hidrólisis enzimática. Las interacciones hidrofóbicas entre los péptidos o asociación de polipéptidos durante la inactivación enzimática por calor (MUTILANGI *et al.* 1999 citado por ŠLIŽYTE *et al.* 2005) puede reducir la habilidad de la enzima para hidrolizar las proteínas disminuyendo el rendimiento del hidrolizado de pescado. Además, la inactivación ini-

cial de las enzimas endógenas puede también ser aplicada para evitar o reducir la formación de péptidos amargos (GILDBERG 1993 citado por ŠLIŽYTE et al. 2005).

### Grado de hidrólisis

Tabla 2.- Grados de hidrólisis (%) de los residuos y de la anchoveta entera

Tiempo (min)	Residuos de anchoveta (1,7% enzima)	Anchoveta entera (2,0% enzima)
30	13,0 ± 0,15	11,8 ± 0,34
45	15,2 ± 0,20	12,0 ± 0,18
60	15,9 ± 0,14	16,5 ± 0,15
75	17,8 ± 0,25	17,2 ± 0,31
90	18,9 ± 0,10	19,3 ± 0,12

En la Tabla 2, se observa que en ambos sustratos hubo una relación directa entre el grado de hidrólisis (GH) y el tiempo.

### Composición proximal de los hidrolizados en polvo con maltodextrina

Tabla 3.- Composición proximal (%) de hidrolizados

Componente	Residuos de anchoveta (HRA)	Anchoveta entera (HAE)
Humedad	5,40 ± 1,97	5,30 ± 1,09
Proteína Cruda	42,34 ± 0,49	45,15 ± 1,55
Grasa Cruda	1,31 ± 1,20	2,97 ± 1,34
Cenizas	6,44 ± 0,64	6,75 ± 0,69
Maltodextrina *	44,51	39,83

\*: Obtenida por diferencia

En la Tabla 3 se observa el valor de proteína más alto en HAE que el HRA, los valores de grasa fueron bajos respecto al de la materia prima en ambos hidrolizados lo cual podría contribuir a la estabilidad contra la oxidación lipídica en almacenamiento (SHAHIDI et al. 1995. KRISTINSSON & RASCO (2000) quienes realizaron trabajos similares reportaron valores altos (de 71,7% a 88,4%) de contenido proteico y contenido de lípidos bastante bajos (0,18% a 0,39%) en los hidrolizados de salmón del atlántico (*Salmo salar*)

### Contenido de histamina

Los contenidos de histamina en hidrolizados en polvo fueron 85 mg/kg y 6 mg/kg para los productos obtenidos a partir de residuos y anchoveta entera, respectivamente, valores menores al contenido máximo

permisible exigido por el REGLAMENTO C.E. N° 1441 (100 mg/kg).

### Actividad de agua (Aw) y color de los hidrolizados en polvo

Los valores de Aw fueron 0,30 y 0,31 en HAE y HRA respectivamente, disminuyendo la probabilidad de deterioro por microorganismos del producto durante el almacenamiento.

El color de ambos hidrolizados fue beige con valores de  $L^*=71,8$   $a^*=2,6$  y  $b^*=25,7$  para el HAE y valores de  $L^*=74,0$   $a^*=2,2$  y  $b^*=22,8$  para el HRA, siendo más claro el de los residuos ( $L^* = 74,0$ ).

### Distribución de los pesos moleculares

Tabla 4.- Distribución de pesos moleculares (MW %) de hidrolizados

Peso molecular (Da)	HRA	HAE
MW > 7200	3,2 ± 0,1	2,8 ± 0,4
7200 > MW > 5400	2,2 ± 0,1	1,8 ± 0,1
5400 > MW > 3000	6,5 ± 0,2	5,5 ± 0,2
3000 > MW > 2100	6,6 ± 0,2	6,4 ± 0,2
2100 > MW > 1000	16,1 ± 0,2	17,5 ± 0,6
1000 > MW > 460	24,2 ± 0,2	28,7 ± 0,5
460 > MW > 260	10,3 ± 0,1	15,5 ± 0,2
MW < 260	30,0 ± 0,4	20,9 ± 0,5

Considerando que el peso molecular promedio de un aminoácido es de 120 Da, se tiene que ambos hidrolizados estuvieron constituidos por péptidos con 9 o menos aminoácidos (alrededor de 65% por debajo de 1000 Da) y con al menos 20% de dipéptidos lo cual ilustra un nivel bastante alto de la proteólisis (Tabla 4). De manera opuesta, se detectaron muy pocos péptidos grandes (alrededor de 3% mayor que 7200 Da). Se sabe que cuando los péptidos son más pequeños, su absorción por el tracto intestinal será más alta (BERGÉ 2012). La longitud de cadena de los péptidos depende del GH, las propiedades como la capacidad emulsificante y el amargor dependen en parte del tamaño molecular (MOHR 1980 citado por GBOGOURI et al. 2004, WASSWA et al. 2007).

### Análisis de aminoácidos

La Tabla 5 muestra que el contenido de aminoácidos esenciales de los hidrolizados fueron similares. ABDUL-HAMID et al. 2002

citados por XAVIER DA SILVA 2010 comentaron que el uso de temperaturas elevadas en el secado por atomización afecta el perfil de todos los aminoácidos esenciales excepto la metionina.

Tabla 5.- Composición de aminoácidos esenciales y no esenciales (g/100 g) en hidrolizados

Aminoácido	HRA	HAE
Histidina*	1,93	1,05
Isoleucina*	1,78	1,76
Leucina*	2,73	3,00
Lisina*	1,66	1,66
Metionina*	0,96	1,05
Fenilalanina*	3,65	3,65
Tirosina	1,00	1,03
Treonina*	1,24	1,48
Triptófano*	0,35	0,30
Valina*	1,75	1,82
Ácido aspártico	2,91	3,52
Ácido glutámico	5,68	6,56
Prolina	1,89	1,68
Arginina	5,27	5,64
Alanina	0,99	1,17
Glicina	3,07	2,64
Serina	1,29	1,54

\* Aminoácidos esenciales

De acuerdo a la Tabla 5, entre los aminoácidos esenciales, la fenilalanina es el que se encuentra en mayor cantidad (3,65 g/100 g) en ambos hidrolizados. Una de las características de este aminoácido es que es componente de un dipéptido, el aspartamo, un edulcorante bajo en calorías (LEE 2000). Otra cualidad es que en el organismo se transforma en tirosina, de modo que ésta se puede sustituir en la alimentación por la fenilalanina,

el aminoácido que se encuentra en mayor cantidad después de la fenilalanina es la leucina, éste aminoácido se usa en el hígado, tejido adiposo, y tejido muscular, en los últimos, se usa para la formación de esteroides (BELITZ 1997).

Los aminoácidos no esenciales presentes en mayor cantidad fueron el ácido glutámico y la arginina. El primero es usado principalmente como potenciador del sabor, mientras que la arginina es uno de los aminoácidos más importantes que participan en la síntesis de proteínas y otras funciones fisiológicas tales como la desintoxicación y la conversión de energía (CAO et al. 2008). Asimismo NIITYNEN et al. (1999) citado por OVISSIPOUR et al. (2010) mencionan que juega un papel importante en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares.

#### Análisis microbiológicos

Los resultados del análisis microbiológico muestran que los hidrolizados en polvo cumplen con los criterios microbiológicos establecidos por Minsa/Digesa (Tabla 6).

#### Metales pesados- Plomo y Cadmio

Los metales se acumulan en concentraciones más altas en las branquias y en el tracto digestivo en comparación con el tejido muscular (YILMAZ citado por OROS & GOMOIU 2011). En el HRA y HAE el contenido de Pb fue de 0,10 y 0,12 mg/kg y de Cd fue 0,54 y 0,32 mg/kg muestra, respectivamente.

Cabe mencionar que el nivel de seguridad toxicológica de Pb y Cd establecido por el JECFA 2001, es de 25 y 7 µg /kg peso corporal /semana; en el caso de un niño entre 10-12 años con un peso corporal de 32,5 kg el nivel tolerable de Pb y Cd sería de 0,81 y de 0,23 mg/semana.

Tabla 6.- Análisis microbiológico de los hidrolizados proteicos

Ensayo	HRA	HAE	Límite / g (Digesa)	
			m	M
Aerobios mesófilos	74x10 UFC/g	69x10 UFC/g		
Mohos y levaduras	M: < 10 UFC/g L: 30 UFC/g	M: 10 UFC/g L: 50 UFC/g	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
Enterobacterias	< 1,0 x 10 UFC/g	< 1,0 x 10 UFC/g	10	10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella</i>	Ausencia/25 g	Ausencia /25 g	Ausencia /25 g	-----
<i>Staphylococcus sp.</i>	< 100 UFC/g	< 100 UFC/g		
<i>Escherichia coli</i>	< 20 NMP/100 g	< 20 NMP /100 g		

## Cromatografía de ácidos grasos

Tabla 7.- Composición de ácidos grasos poliinsaturados (g/100g) en aceites

Ácidos Grasos	HRA	HAE
C 14:0 (Mirístico)	9,00	8,59
C 16:0 (Palmítico)	20,39	19,68
C 16:1 (Palmitoleico)	9,00	8,79
C 18:0 (Estearico)	4,03	3,84
C 18:1 w-9 (Oleico)	8,93	10,11
C 18:1 w-7 (Vaccénico)	2,82	2,77
C 18:4 w-3 (Estearidónico)	2,75	2,63
C 20:5 w-3 (Eicosapentaenoico)	17,03	17,23
C 22:5 w-3 (Clupadónico)	2,02	2,19
C 22:6 w-3 (Docosahexaenoico)	14,56	13,13
Total ácidos grasos	95,06	94,57
Saturados	34,76	34,39
Monoinsaturados	21,18	22,23
Poliinsaturados	39,12	37,95
Omega 3	36,93	35,72
Omega 6	2,19	2,10
Omega 9	9,36	10,67

Los ácidos grasos saturados en el aceite de residuos de anchoveta y anchoveta entera fueron similares (Tabla 7). El contenido de ácidos grasos insaturados fue de aproximadamente 60 %. PIGOTT (1993) citado por DAUKŠAS *et al.* (2005) señala que las más altas concentraciones de EPA y DHA son encontradas generalmente en las partes del pescado que son principalmente descartadas (componentes viscerales y recortes).

### Valor peróxido (POV), ácidos grasos libres (AGL) e Índice de anisidina (IA)

El contenido de ácidos grasos libres en el aceite proveniente de HRA y HAE fue de 5,32 y 2,35 % ácido oleico respectivamente, encontrándose dentro del rango permisible para aceite crudo de pescado de 1-7 % ácido oleico (SHAHIDI 2010).

Los POV de los aceites HRA y HAE fueron de 87,1 y 33,6 meq O<sub>2</sub>/kg muestra, respectivamente, valores mayores al rango permisible de 3-20 meq O<sub>2</sub>/kg aceite crudo (SHAHIDI 2010), pueden deberse al alto nivel de productos de oxidación causado por las altas temperaturas de trabajo y el tiempo transcurrido durante la hidrólisis, etc.

Los valores de IA obtenidos fueron de 275,29 y 137,21 en los aceites de HRA y HAE, respectivamente siendo mayores al

límite establecido de 4-60 para aceites crudos según SHAHIDI (2010). Estos valores indican la cantidad de productos de la oxidación secundaria producidos durante la extracción enzimática del aceite. Los peróxidos en un aceite oxidado son transitoriamente intermediarios, luego estos se descomponen en varios carbonilos y otros compuestos; también, es probable que los productos de la descomposición de los hidroperóxidos puedan catalizar posteriores reacciones o descomponer los productos originando olores y sabores rancios (SHAHIDI, 2010).

## CONCLUSIONES

1. Los parámetros del proceso de hidrólisis enzimática de residuos frescos y de anchoveta entera para la obtención de las fracciones: soluble (acuosa), lipídica y precipitada fueron: 53 °C, 60 min, relación agua sustrato de 1:1. La cantidad de enzima fue de 1,7 % y 2% para los HRA y HAE.
2. El rendimiento del hidrolizado soluble de residuos de anchoveta (58,8 %) fue mayor que el de anchoveta entera (55,1 %). El rendimiento de los hidrolizados en polvo fueron similares; mientras que el rendimiento de las fracciones lipídica y precipitada fue mayor en el HAE (5,3 % y 4,4 %) que el HRA (3,3 % y 3,3 %) respectivamente.
3. El contenido de proteína del hidrolizado en polvo de residuos de anchoveta fue de 42,34 % y el de anchoveta entera de 45,15 %, en ambos hidrolizados el aminoácido esencial fenilalanina y el no esencial ácido glutámico estuvieron en mayor porcentaje. Ambos hidrolizados en polvo presentaron un alto contenido de péptidos de bajo peso molecular (65 % menor a 1000 Da).
4. El porcentaje de ácidos grasos libres (5,32 y 2,35 %) en los aceites de las fracciones lipídicas obtenidas estuvo dentro del límite establecido para aceites crudos, mientras que los índices de peróxido y anisidina pasaron los límites establecidos.
5. Los resultados del análisis microbiológico en ambos hidrolizados mostraron que los productos hidrolizados presentan una baja carga microbiana y ausencia de patógenos, estando dentro de los rangos establecidos para consumo humano directo.

## RECOMENDACIONES

Los hidrolizados de proteína de anchoveta y residuos de anchoveta pueden servir potencialmente como una buena fuente de péptidos y aminoácidos deseables. Los resultados obtenidos en los hidrolizados de anchoveta entera sugieren el uso de éstos productos en diversas fórmulas alimenticias.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del proyecto "Producto soluble proteico proveniente de la hidrólisis del residuo fresco de anchoveta *Engraulis ringens*, apta para consumo humano para un mercado industrial con enfoque social", fue ejecutado por la Empresa Pesquera 2020 SAC, en conjunto con la ONG Futuro Sostenible y el Instituto Tecnológico de la Producción (ITP), gracias al cofinanciamiento del Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología (FINCyT).

## REFERENCIAS

1. AOAC. 2005. Official Methods of Analysis, 18th edition.
2. ASPMO SI, HORN SJ, EIJSINK VGH. 2005. Enzymatic hydrolysis of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) viscera. *Process Biochemistry* (40):1957-1966.
3. BELITZ HD. 1997. Química de los alimentos. Editorial Acribia. Segunda Edición
4. BENJAKUL S, MORRISSEY M. 1997. Protein hydrolysates from Pacific whiting solid wastes. *J. Agric. Food Chem* (45): 3424- 3429.
5. BERGE JP. 2012. Consultoría para el Proyecto Producto soluble proteico proveniente de la hidrólisis del residuo fresco de anchoveta, *Engraulis ringens*, apta para consumo humano para un mercado industrial con enfoque social
6. CAO W, ZHANG C, HONG P, JH. 2008. Response surface methodology for autolysis parameters optimization of shrimp head and amino acids released during autolysis. *Food Chem* (109): 176-183.
7. CHEFTEL JC, CUQ JL, LORIENT D. 1989. Proteínas alimentarias: bioquímica, propiedades funcionales, valor nutricional, modificaciones químicas. Editorial Acribia. Zaragoza. 346 p.
8. DAUKŠAS E, FALCH E, SLIZYTE R, RUSTAD T. 2005. Composition of fatty acids and lipid classes in bulk products generated during enzymic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products. *Process Biochemistry* (40): 2659-2670.
9. DINIZ F, MARTIN A. 1997. Optimization of nitrogen recovery in the enzymatic hydrolysis of dogfish (*Squalus acanthias*) protein. Composition of the hydrolysates. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* (48): 191 -200.
10. DUMAY J, BARTHOMEUF C, BERGE JP. 2004. How Enzymes May Be Helpful for Upgrading Fish By-Products: Enhancement of Fat Extraction. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. Vol. 13(2).
11. FDA. 2001. Yeasts, Molds and Mycotoxin. *Bacteriological Analytical Manual on Line*. Chapter 18 8 th Edition. (item a-c). Revision A, 1995. pág.1-4.
12. ICMSF.1983. Microorganismos de los alimentos. Enumeración de microorganismos aerobios. Método de recuento en placa. pp. 117.
13. INDECOPI. 1983. NTP 209.217. Método de determinación del índice de anisidina.
14. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN.1996. Compendio Biológico Tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú. Lima - Perú.
15. ISO 7402: 1993. General guidance for the enumeration of *Enterobacteriaceae* without resuscitation colony - count technique.
16. ISO 6888-1: 1999 Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive Staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species). Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium.
17. ISO 6579: 2002. Microbiología de los alimentos para consumo humano y alimentación animal - método horizontal para la detección de *Salmonella* spp.
18. ISO/TS 1664 9-3: 2005. Método horizontal para la enumeración de *E. coli*  $\beta$ - glucuronidasa positivo. Parte 3: Técnica del Número Más Probable usando 5-bromo-4-cloro-3-indol  $\beta$ -glucuronidasa.
19. JOINT FAO/WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES (JECFA). 2001. Fifty-seventh meeting, Rome, 5-14 June 2001. Summary and Conclusions. Disponible en: <http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/en>
20. KRISTINSSON HG, RASCO BA. 2000. Biochemical and functional properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle proteins hydrolyzed with various alkaline proteases. *Journal Agric Food Chemistry* (48): 657-66.
21. LEE B. 2000. Fundamentos de Biotecnología de los alimentos. Editorial Acribia. 3ª ed. 454 p.
22. LEHNINGER A. 2000. Principios de Bioquímica. 3ª ed. Barcelona. 1013 p.
23. METODOLOGÍA DE BOE 5 DE AGOSTO DE 1991. (num195) (orden 2 de agosto 1991: 2072).
24. MINSANTS N° 071-V.01.1998. Norma sanitaria sobre criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.

25. NORMA CHILENA OFICIAL. 2001. Productos hidrobiológicos- Determinación de histamina y otras aminas biogénicas NCh 2637-Método HPLC con detector UV.
26. OROS A, GOMOIU MT. 2011. Heavy metals in the components of the romanian black sea shelf ecosystem – an overview for the last decade.
27. OVISSIPOUR M, BENJAKUL S, SAFARI, R, MOTAMEDZADEGAN A. 2010. Fish protein hydrolysates production from yellowfin tuna *Thunnus albacares* head using Alcalase and Protamex. *Int Aquat Res* 2: 87-95.
28. PREVOT G, MORDRET M. 1976. Utilisation des colonnes capillaires de verre pour l'analyse des corps gras par chromatographie en phase gazeuse. *Revue Française des Corps Gras*. 23 anne, N° 7-8.
29. PRODUCE. (Online). Estadísticas. Disponible en: [http://www.produce.gob.pe/index.php / estadistica/desembarque](http://www.produce.gob.pe/index.php/estadistica/desembarque). (Acceso 11 de febrero del 2013).
30. RAVALLEC-PLÉ R, CHARLOT PIRES C, BRAGA V, BATISTA I, VAN WORMHOUDT A, LE GALL, FOUCHEREAU-PÉRON M. 2001. The presence of bioactive peptides in hydrolysates prepared from processing waste of sardine. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (81):1120- 1125.
31. REGLAMENTO (CE) N° 1441/2007 de la Comisión, del 5 de diciembre de 2007 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios.
32. SATHIVEL S, SMILEY S, PRINYAWIWATKUL W. 2005. Functional and nutritional properties of red salmon (*Oncorhynchus nerka*) enzymatic hydrolysates. *Journal Food Science*. (70): 401-406.
33. SHAHIDI F, HANG XQ, SYNOWIECKI J. 1995. Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). *Food Chemistry* (53): 285-293.
34. SHAHIDI F. 2010. *Bailey's industrial oil and fat products*. Sexta Edición.
35. ŠLIŽYTE R, DAUKŠAS E, FALCH E, STORRO I, RUSTAD T. 2005. Yield and composition of different fractions obtained after enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products. *Process Biochem*, (40):1415-24.
36. ŠLIŽYTE R, VAN NGUYEN E, RUSTAD T, STORRO I. 2004. Hydrolysis of Cod (*Gadus morhua*) By-Products: Influence of Initial Heat Inactivation, Concentration and Separation Conditions
37. WASSWA J, TANG J, GU X, YUAN X. 2007. Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of protein hydrolysate from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin. *Food Chemistry* (104):1698-1704.
38. XAVIER DA SILVA J. 2010. Produção e caracterização de hidrolisado protéico provenientes de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*).