



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS**



**“EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE HIDROLIZADOS  
PROTEICOS DE PESCADO (BIOCP® Y ACTIVIUM®) EN LA DIETA DE  
PREINICIO PARA POLLOS BROILER, A TRAVÉS DE LA  
DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS”**

**ARI TANIA WORTZMAN MORETTI**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Fomento de la  
Producción Animal

**PROFESOR GUÍA: SERGIO CORNEJO**

**Financiamiento: INNOVA BIO BIO N° 06-IE-SI-86 (2007)**

**SANTIAGO, CHILE  
2010**

## RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el efecto de inclusión en la dieta de Preinicio (1-15 días de edad) de pollos broiler con distintos hidrolizados proteicos de pescado (Activium®), sobre los rendimientos productivos y económicos. Este estudio fue llevado a cabo durante 35 días con 630 pollos broiler machos divididos en 30 corrales. Se formuló y usó una dieta control en base a Maíz-Soya (M-S). Todas las dietas fueron formuladas isoproteicas e isoenergéticas, sólo se diferenció en la incorporación de distintos hidrolizados proteicos de pescado (BioCP®, EP-119, EP-120, EP-125 y EP-129). Los pollos fueron alimentados con las dietas experimentales desde la eclosión hasta los 15 días de edad. Luego, todos los pollos fueron alimentados con las mismas dietas según período (Inicio, Intermedio y Final) y requerimientos nutricionales de la línea genética utilizada (Ross 308). Al final del estudio no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ), entre los tratamientos, para los indicadores productivos peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia e índice de eficiencia productiva. Existieron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos para los indicadores productivos antes señalados, sólo en los períodos iniciales del ciclo. La mortalidad se consideró dentro de los rangos esperables para los estándares de la línea genética utilizada. Al final del estudio (29-35 días), no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos, en el indicador económico margen bruto. Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos, en el indicador económico de costo alimentario de la ganancia de peso, resultando el tratamiento EP-120 el de menor costo. Por lo tanto, se concluyó que más estudios son necesarios en esta área, con respecto al uso de hidrolizados proteicos de pescado como ingrediente en las dietas para pollos broiler.

## SUMMARY

In this experiment, to assess the potential effect of dietary inclusion of fish protein hydrolysates (Activium®) in starter diet (1-15 days old) on production and economic yields. This study was carried out in an 35 days feeding trial with 630 broiler chicks divided into 30 pens. A corn-soy (C-S) based diet was formulated and used as control diet. All experimental diets were isonitrogenous and isoenergetics, the only difference was the addition of different fish protein hydrolysates (BioCP®, EP-119, EP-120, EP-125 and EP-129). Birds were fed with experimental diets from hatch to day 15. After that, all birds were fed with the corresponding same diets according age (Initial, Intermediate and Final) and nutritional requirement for genetic line (Ross 308). The data showed no statistical difference ( $p > 0,05$ ) among treatments on productive indicators feed intake, feed conversion ratio, final weight and productive efficiency index at the end of the experiment. During initials periods (1-15 and 16-22 days) of the production cycle showed significant difference ( $p \leq 0,05$ ) among treatments on productive indicators aforementioned. The mortality through the trial was low and according to genetic line. At the final period (29-35 days), there was no significant difference ( $p > 0,05$ ) in economic indicator of gross margin. However, there were significant differences ( $p \leq 0,05$ ) among treatments for economic indicator of cost of feed for weight gain, the EP-120 treatment had the lowest cost. Therefore, it was concluded that more studies are required in this area, regarding the use of fish protein hydrolysates as feed ingredient for broiler chicks.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen.....	i
Summary.....	ii
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisión Bibliográfica.....</b>	<b>2</b>
2.1.    Producción de Carne de Broiler: Aspectos Generales Internacionales y Nacionales.....	2
2.2.    Desarrollo del Sistema Digestivo y Nutrición del Pollo Recién Ecllosionado.....	3
2.3.    Absorción y Utilización de Proteínas, Péptidos y Aminoácidos.....	5
2.4.    Cinética de Absorción de Péptidos.....	7
2.5.    Hidrolizados Proteicos.....	9
2.6.    Péptidos Bioactivos.....	14
2.7.    Propiedades Funcionales de los Hidrolizados Proteicos.....	16
2.7.1.    Propiedades Físicoquímicas de los Hidrolizados Proteicos.....	17
2.7.2.    Propiedades Bioactivas de los Hidrolizados Proteicos.....	19
<b>3. Hipótesis.....</b>	<b>23</b>
<b>4. Objetivos.....</b>	<b>23</b>
4.1.    Objetivo General.....	23
4.2.    Objetivos Específicos.....	23
<b>5. Material y Métodos.....</b>	<b>24</b>
5.1.    Indicadores Productivos.....	30
5.2.    Indicadores Económicos.....	30
5.3.    Análisis de las Dietas.....	32
5.4.    Análisis Estadístico.....	33
<b>6. Resultados y Discusión.....</b>	<b>33</b>
6.1.    Dietas Experimentales.....	33
6.2.    Mediciones de Indicadores Productivos.....	35
6.2.1.    Peso Vivo Promedio.....	35

6.2.2.	Consumo de Alimento.....	38
6.2.3.	Conversión Alimenticia.....	40
6.2.4.	Mortalidad.....	42
6.2.5.	Índice de Eficiencia Productiva.....	44
6.3.	Mediciones de los Indicadores Económicos.....	46
6.3.1.	Costo Alimentario de la Ganancia de Peso.....	46
6.3.2.	Margen Bruto.....	47
6.4.	Comentarios Generales.....	50
<b>7.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>52</b>
<b>8.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>53</b>

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción pecuaria, en el último tiempo han buscado constantemente una mejora en su eficiencia productiva y en la relación costo-beneficio, en conjunto con la protección del medio ambiente. Sumado a estos factores, la composición química y el valor nutricional del alimento, juegan un rol fundamental en todo sistema productivo animal.

El objetivo del productor avícola es maximizar la rentabilidad por kilo de carne producida, para ello se necesita un crecimiento más rápido y eficiente de las aves, a través del mejoramiento genético, de una adecuada nutrición, de una correcta composición nutricional de los ingredientes alimenticios y de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de las aves, prestando especial atención a las primeras semanas de vida, que corresponden a un periodo crítico en la maduración de órganos involucrados en la nutrición e inmunidad del ave, pudiendo afectar su productividad y rendimiento final.

Los hidrolizados proteicos se utilizan ampliamente en tecnología alimentaria, tanto humana como animal, por sus propiedades nutricionales o funcionales.

Tanto las proteínas funcionales como los péptidos bioactivos están cobrando gran importancia, porque además de su papel nutricional (fuente de aminoácidos) son capaces de ejercer diferentes efectos biológicos específicos sobre el sistema inmune, cardiovascular y/o digestivo.

El hidrolizado de pescado utilizado actualmente en las dietas de Inicio para aves y otras especies animales, permitiría un buen desarrollo del sistema digestivo, una mayor eficacia de absorción de proteínas producto de su tamaño molecular y de su alta digestibilidad, mejor palatabilidad del alimento y un alto contenido nutricional, permitiendo una mayor supervivencia de las especies para continuar con sus periodos productivos.

En este estudio, el objetivo fue estudiar diferentes dietas de Preinicio para aves, elaboradas con hidrolizados de pescado con distintos niveles de hidrólisis enzimática, diseñadas para generar moléculas de bajo peso molecular, mayoritariamente péptidos y así lograr un impacto positivo en el metabolismo del ave, como mayor eficiencia en la absorción, menores problemas gástricos en los estados iniciales de crianza, lo que se reflejaría posteriormente en un mayor crecimiento, mejores conversiones de alimento y

aumento del peso de músculos relevantes. En consecuencia, permitiría la incorporación de un alimento funcional en menores dosis, con una mejor relación costo-beneficio.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.- Producción de Carne de Broiler: Aspectos Generales Internacionales y Nacionales.

Para el año 2009 se estima un aumento de la producción mundial de carne de ave (broiler) del 4% con respecto al año 2008, según las perspectivas del USDA (United States Department of Agriculture) (2009), llegando a 74 millones de toneladas. Esto equivale a una disminución en relación a años anteriores, por una menor producción de Estados Unidos, el principal país productor de carne de ave a nivel mundial, debido a los relativamente altos costos de alimentación y energía (ODEPA, 2009a). Asimismo, USDA predice para el año 2010 una producción similar de carne de ave, con respecto al año 2009 (USDA, 2009). Además USDA (2009) estima un consumo mundial anual de carne de broiler igual a 75 millones de toneladas. ODEPA (2009a) en Chile, estima que de contraerse el consumo mundial de carnes, el efecto será especialmente en carnes de mayor valor comercial y no afectaría tanto al rubro “carne de pollo”.

El consumo de carne de ave ha venido aumentando en Chile en las últimas décadas, llegando a ser la principal fuente de proteína animal con un consumo per cápita anual de 28kg. (ODEPA, 2009b). Esto se ha favorecido por el desarrollo de su producción y sus menores precios con respecto a las carnes de vacuno y de cerdo. Los precios de las carnes de ave son competitivos con respecto a otras carnes, fundamentalmente por la eficacia relativa de la conversión de alimento en carne en las producciones intensivas de aves (ODEPA, 2009a). Además, otra causa sería que los consumidores están privilegiando una alimentación más saludable, consumiendo productos bajos en grasa y colesterol (ODEPA, 2009b).

Esto se ha visto reflejado en el constante crecimiento de la producción nacional de carne de aves durante los últimos 10 años con un incremento de 59,7% (APA, 2009a). Asimismo, la carne de ave (broiler) aumento 48,6% durante el mismo periodo. Este desarrollo se debe fundamentalmente a inversiones en diferentes áreas como; tecnología, procesos productivos y capacitación, con especial énfasis en temas relacionados con las

personas vinculadas al sector, la sanidad animal y la inocuidad, trazabilidad, bienestar animal y sustentabilidad medioambiental (APA, 2009b).

El fuerte crecimiento en producción de carne de aves se ha visto a su vez reflejado en las exportaciones de carne de ave, las cuales han aumentado en un 21,6% en los últimos 10 años. La exportación ha seguido el mismo patrón que la producción, con un incremento de 61,56% en exportaciones de ave (broiler) en el 2008 respecto al 2007 y también, para el año 2009 se espera un crecimiento moderado de las exportaciones (APA, 2009b). Esto se podría deber a que el 21% de la producción esta destinada a la exportación.

El gran desafío de la industria nacional es mantener su producción a niveles competitivos en un escenario difícil, debido al alza sostenida en el precio de los granos de cereales, en especial el del maíz, tipo de cambio desfavorable, y al aumento del precio de los combustibles (APA, 2009b).

## **2.-Desarrollo del Sistema Digestivo y Nutrición del Pollo Recién Eclosionado.**

Desde los primeros días después del nacimiento y hasta aproximadamente los 14 días de edad, el tubo digestivo y sus órganos asociados sufren cambios significativos tendientes a permitir una adecuada transición desde una alimentación embrionaria dependiente fundamentalmente de los lípidos y proteínas del huevo, hacia una dieta rica en carbohidratos, proteínas y grasa. Los pollos al nacer utilizan como alimento los nutrientes que aporta la yema, la cual termina de reabsorberse entre 3 y 5 días después de la eclosión (González, 2000)

De ahí la importancia de los primeros días de vida de los pollos o reproductores broilers, en lo que se refiere a la salud, crecimiento temprano, inmunidad y rendimiento final (Hess, 1999). Entonces un adecuado manejo de la alimentación en esta etapa temprana tendría un papel importante en el desarrollo posterior de las aves.

Mateos *et al.*, (2002), indicaron que la alimentación “exógena” estimula el crecimiento del intestino y su capacidad absorbente en la medida en que se van generando nuevos enterocitos. Esto es apoyado por Sklan y Noy (2000), quienes indicaron que la hidrólisis de péptidos en la superficie de los enterocitos del lumen intestinal, no sólo depende de la edad de los pollos sino también del inicio del consumo de alimento. Mientras que la proporción del crecimiento del intestino delgado tiene un efecto sobre la eficiencia

alimenticia, como es señalado por Nitsan *et al.* (1991) siendo el pick más alto de eficiencia alimenticia entre los 5 y 10 días de edad.

Un acceso al alimento del pollo recién nacido retrasado por 36 horas después de la eclosión, resulta en una disminución de la altura de las vellosidades y profundidad de las criptas, pudiendo llegar a producir atrofia de la mucosa intestinal, además de reducir el crecimiento en todo el intestino del polluelo (Gilbert *et al.*, 2008).

Asimismo, la digestión y absorción de nutrientes, depende en gran medida de la actividad enzimática del páncreas, órgano que es funcionalmente inmaduro en los primeros días de vida de las aves (Mateos *et al.*, 2002).

Estudios fisiológicos han demostrado que las aves adaptan el funcionamiento del tracto intestinal ajustando la liberación de enzimas y modificando la velocidad del tránsito del contenido digestivo, a fin de maximizar la digestión de los alimentos y la absorción de los nutrientes, según la composición del alimento (Mateos *et al.*, 2002).

En el último tiempo se ha transformado en una práctica común en la industria, utilizar una dieta de Preinicio de 1 a 7 ó 10 días de edad con el objeto de entregarle al pollo broiler una nutrición adecuada al desarrollo del sistema gastrointestinal, compatibilizando las limitaciones fisiológicas con el aprovechamiento de los nutrientes. El bajo consumo a esta edad permite aumentar el costo de este alimento procurando compatibilizar la calidad de los ingredientes alimenticios y los niveles nutricionales con el desarrollo fisiológico del intestino (González, 2000).

La expresión de un requerimiento para algún nutriente es relativo y muchos factores deben ser considerados. Muchos nutrientes son interdependientes y esto dificulta la expresión de requerimientos para uno sin considerar la cantidad del otro.

Los requerimientos para muchos nutrientes parecen disminuir con la edad, pero para la mayoría de los nutrientes hay pocos estudios diseñados para estimar con precisión los requerimientos para todos los períodos etarios, especialmente para aquellos pasados las 3 semanas de edad. Los valores dados son generalmente niveles mínimos, que cumplan con las actividades productivas generales y/o que previenen síndromes deficitarios (NRC, 1994).

Se ha descrito que el peso corporal de las aves tipo carne comercial incrementa de 50 a 55 veces desde la eclosión hasta el final del ciclo productivo. Por lo cual, son

necesarias altas concentraciones de los aminoácidos (AA) para sostener el rápido crecimiento de las aves tipo carne. En consecuencia, una adecuada nutrición aminoacídica es vital para un exitoso programa alimenticio para este tipo de aves (NRC, 1994).

La utilización de las proteínas en humanos y animales ha sido ampliamente estudiada. Como es sabido, las proteínas son transformadas por las enzimas digestivas en AA y péptidos, los cuales son asimilados por el intestino (Tang *et al.*, 2008). La mayor ruta de transporte en el intestino de vertebrados es la absorción de péptidos, además, los pequeños péptidos son absorbidos más rápido que los AA libres (Adibi, 1997; Tesser *et al.*, 2005).

Leeson y Summers (2001) señalaron que los péptidos son absorbidos en la mucosa celular a través de transporte activo y que estos son más rápidamente absorbidos en el yeyuno, mientras que los AA son absorbidos más rápidamente en el ileon. Además, ellos sugieren que después de los 7 a 10 días, la edad no juega un factor importante en la digestibilidad de aminoácidos.

El destino metabólico de los AA es complejo y va desde la utilización como sustrato energético o gluconeogénico hasta la síntesis de proteínas y péptidos. La importancia de la proteína en la dieta se debe a su capacidad de aportar AA para el mantenimiento de la proteína corporal y al aumento de esta durante el crecimiento (Martínez y Martínez, 2006)

### **3.-Absorción y Utilización de Proteínas, Péptidos y Aminoácidos.**

Como es bien sabido, el tracto gastrointestinal es el principal órgano que controla la digestión del alimento, absorción de los componentes del alimento y su liberación hacia el resto del cuerpo. De hecho el intestino delgado (ID) actúa como regulador e interfaz entre el lumen intestinal y el resto del cuerpo, controlando el grado y ritmo del transporte de AA desde la vena portal hacia el hígado y al sistema circulatorio (Have *et al.*, 2007). Por lo tanto, el ID posee una gran superficie luminal (mucosa) plegada, con presencia de vellosidades y microvellosidades en la parte superior y criptas en la parte inferior. Además, la mucosa presenta células especializadas para absorción (enterocitos o células epiteliales), excreción (células enteroendocrinas) y secreción (células caliciformes) de mucus (agua y glicoproteínas) (Johnson, 1988).

La digestión de proteínas comienza en el estómago pero ocurre principalmente en el ID. La mayoría de la proteína dietaria es absorbida en ID, se informa que es en la región proximal del ID la de mayor capacidad de absorción de AA cuando la proteína ha sido incluida como hidrolizado (Gilbert *et al.*, 2008), y el resto de AA, proteína no digestible, péptidos no absorbidos entran en el intestino grueso. Estos residuos son digeridos y metabolizados por la microflora intestinal (Have *et al.*, 2007).

En el lumen del ID los productos finales de la digestión del estómago son digeridos y convertidos en productos absorbibles por enzimas pancreáticas (como por ejemplo, tripsina, quimiotripsina) (Gilbert *et al.*, 2008). Luego, estos productos son absorbidos por las células epiteliales de la membrana en cepillo, a través principalmente de transportadores que varían en función y estructura. Estos son definidos como proteínas que reconocen, ligan y transportan un sustrato o varios sustratos a través de la membrana celular. Los transportadores se ubican en las membranas apicales o basolaterales de las células epiteliales. Se ha descrito que los AA pueden ser absorbidos a través de las membranas de estas células, ya sea en forma libre o vía transportadores de AA o en la forma de di- y tripéptidos por los transportadores péptido específicos (PepT1) (Gilbert *et al.*, 2008). Los transportadores para un sistema en particular será determinado por el tamaño, la carga y/o configuración del AA. Además, aminoácidos con variadas estructuras, frecuentemente comparten un sistema de transporte (Webb, 1990). Existen varios sistemas de transporte de AA que son específicos según la clase de AA; para AA básicos (rBAT y b<sup>o</sup>+AT, CAT1 y 2, y +LAT1 y 2), para AA neutros (B<sup>o</sup>AT, LAT1), y para AA aniónicos (EAAT3) (Gilbert *et al.*, 2008).

La cantidad y calidad de la proteína en la dieta tendrían un gran efecto en la metabolización de la proteína en el intestino y en el resto del cuerpo (Have *et al.*, 2007), ya que el tipo de dieta podría influenciar la utilización de péptidos por los tejidos (Webb, 1990).

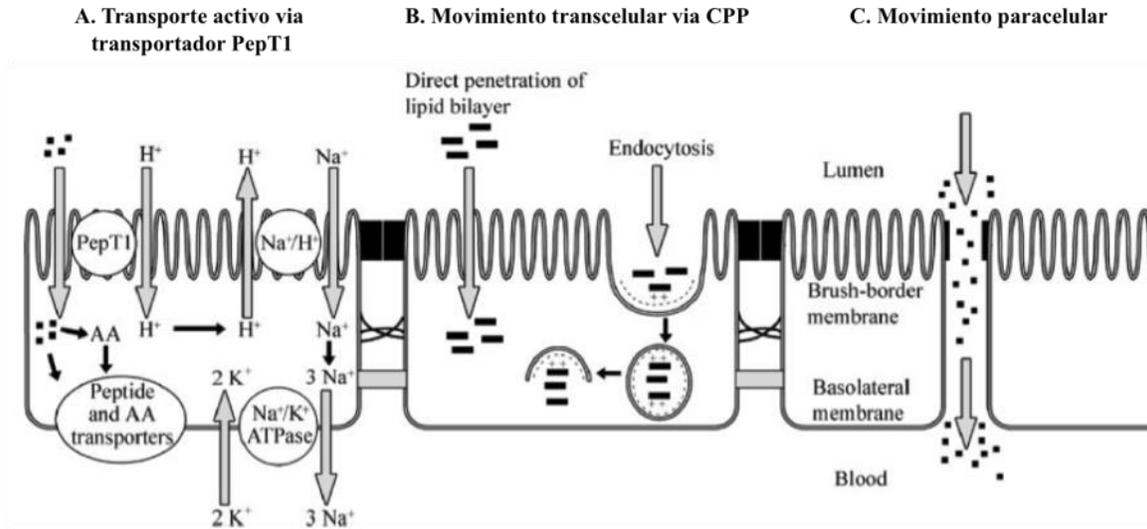
Así, con un alimento balanceado el 90% de los aminoácidos de la dieta son absorbidos por el intestino. De ellos, el 30 a 50% serán utilizados por el mismo intestino. Asimismo, ha sido sugerido que una proteína dietaria de alta calidad estimula la utilización de AA en el intestino (Have *et al.*, 2007).

#### **4.-Cinética de Absorción de Péptidos.**

Según variados estudios, se indica que la absorción de péptidos es más rápida que la de los AA libres, probablemente dada por un sistema de transporte independiente para péptidos o por una ventaja competitiva de los transportadores para estos (Webb, 1990).

La diferencia en configuración entre los péptidos juega un rol determinante en el transporte de péptidos a través de la mucosa intestinal. Según diversos estudios, se ha demostrado que el transporte de péptidos se limita principalmente a los di- y tripéptidos. Además, la composición de AA de el péptido y la posición del AA en N- o C- terminal también influye en la absorción (Webb *et al.*, 2003), como también podría haber una posible competencia entre los péptidos a transportar y efectos estimulatorios de péptidos sobre la actividad del transportador (Gilbert *et al.*, 2008).

Se han descrito tres diferentes rutas de captación de AA en los enterocitos (Figura 1) (Gilbert *et al.*, 2008). La primera y principal, es la absorción activa de pequeños péptidos (di- y tripéptidos) por los enterocitos a través de específicos péptidos transportadores (PepT1) vía gradiente de protones ( $H^+$ ). Generalmente, en el enterocito los péptidos son convertidos a simples AA los cuales son liberados al sistema portal o utilizados por el intestino (Have *et al.*, 2007). La segunda ruta, es descrita como Transcelular no mediada por transportadores, en la cual péptidos (“cell-penetrating peptides”, CPP) tienen la propiedad de atravesar la membrana plasmática y transportar péptidos al interior de las células. La tercera ruta alternativa es llamada movimiento paracelular e incluye a las uniones estrechas (“tight junctions”) entre células. En esta última, los péptidos se han liberado directamente al sistema portal sin previa conversión a simples AA en el enterocito.



**Figura 1.** Posibles rutas de transporte de péptidos en enterocitos. (A) La absorción de di- y tripeptidos a través de una gradiente de protones por transportadores de péptidos, PepT1. (B) Transcelular no mediada por transportadores, en la cual péptidos “cell-penetrating peptides” (CPP) tienen la propiedad de atravesar la membrana plasmática y transportar péptidos al interior de las células. (C) Permeabilidad aumentada de las uniones estrechas “tight junctions” permite captación de péptidos a través de la ruta paracelular.

Por lo tanto, el principal mecanismo de transporte de péptidos esta dado contra una gradiente de concentración por un sistema que requiere energía (Webb, 1990). Sin embargo, en términos de eficiencia energética, el transporte de 2 ó 3 AA a través de PepT1 tiene el mismo gasto energético requerido para transportar un AA libre sólo (Gilbert *et al.*, 2008). Además, PepT1 podría potencialmente transportar los 400 dipéptidos y 8000 tripéptidos que resultan de la combinación de los 20 AA dietarios distintos, en cambio los transportadores de AA libres tienen sustrato específico. Sin embargo, un estudio mostró que no todos los di- y tripéptidos son sustratos para ser transportados PepT1, por lo cual los péptidos, además de tener afinidad por PepT1, deben ser capaz de activarlo (Gilbert *et al.*, 2008). Ellos sugirieron que en general el N-terminal, el largo, los AA hidrofóbicos y neutrales y la aromaticidad aumentan la actividad de PepT1.

La expresión de PepT1 en el ID fue detectada en mayor cantidad en el duodeno para pollos, correspondiendo al lugar de máxima digestión y absorción (Gilbert *et al.*, 2008). Siendo su expresión principalmente detectada en la membrana apical del enterocito del ID, localizado estratégicamente para maximizar la asimilación de AA desde la dieta, con una gran especificidad, baja afinidad y alta capacidad de transporte. Además, se ha demostrado

que PepT1 puede ser regulado por AA específicos y es muy sensible a los cambios en la proteína dietaria, particularmente en cantidad y composición. Ya que una malnutrición proteica produce una significativa reducción de la superficie del área intestinal y mucosa, con vellosidades intestinales más cortas que las normales (Gilbert *et al.*, 2008).

Según estudios, realizados en Broiler, se informa que la expresión de PepT1 incrementa con la edad, llegando a su máxima expresión al día 14 post eclosión (Gilbert *et al.*, 2008).

### **5.-Hidrolizados Proteicos.**

Una de las aplicaciones más importantes de los hidrolizados proteicos es su utilización como fuente de nitrógeno en la formulación de dietas enterales, tanto humanas como para animales (Guadix *et al.*, 2000). Estas dietas están diseñadas para ser absorbidas en el intestino, sin una digestión enzimática (Lalasisidis *et al.*, 1978; Neves *et al.*, 2004; Gilbert *et al.*, 2008).

Por lo que es interesante evaluar la incorporación de pequeños péptidos o hidrolizados proteicos en la dieta, ya que se podría aprovechar esta habilidad para potenciar el mejoramiento en el crecimiento y desarrollo animal, ya que como se nombro anteriormente, los di- y tripéptidos son absorbidos más rápida y eficientemente por el intestino (Gilbert *et al.*, 2008).

Neves *et al.* (2004) indican la aplicación de los hidrolizados proteicos según el peso molecular de los péptidos. Por ejemplo, péptidos con peso molecular entre 5 y 20 kDa serian utilizados generalmente como fuente de nitrógeno en suplementos alimenticios en humanos. También, péptidos menores a 5kDa son frecuentemente utilizados en formulaciones hipoalergénicas.

Asimismo, debido a su alto grado de absorción, ellos generan baja producción de heces (Lalasisidis *et al.*, 1978). Esta característica ayuda a disminuir las emisiones de nitrógeno al medio ambiente y así evitar posibles contaminaciones de cursos de aguas, ya sean subterráneas o superficiales (Powers y Angel, 2008).

Existen distintos tipos de hidrólisis, como la química (tratamientos con ácidos o bases) y la enzimática. Sin embargo, la hidrólisis enzimática posee mayores ventajas comparativas debido a que presenta una mayor selectividad de acción, ya que las enzimas

son específicas para un tipo de enlace; requiere una menor temperatura de proceso (entre 40° a 60°C) y condiciones más suaves de pH que reducen la formación de compuestos indeseables, además evita la inclusión de sustancias extrañas y mantiene el valor nutritivo. Sin embargo, necesita separar o desnaturalizar la enzima, que lo consigue con desnaturalización térmica o separación mediante membranas. En cambio, la hidrólisis química tiene poca selectividad de los ataques a los enlaces de la proteína, además de su difícil control, por lo que guía la aparición de productos que pueden ser tóxicos. Asimismo, la hidrólisis química produce degradación de algunos AA en el proceso (Guadix *et al.*, 2000).

El pH es muy importante para monitorear la hidrólisis de proteína. El pH óptimo varía ampliamente, desde 2,0 para pepsina a 8,5 para alcalasa (enzima aislada desde *Bacillus spp.*). Las enzimas vegetales, como la papaína, muestra óptima actividad cerca de pH neutro y a 70°C de temperatura y tienen amplia especificidad, por lo que produce hidrolizados de relativamente bajo promedio peso molecular. Para inactivar la enzima, se ajusta el pH o se aumenta la temperatura usualmente a 100°C.

Por ejemplo, este proceso produce péptidos con diferentes actividades biológicas como; opiáca, antioxidante, entre otras (Vandajon *et al.*, 2009). Igualmente, la hidrólisis enzimática es un medio de transformar residuos de pescado de alto contenido proteico en productos de alto valor con propiedades funcionales o biológicas (Vandajon *et al.*, 2009). Sobretodo, cuando la finalidad del hidrolizado proteico es la alimentación animal (Guadix *et al.*, 2000).

Las proteínas musculares de pescado presentan ventaja comparativa con otro tipo de alimentos, al tener una alta sensibilidad a la hidrólisis y una composición balanceada en AA. La hidrólisis enzimática por ser realizada en condiciones controladas y delicadas, garantiza la conservación de la calidad nutricional de los hidrolizados y un perfil peptídico definido y reproducible (Neves *et al.*, 2004).

Los hidrolizados de proteína de pescado (HPP), son obtenidos por la acción de enzimas proteolíticas bajo condiciones de digestión aceleradas, donde cada uno de los productos intermedios de las rupturas de enlaces proteicos, se diferencia básicamente de los otros, en su solubilidad y tamaño molecular. Las enzimas proteolíticas rompen la cadena de

aminoácidos, normalmente sólo en ciertos puntos que dependen de la especificidad o naturaleza de la enzima (Mackie, 1982).

Las enzimas se clasifican según su acción catalítica, en endopeptidasas o proteinasas (tripsina y quimotripsina), si rompen en el interior de las cadenas peptídicas, y en exopeptidasas o peptidasas (carboxipeptidasas), si separan aminoácidos y dipéptido de los extremos de las cadenas polipeptídicas. Sin embargo, se ha descrito que el uso de mezclas de proteasas dan los mejores resultados para producir una composición con mayor porcentaje de componentes de bajo peso molecular (Guadix *et al.*, 2000; Vioque y Millán, 2005b). Por lo tanto, el uso de enzimas para convertir los residuos de pescado en concentrados proteicos, ha obtenido una considerable atención (Jeon *et al.*, 1999; Bougatef *et al.*, 2008).

Lalasisidis *et al.* (1978) indicaron que la producción de hidrolizados proteicos, por ejemplo de caseína y soya, puede a veces generar productos con sabor amargo dependiendo de la proteína cruda y enzimas proteolíticas usadas. Por ejemplo, péptidos producidos usando endopeptidasas tienen predominantemente compuestos aminoacídicos hidrofóbicos (leucina, isoleucina, fenilalanina, triptofano y valina) y son más amargos que sus correspondientes aminoácidos libres (Bougatef *et al.*, 2008). Asimismo, Vojdani y Whitaker (1994) indicaron que la amargura puede ser producida por oligopéptidos hidrofóbicos de bajo peso molecular. Además, ellos señalaron que enzimas como tripsina y quimiotripsina producirían péptidos amargos. En sus resultados indicaron que al tratar el hidrolizado proteico con pancreatina o enzimas hidrolíticas, el sabor amargo era eliminado (Lalasisidis *et al.*, 1978; Tang *et al.*, 2008). Igualmente, tuvieron resultados concordantes con otros estudios que indicaban que las exopeptidasas presentes en algunas materias crudas, eliminaban lo amargo del hidrolizado. Este efecto fue explicado por la liberación de aminoácidos libres hidrofóbicos desde los péptidos hidrofóbicos de sabor amargo al usar combinaciones de enzimas proteolíticas que contenían endo y exopeptidasas. Para Guadix *et al.* (2000) este problema de la amargura desaparece al producir péptidos con un peso molecular menor a 1.000 Da.

La hidrólisis se puede utilizar para mejorar o modificar las propiedades fisicoquímicas, orgánicas y sensoriales de la proteína sin perder su valor nutritivo. Por ejemplo, efectos positivos en el crecimiento han sido observados en diversos tipos de

animales alimentados con dietas que contienen HPP; como en terneros y cerdos en el período de destete al utilizar el HPP como sustituto lácteo y en variados tipos de peces (Merluza del Pacífico, Congrio, Salmón Atlántico, Bacalao y Anguila) (Berge y Storebakken, 1996; Carvalho *et al.*, 1997; Latrille *et al.*, 2000; Refstie *et al.*, 2004; Choi *et al.*, 2009). También se informa el uso de HPP en la alimentación de mascotas (perros y gatos), donde se mejora la palatabilidad de los alimentos (Folador *et al.*, 2006).

Sin embargo, los hidrolizados no son normalmente clasificados con respecto a su materia prima, el grado de hidrólisis utilizado y su contenido de AA libres (Aksnes *et al.*, 2006). El proceso de fabricación de los HPP ha sido descrito por diversos autores (Mackie, 1982; Ritchie y Mackie, 1982; Opstvedt *et al.*, 1987). Ritchie y Mackie (1982) explican la preparación de hidrolizados proteicos de pescado, utilizando pescado crudo de especies grasas y no grasas, y una enzima proteolítica comercial (papaína). El pescado fue picado en una maquina y transferido a un reactor, con agitación, control de pH y temperatura. La enzima es agregada a la mezcla por 30 min. y comienza la hidrólisis enzimática del sustrato. A medida que progresa la hidrólisis, se produce una bajada de pH debido a la rotura de los enlaces peptídico. Luego para finalizar la hidrólisis, la temperatura se aumenta a 100°C por 10 min. para inactivar la enzima y esterilizar el producto. El hidrolizado se elabora hasta formar cubos y se pasa a través de cedazos para remover huesos y desechos no hidrolizados. Posteriormente, el líquido preparado se concentra y es secado en spray. En sus resultados concluyen que tuvieron menos dificultades técnicas en la preparación de hidrolizados a partir de los peces de las especies no grasas. Al contrario, con las especies de peces grasos tuvieron que remover el aceite mecánicamente o estabilizarlo mediante antioxidantes.

El grado de hidrólisis es una medida de la extensión de la degradación de una proteína, generando una amplia variedad de largos, medianos y pequeños péptidos, dependiendo de la especificidad de la enzima, determinando en gran medida las características del hidrolizado. Además, es el indicador más ampliamente usado para comparar entre diferentes hidrolizados proteicos (Neves *et al.*, 2004; Bougatef *et al.*, 2008).

Estudios anteriores en dietas iniciales de Broilers, demostraron que las dietas con mejor rendimiento fueron las que contenían los productos con un alto nivel de hidrólisis (Profish, 2008).

La distribución de los péptidos de hidrolizados según su tamaño, se utiliza para entrever, por ejemplo la capacidad antigénica de un hidrolizado o ver la actividad de distintas enzimas utilizadas en la hidrólisis, como también obtener fracciones peptídicas con diferentes propiedades y facilitar la identificación de estos péptidos. Se puede realizar utilizando métodos cromatográficos o por electroforesis, que son los más comúnmente usados. Estos métodos se utilizan también para separar luego los péptidos, no obstante, estos métodos tienen limitaciones para separar los péptidos con bajo peso molecular, inferior a  $< 1000$  Da. (Guadix *et al.*, 2000). Para Neves *et al.* (2004) la separación de las fracciones peptídicas por pesos moleculares, se realiza por procesos de ultrafiltración (UF), utilizando membranas de exclusión molecular. El proceso de UF es más simple y de menor costo que la separación cromatográfica, en una producción de gran escala de fracciones peptídicas con características deseables. Conclusiones similares obtuvieron Jeon *et al.* (1999) ya que además, se puede controlar mejor la distribución de los pesos moleculares y mejorar algunas propiedades funcionales de los hidrolizados, como por ejemplo los péptidos inhibidores de la enzima convertidora I angiotensina (ACE). Además, se ha podido separar con éxito péptidos pequeños desde residuos de alta masa molecular, utilizando membranas UF, donde se ha podido producir una fracción rica en péptidos pequeños con un peso molecular menor a 2000 Da (Korhonen y Pihlanto, 2006).

Luego, para la identificación de péptidos y AA, usualmente se determina por espectrometría de masas, cromatografía, análisis de secuencias o determinación de AA (Guadix *et al.*, 2000).

En el último tiempo se ha tratado de desarrollar un nuevo método tecnológico selectivo y simple, para la separación y purificación de los péptidos bioactivos, como las técnicas cromatográficas y separación de membranas, para obtener una mayor cantidad de fracciones de péptidos bioactivos desde los hidrolizados, presentes en la proteína madre desde distintas fuentes proteicas y así poder identificar mejor que fracciones de AA o que AA participan en ciertas propiedades funcionales y entender algunas relaciones entre péptidos en complejos sistemas.

Todo lo anterior ayuda a tener un mejor entendimiento de la composición del hidrolizado proteico y así poder reconocer mejor los distintos péptidos bioactivos con sus determinadas propiedades funcionales.

## 6.-Péptidos Bioactivos.

En los últimos años se ha reconocido que las proteínas dietarias son una rica fuente de péptidos biológicamente activos. Péptidos bioactivos son definidos como productos de degradación de proteínas por proteasas presentes en el tracto gastrointestinal, pero que sólo presentan actividad una vez liberados de la fuente proteica original, por lo tanto, son fragmentos proteicos específicos con un impacto positivo sobre una función o condición del organismo y que puede influir sobre la salud de éste (Kitts y Weiler, 2003). Kim *et al.* (2007) indican que usualmente los péptidos bioactivos contienen 3 a 20 residuos de AA y su actividad esta basada en su composición aminoacídica y secuencia.

Varios péptidos bioactivos han sido identificados, pero una diferenciación se podría hacer entre las proteínas bioactivas naturalmente presentes en los alimentos, como por ejemplo, el factor de crecimiento o inmunoglobulinas presentes en la leche, y los péptidos que surgen desde la digestión de diferentes fuentes proteicas intactas o desde el uso de hidrolizados proteicos como componentes de un sistema formulado de alimentación (Kitts y Weiler, 2003).

La mayoría de los péptidos bioactivos son generados espontáneamente durante la digestión *in vivo* a partir de las proteínas que las contienen. No obstante, también se han obtenido nuevos péptidos bioactivos a partir de proteínas alimentarias, mediante digestión enzimática *in vitro*, empleando enzimas proteolíticas de origen microbiano (Duarte *et al.*, 2006; Martínez y Martínez, 2006) o animal (Jeon *et al.*, 1999; Bougateg *et al.*, 2008). Para producir la mayor parte de los péptidos bioactivos conocidos, lo más común ha sido a través de la hidrólisis enzimática de moléculas proteicas enteras, para esto usualmente se ha utilizado enzimas gastrointestinales como la pepsina y tripsina (Korhonen y Pihlanto, 2006).

Se ha informado en diversos estudios que los péptidos bioactivos pueden ejercer su acción tanto a nivel local (gastrointestinal) (Wade y Tucker, 1998) como sistémico, ya que pueden atravesar el epitelio intestinal y llegar a tejidos periféricos a través de la circulación sanguínea ( Martínez y Martínez, 2006).

Se indican posibles efectos regulatorios de los péptidos bioactivos, atribuidos a numerosas secuencias peptídicas conocidas, relacionados con la captación de nutrientes, defensa inmune, actividades opioide y antihipertensivas (alta actividad inhibitoria de ACE

(enzima convertidora de la angiotensina-1)), entre otras (Je *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2007). Igualmente hay evidencia que algunos péptidos bioactivos podrían tener más de un efecto (biológicos) a la vez (Korhonen y Pihlanto, 2006; Moughan *et al.*, 2007).

Los péptidos bioactivos han sido encontrados principalmente en las proteínas de la leche y sus derivados, también se ha encontrado en otras proteínas animales, como pescados, y diversos vegetales como soya, arroz o garbanzo (Ariyoshi, 1993; Kitts y Weiler, 2003; Vioque y Millán, 2005a; Je *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2006; Martínez y Martínez, 2006; Raghavan y Kristinsson, 2009).

En los últimos años, los péptidos bioactivos han sido generados a partir de peces mediante la hidrólisis enzimática, generando péptidos bioactivos, como los péptidos gastrointestinales y compuestos antioxidantes, entre otros (Kitts y Weiler, 2003; Chabeaud *et al.*, 2009, Raghavan *et al.*, 2008).

Las proteínas de pescado son una fuente valiosa de péptidos bioactivos y constituye una fuente importante de agentes inmunomoduladores (Kitts y Weiler, 2003; Martínez y Martínez, 2006), donde se ha demostrado su capacidad de reforzar la inmunidad no específica de la mucosa intestinal (Duarte *et al.*, 2006; Tang *et al.*, 2008).

Estudios demuestran que los HPP estimulan eficazmente el consumo de alimento, por su alta palatabilidad, ser altamente digestibles y estimular el crecimiento, por encontrarse los aminoácidos más disponibles para ser absorbidos (Lalasis *et al.*, 1978; Refstie *et al.*, 2004).

Los alimentos funcionales se definen como los alimentos y componentes del alimento que tomados como parte de la dieta, proporcionan beneficios (inmunoestimulante, hipotensivo, antioxidante, opioide, etc.), ya sea mejorando una función del organismo o reduciendo el riesgo de enfermedad (Ariyoshi, 1993; Martínez y Martínez, 2006).

BioCP<sup>®</sup> es un concentrado de peptonas elaborado con pescado entero y fresco, hidrolizado enzimáticamente bajo condiciones controladas, generando proteosas, peptonas, péptidos y algunos aminoácidos libres que serán absorbidos eficientemente por el epitelio intestinal, beneficiando la absorción y disminuyendo los problemas gástricos inherentes a los estados iniciales de crianza de distintas especies animales (Profish, 2008). Este producto será incorporado como tratamiento en la dieta de Preinicio en el presente estudio, para ser comparado con otros hidrolizados, cuya diferencia radical será el grado de hidrólisis

enzimática y determinar si producen algún efecto en los indicadores productivos de pollos broiler durante un ciclo completo comercial de estas aves.

El proyecto “Desarrollo de Activium, péptidos bioactivos para nutrición animal de alta eficiencia” (Profish, 2008) está orientado a desarrollar, por hidrólisis intensivas y altamente controladas, péptidos bioactivos específicos para ejercer una función metabólica positiva en el crecimiento de las especies que va más allá de lo netamente nutricional, como mayor eficiencia en la absorción digestiva, lo que se reflejaría posteriormente en un mayor crecimiento, mejores conversiones de alimento y aumento del peso de músculos relevantes. En consecuencia, permitiría la incorporación de un alimento funcional en menores dosis, con una mejor relación costo/beneficio.

### **7.-Propiedades Funcionales de los Hidrolizados Proteicos.**

Se ha descrito que hay una relación entre las características fisicoquímicas de los péptidos y su actividad, por ejemplo una relación entre masa molar y actividad biológica (Vandanjon *et al.*, 2009). Por lo tanto, el grado de hidrólisis es un factor importante en la producción de un hidrolizado proteico con propiedades funcionales deseadas, para ser usado como material funcional. Los hidrolizados que se producen para su uso en alimentación se pueden agrupar en a) hidrólisis limitada o con bajo grado de hidrólisis (1-10%) utilizados para mejorar las propiedades funcionales de la proteína original (solubilidad, emulsificante, espumante o absorción de agua o aceite), debido al menor tamaño de los péptidos, aumento de los grupos  $\text{NH}_4$  y  $\text{COO}^-$ , además de la exposición de grupos hidrófobos; b) hidrolizados con grados de hidrólisis variable, para su uso como saborizante; c) hidrolizados extensivos (>10%), para uso en alimentación especializada, como por ejemplo como suplemento proteico o dietas medicas para el tratamiento de enfermedades o síndromes específicos. En el caso de los hidrolizados como suplemento proteico, tienen la característica de tener una alta solubilidad, digestibilidad y absorción en el sistema intestinal, pudiendo ser usados en caso de presentar una reducida superficie de absorción gastrointestinal (Vioque y Millán, 2005b).

Hay varios estudios que indican variadas propiedades funcionales a los hidrolizados proteicos, incluyendo propiedades fisicoquímicas (por ejemplo, la propiedad espumante y

de emulsión, entre otras) y propiedades bioactivas (por ejemplo, capacidad antioxidante y actividad inhibitoria de ACE, entre otras) (Jeon *et al.*, 1999; Kitts y Weiler, 2003).

### **7.1-Propiedades Fisicoquímicas de los Hidrolizados Proteicos.**

En varios estudios se han indicado las propiedades funcionales de los HPP, que contribuyen a la retención de agua, textura, gelificación, mezclado y emulsificación cuando son adicionados como ingredientes a los alimentos (Slizyte *et al.*, 2009).

Igualmente, los HPP presentan buenas propiedades espumantes, y específicamente el HPP de salmón ha demostrado reducir la pérdida de agua después de congelar (Kristinson y Rasco 2000; Slizyte *et al.*, 2009).

HPP tienen una buena solubilidad en un amplio rango de fuerza iónica y pH, además tolera altas temperaturas sin precipitar (Slizyte *et al.*, 2009).

Probablemente la solubilidad sea la más importante de las propiedades funcionales de las proteínas e hidrolizados proteicos, debido a que las otras propiedades funcionales son afectadas por la solubilidad, siendo esta un buen indicador de las potenciales aplicaciones de los hidrolizados proteicos (Kristinsson y Rasco, 2000).

La solubilidad es una importante medida para los alimentos líquidos (Choi *et al.*, 2009). En la carne, una importante cantidad de agua remanente está unida a las proteínas. Según el grado de interacción con el agua, determina la solubilidad de la proteína (Venugopal, 2009). La solubilidad es usualmente expresada como el porcentaje de compuestos nitrogenados solubles respecto al nitrógeno total de la muestra. La solubilidad ha mostrado tener una relación con el grado de hidrólisis, donde al aumentar el grado de hidrólisis aumenta la solubilidad. Esto se debe principalmente al menor peso molecular de los hidrolizados comparado con la proteína intacta y a un incremento en el número de grupos polares de los fragmentos proteicos (Choi *et al.*, 2009; Gbogouri *et al.*, 2004). Pequeños péptidos tienen proporcionalmente más residuos polares, por lo cual ellos tienen la capacidad de formar enlaces de hidrógeno con el agua y aumentar la solubilidad. Igualmente, es afectado por el pH, donde se observó que a pH 6 a 7 se obtuvo la mayor solubilidad, a diferencia con un pH 3 a 4, donde se obtuvo el menor resultado (Gbogouri *et al.*, 2004).

En el caso de la propiedad emulsionante de los hidrolizados, es atribuido a la adsorción (o retención en la superficie del sustrato a la superficie) de gotas de aceite recién

formadas durante la homogenización en un medio acuoso, formando una capa protectora que impide que las gotas se unan en una sola (Gbogouri *et al.*, 2004). Esta propiedad se considera una importante medida para los alimentos semisólidos, se demuestra que mientras mayor grado de hidrólisis menor es la capacidad de emulsión, habiendo un tamaño óptimo de proteína para tener una buena capacidad de emulsión (Jeon *et al.*, 1999). Esto se debería a que pequeños péptidos difunden rápidamente y se absorben en la interfaz (Gbogouri *et al.*, 2004). Es decir, ellos son menos eficientes para reducir la tensión en interfaces debido a que ellos no pueden desdoblarse y reorientarse en la interfaz como los péptidos grandes. Por lo tanto, fue concluido que la flexibilidad de la proteína o péptido podría ser un muy importante factor que afecte la capacidad emulsificante (Kato *et al.*, 1985). En consecuencia, los péptidos grandes son más hidrofóbicos que los pequeños péptidos, más lo nombrado anteriormente, inducen una formación de pequeñas gotas de aceites, produciendo una estabilidad en la emulsión en comparación con una gran gota de aceite formada por los pequeños péptidos. Además, se reportó que la propiedad de emulsión también depende del tipo de proteasa, velocidad de mezcla, fuente proteica (concentración y solubilidad), temperatura, pH, tipo de aceite adicionado y contenido de agua (Choi *et al.*, 2009; Gbogouri *et al.*, 2004).

La capacidad de absorción de grasa y agua de los hidrolizados fue evaluado por Choi *et al.* (2009) para ver su uso posible como un ingrediente funcional para productos cárnicos. En sus resultados concluyen que la capacidad de absorción de grasas depende sobre el grado de hidrólisis y el tamaño molecular de los péptidos que componen los hidrolizados. Se muestra que a menor grado de hidrólisis hay una mayor absorción grasa, debido al mayor tamaño de los péptidos. Asimismo, el tipo de enzima utilizada, también resulta en una diferencia en la habilidad de absorción grasa (Gbogouri *et al.*, 2004). La conformación proteica y su composición tienen efectos significativos sobre la capacidad de absorción grasa y de agua. Sobre esta última, se considera una importante medida para los alimentos semisólidos también, donde se indica que es afectada por factores como el tipo de proteína, concentración, número de grupos polares expuestos, pH, sales y temperatura (Choi *et al.*, 2009).

En varios estudios se demuestra que las propiedades fisicoquímicas son afectadas según el peso molecular del hidrolizado proteico (Jeon *et al.*, 1999).

En general se podría realizar una hidrólisis extendida para tener una mayor solubilidad, mientras que una limitada hidrólisis podría mejorar las otras propiedades fisicoquímicas (Choi *et al.*, 2009).

## **7.2-Propiedades Bioactivas de los Hidrolizados Proteicos.**

La formación de radicales libres, como el radical anión superóxido y el radical hidroxilo, es una consecuencia inevitable de organismos aeróbicos durante la respiración. Estos radicales son muy inestables y reaccionan rápidamente con los otros grupos o sustancias en el cuerpo, dando lugar a lesión de los tejidos o a la célula. Limpiador de radicales libres es un antioxidante preventivo (Je *et al.*, 2005).

La búsqueda de antioxidantes naturales como alternativa a los sintéticos es de gran interés entre los investigadores en el área alimentaria, debido a los riesgos potenciales para la salud causados por estos compuestos sintéticos (butilhidroxianisol, butilhidroxitolueno, *t*-galato de propilo Butilhidroquinona). Estos compuestos ayudan a retardar la oxidación lipídica en algunos alimentos cuando son agregados a estos, evitando sabores indeseables y productos reactivos potencialmente tóxicos. Recientemente, varios estudios han descrito la actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos, como la caseína de la leche, proteína de soya, la albúmina de suero bovino, proteínas de semillas oleaginosas, proteína de la yema de huevo, la proteína de cerdo y en subproductos de pescados (Park *et al.*, 2001; Kitts y Weiler, 2003; Je *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2007).

Je *et al.* (2005) sugirieron que la actividad antioxidante de los péptidos aislados fue debido a sus residuos de AA y peso molecular, como fue mayormente para la histidina y los bajos pesos moleculares en sus resultados. Conclusiones similares indicaron Jeon *et al.* (1999), Park *et al.* (2001), Kim *et al.* (2007) y Raghavan *et al.* (2008).

En algunos estudios, se ha descrito a la histidina con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. En este último caso, principalmente se le describe en injurias gastrointestinales, dado por su capacidad para atrapar radicales libres. Estas interacciones pueden involucrar a la histidina libre, a pequeños péptidos que contienen histidina, como la carnosina, y proteínas con residuos de histidina. Se informa además, que la carnosina se encuentra en las células musculares de los pescados en altas concentraciones (Shahidi y Amarowicz, 1996; Murase *et al.*, 1993; Wade y Tucker, 1998; Kitts y Weiler, 2003).

Además se indica que dipéptidos con histidina en su estructura parecen tener un rol antioxidante en músculos, cerebro y otros tejidos (Wade y Tucker, 1998).

Según Aksnes *et al.* (2006) varios compuestos nitrogenados de bajos pesos moleculares presentes en las materias de alimentación animal y marina (taurina), así como los péptidos relacionados con histidina (anserina y carnosina), pueden ser de interés para el rendimiento de los alimentos para el crecimiento y la eficiencia alimentaria.

Una de las propiedades bioactivas de los hidrolizados proteicos que ha sido bastante estudiada durante la última década, ha sido sobre la acción de estos hidrolizados en la actividad antihipertensiva con la inhibición de la enzima convertidora de la angiotensina-I (ACE). La ACE es importante para la regulación de la presión sanguínea. La ACE cataliza la hidrólisis de angiotensina I a angiotensina II, aumentando la presión sanguínea por vasoconstricción. Esto en consecuencia a un menor volumen sanguíneo, que estimula la producción de renina por parte del riñón, transformando el angiotensinógeno a angiotensina I. Los inhibidores de la ACE se unen a la angiotensina I para prevenir que actúe la ACE.

En varios estudios se ha demostrado que los alimentos derivados de varias proteínas y péptidos relacionados, pueden tener las actividades de potentes inhibidores de la ACE (Ariyoshi, 1993; Kitts y Weiler, 2003; Gómez-Ruiz *et al.*, 2004; Suetsuna *et al.*, 2004; Je *et al.*, 2004; Martínez y Martínez, 2006; Bougatef *et al.*, 2008; Raghavan y Kristinsson, 2009). Estos péptidos pueden ser derivados por ejemplo de las proteínas de pescado, entre otras (Jeon *et al.*, 1999; Kitts y Weiler, 2003; Suetsuna *et al.*, 2004; Raghavan y Kristinsson, 2009).

Según estudios, se ha demostrado que los hidrolizados proteicos de bajo peso molecular, por lo tanto con un mayor grado de hidrólisis, tienen una mayor capacidad de inhibición de la ACE (Jeon *et al.*, 1999; Je *et al.*, 2004; Bougatef *et al.*, 2008; Raghavan y Kristinsson, 2009). Por ejemplo, en el estudio de Bougatef *et al.* (2008) se estimó que la masa molecular de los péptidos con mejor actividad inhibitoria estaba entre los 200 y 600 Da.

Aunque la relación entre las propiedades estructurales y actividad funcional de péptidos inhibidores de ACE no ha sido totalmente entendido, por que se ha observado que hay una gran variedad de péptidos con diferentes secuencias de AA terminales, hay algunas propiedades estructurales comunes de estos péptidos bioactivos, que incluyen residuos de

péptidos de pequeño tamaño, por ejemplo de dos a nueve AA, incluyendo residuos aminoacídicos hidrofóbicos, además de grupos de Prolina, Lisina o Arginina en el grupo C-terminal aminoacídico (Kitts y Weiler, 2003; Gómez-Ruiz *et al.*, 2004; Je *et al.*, 2004; Bougatef *et al.*, 2008). Igualmente, se indica que la mayoría son di- o tripéptidos, los cuales son resistentes a la acción de las endopeptidasas del tracto digestivo (Kitts y Weiler, 2003; Suetsuna *et al.*, 2004; Baugatef *et al.*, 2008). En consecuencia, para tener el efecto antihipertensivo *in vivo* de los péptidos inhibidores de la ACE, deben ser absorbidos intactos desde el intestino y luego ser resistentes a la degradación de las peptidasas plasmáticas para alcanzar su objetivo (Bougatef *et al.*, 2008).

Péptidos alimentarios con actividad inmunomoduladora se ha estudiado desde hidrolizados de pescado con un tamaño molecular medio de los péptidos de 500 a 3000 Da, donde se muestra la afinidad para estimular la producción de aniones superóxido leucocíticos, por ejemplo desde el salmón atlántico, pudiendo mejorar el sistema inmune no específico (Kitts y Weiler, 2003). Tang *et al.* (2008) tuvieron aumentos significativos en la respuesta inmune no específica (por ejemplo, en la actividad de la lisosima y de la IgM), usando medios y altos niveles de hidrolizado proteico.

Numerosos péptidos con actividad antimicrobial han sido aislados desde distintas fuentes alimentarias, entre ellas varios tipos de pescados, donde se encuentran algunas fracciones proteicas importantes, como por ejemplo, la lactoferrina. La actividad antimicrobial de la lactoferrina se ve cuando el hidrolizado atraviesa el tracto gastrointestinal, es hidrolizado por el ácido gástrico y pepsina hasta lactoferricina, que es un importante péptido bioactivo contra las bacterias Gram negativas y Gram positivas (Kitts y Wailer, 2003).

Muchos de los péptidos bioactivos se caracterizan por tener efectos específicos sobre las funciones del sistema digestivo, estos son los llamados péptidos opioides. El primer y más estudiado péptido opioide desde las proteínas alimentarias, son las  $\beta$ -casomorfina. Las casomorfina son conocidas por ejercer una acción antidiarreica, mediante una mayor absorción de agua y electrolitos en el ID e intestino grueso. Asimismo, son capaces de modular el transporte de AA (Moughan *et al.*, 2007), mediante la modulación del proceso de absorción en el intestino e influenciar la función gastrointestinal, afectando la musculatura lisa, reduciendo la velocidad de tránsito

gastrointestinal (Korhonen y Pihlanto, 2006). Se sugiere que solamente el intestino neonatal es permeable a las casomorfinas, por no ser estas detectadas en mamíferos adultos (Korhonen y Pihlanto, 2006).

En general, todas las propiedades funcionales fueron altamente dependientes del tamaño molecular de los péptidos (Jeon *et al.*, 1999).

Por lo tanto, las propiedades fisicoquímicas y bioactivas de los hidrolizados de proteínas están intrínsecamente relacionados con una serie de parámetros que lo pueden afectar, tales como 1) la pureza de la proteína sustrato, 2) el tratamiento previo de la proteína sustrato, 3) la especificidad de la enzima utilizada para la proteólisis, 4) las propiedades fisicoquímicas condicionantes (pH, temperatura, fuerza iónica, activador) utilizados en la hidrólisis, 5) el grado de hidrólisis, 6) la técnica utilizada para la inactivación de la enzima (tratamiento térmico, acidificación, o la filtración de membrana) y 7) la utilización de tratamientos posthidrólisis (adsorbentes de aminoácidos libres, separación de membranas) (Bougatef *et al.*, 2008; Raghavan y Kristinsson, 2009).

Finalmente podemos señalar que los procesos industriales para obtener HPP de la más alta calidad nutricional y con elevadas capacidades funcionales, son materia de primera prioridad para la industria alimentaria humana y animal.

Por otra parte, la aplicación de estos procesos y la obtención de preparados específicos destinados a pollos de carne, es aún precaria; de este modo, el presente estudio contribuirá a aportar valiosa información al mundo avícola productivo que requiere optimizar sus ya elevados rendimientos.

### **III. HIPÓTESIS**

La incorporación de hidrolizados proteicos de pescado (Activium®) en la dieta de Preinicio de pollos broiler, genera una optimización de indicadores productivos y económicos al término de un ciclo productivo comercial.

### **IV. OBJETIVOS**

#### **1- Objetivo General.**

Determinar los efectos de la incorporación de hidrolizados proteicos de pescado (Activium®), en la dieta de Preinicio de pollos broiler, sobre indicadores productivos y económicos durante un ciclo productivo comercial.

#### **2- Objetivos Específicos.**

1) Comparar el efecto de la incorporación de cinco hidrolizados proteicos de pescados, incluidos en la dieta de Preinicio de pollos broiler, sobre los indicadores productivos de estas aves, durante el ciclo productivo.

2) Evaluar la rentabilidad del proceso productivo, a través del cálculo de indicadores económicos al término del ciclo productivo.

## V. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Unidad Experimental de Producción y Nutrición Avícola de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, Santiago.

630 pollitos broiler machos (Línea Ross-308) de un día de edad, fueron obtenidos de una planta incubadora y luego trasladados a la “Unidad Experimental”.

En esta Unidad Experimental, se encuentran los corrales en un pabellón convencional con ventilación natural, manejada con cortinas laterales y un ventilador eléctrico; calefaccionado mediante campanas de gas con control de temperatura por termostato.

Las aves fueron distribuidas en 30 corrales con 21 pollos cada uno, con una densidad de 12,5 pollos/m<sup>2</sup> y fueron mantenidos con un régimen de alimentación y consumo de agua *ad-libitum*.

El ensayo tuvo una duración de un ciclo productivo de 35 días. Durante este período, a las aves se les proporcionó cuatro dietas distintas, de acuerdo a sus requerimientos nutricionales, según estándares de la línea genética (Aviagen, 2009) y del NRC (1994), emulando el manejo alimentario de los planteles comerciales:

Dieta 1: Preinicio, de 1 a 15 días de edad.

Dieta 2: Inicio, de 16 a 22 días de edad.

Dieta 3: Intermedio, de 23 a 28 días de edad.

Dieta 4: Final, de 29 a 35 días de edad.

La dieta de Preinicio se compuso a su vez de seis tratamientos (Tabla 1), correspondiendo a un control Maíz-Soya, dieta comercial estándar sin insumos marinos y cinco tratamientos experimentales con hidrolizados proteicos de pescado:

Tratamiento Control Maíz-Soya.

Tratamiento BioCP®, al 3% de inclusión.

Tratamiento Hidrolizado Activium® EP-119 al 1,8% de inclusión.

Tratamiento Hidrolizado Activium® EP-120 al 1,8% de inclusión.

Tratamiento Hidrolizado Activium® EP-125 al 1,7% de inclusión.

Tratamiento Hidrolizado Activium® EP-129 al 1,8% de inclusión.

BioCP® corresponde a un concentrado de peptonas de pescado, obtenido por hidrólisis enzimática (Profish S.A).

Activium® corresponde a hidrolizados de pescado con un alto nivel de hidrólisis, diferenciándose entre ellos por el tipo de enzima utilizada en el proceso, no especificado por la empresa (Profish S.A).

Las principales diferencias y las características químicas entre los hidrolizados de pescados, se entregan en las Tablas 3 y 5. Ésta información fue entregada por la empresa Profish S.A.

La denominación específica de cada hidrolizado proteico de pescado, también es un dato proporcionado por la empresa elaboradora y entendemos que es sólo un nombre de fantasía.

Los porcentajes de incorporación en las dietas de Preinicio, fueron determinados por la empresa.

Todas las dietas de Preinicio fueron formuladas isoproteicas e isoenergéticas y se presentaron molidas en todo el período experimental.

Cada tratamiento consta de 5 replicas para cada hidrolizado, cada replica corresponde a un corral (21 pollos).

Finalizado este periodo de Preinicio, se continuó con las dietas de Inicio, Intermedio y Final, que fueron iguales para todas las aves (Tabla 2).

Todas las dietas fueron preparadas en la fábrica de alimentos Agroconca Ltda.

La composición química de los hidrolizados que fueron utilizados, se encuentran detallados en el Tabla 3.

Se realizó un análisis químico proximal a todas las dietas utilizadas en este estudio, detallándose en la Tabla 4.

El análisis de la composición peptídica de la hidrólisis con sus pesos moleculares de cada hidrolizado experimental utilizado en el estudio, se encuentra detallado en el Tabla 5.

**Tabla 1.- Composición de las dietas de Preinicio utilizadas en los seis tratamientos del estudio.**

Ingredientes	Control					
	M-S	BioCP®	EP-119	EP-120	EP-125	EP-129
	% Inc	% Inc	% Inc	% Inc	% Inc	% Inc
<b>Maíz Chile 14% Hum.</b>	46,65	49,50	48,45	48,32	48,29	48,20
<b>Trigo Afrechillo</b>	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
<b>Oleína</b>	2,55	1,70	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Soya, afrecho 48</b>	33,21	28,30	30,30	30,40	30,50	30,50
<b>Soya, poroto entero + Maíz (80-20)</b>	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
<b>BioCP</b>		3,00				
<b>EP - 119</b>			1,80			
<b>EP - 120</b>				1,80		
<b>EP - 125</b>					1,70	
<b>EP - 129</b>						1,80
<b>Conchuela</b>	1,25	1,25	1,25	1,25	1,27	1,27
<b>Fosfato Bicalcico Dihidratado</b>	2,10	2,15	2,10	2,10	2,10	2,10
<b>Sal</b>	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
<b>Vitaminas Broiler <sup>1</sup></b>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>Minerales Broiler <sup>2</sup></b>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Lisina</b>	0,06	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02
<b>DL Metionina</b>	0,28	0,24	0,24	0,26	0,26	0,26
<b>L- Treonina 98%</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Coccidiostato <sup>3</sup></b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Bacitracina <sup>4</sup></b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Composición Nutricional Calculada*</b>						
<b>EM (Kcal. /Kg.)</b>	2940	2943	2942	2940	2938	2938
<b>PC (%)</b>	23,23	23,19	23,23	23,21	23,23	23,28
<b>Ca (%)</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>P Disp. (%)</b>	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
<b>Lis (%)</b>	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39
<b>Met. (%)</b>	0,63	0,63	0,61	0,63	0,63	0,63
<b>Cis (%)</b>	0,38	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38
<b>Trip (%)</b>	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
<b>Na (%)</b>	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
<b>Cl (%)</b>	0,23	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23

\*Programa de formulación a mínimo costo de dietas para aves, Dr. Alejandro López, comunicación personal.

<sup>1</sup> Premezcla vitaminas (aporte por kg): Vit. A: 7000 UI; Vit. D3: 3000 UI; Vit. E: 20 UI; Vit. K: 1500 mg; Vit. B1: 2,5 mg; Vit. B2: 5mg; Ac. Pantoténico: 11mg; Niacina: 30 mg; Vit. B6: 3mg; Colina: 650 mg; Ac. Fólico: 0,75 mg; Biotina: 0,15 mg; Vit. B12: 0,012 mg; Etoxiquina: 125 mg; Excipientes c.s.p.: 2 g. Elaborado por Centrovvet, Chile.

<sup>2</sup> Premezcla minerales (aporte por kg): Mn: 70 mg; Fe: 80 mg; Cu: 8 mg; Zn: 60 mg; Se: 0,25 mg; I: 0,4 mg; Excipientes c.s.p.: 750 mg. Elaborado por Centrovvet, Chile.

<sup>3</sup> Clinacox® 0,5%. Janssen Pharmaceuticals.

<sup>4</sup> BMD® Bacitracina Metileno Disalicilato 11% Alparma.

**Tabla 2.- Composición de las dietas de Inicio, Intermedio y Final que fueron utilizadas en los seis tratamientos del estudio.**

Ingredientes	Inicio	Intermedio	Final
	% Inc	% Inc	% Inc
<b>Maíz Chile 14% Hum.</b>	46,80	51,47	58,23
<b>Trigo Afrechillo</b>	0,41	1,70	2,0
<b>Soya, afrecho 48</b>	31,51	25,00	13,80
<b>Soya, poroto entero + maíz (80-20)</b>	14,00	13,95	19,05
<b>Conchuela</b>	1,37	1,20	1,17
<b>Fosfato Bicalcico Dihidratado</b>	1,92	1,70	1,45
<b>Sal</b>	0,39	0,38	0,38
<b>Vitaminas Broiler <sup>1</sup></b>	0,20	0,20	0,20
<b>Minerales Broiler <sup>2</sup></b>	0,10	0,10	0,10
<b>Lisina</b>	0,05	0,05	0,05
<b>DL Metionina</b>	0,20	0,17	0,18
<b>L- Treonina 98%</b>		0,01	
<b>Coccidiostato <sup>3</sup></b>	0,05	0,05	
<b>Bacitracina <sup>4</sup></b>	0,05	0,03	
<b>Composición Nutricional Calculada*</b>			
<b>EM (Kcal. /Kg.)</b>	3000	3100	3200
<b>PC (%)</b>	22,79	20,23	16,97
<b>Ca (%)</b>	1,00	0,88	0,80
<b>P Disp. (%)</b>	0,45	0,40	0,35
<b>Lis (%)</b>	1,36	1,19	0,97
<b>Met. (%)</b>	0,55	0,49	0,45
<b>Cis (%)</b>	0,38	0,34	0,30
<b>Trip (%)</b>	0,29	0,25	0,21
<b>Na (%)</b>	0,18	0,18	0,18
<b>Cl (%)</b>	0,26	0,25	0,25

\*Programa de formulación a mínimo costo de dietas para aves, Dr. Alejandro López, comunicación personal.

<sup>1</sup> Premezcla vitaminas (aporte por kg): Vit A:7000 UI; Vit D3: 3000 UI; Vit E: 20 UI; Vit K: 1500 mg; Vit B1: 2,5 mg; Vit B2: 5mg; Ac. Pantoténico: 11mg; Niacina: 30 mg; Vit B6: 3mg; Colina: 650 mg; Ac. Fólico: 0,75 mg; Biotina: 0,15 mg; Vit B12: 0,012 mg; Etoxiquina: 125 mg; Excipientes c.s.p.: 2 g. Elaborado por Centrovvet, Chile.

<sup>2</sup> Premezcla minerales (aporte por kg): Mn: 70 mg; Fe: 80 mg; Cu: 8 mg; Zn: 60 mg; Se: 0,25 mg; I: 0,4 mg; Excipientes c.s.p.: 750 mg. Elaborado por Centrovvet, Chile.

<sup>3</sup> Clinacox® 0,5%. Janssen Pharmaceuticals.

<sup>4</sup> BMD® Bacitracina Metileno Disalicilato 11 % Alpha.

**Tabla 3.- Composición Química de los Hidrolizados utilizados (información entregada por la empresa "PROFISH S.A.")**

<b>ANÁLISIS</b>	<b>BioCP®</b>	<b>EP-119</b>	<b>EP- 120</b>	<b>EP- 125</b>	<b>EP-129</b>
<b>Humedad (%)</b>	4,60	5,00	4,90	3,50	3,60
<b>Proteína (%)</b>	70,80	70,60	67,50	69,70	69,00
<b>Ceniza (%)</b>	7,00	7,40	7,50	7,00	8,00
<b>Grasa (%)</b>	14,70	15,30	16,70	19,40	15,60
<b>Prot. Solub. (%)</b>	83,55	85,10	82,60	82,30	84,20
<b>Calcio mg/Kg.</b>	1902	2174	2214	1341	1516
<b>Fósforo (%)</b>	0,79	0,79	0,79	0,77	0,80
<b>Sal (%)</b>	2,30	2,70	2,70	2,50	2,60

	<b>BioCP®</b> g. /100 g.mta. (*)	<b>EP-119</b> g. /100 g.mta.	<b>EP- 120</b> g. /100 g.mta.	<b>EP- 125</b> g. /100 g.mta.	<b>EP-129</b> g. /100 g.mta.
<b>ACIDO ASPARTICO</b>	6,47	6,98	6,57	6,69	6,51
<b>ACIDO GLUTAMICO</b>	8,99	9,42	8,93	9,58	9,40
<b>HIDROXIPROLINA</b>	0,54	0,55	0,52	0,53	0,52
<b>SERINA</b>	2,90	2,94	2,90	2,79	2,85
<b>GLICINA</b>	3,85	3,96	3,8	3,98	3,97
<b>HISTIDINA</b>	3,40	3,99	3,71	3,94	3,79
<b>ARGININA</b>	4,06	2,90	2,81	2,95	2,96
<b>TAURINA</b>	0,83	0,92	0,57	0,91	0,58
<b>TREONINA</b>	3,28	3,51	3,42	3,46	3,50
<b>ALANINA</b>	2,45	2,50	2,44	2,50	2,52
<b>PROLINA</b>	3,36	3,48	3,37	3,47	3,48
<b>TIROSINA</b>	2,05	2,16	2,04	2,11	2,07
<b>VALINA</b>	3,23	3,55	3,39	3,47	3,43
<b>METIONINA</b>	2,12	1,84	1,96	1,83	2,02
<b>ISOLEUSINA</b>	3,28	3,50	3,32	3,49	3,43
<b>LEUSINA</b>	5,59	5,77	5,61	5,64	5,68
<b>FENILALANINA</b>	2,83	2,88	2,87	2,79	2,87
<b>LISINA</b>	5,85	5,99	5,80	5,87	5,83
<b>SUMA DE AA</b>	65,08	66,84	64,05	65,99	65,42
<b>% PROT. TOTAL</b>	68,50	70,60	67,50	69,70	69,00

\*Gramos de muestra.

**Tabla 5.- Composición de fracciones peptídicas (%) de la hidrólisis, según sus pesos moleculares (Da), de los hidrolizados proteicos utilizados en este estudio (información entregada por la empresa "PROFISH S.A.")**

<b>PM<sup>1</sup></b>	<b>BioCP®</b>	<b>EP-125</b>	<b>EP-120</b>	<b>EP-119</b>	<b>EP-129</b>
Da	%	%	%	%	%
<b>PM&gt;10.000</b>	21,61	5,95	5,24	6,43	5
<b>10.000&lt;PM&lt;5.000</b>	5,88	3,72	3,62	4,32	3,7
<b>5.000&lt;PM&lt;1.000</b>	24,39	26,98	16,48	19,06	15,5
<b>1.000&lt;PM&lt;500</b>	22,19	30,22	29,58	31,43	30,5
<b>500&lt;PM&lt;120</b>	24,62	32,03	43,73	37,35	43,7
<b>PM&lt;120</b>	1,31	1,54	1,35	1,41	1,41
<b>Menor a 500</b>	25,93	33,57	45,08	38,76	45,11
<b>Menor a 1.000</b>	48,12	63,79	74,66	70,19	75,61

<sup>1</sup> Peso molecular en Dalton (Da).

Se observa en la Tabla 5, la composición peptídica de los distintos tratamientos experimentales en estudio. Se puede advertir, por ejemplo al tomar como referencia los pesos moleculares con valores menores a 1.000 Da, que el tratamiento BioCP® corresponde a un producto de menor grado de hidrólisis que los productos EP, debido a que contiene péptidos con pesos moleculares mayores, donde se puede observar que contiene sólo un 48% de péptidos menor a 1.000 Da, mientras el EP-120 y el EP-129 contienen sobre un 74%, presentando los mayores porcentajes o mayor proporción de péptidos pequeños.

Diversos autores, informan valores de pesos moleculares de algunos péptidos bioactivos. Por ejemplo, Vandanjon *et al.* (2009) observó que las clases de péptidos más bioactivos están principalmente entre (100-500) y (1.000-3.500) Da. Kitts y Weiler (2003) indican que fracciones peptídicas con un tamaño medio (500 a 3.000 Da) presentan actividad inmunoestimuladoras. En el estudio de Bougateg *et al.* (2008) se estimó que la masa molecular de los péptidos con mejor actividad inhibitoria de la ACE estaba entre los 200 y 600 Da.

Sería interesante hacer estudios sobre la relación estructura-función de los péptidos, para obtener un alimento concreto a las necesidades específicas requeridas.

Durante el desarrollo del estudio fueron realizadas las siguientes mediciones:

### **1. Indicadores Productivos**

- Peso Vivo Promedio Individual, los días 1, 15, 22, 28 y 35 de edad. Para lo cual se pesaron conjuntamente todos los pollos de cada corral y se dividieron por el número de aves.

- Consumo Promedio de Alimento, Ganancia de Peso Vivo, Mortalidad e Índice de Conversión Alimenticia (Kg. Alimento Consumido/Kg. Ganancia Peso Vivo) para los días 15, 22, 28 y 35 de edad y sus correspondientes períodos acumulados.

-Cálculo del Índice de Eficiencia Productiva (IEP), al término del estudio, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IEP} = \frac{\text{Viabilidad (\%)} \times \text{Ganancia de Peso/Día} \times 100}{\text{Conversión Alimenticia}}$$

Viabilidad = Porcentaje de pollos vivos al final del ensayo, en relación a la cantidad de pollos con que se inicia el experimento.

Ganancia de Peso/Día = (Peso Final – Peso Inicial) / Número de Días del Experimento.

### **2. Indicadores Económicos**

- Cálculo del Costo Alimentario de la Ganancia de Peso (CAGP) de los pollos al término del ensayo:

CAGP = Conversión Alimenticia × \$/Kg. de dieta.

- Cálculo del “Margen Bruto” (MB) para cada tratamiento al término del ensayo, aplicando la siguiente fórmula:

$$MB_j = [(K_j \times V)] - [(CO\ PI_j \times PA\ PI_j) + (CO\ IC_j \times PA\ IC) + (CO\ IT_j \times PA\ IT) + (CO\ FN_j \times PA\ FN)] \text{ donde:}$$

$K_j$  = Peso Total de pollos obtenidos de la repetición  $j$  (kilogramos).

$V$  = Precio por Venta de kilogramos de pollo a la planta faenadora CODIPRA S.A.<sup>1</sup>

$CO\ PI_j$  = Consumo del Alimento de la dieta Preinicio de la repetición  $j$ .

$PA\ PI$  = Precio de la dieta Preinicio de cada tratamiento <sup>2</sup>.

$CO\ IC_j$ ,  $CO\ IT_j$ ,  $CO\ FN_j$  = Corresponden a los kilogramos de alimento consumidos de las dietas Inicio, Intermedio y Final, respectivamente de cada repetición.

$PA\ IC$ ,  $PA\ IT$ ,  $PA\ FN$  = Corresponden a los precios de las dietas Inicio, Intermedio y Final, respectivamente <sup>3</sup>.

<sup>1</sup> \$566,48. Revista del Campo, El Mercurio. Enero del 2008.

<sup>2</sup> Control Maíz-Soya: \$175/Kg.; BioCP®: \$200/Kg.; EP-119: \$185/Kg.; EP-120: \$185/Kg.; EP-125: \$185/Kg.; EP-129: \$185/Kg.

Valor de los hidrolizados proteicos de pescado Activium®: US\$2500/ton. María T. Millán, Profish S.A., comunicación personal.

<sup>3</sup> Inicio: \$175/Kg.; Intermedio: \$168/Kg.; Final: \$162/Kg. Valores según programa de formulación de dietas de Javier González. 29 de Enero del 2008.

### 3. Análisis Estadístico

Las variables obtenidas con cada tratamiento fueron evaluadas con un análisis de varianza (ANDEVA), considerando un diseño completamente al azar, para determinar diferencias estadísticamente significativas entre ellas, mediante el programa SAS Learning Edition 2.0 (2004). Para el análisis económico se utilizó el procedimiento General Linear Models del programa SAS (v.9.1.3, SAS Institute inc., Cary, NC, USA).

Los resultados del ANDEVA para indicadores de tratamientos que indicaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre ellos, fueron sometidos a la Prueba de Tukey de comparación de medias (Sokal y Rohlf, 1981).

El diseño estadístico utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + E_{ij}, \text{ donde:}$$

$Y_{ij}$  = Respuesta Observada.

$\mu$  = Media Poblacional.

$T_j$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$E_{ij}$  = Error.

## VI. Resultados y Discusión

### 1- Dietas Experimentales.

La Tabla 1 muestra la composición de las dietas de Preinicio utilizadas en el estudio. Las dietas de Preinicio fueron formuladas para proveer niveles isoproteicos e isoenergéticos en todas las dietas. Tabla 4 muestra el análisis químico proximal de las dietas utilizadas en el estudio. Los niveles de aminoácidos (AA) fueron similares entre todos los hidrolizados, excepto para taurina que fue menor en los hidrolizados EP-120 y EP-129 (Tabla 3). Taurina se encuentra en cantidades significativas en productos marinos (Aksnes, 2005). Por ejemplo, taurina podría afectar varios mecanismos fisiológicos, ya que participa en la homeostasis de calcio y modulación del crecimiento, entre otros (Redmond *et al.*, 1998; Berger y Mustafa, 2003). El peso de taurina es 125.1 g/mol. Por lo cual, la menor concentración de taurina observada en los hidrolizados EP-120 y EP-129 no concuerda debido a que estos 2 hidrolizados deberían contener una mayor concentración de taurina, ya que estos poseen un mayor porcentaje de compuestos de bajo peso molecular (45%) (Tabla 5).

## 2. Análisis de las Dietas

Todas las dietas fueron muestreadas y evaluadas mediante un análisis químico proximal (A.O.A.C, 2002). Para este fin, se tomaron muestras representativas de cada dieta, correspondiente a los seis tratamientos de la dieta de Preinicio y luego, una muestra representativa de cada alimento correspondiente a las dietas de Inicio, Intermedio y Final (Tabla 4). Todos los análisis fueron realizados en Laboratorio LABSER, Rancagua.

**Tabla 4.- Análisis Químico Proximal de las dietas de “Preinicio” utilizadas en la suplementación de pollos Broiler.**

	DIETAS	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL				
		Humedad (%)	Prot. Total (%)	Grasa Total (%)	Cenizas (%)	Fibra Cruda (%)
<b>PREINICIO</b>	Control Maíz-Soya	10,77	27,46	9,53	8,5	3,05
	BioCP 3%	11,07	26,56	9,38	8,52	3,31
	EP-119 1,8%	11,29	26,86	9,02	8,37	2,77
	EP-120 1,8%	11,63	25,39	8,98	8,49	3,18
	EP-125 1,7%	11,53	25,93	9,05	8,26	3,16
	EP-129 1,8%	11,77	27,08	8,97	7,73	3,19
	<b>INICIO</b>	10,72	23,05	4,21	8,93	3,57
	<b>INTERMEDIO</b>	10,85	22,52	4,35	8,63	2,71
	<b>FINAL</b>	11,02	17,66	5,47	8,93	2,31

Cuando se comparan los valores nutricionales de las bases de formulación de las dietas con los valores analíticos obtenidos (Tabla 1 y 4) se puede apreciar que en general hay amplia concordancia, siendo estos últimos levemente superiores a los considerados a la base de datos para formulación. Esto se explicaría porque la formulación de las dietas utilizadas en este estudio fue basada sobre nutrientes digestibles.

### 3- Mediciones de Indicadores Productivos

#### 3.1-Peso Vivo Promedio.

En la Tabla 6 se muestran los pesos vivos individuales en los períodos correspondientes.

**Tabla 6.-Peso vivo promedio por pollo (Kg.) a los días 1, 15, 22, 28 y 35 (Promedios ± DS).**

Tratamiento	Peso Vivo Individual (Kg.)				
	Día 1	Día 15	Día 22	Día 28	Día 35
<b>Control Maíz Soya</b>	0,039 ±0,001	0,396 <sup>a</sup> ± 0,030	0,790 <sup>a</sup> ±0,044	1,249 <sup>a</sup> ±0,050	1,863 ±0,074
<b>BioCP® 3%<sup>1</sup></b>	0,040 ±0,001	0,431 <sup>b</sup> ±0,011	0,838 <sup>ab</sup> ±0,018	1,309 <sup>ab</sup> ±0,040	1,908 ±0,065
<b>EP-119 1,8%<sup>2</sup></b>	0,040 ±0,000	0,444 <sup>b</sup> ±0,013	0,861 <sup>b</sup> ±0,025	1,320 <sup>ab</sup> ±0,052	1,923 ±0,064
<b>EP-120 1,8%<sup>2</sup></b>	0,040 ±0,001	0,449 <sup>b</sup> ±0,012	0,871 <sup>b</sup> ±0,021	1,343 <sup>b</sup> ±0,030	1,966 ±0,068
<b>EP-125 1,7%<sup>2</sup></b>	0,039 ±0,001	0,423 <sup>ab</sup> ±0,016	0,832 <sup>ab</sup> ±0,033	1,302 <sup>ab</sup> ±0,046	1,927 ±0,086
<b>EP-129 1,8%<sup>2</sup></b>	0,040 ±0,000	0,452 <sup>b</sup> ±0,014	0,864 <sup>b</sup> ±0,033	1,344 <sup>b</sup> ±0,059	1,958 ±0,083
<b>p=</b>	0,811	0,000	0,002	0,040	0,253

<sup>1</sup> BioCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A).

<sup>2</sup> Activium®: Hidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A).

**a,b** :Valores con superíndice distinto, dentro de una misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

Al día 1 de edad, se observa que no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) en el peso corporal de los pollitos entre tratamientos, lo que indica el proceso de estandarización de pesos que se realizó al inicio del experimento, donde se pesaron todos los pollitos a su llegada al galpón, en forma individual y luego se descartaron los pollitos con pesos extremos, para luego dividir los pollitos según peso en cada corral, tratando de completar todos los corrales con el mismo peso de pollitos.

Al día 15, se observa un aumento significativo en peso vivo en todos los tratamientos comparado al tratamiento control Maíz-Soya, con excepción del tratamiento EP-125, donde el incremento en peso vivo no es significativo respecto al tratamiento control Maíz-Soya ( $p > 0,05$ ). Esto concuerda con lo descrito en varios estudios, donde una

alimentación precoz con hidrolizados proteicos de pescado, en sustitución de la harina de pescado, podía mejorar el crecimiento, desarrollo animal, la ganancia de peso y tasa de supervivencia animal, debido a una temprana estimulación de la actividad enzimática de la membrana en borde en cepillo del intestino (Gilbert *et al.* 2008). Lo anterior es fundamental dado que las cantidades de enzimas digestivas pancreáticas a los 4 días de edad podrían ser insuficientes para tener una apropiada digestión y absorción proteica (Noy y Sklan, 1998).

Esta baja secreción se debe a que el páncreas no presenta un rápido crecimiento como el intestino lo presenta en los primeros días de edad (Noy y Sklan, 1998). Además, se indica que la capacidad del ID de absorber AA, especialmente en la forma de di- y tripéptidos es más rápida y eficiente en esta etapa del desarrollo (Gilbert *et al.* 2008). Por lo cual, en este escenario es fundamental proveer un alimento altamente digestible con altas cantidades de di- y tripéptidos. Los hidrolizados de pescado contiene cantidades significativas de componentes de bajo peso molecular como AA libres y péptidos, que como se ha señalado son beneficiosos para el crecimiento y el rendimiento alimenticio (Aksnes *et al.*, 2006). En contraste, la dieta control Maíz-Soya no contiene proteínas de origen animal, lo cual también explicaría esta diferencia significativa en peso vivo a los 15 días de edad. Este efecto positivo sobre el crecimiento se debería al balance entre la digestión, absorción y utilización AA libres, péptidos y proteínas desde el “pool” del plasma (Aksnes *et al.*, 2006). Por lo cual, Aksnes *et al.* (2006b) sugirieron que el hidrolizado proteico de pescado generalmente muestra efectos positivos sobre el crecimiento y la conversión alimenticia a bajo nivel de inclusión, pero disminuye el crecimiento cuando se excede un específico nivel dietario de inclusión (Aksnes *et al.*, 2006).

A lo largo del estudio, se puede observar que el efecto de los tratamientos sobre peso vivo individual va disminuyendo. Así, al día 22 sólo 3 tratamientos (EP-119, EP-120 y EP-129) son significativamente distintos a la dieta control ( $p \leq 0,05$ ). Al día 28, sólo 2 tratamientos (EP-120 y EP-129) son significativamente diferentes al tratamiento control ( $p \leq 0,05$ ). Al día 35, no se observan diferencias significativas en peso vivo individual entre los diferentes tratamientos ( $p > 0,05$ ). Así, este efecto positivo sobre el peso vivo sería transitorio, no detectándose al final del ciclo.

Esto concuerda con lo publicado por Mateos *et al.* (2002) quienes informan que en varios estudios de alimentos en pollos, desde la eclosión hasta los 10 días de edad, utilizando distintos tipos nutricionales de alimentos de Preinicio pueden afectar positivamente algunos parámetros productivos, como el peso vivo, donde tienden a desaparecer con la edad, no observándose ninguna diferencia en los rendimientos posteriores, una vez que todas las aves recibieron la misma dieta.

Asimismo, este supuesto efecto transitorio podría deberse a que la secreción pancreática sería apropiada después de los 10 días de edad, lo cual atenuaría los efectos positivos iniciales observados en el crecimiento, debido a que aumentaría la cantidad de nutrientes absorbidos a través de la mucosa intestinal a medida que aumenta la edad (Noy y Sklan, 1998). Por lo tanto, la diferencia en peso vivo observada en los primeros períodos del estudio se debería a que los hidrolizados presentan nutrientes altamente digestible que estimulan la actividad y el desarrollo de la mucosa intestinal aumentando la digestión, absorción y utilización de los AA y péptidos presentes en la dieta.

Estos resultados también concuerdan con los estudios anteriores realizados por Guzmán (2009) y Loyola (2008), quienes trabajaron con hidrolizados proteicos de pescado, producidos con distintos tipos de enzimas, en dietas de pollos broiler. Sin embargo, esto no concuerda con los estudios de Henríquez (2008) y Maucher (2007), quienes trabajaron con hidrolizados proteicos de pescado mezclados con fuentes de proteína vegetal en las dietas de pollos broiler. En estos estudios se puede observar diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en los pesos de los pollos solo al final de sus ensayos.

Por otra parte, el porcentaje de inclusión de los hidrolizados proteicos en las dietas podría ser bajo como para mantener su efecto positivo sobre el peso vivo hasta el término del ciclo productivo, por lo que sería interesante realizar en el futuro estudios de alimentación con porcentajes de inclusión mayor a los estudiados.

### 3.2-Consumo de Alimento.

En la Tabla 7 se muestran los consumos de alimento individual en los períodos correspondientes.

**Tabla 7.- Consumo de Alimento por pollo (Kg.) en los períodos 1-15 días, 1-22 días, 1-28 días y 1-35 días de edad (Promedios  $\pm$  DS).**

Tratamiento	Consumo de Alimento Individual (Kg.)			
	1-15 días	1-22 días	1-28 días	1-35 días
<b>Control Maíz Soya</b>	0,559 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,020	1,468 $\pm$ 0,057	2,604 $\pm$ 0,214	3,972 $\pm$ 0,236
<b>BioCP® 3%<sup>1</sup></b>	0,546 <sup>a</sup> $\pm$ 0,013	1,459 $\pm$ 0,071	2,578 $\pm$ 0,252	3,968 $\pm$ 0,259
<b>EP-119 1,8%<sup>2</sup></b>	0,570 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,018	1,510 $\pm$ 0,049	2,676 $\pm$ 0,215	4,130 $\pm$ 0,220
<b>EP-120 1,8%<sup>2</sup></b>	0,549 <sup>a</sup> $\pm$ 0,006	1,418 $\pm$ 0,048	2,520 $\pm$ 0,126	3,889 $\pm$ 0,144
<b>EP-125 1,7%<sup>2</sup></b>	0,560 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,020	1,490 $\pm$ 0,077	2,552 $\pm$ 0,093	3,925 $\pm$ 0,160
<b>EP-129 1,8%<sup>2</sup></b>	0,589 <sup>b</sup> $\pm$ 0,020	1,529 $\pm$ 0,037	2,878 $\pm$ 0,153	4,277 $\pm$ 0,150
<b>p=</b>	0,006	0,073	0,057	0,064

<sup>1</sup> BioCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A).

<sup>2</sup> Activium®: Hidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A).

<sup>a,b</sup>: Valores con superíndice distinto, dentro de una misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

El consumo inicial de alimento durante los primeros 1-15 días (Tabla 7), obtuvo diferencias significativas para los pollos. Se observa que los pollos alimentados con los tratamientos BioCP® y EP-120 obtuvieron el menor consumo, mientras el tratamiento EP-129 logró el mayor.

Similares resultados se pueden observar en el estudio de Guzmán (2009), donde se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) sólo en el primer período de los estudios. Mientras en los estudios de Henríquez (2008) y Maucher (2007) no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el consumo de alimento para ningún tratamiento en el período del ciclo productivo. En cambio, Loyola (2008) observó diferencias sólo en el último período de su estudio, encontrando diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los

tratamientos Activium® y el tratamiento control Maíz-Soya, siendo este último el de menor consumo.

La temperatura ambiental es una condición que puede influir en el consumo de alimento de los pollos. Sin embargo, este factor se mantuvo acorde a la edad de los pollos en el pabellón durante todo el estudio.

Una mejor palatabilidad es generalmente usada para explicar un mayor consumo de alimento y mejor crecimiento en estudios donde fueron utilizados hidrolizados proteicos (Aksnes *et al.*, 2006). Palatabilidad y la presencia de atrayentes han sido asociados con compuestos de pequeño peso molecular como AA y nucleótidos libres. En el presente estudio, los pollos alimentados con el tratamiento EP-129 presentan un mayor consumo de alimento y un mayor peso vivo a los 15 días (Tabla 6). Al mismo tiempo, en el grupo alimentado con la dieta control Maíz-Soya, la cual no contiene insumos marinos y por ende no contiene estos compuestos de bajo peso molecular, presentan numéricamente un menor consumo de alimento. Por lo cual, nuestros resultados confirmarían esta teoría, que el aumento de crecimiento se debería a una mayor palatabilidad. Los otros tratamientos se ubican en posiciones intermedias que no difieren de los extremos.

En el resto de los periodos del estudio, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos respecto al consumo de alimento individual ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, el consumo de alimento de los pollos alimentados con el tratamiento EP-129 es numéricamente mayor comparado con los otros tratamientos. La nivelación observada a lo largo del estudio respecto al consumo de alimento podría deberse a que los pollos del tratamiento control Maíz-Soya parecen ajustar la baja conversión de alimento a través de un aumento en consumo de alimento. Esto explicaría la menor conversión alimenticia observada para la dieta control Maíz-Soya comparada al resto de las dietas en los 2 primeros períodos de este estudio (Tabla 8).

### 3.3- Conversión Alimenticia.

En la Tabla 8 se muestran los valores de conversión alimenticia en los períodos correspondientes.

**Tabla 8.- Conversión Alimenticia (kg. alimento consumido/kg. ganancia de peso vivo) para los distintos períodos productivos (Promedios  $\pm$  DS).**

Tratamiento	Conversión Alimenticia (Kg.)			
	1-15 días	1-22 días	1-28 días	1-35 días
<b>Control Maíz Soya</b>	1,576 <sup>a</sup> $\pm$ 0,153	1,931 <sup>ac</sup> $\pm$ 0,089	2,126 $\pm$ 0,139	2,160 $\pm$ 0,121
<b>BioCP® 3%<sup>1</sup></b>	1,394 <sup>b</sup> $\pm$ 0,020	1,793 <sup>abc</sup> $\pm$ 0,087	1,998 $\pm$ 0,167	2,099 $\pm$ 0,117
<b>EP-119 1,8%<sup>2</sup></b>	1,412 <sup>b</sup> $\pm$ 0,044	1,808 <sup>abc</sup> $\pm$ 0,044	2,057 $\pm$ 0,147	2,167 $\pm$ 0,122
<b>EP-120 1,8%<sup>2</sup></b>	1,341 <sup>b</sup> $\pm$ 0,039	1,677 <sup>b</sup> $\pm$ 0,073	1,904 $\pm$ 0,116	1,995 $\pm$ 0,094
<b>EP-125 1,7%<sup>2</sup></b>	1,460 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,061	1,849 <sup>c</sup> $\pm$ 0,108	1,995 $\pm$ 0,125	2,062 $\pm$ 0,151
<b>EP-129 1,8%<sup>2</sup></b>	1,429 <sup>b</sup> $\pm$ 0,045	1,826 <sup>abc</sup> $\pm$ 0,088	2,174 $\pm$ 0,192	2,206 $\pm$ 0,149
<b>p=</b>	0,001	0,003	0,095	0,320

<sup>1</sup> BioCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A).

<sup>2</sup> Activium®: Hidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A).

<sup>a,b</sup>: Valores con superíndice distinto, dentro de una misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

Como se aprecia en la Tabla 8, la inclusión de hidrolizados proteicos afectaría la conversión alimenticia (ECA) en los períodos 1 a 15 y 1 a 22 días. Los pollos alimentados con los hidrolizados presentan una significativa mejor ECA que el tratamiento Control Maíz-Soya ( $p \leq 0,05$ ). En general, esto sería concordante con los efectos sobre peso vivo, siendo los pollos del tratamiento EP-120 y EP-129 los que muestran la mejor eficiencia y el mayor peso vivo. Este efecto observado indica que la diferencia en el ECA se debe a la diferencia en crecimiento y diferencia en la cantidad de alimento consumido.

Asimismo, se ha indicado que el nivel de proteína dietaria o la relación energía-proteína (E : P) tienen un efecto determinante sobre la ganancia de peso y en la ECA en pollos broiler (Bartov y Plavnik, 1998). En el presente estudio todas las dietas utilizadas fueron isoenergéticas e isoproteicas. Iji *et al.* (2001) indicaron que los nutrientes disponibles en las dietas de etapas iniciales del ciclo de vida de los pollos, estimulan la

función enzimática digestiva y benefician la ECA. Sin embargo, los nutrientes disponibles calculados contenidos en las dietas fueron similares (Tabla 1). Por lo tanto, la diferencia observada en ganancia de peso o ECA no puede ser atribuida a una diferente relación E : P y cantidad de nutrientes disponibles entre las dietas. Esto sugiere que las diferencias observadas en este estudio podrían deberse básicamente a la presencia en los hidrolizados proteicos de los ya anteriormente descritos, compuestos de bajo peso molecular, los cuales serían beneficiosos para el crecimiento y la utilización del alimento y serían de mejor calidad que los aportados por la dieta Control Maíz-Soya.

Sin embargo, la utilización en el período de Preinicio de alimento molido en vez de peletizado, pudo haber influido en los resultados. Amerah *et al.* (2007) informaron que al alimentar pollos broiler, en el período de 1 a 21 días de edad, con alimento peletizado en comparación al alimentar con uno molido, encuentran un incremento en la ganancia de peso y consumo de alimento, mejorando la ECA. Esto debido al aumento de la densidad nutricional, mejoramiento de la digestibilidad y la reducción de la pérdida de alimento, entre otros, al utilizar pellet en la alimentación de aves. Esto concuerda con Brickett *et al.* (2007a), quienes informan que el uso del pellet en la alimentación en broiler, mejora la tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia (ECA), en comparación con un alimento molido. Además, informan que con un alimento molido se reduce el consumo de alimento por parte de los pollos significativamente, disminuyendo la tasa de crecimiento, debido a que los pollos reducen la capacidad de comer el alimento en conjunto, la posibilidad de ser un alimento menos palatable y aumentar el gasto de tiempo que realiza el pollo en comer este alimento molido. Por lo tanto, el uso de alimento molido en la etapa de Preinicio pudo afectar en forma negativa los indicadores productivos antes mencionados.

A partir de los 22 días, las diferencias en la utilización de alimento tienden a disminuir. Aunque el tratamiento EP-120 presenta la mejor eficiencia a los 22 días. A los 28 y 35 días, no se observan diferencias significativas entre los distintos tratamientos ( $p > 0,05$ ). Esto sugiere que los pollos broiler tienden a ajustar su metabolismo probablemente para mejorar la utilización de los nutrientes dietarios.

En el estudio de Guzmán (2009), se puede observar diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) sólo en el primer período de su estudio, no encontrando gran diferencia entre el tratamiento control Maíz-Soya y los tratamientos Activium®. Mientras en los estudios de

Loyola (2008), Henríquez (2008) y Maucher (2007) no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ) en ninguno de los períodos de sus estudios.

### 3.4- Mortalidad.

En la Tabla 9 se muestra la mortalidad de las aves durante los períodos correspondientes.

**Tabla 9.-Mortalidad durante los periodos 1-15, 16-22, 23-28, 29-35 y 1-35 días de edad (%) (\*).**

Tratamiento	Mortalidad (%)				
	1-15 días	16-22 días	23-28 días	29-35 días	1-35 días
Control Maíz-Soya	0	0	1,1	1,1	1,9
BioCP 3% <sup>1</sup>	0	0	0	0	0
EP-119 1,8% <sup>2</sup>	0	0	1,1	0	0,9
EP-120 1,8% <sup>2</sup>	0,9	0	1,1	0	1,9
EP-125 1,7% <sup>2</sup>	1,9	0	0	0	1,9
EP-129 1,8% <sup>2</sup>	0	0	0	0	0

<sup>1</sup> BioCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A).

<sup>2</sup> Activium®: Hidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A).

\*Las causas de mortalidad se detallan en el Anexo 1.

Como se observa en la Tabla 9, la mortalidad registrada durante este estudio fue muy baja. La baja mortalidad inicial es reflejo de un buen manejo de los huevos en la planta incubadora y en los primeros días de vida de los pollos. La mortalidad observada en los últimos períodos del ciclo es baja y es reflejo de las excelentes condiciones de manejo empleadas, la buena nutrición y a los menores pesos vivos de los pollos, producto del ciclo productivo más corto diseñado. Esto concuerda con Brickett *et al.* (2007b) quienes informan de los beneficios en realizar un ciclo productivo más corto (35 días) o el reducir la tasa de crecimiento de los pollos. Esto debido al continuo mejoramiento en la tasa de crecimiento de los pollos por selección genética, entre otros; reduciendo el número de días para alcanzar el peso de mercado, pero asociado a problemas de salud con una alta incidencia de desordenes metabólicos, como el síndrome de muerte súbita, ascitis y anormalidades esqueléticas. El rápido crecimiento con un esqueleto inmaduro contribuye a una alta incidencia de desordenes de pierna (debilidad), asociado con dolor, afectando al pollo en su alimentación. En sus estudios concluyen que los pollos alimentados con un

alimento molido, tuvieron menor mortalidad al compararlos con un alimento peletizado. Esto debido a un menor consumo y una menor tasa de crecimiento, al compararlo con los pollos alimentados con pellet.

Al comparar la mortalidad en estudios anteriores, por ejemplo en las memorias de Loyola (2008) y Guzmán (2009), se puede observar la alta mortalidad registrada en los últimos períodos de un ciclo productivo de 42 días, asociadas al síndrome de muerte súbita y ascitis, debido a la alta tasa de crecimiento lograda por los pollos, siendo insuficiente el sistema cardiocirculatorio para lograr una adecuada oxigenación a la gran masa corporal obtenida.

Todos los pollos que murieron durante el estudio, fueron enviados al Laboratorio de Patología Aviar de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile. Las causales de mortalidad de los pollos durante este estudio fue principalmente síndrome de muerte súbita, la cual es generalmente observada y esperada en un ciclo productivo de pollos Broilers (Anexo 1). Aunque el síndrome de muerte súbita es relacionado a varios factores, es generalmente definido como una falla metabólica provocada por el rápido desarrollo muscular que no es acompañado con una apropiada capacidad fisiológica de oxigenación.

### 3.5- Índice de Eficiencia Productiva (IEP).

En la Tabla 10 se muestran los valores correspondientes a IEP calculados al término del estudio.

**Tabla 10.- Índice de Eficiencia Productiva (IEP) calculado para todos los tratamientos al término del estudio (Promedios  $\pm$  DS).**

Tratamiento	IEP
Control Maíz-Soya	<b>236,42</b> $\pm 17,13$
BioCP® 3% <sup>1</sup>	<b>255,06</b> $\pm 17,22$
EP-119 1,8% <sup>2</sup>	<b>246,48</b> $\pm 22,85$
EP-120 1,8% <sup>2</sup>	<b>270,02</b> $\pm 15,20$
EP-125 1,7% <sup>2</sup>	<b>256,72</b> $\pm 22,41$
EP-129 1,8% <sup>2</sup>	<b>249,82</b> $\pm 26,21$
p=	0,226

<sup>1</sup> BioCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A).

<sup>2</sup> Activium®: Hidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A).

<sup>a,b</sup>: Valores con superíndice distinto, dentro de una misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

El IEP es utilizado ampliamente a nivel nacional para comparar parvadas o planteles comerciales, evaluando el rendimiento integral de los grupos en estudio. Por lo cual, al incluir para su cálculo los principales indicadores productivos, como por ejemplo, peso vivo, viabilidad y conversión alimenticia, permiten tener una visión general de los grupos en estudio. Se considera un buen rendimiento, mientras más alto sea su valor (Aviagen, 2002). Se considera un valor aceptable y dentro de los rangos esperados, un valor superior a 200, mientras que un valor mayor a 230 es considerado excelente (Ortiz *et al.*, 1997).

Al observar la Tabla 10, se comprueba que todos los valores están por sobre los 230 puntos, considerado excelente. Sin embargo, hay informes de otros autores que consideran

un valor de 300 como adecuado. No se observaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos en estudio ( $p > 0,05$ ).

Sin embargo, al observar los valores en la Tabla 10, se puede mencionar que el tratamiento con mayor IEP numérico es el EP-120, con más de 33 puntos de diferencia con el tratamiento control Maíz-Soya. Esto se debe a que el tratamiento EP-120 presentó uno de los mayores pesos vivos promedios, un menor consumo de alimento de las aves y por lo tanto, obtuvo la menor conversión alimenticia, analizados anteriormente.

Por el contrario, el tratamiento con el menor IEP corresponde al tratamiento control Maíz-Soya, debido que fue el tratamiento que obtuvo el menor peso vivo promedio y uno de los que presentó una mayor conversión alimenticia en casi todos los períodos del ciclo en estudio.

Al comparar este estudio con Henríquez (2008), se puede observar que ese experimento, en general presenta valores superiores (256,03 a 313,21) comparados al presente estudio. Lamentablemente en esa memoria no se realizaron análisis estadísticos para observar si hubo diferencias entre los tratamientos experimentales y el control. Sin embargo, se puede desprender de este estudio que el tratamiento que obtuvo el mayor valor numérico (313,21) correspondió al tratamiento que contenía un hidrolizado más una proteína vegetal, con una diferencia de más de 30 puntos con el control Maíz-Soya.

En el estudio de Loyola (2008), se observan valores superiores de IEP en todos sus tratamientos (349 a 382) comparados con el presente estudio, tampoco encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en ninguno de sus tratamientos. Resultados similares se pueden observar en el estudio de Guzmán (2009) donde se pueden observar valores entre 365 y 386 de IEP, tampoco encontrando diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre sus distintos tratamientos. Por lo tanto, se puede concluir que los tratamientos utilizados en ambas memorias anteriores fueron más eficientes productivamente que el presente estudio, debido posiblemente a sus mayores pesos vivos logrados al tener un ciclo productivo más largo (42 días), pese a que estos estudios presentaron mayores mortalidades al final del ciclo productivo.

#### 4- Mediciones de los Indicadores Económicos

##### 4.1- Costo Alimentario de la Ganancia de Peso (CAGP).

En la Tabla 11 se muestran los valores correspondientes a CAGP calculado al término del estudio.

**Tabla 11.- Costo Alimentario de la Ganancia de Peso (CAGP) del ciclo productivo calculado al término del estudio (Promedios  $\pm$  DS).**

Tratamiento	CAGP (\$)
Control Maíz-Soya	378,00 <sup>ab</sup> $\pm$ 21,16
BioCP® 3% <sup>1</sup>	419,70 <sup>a</sup> $\pm$ 23,39
EP-119 1,8% <sup>2</sup>	400,94 <sup>ab</sup> $\pm$ 22,64
EP-120 1,8% <sup>2</sup>	369,12 <sup>b</sup> $\pm$ 17,36
EP-125 1,7% <sup>2</sup>	381,46 <sup>ab</sup> $\pm$ 27,90
EP-129 1,8% <sup>2</sup>	408,16 <sup>ab</sup> $\pm$ 27,58
P=	0,016

<sup>1</sup> BioCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A).

<sup>2</sup> Activium®: Hidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A).

<sup>a,b</sup>: Valores con superíndice distinto, dentro de una misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

El CAGP significa cuanto cuesta producir un kilo de carne de pollo de cada tratamiento en base al precio de la dieta de cada tratamiento.

El CAGP mostró diferencias significativas entre los distintos tratamientos ( $p \leq 0,05$ ).

En la Tabla 11 se puede apreciar que el tratamiento BioCP® presentó el mayor costo alimentario, necesitando \$419 para engordar un kilo de pollo, lo que se puede deber a que presenta el mayor precio de alimento por kilo de dieta, por tener el mayor porcentaje de incorporación de hidrolizado (3% versus 1,8-1,7%). A diferencia del tratamiento EP-120, el cual presenta el menor CAGP, con sólo casi \$9 de diferencia con el tratamiento control

Maíz-Soya. Esto debido a un bajo consumo de alimento, el mayor peso vivo por parte de los pollos y a la más eficiente conversión alimenticia lograda en los distintos períodos del ciclo para el tratamiento EP-120 comparado con todos los tratamientos en estudio. Esto es interesante de evaluar al momento de ver los costos productivos, ya que en este caso sería más conveniente incluir en la alimentación de los pollos un hidrolizado proteico animal, con todas las ventajas productivas analizadas anteriormente, que un concentrado vegetal.

Esto concuerda con González (2000), quien informa que el bajo consumo en el período de Preinicio por parte de los pollos y las ventajas productivas que se obtienen al alimentar a los pollos en esta etapa con un alimento de alta calidad, como un hidrolizado proteico de pescado, se compensan al final del ciclo productivo en forma económica.

Esto también sería concordante con lo propuesto por Profish S.A (2008), quienes informan que la incorporación de hidrolizados con un alto nivel de hidrólisis presentan una mayor ganancia de peso comparado con un alimento comercial, permitiendo sustituir este alimento comercial por un producto funcional a menores dosis de incorporación, obteniendo una mejor relación costo-beneficio.

#### 4.2- Margen Bruto

Para realizar el análisis del Margen Bruto (MB) de cada tratamiento, se calcularon los ingresos (Tabla 12), los egresos (Tabla 13) y finalmente el MB (Tabla 14).

**Tabla 12.- Ingresos Económicos al final del ciclo productivo en estudio, por venta de pollos Broiler.**

Tratamiento	N° de Pollos	Peso Vivo Final Día 35 (Kg.)	\$/Kg. Pollo Vivo*	Ingresos (\$)
Control Maíz-Soya	88	172,457	566,48	97.693,44
BioCP® 3% <sup>1</sup>	90	178,228	566,48	100.962,60
EP-119 1,8% <sup>2</sup>	89	177,873	566,48	100.761,50
EP-120 1,8% <sup>2</sup>	88	179,572	566,48	101.723,95
EP-125 1,7% <sup>2</sup>	88	175,774	566,48	99.572,45
EP-129 1,8% <sup>2</sup>	90	183,03	566,48	103.682,83

\$566,48. Revista del Campo, El Mercurio. Enero del 2008.

<sup>1</sup> BioCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A).

<sup>2</sup> Activium®: Hidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A).

**Tabla 13.- Egresos Económicos del alimento consumido del ciclo productivo en estudio.**

Tratamiento	Costos de alimentación (\$)*				Egresos (\$)
	Preinicio	Inicio	Intermedio	Final	
Control Maíz-Soya	10.276	14.315,35	17.248,56	19.509,66	61.349,57
BioCP® 3% <sup>1</sup>	11.470	14.370,65	16.927,68	20.258,10	63.026,43
EP-119 1,8% <sup>2</sup>	11.081,5	14.797,83	17.540,88	20.985,48	64.405,69
EP-120 1,8% <sup>2</sup>	10.633,8	13.535,20	16.383,36	19.488,60	60.040,96
EP-125 1,7% <sup>2</sup>	10.767	14.328,83	15.719,76	19.582,56	60.398,15
EP-129 1,8% <sup>2</sup>	11.444,1	14.799,93	20.398,56	20.397,42	67.040,01

\*Consumo total de cada tratamiento × \$/Kg. de dieta.

<sup>1</sup> BioCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A).

<sup>2</sup> Activium®: Hidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A)

**Tabla 14.- Margen Bruto (MB) del ciclo productivo en estudio (Promedios ± DS).**

Tratamiento	Ingresos (\$)	Egresos (\$)	MB (\$)
Control Maíz-Soya	19.538,7 ± 665,6	12.269,9 <sup>ab</sup> ± 690,2	7.268,8 ± 765,7
BioCP® 3% <sup>1</sup>	20.192,5 ± 671,5	12.605,3 <sup>ab</sup> ± 799,4	7.587,2 ± 748,1
EP-119 1,8% <sup>2</sup>	20.152,3 ± 1.087,7	12.881,1 <sup>ab</sup> ± 733,9	7.271,2 ± 1.025,8
EP-120 1,8% <sup>2</sup>	20.344,8 ± 441,2	12.008,2 <sup>b</sup> ± 511,6	8.336,6 ± 535,6
EP-125 1,7% <sup>2</sup>	19.914,5 ± 508,9	12.079,6 <sup>b</sup> ± 674,2	7.834,9 ± 974,6
EP-129 1,8% <sup>2</sup>	20.736,6 ± 859,13	13.408 <sup>a</sup> ± 451,51	7.328,6 ± 1.152,89
P=	0,229	0,019	0,376

<sup>1</sup> BioCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A).

<sup>2</sup> Activium®: Hidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A).

<sup>a,b</sup>: Valores con superíndice distinto, dentro de una misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

Margen Bruto (MB) se explica como la diferencia económica que se obtiene de los ingresos generados por la venta del producto final, en este caso kilos de pollo broiler de 35 días de edad, y los egresos dados por los costos, en este caso, costo del consumo de alimento de cada tratamiento en los distintos períodos del ciclo. Se considera solo el costo del “gasto” en alimentos, ya que es conocido el hecho que el alimento incide en no menos del 70% de los costos variables de producción.

Se aprecia diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) sólo en los Egresos del costo de alimentación de los pollos; apreciando que el tratamiento EP-129 fue el de mayor costo, debido a que fue el tratamiento con el mayor consumo total de alimento y la nula mortalidad que tuvo en sus distintos períodos. Mientras los tratamientos EP-120 y EP-125 fueron los tratamientos que presentaron el menor Egreso del costo de alimentación de los pollos. Esto posiblemente debido a que presentaron mortalidades en los últimos períodos del ciclo, cuando los pollos consumen una mayor cantidad de alimento. Entretanto, no se observó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en Ingreso y MB.

En la Tabla 14 se puede observar que el tratamiento EP-120 obtuvo la mayor cifra numérica de MB, con \$1.068 de diferencia con el tratamiento control Maíz-Soya. Esto debido posiblemente al menor consumo total de alimento y a la mejor eficiencia de conversión alimenticia durante todo el ciclo productivo del tratamiento EP-120. Cabe destacar que este tratamiento presenta el menor gasto por alimentación del estudio. En cambio, el tratamiento control Maíz-Soya presentó el menor MB, posiblemente debido a que obtuvo el menor peso vivo final de pollos comparado a los otros tratamientos en estudio, disminuyendo sus ingresos en términos de venta de pollos por Kg. de peso vivo.

Aunque los pollos que fueron alimentados con dietas que incluyeron hidrolizados proteicos de pescado, los cuales mostraron un mayor crecimiento que el observado en los pollos alimentados con el tratamiento control Maíz-Soya, este efecto positivo no se vio reflejado en el MB, el cual no presentó diferencia significativa.

Esto concuerda con los estudios anteriores de Loyola (2008) y Guzmán (2009), quienes no obtuvieron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en MB entre los distintos tratamientos en estudio.

## 5.-Comentarios Generales.

En general, a medida que avanza el ciclo productivo el efecto de tratamiento sobre peso vivo, consumo de alimento y conversión alimenticia va disminuyendo hasta desaparecer totalmente. Esto podría deberse a algún efecto nutricional o fisiológico que ocurre al inicio del ciclo. Los pollos alimentados con la dieta control podrían adaptarse a esta dieta a lo largo del ciclo y así no presentar diferencias significativas con los otros tratamientos respecto a los parámetros productivos. Por ejemplo, estos pollos podrían cambiar su metabolismo y la función intestinal con el tiempo y aprovechar mejor los nutrientes presentes en esta dieta (Mateos *et al.*, 2002). Asimismo, las diferencias iniciales observadas entre los tratamientos experimentales y el tratamiento control podrían indicar la presencia de algunos promotores del crecimiento en los hidrolizados proteicos. Estos promotores jugarían un importante rol en el desarrollo inicial del tracto intestinal. Lo cual explicaría en cierta medida el mayor peso vivo y los mejores índices de conversión alimenticia observados en los tratamientos, comparados al tratamiento control Maíz-Soya en los primeros períodos del estudio (Tabla 6 y 8). Por ejemplo, Nitsan *et al.* (1991) indicaron que el pick más alto de eficiencia alimenticia es entre los 5 y 10 días de edad. Asimismo, el leve efecto de tratamiento en las etapas posteriores del ciclo (Inicio, Intermedio y Final) podría ser debido al bajo nivel de inclusión (1.8%) de los hidrolizados en las dietas. Por lo cual, se debería evaluar estos productos o productos similares en inclusiones crecientes en dietas de Preinicio de pollos broiler, a pesar del normal aporte nitrogenado de las dietas acorde a los requerimientos.

El presente estudio mostró rendimientos productivos de los pollos ampliamente concordantes con los estándares de la línea genética y con las productividades de planteles comerciales. Los valores de “ECA’s” (Tabla 8) de los tratamientos, fueron algo inferiores en eficiencia de conversión de alimento en producto, que lo esperado para la industria comercial avícola, que fluctúa entre los valores de 1,8 a 1,9. Sin embargo lo anterior, el tratamiento EP-120 obtuvo el valor más cercano a lo esperado (Tabla 8). Estos valores inferiores se podrían deber a un menor consumo de alimento por las aves o bien dado por la utilización de un alimento molido en vez de pelletizado en la etapa de Preinicio, afectando el ECA (Brickett *et al.*, 2007a).

En relación al IEP, no se observó diferencia estadística entre los distintos tratamientos. En cuanto a los valores observados, el tratamiento EP-120 presentó el valor numérico más alto, mientras el tratamiento control Maíz-Soya fue el de menor valor.

Al analizar los indicadores económicos, el CAGP obtuvo diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los tratamientos en estudio, pudiendo observar que el tratamiento BioCP® presentó el mayor costo alimentario (\$419) para engordar un kilo de pollo, mientras el tratamiento EP-120 obtuvo el menor costo alimentario (\$369).

En cuanto al MB, este no presentó diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos. Se puede observar sin embargo, que el tratamiento EP-120 presentó el mayor valor numérico, mientras el tratamiento control Maíz-Soya obtuvo el menor valor.

En el presente estudio, la superioridad numérica y/o estadística en los diferentes casos logrados por los pollos alimentados con EP-120 y EP-129, amerita futuros estudios con estos productos y/o con otros elaborados semejantemente, buscando optimizar los rendimientos productivos de los pollos broiler, principal fuente de proteína animal en nuestra población.

## VII. CONCLUSIONES

1.- Las aves alimentadas con dietas que incorporaban HPP presentaron mayor peso vivo ( $p \leq 0,05$ ) respecto al grupo control sólo en el período inicial del estudio, siendo los tratamientos EP 120 y EP 129 aquellos con un mayor peso vivo.

2.- Se determinó que el menor consumo de alimento y la mejor eficiencia de conversión alimenticia fue del grupo EP 120, presentando diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con el grupo control sólo en etapas iniciales del estudio.

3.- Se observó una tendencia a presentar un mejor índice de eficiencia productiva en las aves alimentadas con HPP respecto al control, destacando EP 120 con el mejor índice.

4.- De los indicadores de rentabilidad, el CAGP indica que el único tratamiento con menores costos que el control fue EP 120 ( $p \leq 0,05$ ), sumado a una tendencia a presentar el mayor margen bruto una vez terminado el estudio.

5.- Los indicadores productivos y de rentabilidad del estudio indican que los HPP, especialmente EP 120, son una herramienta factible de usar en la industria avícola, siendo necesarios estudios futuros que mejoren su efecto sobre la productividad de las aves.

## BIBLIOGRAFÍA

**ADIBI, S. A.** (1997). The oligopeptide transporter (Pept-1) in human intestine: biology and function. *Gastroenterology*, 113(1), 332-340.

**ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O.A.C).** Official Methods of Analysis. (2002). (17 ed.). EEUU.

**AKSNES, A.** (2005). The impacts of nitrogen extractives in aqua feed ingredients. *International Aquafeed*, 8(5), 28-30.

**AKSNES, A.; HOPE, B.; ALBREKTES, S.** (2006a). Size-fractionated fish hydrolysate as feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed high plant protein diets. II: flesh quality, absorption, retention and fillet levels of taurine and anserine. *Aquaculture*, 261, 318-326.

**AKSNES, A.; HOPE, B.; HØSTMARK, Ø.; ALBREKTSEN, S.** (2006b). Inclusion of size fractionated fish hydrolysate in high plant protein diets for Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*, 261(3), 1102-1110.

**AKSNES, A.; HOPE, B.; JÖNSSON, E.; BJÖRNSSON, B. T.; ALBREKTSEN, S.** (2006). Size-fractionated fish hydrolysate as feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed high plant protein diets. I: growth, growth regulation and feed utilization. *Aquaculture*, 261, 305–317.

**AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R. G.; THOMAS, D. G.** (2007). Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. *Poultry Science*, 86, 2615–2623.

**ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES AVÍCOLAS DE CHILE (APA).** (2009a). Descripción sector avícola. [En línea]. <[http://www.apa.cl/index/plantilla1.asp?id\\_seccion=2&id\\_subsecciones=8](http://www.apa.cl/index/plantilla1.asp?id_seccion=2&id_subsecciones=8)> [Consultado: 10/11/2009].

**ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES AVÍCOLAS DE CHILE (APA).** (2009b). Sector avícola da a conocer cifras 2008. [En línea]. <[http://www.apa.cl/index/comunicados\\_det.asp?id\\_noti=2223&id\\_seccion=4&id\\_subsecciones=20](http://www.apa.cl/index/comunicados_det.asp?id_noti=2223&id_seccion=4&id_subsecciones=20)>. [Consultado 10/11/2009].

**ARIYOSHI, Y.** (1993). Angiotensin-converting enzyme inhibitors derived from food proteins. Trends in Food Science & Technology, 4, 6p.

**AVIAGEN.** (2002). Ross broiler management manual. [En línea]. <[http://www.aviagen.com/docs/broiler%20manual%20\(Spanish\).pdf](http://www.aviagen.com/docs/broiler%20manual%20(Spanish).pdf)> [Consultado: 18/08/2009].

**AVIAGEN.** (2009). Ross 308 broiler nutrition specification. [En línea]. <<http://www.aviagen.com/docs/Ross%20308%20Broiler%20Nutrition%20Spec.pdf>> [Consultado: 18/08/2009].

**BARTOV, I.; PLAVNIK, I.** (1998). Moderate excess of dietary protein increases breast meat yield of broiler chicks. Poultry Science, 77(5), 680-688.

**BERGE, G.; STOREBAKKEN, T.** (1996). Fish protein hydrolyzate in starter diets for Atlantic salmon ( *Salmo salar*) Fry. Aquaculture, 145, 205-212.

**BERGER, M.; MUSTAFA, I.** (2003). Metabolic and nutritional support in acute cardiac failure. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care, 6(2), 195-201.

**BOUGATEF, A.; NEDJAR-ARROUME, N.; RAVALLEC-PLÉ, R.; LEROY, Y.; GUILLOCHON, D.; BARKIA, A.; NASRI, M.** (2008). Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory activities of sardinelle (*Sardinella aurita*) by-products protein hydrolysates obtained by treatment with microbial and visceral fish serine proteases. *Food Chemistry*, 111, 350–356.

**BRICKETT, K. E.; DAHIYA, J. P.; CLASSEN, H. L.; ANNETT, C. B.; GOMIS, S.** (2007b). The impact of nutrient density, feed form, and photoperiod on the walking ability and skeletal quality of broiler chickens. *Poult Sci*, 86, 2117–2125.

**BRICKETT, K. E.; DAHIYA, J. P.; CLASSEN, H. L.; GOMIS, S.** (2007a). Influence of dietary nutrient density, feed form, and lighting on growth and meat yield of broiler chickens. *Poult Sci*, 86, 2172–2181.

**BUNEMANN, E. K.** (2008). Enzyme additions as a tool to assess the potential bioavailability of organically bound nutrients. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(9), 2116-2129.

**CARVALHO, A. P.; ESCAFFRE, A. M.; TELES, A. O.; BERGOT, P.** (1997). First feeding of common carp larvae on diets with high levels of protein hydrolysates. *Aquaculture*, 5(4), 361-367.

**CHABEAUD, A.; VANDANJON, L.; BOURSEAU, P.; JAOUEN, P.; GUERARD, F.** (2009). Fractionation by ultrafiltration of a saithe protein hydrolysate (*Pollachius virens*): effect of material and molecular weight cut-off on the membrane performances. *Journal of Food Engineering*, 91, 408–414.

**CHOI, Y. J.; HUR, S.; CHOI, B-D.; KONNO, K.; PARK, J. W.** (2009). Enzymatic hydrolysis of recovered protein from frozen small croaker and functional properties of its hydrolysates. *Journal of Food Science*, 74(1), C17-C24.

**DUARTE, J.; VINDEROLA, G.; RITZ, B.; PERDIGÓN, G.; MATAR, C.** (2006). Immunomodulating capacity of commercial fish protein hydrolysate for diet supplementation. *Immunobiology*, 211, 341-350.

**FOLADOR, J.; KARR-LILIENTHAL, L.; PARSONS, C.; BAUER, L.; UTTERBACK, P.; SCHASTEEN, C.; BECHTEL, P.; FAHEY JR., G.** (2006). Fish meals, fish components, and fish protein hydrolysates as potential ingredients in pet foods. *Journal Animal Science*, 84, 2752–2765.

**GBOGOURI, G.; LINDER, M.; FANNI, J.; PARMENTIER, M.** (2004). Influence of hydrolysis degree on the functional properties of salmon by products hydrolysates. *Journal of Food Science*, 69(8).

**GILBERT, E.; WONG, E.; WEBB, K.** (2008). Peptide absorption and utilization: implications for animal nutrition and health. *Journal of Animal Science*, 86(9), 2135-2155.

**GÓMEZ-RUIZ, J. A.; RECIO, I.; BELLOQUE, J.** (2004). ACE-inhibitory activity and structural properties of peptide Asp-Lys-Ile-His-Pro [α-CN f(47-51)]. Study of the peptide forms synthesized by different methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(20), 6315-6319.

**GONZÁLEZ, J.** (2000, 26-27 Octubre, 2000). Influencia de algunas características de composición de ingredientes alimenticios en la productividad del broiler. In: XI Congreso Nacional de Medicina Veterinaria, Santiago, Chile.

**GUADIX, A. G., E.; PÁEZ-DUEÑAS, M.; GONZÁLEZ-TELLO, P.; CAMACHO, F.** (2000). Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas. *Ars Pharmaceutica*, 41(1), 79-89.

**GUZMÁN, S.** (2009). Incorporación de hidrolizados proteicos de pescado (Activium®) en la dieta de preinicio de pollos broiler, efectos sobre indicadores

productivos y económicos. Universidad de Chile, Fac. Medicina Veterinaria, Santiago, Chile 54pp.

**HAVE, G.; ENGELEN, M.; LUIKING, Y.; DEUTZ, N.** (2007). Absorption kinetics of amino acids, peptides, and intact proteins. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17(Supplement).

**HENRÍQUEZ, C.** (2008). Efectos de la inclusión de hidrolizados proteicos de pescado y de dos fuentes de proteína vegetal en la dieta de preinicio de pollos broiler sobre sus rendimientos productivos y económicos. Universidad de Chile, Fac. Medicina Veterinaria y Pecuarias, Santiago, Chile 111 pp.

**HESS, J.** (1999). Early Broiler Nutrition. Current concepts in broiler production, Winter 1999, 1.

**HESS, J.** (2002). Starting Chicks. Current concepts in broiler production, Spring 2002, 3.

**IJI, P.; SAKI, A.; TIVEY, D.** (2001) Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 1. Intestinal weight and mucosal development. *British poultry science*, 42, 505-513.

**JE, J-Y.; PARK, P-J.; KIM, S-K.** (2005). Antioxidant activity of a peptide isolated from Alaska pollack (*Theragra chalcogramma*) frame protein hydrolysate. *Food Research International*, 38, 45–50.

**JE, J-Y.; PARK, P-J.; KWON, J. Y.; KIM, S-K.** (2004). A novel angiotensin I converting enzyme inhibitory peptide from Alaska pollack (*Theragra chalcogramma*) frame protein hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7842-7845.

**JEON, Y-J.; BYUN, H-G.; KIM, S-K.** (1999). Improvement of functional properties of cod frame protein hydrolysates using ultrafiltration membranes. *Process Biochemistry*, 35, 471–478.

**JOHNSON, L.** (1988). Regulation of gastrointestinal mucosal growth. *Physiological Reviews*, 68(2), 456-502.

**KATO, A.; KOMATSU, K.; FUJIMOTO, K.; KOBAYASHI, K.** (1985). Relationship between surface functional properties and flexibility of proteins detected by the protease susceptibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 33(5), 931-934.

**KIITS, D.; WEILER, K.** (2003). Bioactive proteins and peptides from food sources: applications bioprocesses used in isolation and recovery. *Current Pharmaceutical Design*, 9(16), 1309-1132.

**KIM, S-Y.; JE, J-Y.; KIM, S-K.** (2007). Purification and characterization of antioxidant peptide from Hoki (*Johnius belengerii*) frame protein by gastrointestinal digestion. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 18, 31-38.

**KORHONEN, H.; PIHLANTO, A.** (2006). Bioactive peptides: production and functionality. *International Dairy Journal*, 16, 945–960.

**KRISTINSSON, H.; RASCO, B.** (2000). Fish protein hydrolysates: production, biochemical and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(1), 43-81.

**LALASIDIS, G.; BOSTROM, S.; SJOBERG, L.-B.** (1978). Low molecular weight enzymatic fish protein hydrolysates: chemical composition and nutritive value. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26(3), 751-756.

**LATRILLE, L.; ABARZÁ, A.; GOIC, L.; MELLA, C.** (2000). Evaluación de un hidrolizado proteico de pescado en sustitutos lácteos. *Agro Sur*, 28(1), 93-104.

**LEESON, S.; SUMMERS, J. D.** (2001). *Scott's nutrition of the chicken* (4 ed.). Ontario, Canada: University Books.

**LOYOLA, P.** (2008). Distintos niveles de incorporación de hidrolizados proteicos de pescado en la dieta de preinicio de pollos broiler: efectos sobre rendimientos productivos y económicos. Universidad de Chile, Fac. Medicina Veterinaria y Pecuarias, Santiago, Chile 51pp.

**MACKIE, I. M.** (1982). General review of fish protein hydrolysates. *Animal Feed Science and Technology*, 7, 113-124.

**MARTÍNEZ, A.; MARTÍNEZ, E.** (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutricion Hospitalaria*, 21, 1-14.

**MATEOS, G.; LÁZARO, R.; GRACIA, M** (2002, 4-5 Noviembre). Modificaciones nutricionales y problemática digestiva en aves. Paper presented at the In: XVII Curso de especialización FEDNA, Barcelona, España. 15-37.

**MAUCHER, K.** (2007). Evaluación de los hidrolizados proteicos de pescado solos y mezclados con proteína vegetal de dos orígenes, sobre los rendimientos productivos y económicos de pollos broiler. Universidad de Chile, Fac. Medicina Veterinaria, Santiago, Chile 63pp.

**MOUGHAN, P.; FULLER, M.; HAN, K.; KIES, A.; MINER-WILLIAMS, W.** (2007). Food-derived bioactive peptides influence gut function. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*(17), S5-S22.

**MURASE, H.; NAGAO, A.; TERAQ, J.** (1993). Antioxidant and emulsifying activity of N-(long-chain-acyl) Histidine and N-(longchain-acyl) Carnosine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 1601–1604.

**NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC).** Nutrient requirements of domestic animals. (1994). (9 ed.). Washington, D.C., USA: Nacional Academy of Sciences Press.

**NEVES, R.; MIRA, N.; MARQUEZ, U.** (2004). Characterization of enzymatic fish hydrolysates. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24(1), 101-108.

**NITSAN, Z.; DUNNINGTON, E.; SIEGEL, P.** (1991). Organ growth and digestive enzyme levels to fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight. *Poult Sci*, 70, 2040-2048.

**NOY, Y.; SKLAN, D.** (1998). Metabolic responses to early nutrition. *Journal of Applied Poultry Research*, 7(4), 437-451.

**OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA).** (2009a). Mercado de la carne de ave. [En línea]. <<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=20FF6F85D6556F6AAA3BE45A5861741C?idcla=2&idcat=8&idclase=99&idn=2147>> [Consultado: 10/11/2009].

**OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA).** (2009b). Comportamiento de precios a consumidor de productos cárnicos. [En línea]. <<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=20FF6F85D6556F6AAA3BE45A5861741C?idcla=2&idcat=8&idn=2216>> [Consultado: 10/11/2009].

**OPSTVEDT, J.; SOBSTAD, G.; HANSEN, P.** (1987). Fish protein concentrates for pre-ruminant calves: effects of processing temperatures and source of fish on protein digestibility and biological value. *Animal Feed Science and Technology*, 18, 181-196.

**ORTIZ, M. A.; INGALLS, H. F.; ALONSO, P. F.; NUÑEZ, G. J.** (1997). Índices de productividad en pollo de engorda. *Tecnología Avipecuaria en Latinoamérica*. Publicaciones Media Relaciones S.A. de C.V. año 10, (118): 3-4.

**PARK, P.-J.; JUNG, W.-K.; NAM, K.-S.; SHAHIDI, F.; KIM, S.-K.** (2001). Purification and characterization of antioxidative peptides from protein hydrolysate of lecithin-free egg yolk. *JAOCs*, 78(6), 651–656.

**POWERS, W.; ANGEL, R.** (2008). A review of the capacity for nutritional strategies to address environmental challenges in poultry production. *Poult Sci*, 87, 1929–1938.

**PROFISH S.A.** (2008). Desarrollo de activium, péptidos bioactivos para nutrición animal de alta eficiencia. Santiago, Chile: Profish.

**RAGHAVAN, S.; KRISTINSSON, H.; LEEUWENBURGH, C.** (2008). Radical scavenging and reducing ability of tilapia (*Oreochromis niloticus*) protein hydrolysates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), 10359–10367.

**RAGHAVAN, S.; KRISTINSSON, H. G.** (2009). ACE-inhibitory activity of tilapia protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 117(4), 582-588.

**REDMOND, H. P.; STAPLETON, P. P.; NEARY, P.; BOUCHIER-HAYES, D.** (1998). Immunonutrition: the role of taurine. *Nutrition*, 14(7-8), 599-604.

**REFSTIE, S.; OLLI, J. J.; STANDAL, H.** (2004). Feed intake, growth, and protein utilisation by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. *Aquaculture*, 239, 331–349.

**REVISTA DEL CAMPO.** Precios país. (2008, 28 Enero). *El Mercurio*, B-5.

**RITCHIE, A. H.; MACKIE, I. M.** (1982). Preparation of fish protein hydrolysates. *Animal Feed Science and Technology*, 7, 125--133.

**SHAHIDI, F.; AMAROWICZ, R.** (1996). Antioxidant activity of protein hydrolyzates from aquatic species. *JAACS*, 73(9), 1197-1199.

**SKLAN, D.; NOY, Y.** (2000). Hydrolysis and absorption in the small intestines of posthatch chicks. *Poult Sci*, 79, 1306-1310.

**SLIZYTE, R.; MOZURAITYTE, R.; MARTÍNEZ-ALVAREZ, O.; FALCH, E.; FOUCHEREAU-PERON, M.; RUSTAD, T.** (2009). Functional, bioactive and antioxidative properties of hydrolysates obtained from cod (*Gadus morhua*) backbones. *Process Biochemistry*, 44, 668–677.

**SOKAL, R.; ROHLF, F. J.** (1981). *The principles and practice of statistics in biological research* (2 ed.). New York, EEUU: Freeman and Company.

**SUETSUNA, K.; MAEKAWA, K.; CHENC, J.-R.** (2004). Antihypertensive effects of *Undaria pinnatifida* (wakame) peptide on blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 15, 267–272.

**TANG, H.; WU, T.; ZHAO, Z.; PAN, X.** (2008). Effects of fish protein hydrolysate on growth performance and humoral immune response in large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.). *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 9(9), 684-690.

**TESSER, M. B.; TERJESEN, B. F.; ZHANG, Y.; PORTELLA, M. C.; DABROWSKI, K.** (2005). Free- and peptide-based dietary arginine supplementation for the south american fish pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Aquaculture*, 11(6), 443-453.

**UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURA (USDA).** (2009).  
[En línea].  
<<http://www.ers.usda.gov/Publications/AgOutlook/AOTables/>>  
[Consultado: 12/11/2009].

**VANDANJON, L.; GRIGNON, M.; COUROIS, E.; BOURSEAU, P.; JAOUEN, P.** (2009). Fractionating white fish fillet hydrolysates by ultrafiltration and nanofiltration. *Journal of Food Engineering*, 95, 36–44.

**VENUGOPAL, V.** (2009). *Marine products for healthcare: functional and bioactive nutraceutical compounds from the ocean*. New York, EEUU: CRC Press.

**VIOQUE, J.; MILLÁN, F.** (2005a). Los péptidos bioactivos en alimentación: nuevos agentes promotores de salud. , AGROCSIC. [En línea]  
<<http://www.ctnc.es:81/noticias/pdf/AGROCSIC/18.LOS%20PEPTIDOS.pdf>>  
[Consultado: 23/03/2008].

**VIOQUE, J.; MILLÁN, F.** (2005b). Los hidrolizados proteicos en alimentación: suplementos alimenticios de gran calidad funcional y nutricional, AGROCSIC. [En línea]  
<<http://hdl.handle.net/10261/5750>>  
[Consultado: 08/12/2009].

**VOJDANI, F.; WHITAKER, J.** (1994). Chemical and enzymatic modification of proteins for improved functionality. *Protein Functionality in Food Systems* (Navam S. Hettiarachch y Gregory R. Ziegler ed.). New York, EEUU: Copyright.

**WADE, A. M.; TUCKER, H. N.** (1998). Antioxidant characteristics of L-histidine. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 9(6), 308-315.

**WEBB, K.** (1990). Intestinal absorption of protein hydrolysis products: a review. *Journal of Animal Science*, 68(9), 3011-3022.

**WEBB, K.; WONG, E.; PAN, Y.; CHEN, H.; POOLE, C.; VAN, L.** (2003, 11-14 May 2003). Peptide absorption: new paradigm for protein absorption. Paper presented at the proceedings of alltech's 19th annual symposium. Beyond the tornado: natural technologies, the calm before the storm, Lexington, Kentucky, USA.

**Anexo 1. Informe de Patología Aviar: Causalidad de Muertes Estudio: 1-35 días.**

	<b>FECHA</b>	<b>GRUPO</b>	<b>EDAD</b> (días)	<b>PESO</b> (gramos)	<b>DIAGNOSTICO</b>
1	16-12-2007	5.3	5	96	Congestión pulmonar; alimento en estómagos y buche. Sofocación.
2	23-12-2007	4.4	12	320	Edema y congestión pulmonar; alimento en estómagos y buche. Síndrome de Muerte Súbita.
3	25-12-2007	5.4	14	380	Estómago y buche con alimento. Bazo congestivo, brillante y de tamaño aparentemente normal. Aparente cuadro séptico.
4	04-01-2008	3.5	24	1070	Pulmón congestivo, saco vitelino residual del tamaño de una arveja.
5	08-01-2008	1.1	28	1037	Alimento en buche y estómagos, congestión y edema pulmonar. Síndrome de Muerte Súbita.
6	08-01-2008	1.5	28	1380	Alimento en buche y estómagos, congestión y edema pulmonar. Síndrome de Muerte Súbita.
7	08-01-2008	4.5	28	1100	Alimento en buche y estómagos, congestión y edema pulmonar, leve hidropericardio. Síndrome de Muerte Súbita.