



UNIVERSIDAD DE CHILE



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

INCORPORACIÓN DE HIDROLIZADOS PROTEICOS DE
PESCADO (ACTIVIUM®) EN LA DIETA DE PREINICIO DE
POLLOS BROILER, EFECTOS SOBRE INDICADORES
PRODUCTIVOS Y ECONÓMICOS

SERGIO GUZMÁN PINO

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

PROFESOR GUÍA: SERGIO CORNEJO V.

SANTIAGO, CHILE
2009



UNIVERSIDAD DE CHILE



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

INCORPORACIÓN DE HIDROLIZADOS PROTEICOS DE PESCADO (ACTIVIUM®) EN LA DIETA DE PREINICIO DE POLLOS BROILER, EFECTOS SOBRE INDICADORES PRODUCTIVOS Y ECONÓMICOS

SERGIO GUZMÁN PINO

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

NOTA FINAL:

	NOTA	FIRMA
PROFESOR GUÍA : SERGIO CORNEJO V.
PROFESOR CONSEJERO: ALEJANDRO LÓPEZ V.
PROFESOR CONSEJERO: HÉCTOR HIDALGO O.

SANTIAGO, CHILE
2009

Esta memoria de título fue desarrollada en la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, bajo la dirección del profesor Sergio Cornejo Valdivieso. Su realización fue financiada por el Proyecto INNOVA-BIO-BIO N° 06-IE S1-86 (2008).

RESUMEN

En este estudio se evaluó la incorporación de hidrolizados proteicos de pescado (Activium®) en la dieta de preinicio de pollos broiler durante un ciclo comercial completo. Para esto se utilizaron 630 pollos broiler machos (línea Ross 308) de un día de edad los que se asignaron aleatoriamente a seis diferentes tratamientos. Durante el período preinicio (1-14 días de edad) en cada tratamiento se ofreció una dieta distinta, cinco dietas con incorporación de diferentes hidrolizados proteicos de pescado Activium® y una dieta control en base a maíz-soya. Durante los períodos productivos siguientes (inicio, intermedio y final) que completaron el período experimental de 42 días, todos los pollos recibieron las mismas dietas según los requerimientos nutricionales de la línea genética utilizada. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para las variables estudiadas entre el tratamiento control y aquellos que incorporaron diferentes hidrolizados proteicos de pescado Activium®, durante los períodos parciales y/o acumulativos del estudio. Esto fue así, tanto para los indicadores productivos peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia e índice de eficiencia productiva; como para los indicadores económicos margen bruto y costo alimentario de la ganancia de peso evaluados en el estudio. Existieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos que incorporaron hidrolizados proteicos de pescado Activium® en los indicadores productivos peso vivo, consumo de alimento y conversión alimenticia, durante los períodos productivos preinicio e inicio. La mortalidad fue más alta que lo esperado para el estándar de la línea genética y de un manejo productivo comercial.

Palabras clave: pollo broiler, hidrolizados proteicos de pescado, dieta de preinicio, indicadores productivos y económicos.

ABSTRACT

In this study, the incorporation of fish protein hydrolysates (Activium®) to the pre-starter diet of broiler chicken was evaluated during a complete commercial cycle. For carrying out this study, 630 one day old male broiler chickens (Ross 308 line) were used. This chicken population was divided in six (6) groups each one receiving a different treatment. During the pre-starter period (1-14 days old), each treatment had a different diet. Five diets incorporated different fish protein hydrolysates Activium®; whereas, one diet -the control one- received a corn and soybean meal based food. During the following productive periods of the productive cycle -beginning, intermediate, and final steps- all the chickens from the different treatments received the same diets according to the nutritional requirements of the genetic line. No significant statistical differences were found ($p > 0,05$) between the control treatment and those ones that incorporated different fish protein hydrolysates Activium®, during both the development of this study and the end stage of it. This result is supported by productive indicators such as body weight, feed intake, feed conversion ratio and indexes of productive efficiency, as well as by economical indicators such as raw margin and feeding costs for weight gained, used in this study. Significant differences were detected ($p \leq 0,05$) among the treatments that incorporated fish protein hydrolysates Activium® in the productive indicators body weight, feed intake and feed conversion ratio, during the pre-starter and beginning productive periods. The mortality during the experimental stage of this study was higher than the expected, for the standard of a typical genetic line and of a commercial productive management, but it was not related to the different treatments studied.

Keywords: broiler chicken, fish protein hydrolysates, pre-starter diet, productive indicators and economical indexes.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1. Antecedentes del mercado de carne de ave.....	3
2. Primera semana de vida del pollo broiler.....	5
2.1. Importancia del acceso temprano al alimento.....	5
2.2. Desarrollo del tracto gastrointestinal.....	6
2.3. Digestión y absorción de nutrientes.....	8
3. Dietas de preinicio.....	11
4. Digestión de proteínas y aminoácidos en pollos broiler.....	13
5. Hidrolizados proteicos de pescado.....	14
5.1. Introducción.....	14
5.2. Características del músculo del pescado y su proteína.....	16
5.3. Tipos de hidrólisis proteica.....	17
5.4. Propiedades de los hidrolizados proteicos de pescado.....	20
5.5. Beneficios del uso de hidrolizados proteicos de pescado en dietas animales.....	22
6. Péptidos bioactivos.....	23
7. Activium®.....	26
III. HIPÓTESIS.....	27
IV. OBJETIVOS.....	27
1. Objetivo general.....	27
2. Objetivos específicos.....	27

V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	28
1. Medición de indicadores productivos.....	32
2. Medición de indicadores económicos.....	32
3. Análisis de las dietas.....	33
4. Análisis estadístico.....	33
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
1. Indicadores productivos.....	34
2. Indicadores económicos.....	42
3. Comentarios generales.....	45
VII. CONCLUSIONES.....	47
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	48

I. INTRODUCCIÓN

La industria del pollo broiler es relativamente nueva comparada con otras producciones pecuarias. Esta comenzó en la costa este de Estados Unidos en el año 1920. La carne de pollo broiler jugó un importante rol como alimento militar durante la Segunda Guerra Mundial. Después de la guerra, se desarrolló para alcanzar el 10% del total de carne consumida en 1960 en el mismo país, aumentando 5% anual y excediendo el consumo de vacuno y porcino en 1995. En el 2000, el consumo total de carne de pollo broiler y otras aves fue un 46,2% del total de carne consumida en Estados Unidos y se esperaba un incremento de un 5% anual. El aumento en el consumo de carne de pollo broiler obedece a muchos factores, incluidas mejoras genéticas, ambientales, de manejo y nutricionales (Ishibashi y Yonemochi, 2002). En nuestro país, la situación no ha sido distinta y el sector se ha desarrollado de manera muy dinámica en los últimos diez años, con aumentos de producción de más de un 50% en el período. Así, la carne de pollo broiler corresponde a la carne de mayor consumo per cápita en Chile, con 27,3 kilogramos el año 2007.

Es bien reconocido que la alimentación representa los costos más significantes en la producción de pollos broiler, así se estima que un rango de 60 a 70% de los costos de producción corresponde a este ítem. Ciertamente, la mayor proporción de los costos de alimentación depende de los ingredientes usados. Sin embargo, el costo de procesar los alimentos representa una porción significativa de los costos de alimentación y probablemente genera la gran oportunidad de influenciar el rendimiento del pollo broiler más allá de su adecuación nutricional (Behnke y Beyer, 2002).

Numerosos estudios y autores han concordado que los primeros días de vida del pollito posterior a la eclosión son críticos y a la vez fundamentales en su futuro crecimiento y por ende rendimiento. Durante este período, el pollo broiler no posee un sistema digestivo maduro capaz de hacer una correcta asimilación de los nutrientes que adquiere de los alimentos, especialmente para el componente proteico de la dieta.

Es en este contexto, que se hace muy beneficioso el surgimiento de tecnologías alimentarias que permiten lograr una mejor disponibilidad de nutrientes claves para el desarrollo del pollito recién nacido. Así, los hidrolizados proteicos de pescado, que son obtenidos a través de un proceso

industrial enzimático, además de ser una excelente fuente nutricional de aminoácidos, entrega estas moléculas de manera óptima para su aprovechamiento por parte del ave durante el período transicional de desarrollo de los primeros días, y genera el potencial de que tanto aminoácidos como sus moléculas conjugadas provoquen efectos benéficos más allá de lo estrictamente nutricional.

En el presente estudio se evaluará si la incorporación de hidrolizados proteicos de pescado (Activium®) en la dieta de preinicio de pollos broiler genera una mejora significativa que podría mantenerse hasta el final de un ciclo productivo, y que se vería reflejada en los indicadores productivos y económicos más comúnmente utilizados en la industria avícola y que aquí se analizarán.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Antecedentes del mercado de carne de ave

Las estimaciones previsionales indican que en abril de 2008 el índice de precios internacionales de la FAO para los productos cárnicos alcanzó su nivel más elevado, continuando la tendencia alcista iniciada en junio de 2006. Las razones principales de este fenómeno son los costos mayores de los piensos, la devaluación del dólar estadounidense, y la creciente demanda de carne impulsada principalmente por el crecimiento económico en los países en desarrollo, particularmente Asia. Aunque cada una de las categorías de carne han exhibido en el pasado trayectorias de desarrollo diferentes a causa de las diferencias en los piensos usados, en la eficacia de la conversión de piensos en carne y en los ciclos biológicos de la producción, así como en los acuerdos contractuales, las tendencias desde 2006 han sido ascendentes para todas las categorías (FAO, 2008).

El aumento mayor se ha observado en los precios de los productos avícolas. El incremento fue de poco más del 28 por ciento en los primeros cuatro meses de 2008 comparados con el mismo período de hace un año, debido a los piensos y la energía que constituyen la parte mayor de los costos variables de producción. Es interesante señalar que el 54 por ciento del aumento en la producción de carne para 2008 vendrá de la carne de ave, que continúa siendo la más accesible. Así, las proyecciones para 2008 cifran la producción mundial de carne de ave en 93 millones de toneladas, casi un 4 por ciento más que el año anterior. El aumento está previsto en todas las regiones del mundo (FAO, 2008).

En América del Sur, la producción podría aumentar en un 6 por ciento. Argentina, Chile y Colombia alcanzarán aumentos del 10 por ciento en la producción, mientras en Brasil, el mayor productor de la región, la tasa de crecimiento se supone en torno al 5 por ciento (FAO, 2008).

La producción de carnes en general en Chile ha tenido un extraordinario crecimiento en el periodo 1997-2007, con aumentos promedio anuales del 5%. La producción de carnes de aves, sin

embargo, ha tenido un desarrollo aún más dinámico con aumentos de producción de más de un 65% de incremento en igual periodo (APA, 2008).

Durante el año 2007 la producción de carnes a nivel nacional alcanzó a 1 millón 339 mil toneladas aproximadamente, de las cuales un 43% correspondió a carne de ave, un 37% a carne de cerdo y un 18% a carne de bovinos. En el año 2007, Chile produjo 580.980 toneladas de carne de ave, compuesta en un 82% por pollo broiler, un 16% por pavo y la diferencia está dada por otras aves. Actualmente, el 90% de la producción de aves está destinada al consumo interno, sin embargo, la industria se propone, en el corto plazo, aumentar la participación de las exportaciones (APA, 2008). Del total de carnes consumidas a nivel nacional, el 43,9% corresponde a carne de pollo y pavo. El pollo constituye la carne de mayor consumo per cápita, con prácticamente 27,3 kilos anuales y el pavo llega a 4 kilos per cápita. El consumo aparente de carnes en Chile llegó en el 2007 a los 71,4 kilos per cápita. Desde el año 1997 a la fecha el consumo se ha incrementado en 9,3 kilos por habitante, de los cuales 8,9 fueron aportados por las aves y 4 por los porcinos; el consumo de otras carnes disminuyó lo que explica la diferencia. Para el año 2010 se proyecta en Chile un consumo per cápita aproximado a los 65 kilos de carnes blancas por año, de los cuales 36 kilos corresponderían a carnes de ave. Esto permitirá que la industria continúe su liderazgo en el mercado nacional (APA, 2008).

Este crecimiento se debe principalmente a que el mercado chileno ha tenido un desarrollo explosivo de la mano de su industria y un proyecto de desarrollo país compartido por todos los sectores. Este desarrollo ha traído como consecuencia un alto crecimiento de la demanda agregada. El consumo de carnes ha tenido una evolución que ha estado fuertemente influenciada por la evolución del PIB. La industria avícola nacional invierte en tecnología, procesos productivos y capacitación, con especial preocupación por los temas relacionados con la sanidad animal e inocuidad, trazabilidad, bienestar animal y sustentabilidad medioambiental (APA, 2008).

2. Primera semana de vida del pollo broiler

2.1. Importancia del acceso temprano al alimento

La primera semana después de la eclosión es un período crítico en la vida de un pollo broiler. Existe una transición entre la nutrición vía yema y alimento, el rápido desarrollo del tracto digestivo y el aprendizaje conductual al medio. Cambios de la estructura microscópica y función del intestino son considerables dentro de unos pocos días después de la eclosión. Los requerimientos específicos de los pollitos broiler requieren consideración futura, especialmente en pollos broiler de rápido crecimiento donde los primeros 10 días de vida representan la cuarta parte de sus vidas (Picard *et al.*, 1999).

En la práctica comercial estándar, los huevos de los pollitos eclosionan en una ventana de alrededor de 48 horas, y son removidos de la planta nacedora cuando la mayoría de los pollitos ha nacido. El sexaje y otros procedimientos además del transporte hacia el criadero generalmente involucra algunas horas más, es así como una proporción de las aves se mantendrá después de la eclosión 50 horas o más antes de tener su primer acceso al alimento o agua (Noy y Sklan, 2000).

El manejo proporcionado por los productores de pollo broiler y el galpón de crianza son vitales para asegurar una buena calidad del pollito (por ejemplo, rápido desarrollo temprano y baja mortalidad al día 7). Sin embargo, el efecto de generar las más óptimas prácticas de manejo puede ser mitigado si los pollitos tienen acceso retrasado al alimento y agua después de la eclosión. Por lo tanto, la temprana utilización de nutrientes promueve el desarrollo intestinal post eclosión, mejorando tempranamente el peso vivo en un período crítico como es la transición del recién eclosionado pollito de una fuente de nutrientes rica en ácidos grasos (yema) a una fuente rica en carbohidratos. La alimentación temprana de pollitos y otras aves, comparada con pollitos y otras aves en ayuno, resulta en mejoras de la función de la mucosa intestinal, aumento del tejido linfoide asociado a intestino, y un aumento del crecimiento temprano (Kidd *et al.*, 2007).

Estudios de Noy y Sklan indican que el acceso temprano a nutrientes produce un aumento inicial en el peso corporal. Aunque este aumento decrece con la edad, su efecto es generalmente mantenido hasta el peso de mercado. La provisión solamente de agua también resulta en un incremento del peso corporal, pero éste efecto es menor que el generado por el alimento y no dura aparentemente más allá de 8 días. A la edad de faenamiento, todas las aves con acceso temprano a nutrientes son 8-10% más pesadas que las mantenidas sin agua o alimento. La eficiencia alimenticia acumulativa hasta el faenamiento no cambia por la nutrición temprana, sin embargo, el porcentaje de pechuga incrementa en 7-9% en todas las aves tempranamente alimentadas (Noy y Sklan, 1998).

El incremento en el crecimiento debido a la alimentación temprana puede atribuirse a diferentes mecanismos. Las aves mantenidas sin acceso a alimento tienen tasas menores de utilización del vitelo, probablemente debido a una menor estimulación de la actividad del tracto gastrointestinal. Otros estudios han detallado algunos cambios en el desarrollo del intestino delgado como resultado del acceso temprano a alimento. Así, en aves mantenidas sin alimento disminuye la altura y área de las vellosidades del intestino delgado los primeros días después de la eclosión, y una depresión adicional se observa en el desarrollo de las criptas los días 6 a 8. De esta manera, los efectos positivos de la nutrición temprana pueden explicarse por cambios en el desarrollo del tracto gastrointestinal. Además, las aves que empiezan a comer antes están expuestas a alimento exógeno por un período más largo de tiempo, esperando así que crezcan antes (Noy y Sklan, 1999).

2.2. Desarrollo del tracto gastrointestinal

A la eclosión, el sistema digestivo del pollito es anatómicamente inmaduro, y su capacidad funcional no está totalmente desarrollada. Así, después de la eclosión, el tracto gastrointestinal sufre cambios de tipo morfológicos y fisiológicos, que incluyen aumentos del área de digestión y absorción. Los cambios morfológicos incluyen aumentos en el largo intestinal, altura de las vellosidades, densidad y, consecuentemente, el número de enterocitos, células en copa y células

enteroendocrinas. Los cambios fisiológicos están relacionados al aumento en la producción de enzimas digestivas pancreáticas e intestinales, y transportadores de membrana, que transportan los nutrientes dentro y posteriormente fuera del enterocito (Maiorka *et al.*, 2003).

En el período inmediato después de la eclosión, el intestino crece en tamaño más rápido que la masa corporal como un todo. Este proceso de crecimiento relativo rápido alcanza un máximo entre los 4-8 días en pollos. En contraste, otros órganos del tracto digestivo como la molleja o el páncreas no muestran mayores cambios en el tamaño relativo. La examinación microscópica de la mucosa indica que el área y altura de las vellosidades intestinales incrementan rápidamente a diferentes tasas entre los distintos segmentos intestinales del pollito, alcanzando un *plateau* a los 6-8 días en el duodeno y después de los 10 días en el yeyuno e íleon. El tamaño del enterocito cambia poco durante este período mientras que la profundidad de las criptas aumenta ligeramente (Noy y Sklan, 1998).

La capacidad para digerir alimentos y absorber nutrientes puede ser un factor limitante durante el período temprano después de la eclosión. Estudios con pollitos han demostrado que, aunque algunos componentes del tracto gastrointestinal aumentan en masa muy rápido después de la eclosión, la máxima proporción de la masa corporal constituida por segmentos clave del tracto no ocurre hasta 6 a 8 días posteriores. Simultáneamente, la actividad de las enzimas digestivas aportadas por el páncreas y el intestino delgado es relativamente baja. Así, el páncreas es funcionalmente inmaduro a la eclosión del pollito pero sufre una rápida maduración posterior (Sell, 1996).

El consumo de alimento aumenta rápidamente con la edad. Se ha sugerido que el consumo de alimento supera el incremento del tamaño del tracto gastrointestinal y, por lo tanto, la tasa de pasaje del alimento a través del intestino es más rápida en etapas juveniles. En estudios recientes se ha encontrado que el tiempo de pasaje a través del intestino delgado disminuye de un 30 a un 50% desde los 4 a los 10 días. La disminución en la tasa de pasaje a través del duodeno, a causa del desarrollo gastrointestinal, es especialmente marcada y mantenida baja después de los 10 días. Existen mayores sitios de actividad de enzimas digestivas y de absorción (Noy y Sklan, 1997).

El desarrollo del tracto gastrointestinal está directamente relacionado al consumo de alimento. El metabolismo y desarrollo del hígado después de la eclosión se asocia probablemente con los sustratos derivados de la absorción intestinal. De la misma manera, el tamaño relativo de la molleja y el proventrículo son significativamente afectados por la ausencia de alimento después de la eclosión al compararlos con aves alimentadas *ad-libitum*.

Mitchell y Carlisle (1992) demostraron que una reducción en el consumo de alimento, causada por una exposición crónica de las aves a altas temperaturas (35°), resulta en una reducción del largo y tamaño del intestino delgado y también en cambios en las características de las vellosidades intestinales. Noy y Sklan (1999) afirmaron que, a la eclosión, la mayoría de la energía y parte de la proteína son dirigidas al desarrollo del intestino. Los resultados de sus experiencias sugieren que en la vida temprana los pollos broiler dan prioridad al desarrollo de órganos relacionados con la digestión (por ejemplo molleja o intestino) para un mejor uso del alimento y crecimiento futuro.

El desarrollo de la mucosa intestinal primariamente resulta de dos eventos citológicamente asociados: renovación celular y pérdida celular. El balance entre estos dos procesos determina un cambio constante y la mantención del tamaño de las vellosidades intestinales. Uni *et al.* (1998) afirmaron que en aves con acceso retrasado a alimento ocurrieron aglutinaciones de microvellosidades y criptas intestinales con estructuras anormales. Yamauchi *et al.* (1996) demostraron que, tras un largo período de ayuno, las células epiteliales empezaron a mostrar grandes vacuolas lisosomales autofágicas, lo que sugiere que el ayuno puede causar muerte celular. La muerte celular probablemente lleva a un incremento en la tasa de pérdida celular y consecuentemente a una reducción en el tamaño de las vellosidades intestinales, lo que genera un impacto importante en el área intestinal destinada a la digestión y absorción (Maiorka *et al.*, 2003).

2.3. Digestión y absorción de nutrientes

Una vez que el consumo de alimento exógeno comienza, los pollitos deben someterse a una adaptación metabólica de una dependencia del vitelo, a una captación intestinal de nutrientes provenientes de alimentos exógenos ricos en carbohidratos y proteínas. El proceso de absorción

debe estar disponible para transferir las cantidades requeridas de nutrientes a la circulación sanguínea (Noy y Sklan, 2002).

La captación de nutrientes es dependiente de su digestión y absorción desde el tracto gastrointestinal. La digestión y absorción de macromoléculas requiere de suficiente hidrólisis enzimática, como también de sitios de captación. Cuando el consumo de alimento aumenta, como en el pollito recién eclosionado, puede ser necesaria para la hidrólisis una gran actividad enzimática o un mayor tiempo de retención en el intestino delgado (Noy y Sklan, 1995). Durante el desarrollo y maduración del sistema digestivo en las aves jóvenes, los nutrientes dietarios pueden ser pobremente utilizados, especialmente durante los primeros 7 a 10 días después de la eclosión (Batal y Parsons, 2002).

El residuo vitelino tiene un rol crucial por un período corto cuando complementa la captación de nutrientes y fortifica la eficiencia de utilización de la energía y proteína dietaria después de la eclosión. Su contribución es de aproximadamente 50 y 40% del suministro total de energía y proteína el primer día después de la eclosión y se hace insignificante el día 4 siendo sólo 2 y 6% de la energía y proteína, respectivamente. Además, el hígado, que está lipémico a la eclosión, puede también contribuir con energía endógena al pollito en crecimiento en este estado temprano.

Los pollitos eclosionan con algunas reservas de enzimas pancreáticas que son producidas durante el desarrollo embrionario. Estas reservas disminuyen rápidamente, ya que la síntesis en éste período es menor que la requerida de secretar al intestino para mantener las concentraciones iniciales. La quimotripsina puede diferir en este aspecto de las otras enzimas, debido a que su actividad a la eclosión es muy baja (Nitsan *et al.*, 1991).

En los pollitos chicos, la concentración de enzimas pancreáticas aumenta con la edad, aunque la concentración de enzimas proteolíticas, amilolíticas y lipolíticas cambia a tasas diferentes. Las concentraciones de amilasa y tripsina en el páncreas aumentan considerablemente durante los primeros 21 días en aves. La concentración de lipasa pancreática aumenta algo menos después de la eclosión y puede ser limitante en algunas dietas, aunque estudios han indicado que la digestión de grasas aumenta en las semanas iniciales después de la eclosión. Además, las secreciones

biliares son bajas después de la eclosión, aumentan con la edad, y pueden limitar también la absorción de grasas (Noy y Sklan, 1995).

Cercano a la eclosión, la captación de glucosa y metionina es baja si se compara a la alta captación de lípidos. La baja captación de componentes hidrofílicos puede atribuirse a la presencia del vitelo hidrofóbico que inhibe la captación de tales compuestos. Además, es posible que las concentraciones lumbales de sodio sean bajas, y el sodio es necesario para la actividad de co-transportadores y la bomba de sodio-potasio (Noy y Sklan, 2002).

Los estudios del efecto de la dieta en la tasa de pasaje intestinal indican que dietas con alto contenido en fibra tienen un tiempo de tránsito más largo. Una menor tasa de pasaje mejora la absorción de nutrientes por el aumento del tiempo de contacto con las células absorptivas, y aumenta la digestibilidad de la fibra dietaria ya que permite mayor tiempo para la fermentación microbiana (Noy y Sklan, 1995).

Los resultados netos de la actividad enzimática y el tiempo de retención del alimento son reflejados en su digestibilidad total. La digestibilidad en el intestino delgado de almidones y grasas es sobre 85% a los 4 días de edad, y los valores aumentan levemente con la edad. Moran (1982) había deducido previamente que la digestión del almidón no es limitante en pollitos pequeños. La digestión de nitrógeno en el intestino delgado es entre 76-78% en pollitos de 4 días, aumentando a alrededor de 90% a los 14 días de edad (Noy y Sklan, 1997).

La digestibilidad de los nutrientes aumenta con la edad de los pollitos, así a los 14 días de edad el pollito es capaz de utilizar eficientemente la energía de la dieta. La baja disponibilidad de energía dietaria durante los primeros 4 a 7 días después de la eclosión, puede asociarse al subdesarrollo de la actividad enzimática digestiva y la función gastrointestinal (Batal y Parsons, 2002).

El aumento del consumo de alimento con la edad es acompañado por un rápido desarrollo del tracto gastrointestinal, especialmente en la primera semana después de la eclosión. El aumento del consumo de alimento involucra también aumentos concomitantes de secreciones biliares y pancreáticas, resultando en una digestión casi completa a los 7 días de edad. Las secreciones biliares y pancreáticas pueden ser insuficientes a los 4 días de edad, especialmente para la

digestión de nitrógeno; éstas parecen ser adecuadas para su digestión después de 10 días de vida del pollito (Noy y Sklan, 1997).

La proteólisis puede ser insuficiente en el período temprano después de la eclosión para hidrolizar proteínas exógenas y endógenas. Los cambios que ocurren con la edad son que, temprano después de la eclosión aumenta el consumo de alimento y disminuye el tiempo de pasaje intestinal, con suficiente actividad enzimática para la hidrólisis y captación de azúcares y lípidos, mientras que la proteólisis es más limitante. Desde los 10 días de vida, el aumento del consumo de alimento es compensado por una mayor capacidad intestinal y secreción enzimática. El consumo de alimento puede ser regulado así para no exceder la capacidad digestiva (Noy y Sklan, 1995).

El aumento de la digestibilidad de aminoácidos es dependiente de la edad. Los valores altos de la digestibilidad de aminoácidos con la edad pueden explicarse por aumento de la actividad de enzimas proteasas, aumento en la eficiencia de absorción de aminoácidos, y por el desarrollo del tracto gastrointestinal. Por otra parte, algunos estudios demuestran que los pollitos tienen gran habilidad para absorber aminoácidos y digerir proteínas fácilmente digestibles (Batal y Parsons, 2002).

3. Dietas de preinicio

El retorno óptimo en la producción de pollo broiler requiere un mejor entendimiento de las interacciones entre la nutrición a diferentes edades y factores ambientales (Quentin *et al.*, 2005). El principal objetivo de la nutrición moderna de aves es utilizar al máximo el potencial genético de ellas proporcionando dietas completas que cubran todos los requerimientos nutritivos conocidos de acuerdo a la especie, edad, categoría de producción y nivel de desempeño (Broz y Ward, 2007).

La nutrición temprana del pollito está pobremente estudiada, y la mayoría de los estudios de los requerimientos nutricionales empiezan a los 7 días de edad. La primera semana de vida del pollo broiler es de vital importancia para determinar su futuro crecimiento y rendimiento. Los pollitos son animales homeotérmicamente inmaduros durante sus primeros 10 días de vida, sus funciones metabólicas no están aún bien establecidas, y su estado nutricional está cambiando rápidamente.

Evidencias crecientes sugieren que una adaptación temprana del pollito a los factores ambientales durante la primera semana de vida puede tener efectos a largo plazo. Por ejemplo, estudios recientes demostraron que un acondicionamiento térmico a temprana edad puede reducir el efecto de stress por calor a edades posteriores. De la misma manera, la primera dieta de inicio puede tener efectos a largo plazo en el crecimiento potencial (Quentin *et al.*, 2005).

La tasa de crecimiento de los pollos se ha incrementado sustancialmente en las pasadas décadas, causando que el peso de beneficio sea alcanzado antes y aumentando la representatividad de los primeros días de vida. Según Longo *et al.*, las dietas de preinicio son actualmente usadas en una variedad de situaciones en la producción avícola y son interpretadas como una inversión, no un costo de producción. Los estudios para definir los requerimientos nutritivos en el período preinicio son secundados por la necesidad de buscar ingredientes con alta disponibilidad nutritiva que resultarán en un aumento del rendimiento animal asociado con buena calidad de la carcasa. Ingredientes alternativos con excelente digestibilidad deben usarse en la dietas de los pollos recién eclosionados, ya que su sistema digestivo no está completamente adaptado a la digestión y absorción de alimentos (Longo *et al.*, 2007).

En el último tiempo se ha hecho una práctica común en la industria utilizar una dieta de preinicio de 1 a 7 o 10 días de edad con el objeto de entregarle al pollo broiler una nutrición adecuada al desarrollo del sistema gastrointestinal, compatibilizando las limitaciones fisiológicas en el aprovechamiento de los nutrientes. En los primeros 7 días de edad el pollo aumenta su peso vivo en un 400%, consume aproximadamente 150 a 180 gramos de alimento y este período representa un 17% del período total de crecimiento. 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).

Poco se conoce de los efectos de la manipulación de las fuentes nutritivas en las dietas de preinicio sobre el depósito de carne y grasa en la canal de pollos, sin embargo, una disponibilidad proteica adecuada en ésta fase parece ser esencial para aumentar el desarrollo muscular en fases posteriores. Los pollitos recién eclosionados tienen células satélites activas responsables de la acumulación de núcleos en las fibras musculares; algunos factores nutricionales podrían afectar

esas células y contribuir a modificar el tamaño de la fibra muscular y la proporción de músculo en pollos broiler. La manipulación de la dieta de preinicio puede modificar el desarrollo de los pollitos (Longo *et al.*, 2007).

4. Digestión de proteínas y aminoácidos en pollos broiler

El componente proteico de las dietas tiene una importancia nutricional primaria basada en factores metabólicos y económicos. Es metabólicamente importante ya que suministra aminoácidos esenciales y, a través del metabolismo intermediario, puede dar origen a glucosa, grasas, energía y varias moléculas con actividad vitamínica. La importancia económica de las proteínas deriva del alto costo de los insumos con alto contenido proteico.

La digestión proteica en las aves es muy similar a la de mamíferos no rumiantes. Ésta comienza en el proventrículo y la molleja, donde el ambiente ácido denatura la estructura tridimensional de la proteína a una forma lineal, con enlaces peptídicos individuales expuestos. La pepsina hidroliza la proteína en una variedad de enlaces peptídicos, resultando polipéptidos. La pepsina es secretada como un precursor inactivo, el pepsinógeno, que es hidrolizado por el ácido clorhídrico o por pepsina previamente activada, para transformarse en una endopeptidasa catalítica activa con un pH óptimo de 3.

La llegada de los polipéptidos al duodeno estimula la secreción de enzimas pancreáticas, como la tripsina, quimotripsina, elastasa y carboxipeptidasa. La acción combinada de las enzimas proteolíticas resulta en la generación de oligopéptidos de 2 a 6 aminoácidos y aminoácidos libres. Los oligopéptidos son posteriormente hidrolizados por aminopeptidasas y exopeptidasas, y varias dipeptidasas asociadas al borde en cepillo de las vellosidades intestinales. Una gran porción de dipéptidos y tripéptidos son transportados intactos dentro del enterocito y son hidrolizados en el citoplasma a aminoácidos libres.

Los aminoácidos libres atraviesan la membrana del enterocito por difusión cuando se encuentran a altas concentraciones, y en concentraciones bajas son importantes los sistemas transportadores activos específicos, que reconocen la carga y el tamaño del aminoácido. Menos de la mitad de los aminoácidos absorbidos son transportados como aminoácidos libres, al menos cuatro sistemas de transporte están involucrados en su transporte en el intestino delgado. También son absorbidos en el recto y ciego, pero en bajas tasas comparado al intestino delgado. Presumiblemente, la selección por alta eficiencia alimenticia ha resultado en una capacidad muy alta de absorción de aminoácidos en los pollos al compararlos con otras aves.

Algunos aminoácidos son absorbidos más rápido como péptidos que como aminoácidos libres. La mayoría de estos aminoácidos y péptidos son absorbidos en el duodeno y el yeyuno proximal del pollo. Una vez en el enterocito, la mayoría de los aminoácidos son transportados a la sangre como aminoácidos libres, aunque algunos pueden ser metabolizados en este sitio (Klasing, 1998).

5. Hidrolizados proteicos de pescado

5.1. Introducción

En estos tiempos existen enormes cantidades de subproductos ricos en proteína provenientes de plantas procesadoras de alimentos marinos sin ningún intento de recuperación. Al mismo tiempo, a muchos procesadores ya no se les permite descartar sus desechos directamente al océano, resultando en un alto costo de refinación del material antes de que sea descartado. Conocida la necesidad de la industria procesadora de alimentos marinos, debe ser desarrollada una alternativa para descartar esos subproductos. Una alternativa incitante y prometedora es la recuperación y alteración de las proteínas del músculo de pescado presentes en los subproductos, y su uso como ingredientes funcionales en sistemas de alimentación, lo que es económicamente más factible que descartar los subproductos.

Cada año, más de 91 millones de toneladas de pescado son capturadas, de las cuales 29.5% son transformadas en harina de pescado. Posiblemente más del 50% del tejido remanente del pescado

es considerado desecho para ser procesado y no se usa como alimento. Con un aumento dramático en la población mundial, y una captura de pescado actualmente a punto de exceder los límites sustentables estimados de 100 millones de toneladas al año, existe una obvia necesidad de utilizar nuestros recursos marinos con mayor inteligencia y perspicacia. Por la aplicación de tecnología enzimática para la recuperación de proteínas en el procesamiento de pescados, es posible producir un amplio espectro de ingredientes alimentarios o productos industriales con un gran rango de aplicaciones.

La modificación enzimática de proteínas usando preparaciones seleccionadas de enzimas proteolíticas para romper enlaces peptídicos específicos es ampliamente usada en la industria alimentaria. La hidrólisis de proteínas alimentarias tiene una larga historia, principalmente para proteínas vegetales y de la leche, ambas ampliamente utilizadas. La mayoría del trabajo en la hidrólisis de proteínas de pescado fue realizado en la década del 60, algunos hidrolizados proteicos de pescado eran bastante exitosos en ese tiempo. Durante esta década, la investigación estaba enfocada a la producción de fuentes proteicas baratas para países en rápido desarrollo, o hacia la producción de alimentos para animales, primeramente a través de la producción de concentrados proteicos de pescado. Muchos estudios han resultado en hidrolizados de proteína de pescado con excelentes propiedades funcionales. Sin embargo, defectos en el sabor, específicamente amargura, y la economía de los procesos, son los principales factores limitantes para la aplicación de éstos hidrolizados.

Una amplia gama de fuentes de proteína marina ha sido estudiada para la producción de hidrolizados proteicos de pescado funcionales, incluyendo merluza (*Urophycis chuss*), tiburón (*Isurus oxyrinchus*), sardina (*Sardina pilchardus*), arenque (*Clupus harengus*), langostino, langosta (*Panulirus* spp.), bacalao (*Theragra chalcogramma*), capelín (*Mallotus villosus*), lijas (*Squalus acanthias*), pescadillas pacíficas (*Merluccius productus*) y salmón atlántico (*Salmo salar*) (Kristinsson y Rasco, 2000).

5.2. Características del músculo del pescado y su proteína

Las propiedades funcionales y estructurales de las proteínas alimentarias varía tremendamente, y para entender totalmente el proceso de hidrólisis proteica es crucial tener un buen conocimiento de la naturaleza del sustrato proteico y del agente hidrolizante. Las proteínas derivadas de fuentes animales son consideradas nutricionalmente superiores a las de fuentes vegetales, ya que contienen un mejor balance de aminoácidos dietéticamente esenciales. El músculo del pescado tiene una excelente composición aminoácidica y es una fuente excelente de proteínas nutritivas y fácilmente digestibles. Sin embargo, dado que el pescado es extremadamente perecedero y dado que su composición química puede variar, la utilización del pescado como una materia prima alimentaria base presenta problemas de procesamiento únicos (Kristinsson y Rasco, 2000).

Existen diferencias entre el músculo del pescado y el músculo de animales terrestres. El músculo del pescado tiende a tener menos tejido conectivo que músculos de animales terrestres, lo que resulta en textura más tierna. Además, debido al movimiento único del pescado, la organización estructural de las fibras musculares es bastante diferente a los animales terrestres. Las características bioquímicas poiquilotérmicas de las proteínas del músculo del pescado las hacen más sensibles al calor que las proteínas musculares mamíferas, con una gran tendencia a denaturarse a temperaturas elevadas (Kristinsson y Rasco, 2000).

El músculo estriado es predominante en el pescado. El tejido muscular estriado se organiza en fibras musculares unidas entre sí por un tejido conectivo lo que genera paquetes de fibras. El músculo del pescado tiene carne "blanca" y "negra". La carne blanca es generalmente más abundante, contiene menos lípidos que la carne negra, y es el tipo de tejido muscular más ampliamente consumido. Está compuesto por alrededor de 18 a 23% de proteína, dependiendo de la especie y el tiempo de captura. Alrededor de 70 a 80% del músculo del pescado son proteínas estructurales, que son solubles en soluciones salinas neutras frías de fuerza iónica alta. El restante 20 a 30% contiene proteínas sarcoplásmicas que son solubles en agua y buffers diluidos, y una parte final de las proteínas estructurales, 2 a 3%, son proteínas insolubles de tejido conectivo (Kristinsson y Rasco, 2000).

Las proteínas miofibrilares son las proteínas primarias del pescado, comprendiendo de 66 a 77% del total de proteínas en la carne de pescado. Los complejos proteicos miofibrilares contienen miosina y actina. La miosina comprende de 50 al 60% de las proteínas miofibrilares contráctiles, y la actina solamente 15 a 30%. La miosina puede ser dividida por proteasas en dos sitios de la molécula, uno reconocido por tripsina y quimotripsina y el otro por papaína. El complejo actina-miosina es responsable de la contracción y relajación muscular, y juega un rol mayor en determinar la calidad de la carne de pescado ya que es bastante lábil y se afecta fácilmente durante el procesamiento y almacenamiento (Kristinsson y Rasco, 2000).

5.3. Tipos de hidrólisis proteica

Kristinsson y Rasco (2000) definen los hidrolizados proteicos como proteínas que son químicamente o enzimáticamente divididas en péptidos de tamaños diferentes.

Según estos autores, los métodos químicos y biológicos son los más ampliamente usados para hidrólisis proteica, siendo la hidrólisis química la más ampliamente utilizada en la práctica industrial. Los procesos biológicos con el uso de enzimas agregadas son los empleados más frecuentemente, y la hidrólisis enzimática es la más prometedora para el futuro ya que resulta en productos de alta funcionalidad y valor nutritivo.

La hidrólisis química de las proteínas se logra con la ruptura de enlaces peptídicos con un ácido o una base. Este ha sido el método de elección en el pasado por la industria ya que es relativamente barato y bastante simple de conducir. Sin embargo, existen muchas limitaciones a los ingredientes alimentarios usando este método. La hidrólisis química tiende a ser un proceso difícil de controlar y casi invariablemente lleva a la generación de productos con composición química y propiedades funcionales variables. La hidrólisis proteica con químicos y solventes fuertes se realiza a temperaturas y pH extremos y generalmente resulta en productos con cualidades nutricionales reducidas, funcionalidad pobre, y uso restringido como potenciadores del sabor (Kristinsson y Rasco, 2000).

La hidrólisis ácida de las proteínas es usada más comúnmente que la hidrólisis bajo condiciones alcalinas. La hidrólisis ácida de las proteínas del pescado se relaciona usualmente con la reacción de las proteínas con ácido clorhídrico, o en algunos casos ácido sulfúrico, y las proteínas son completamente hidrolizadas a alta temperatura, y a veces a alta presión. Dado que el producto es ampliamente hidrolizado, la primera propiedad funcional es su alta solubilidad. El uso de reactantes alcalinos para hidrolizar proteínas, principalmente hidróxido de sodio, resulta usualmente en pobre funcionalidad y más importante puede afectar negativamente el valor nutritivo del hidrolizado (Kristinsson y Rasco, 2000).

La hidrólisis bioquímica para producir hidrolizados proteicos es realizada por la utilización de enzimas que hidrolizan los enlaces peptídicos. Esto puede realizarse vía enzimas proteolíticas presentes en las vísceras y músculos del pescado (proteasas endógenas), o por la adición de enzimas de otras fuentes (Kristinsson y Rasco, 2000).

El proceso autolítico de producción de hidrolizados proteicos de pescado depende de la acción de enzimas digestivas del pescado mismo. No hay costos enzimáticos envueltos, y es una operación simple. El producto final de la hidrólisis autolítica es generalmente un líquido bastante viscoso rico en aminoácidos libres y pequeños péptidos. Las enzimas digestivas en cuestión son primariamente tripsina, quimotripsina y pepsina, todas enzimas principales de las vísceras y tracto digestivo del pescado. También contribuyen enzimas presentes en las células musculares del pescado. Tanto los métodos autolíticos como los métodos químicos a menudo resultan en un producto final con mala funcionalidad (Kristinsson y Rasco, 2000).

El uso de enzimas agregadas para hidrolizar proteínas alimentarias es un proceso de importancia considerable usado para mejorar o modificar las propiedades físico-químicas, funcionales y sensitivas de la proteína nativa, sin poner en peligro su valor nutritivo, y a veces la absorción proteica se mejora. Para Kristinsson y Rasco el proceso del uso de enzimas agregadas en vez de químicos o enzimas endógenas ofrece muchas ventajas porque permite un buen control de la hidrólisis y así de las propiedades de los productos resultantes. Los procesos pueden ser diseñados para sacar ventaja de la especificidad del sustrato y las tasas de reacción relativas de diferentes enzimas bajo las condiciones de la reacción empleada.

La hidrólisis enzimática de las proteínas del pescado ha sido empleada primariamente como un enfoque alternativo para convertir la biomasa marina subutilizada, que es comúnmente usada en la fabricación de alimentos e incluso fertilizantes, en productos proteicos comestibles. Más recientemente, la utilización de la materia prima secundaria del pescado (material remanente una vez que se han removido los filetes), ha sido objeto de estudios. Utilizando las adecuadas enzimas, substratos y tiempos de reacción, es posible la producción de hidrolizados con diferentes estructuras moleculares y propiedades diferentes que pueden tener aplicaciones en varias formulaciones alimenticias (Kristinsson y Rasco, 2000).

La producción comercial de hidrolizados proteicos de pescado tiene varias desventajas como el alto costo de usar grandes cantidades de enzimas; la dificultad en controlar la extensión de la reacción, lo que puede resultar en productos no homogéneos consistentes en fracciones de variados tamaños moleculares; bajos rendimientos; y la necesidad de inactivar la enzima por pH o un tratamiento térmico en el final de la reacción, lo que añade más costos al proceso. Además, las enzimas empleadas en el proceso no pueden ser reutilizadas (Kristinsson y Rasco, 2000).

Existe una amplia variedad de enzimas comerciales que han sido utilizadas satisfactoriamente para hidrolizar pescado y otras fuentes alimenticias. Las enzimas proteolíticas de plantas y microorganismos son las más apropiadas para preparar hidrolizados de proteína de pescado. Las enzimas usadas para hidrolizar proteínas de pescado tienen al menos una característica en común: tienen que ser de uso alimentario, y si son de origen microbiano, el organismo que la produce tiene que ser no patógeno. La elección de la enzima es usualmente determinada por una combinación de eficacia y economía (Kristinsson y Rasco, 2000).

Debido a que el tejido del pescado es un sustrato bastante complejo que además contiene grandes cantidades de inhibidores de enzimas proteasas, es imposible explicar el mecanismo de hidrólisis proteica en detalle para éste sistema. Un estudio cinético del proceso es bastante complicado también debido a los varios tipos de enlaces peptídicos involucrados y su diferente vulnerabilidad al ataque por enzimas durante el proceso hidrolítico (Kristinsson y Rasco, 2000).

5.4. Propiedades de los hidrolizados proteicos de pescado

Una de las mayores ventajas y objetivos de la hidrólisis enzimática de las proteínas del pescado para Kristinsson y Rasco (2000) es modificar y mejorar sus propiedades funcionales, que son particularmente importantes si los hidrolizados proteicos son usados como ingredientes en productos alimenticios. La hidrólisis enzimática de las proteínas de pescado genera una mezcla de aminoácidos libres, di, tri y oligopéptidos; aumenta el número de grupos polares y la solubilidad del hidrolizado; y por lo tanto, modifica las características funcionales de las proteínas, mejorando su calidad funcional y biodisponibilidad, según estos autores. La elección del substrato y proteasa empleada y el grado en el cual la proteína es hidrolizada afecta las propiedades físico-químicas del hidrolizado resultante. La especificidad de la enzima es importante para la funcionalidad del péptido, ya que influencia fuertemente el tamaño molecular y la hidrofobicidad del hidrolizado. Así, los péptidos obtenidos tienen diferentes perfiles moleculares, y la energía de superficie del hidrolizado es diferente, dependiendo de la enzima usada.

Las propiedades físicas y químicas que moderan la funcionalidad de la proteína incluyen tamaño, forma, composición y secuencia aminoacídica, carga neta y distribución de las cargas, tasa de hidrofobicidad/hidrofilidad, estructuras pépticas, flexibilidad/rigidez molecular, y la posibilidad de interactuar o no con otros componentes. La funcionalidad de las proteínas alimentarias se ha definido como aquellas propiedades funcionales y químicas que afectan la conducta de las proteínas en sistemas alimentarios durante el procesamiento, almacenamiento, preparación y consumo (Kristinsson y Rasco, 2000).

Kristinsson y Rasco (2000) informan también que la solubilidad es probablemente la más importante propiedad funcional de las proteínas y los hidrolizados proteicos. Muchas de las otras propiedades funcionales, como la emulsificación y formación de espuma, son afectadas por la solubilidad, consistiendo en un excelente indicador de la funcionalidad del hidrolizado proteico, y sus potenciales (o limitadas) aplicaciones.

Las interacciones hidrofóbicas e iónicas son los factores principales que influyen las características de solubilidad de una proteína. Las interacciones hidrofóbicas promueven

interacciones proteína-proteína y resultan en baja solubilidad, mientras que las interacciones iónicas promueven la relación proteína-agua y resultan en solubilidad elevada. Los residuos iónicos presentes en la superficie de los péptidos inducen repulsión electrostática entre moléculas proteicas y repulsión entre los sitios de hidratación alrededor de los grupos iónicos, ambos los mayores contribuyentes en aumentar la solubilidad de la proteína (Kristinsson y Rasco, 2000).

La solubilidad aumentada de los hidrolizados es debido a su bajo tamaño molecular comparado con la proteína intacta, y los nuevos grupos ionizables expuestos amino y carboxilo de los aminoácidos, que incrementan la hidrofiliidad del aminoácido. La hidrólisis expone algunos de los grupos hidrofóbicos a la superficie, y al mismo tiempo convierte aún más grupos hidrofóbicos en grupos hidrofílicos por la generación de grupos terminales amino y carboxilo. Así, los pequeños péptidos resultantes de la hidrólisis de las proteínas miofibrilares tienen proporcionalmente más residuos polares, con una habilidad aumentada para formar puentes de hidrógeno con agua. Esto incrementa la solubilidad de la proteína en comparación a la proteína intacta (Kristinsson y Rasco, 2000).

Otra propiedad importante de los hidrolizados proteicos de pescado hace relación con su excelente capacidad de retención de agua, referida a la habilidad de la proteína para absorber agua y retenerla contra fuerzas gravitacionales sin una matriz proteica base, como en geles de proteína, carne o el músculo del pescado. Esto le confiere propiedades útiles para ciertas formulaciones alimenticias. Por otra parte, las propiedades emulsionantes de los hidrolizados proteicos de pescado están directamente conectadas a sus propiedades de superficie, o cuan efectivamente el hidrolizado disminuye la tensión interfacial entre los componentes hidrofóbicos e hidrofílicos del alimento. También son importantes las propiedades formadoras de espuma, de absorción de grasas y sensoriales (Kristinsson y Rasco, 2000).

El uso de hidrolizados proteicos de pescado como un ingrediente alimentario funcional tiene un largo camino aún para ser económicamente factible y aceptado por la industria y los consumidores. Sin embargo, existe una oportunidad sorprendente para que esto suceda, debido a las regulaciones del procesamiento de los desechos y la abundancia de pequeñas especies pelágicas subutilizadas que serán las fronteras de la pesca en este siglo. El uso de hidrolizados proteicos de

pescado para aplicaciones en alimentación animal puede ser muy factible debido a su buen balance aminoacídico y alto contenido proteico (Kristinsson y Rasco, 2000).

5.5. Beneficios del uso de hidrolizados proteicos de pescado en dietas animales

El uso de hidrolizados proteicos de pescado presenta beneficios de importancia en animales que, sin embargo, han sido poco estudiados. Uno de ellos se refiere a la mayor resistencia a enfermedades observadas en los animales domésticos que consumen el producto (Furlan y Oetterer, 2002).

Aplicaciones de importancia se relacionan con su uso como suplemento proteico para aquellos animales con importancia económica como aves, bovinos, ovinos, caprinos o porcinos, especialmente en aquellos que entregan productos para el consumo humano como carne, leche y huevos. También como sustituto de la leche en el destete de terneros y cerdos, como elemento atractivo en las dietas para peces y crustáceos, y en la alimentación de mascotas como perros y gatos. Goldhor y Regenstein (1988) enumeran varias características y/o cualidades que ellos presentan para la nutrición animal, como la mejora en la palatabilidad de los alimentos para animales monogástricos como perros, gatos y salmónidos; la mejora en la digestibilidad del alimento para animales muy jóvenes; la elevada solubilidad, que permite el control del tenor de aceite y de la humedad del producto, además del alto contenido proteico y el bajo porcentaje de ceniza. Esta última característica es de suma importancia en la preparación de productos destinados a la acuicultura (Furlan y Oetterer, 2002).

En el caso de los pollos broiler, el período inicial que contempla desde la eclosión hasta los 14 días de vida aproximadamente, presenta una gran importancia debido a que es una etapa crítica. Es por esto que se hace necesaria la entrega de una buena dieta de inicio o pre-estárter. La experiencia práctica y de investigación demuestra claramente el beneficio de utilizar un 10% más de aminoácidos digestibles en esta etapa (Kemp y Kenny, 2003).

Información científica reciente ha señalado diferencias importantes en el desarrollo de los órganos digestivos, al utilizar alimentos de alto valor biológico como son los hidrolizados proteicos de

pescado en las dietas iniciales de pollitos de una semana de edad, debido a su adecuado aporte proteico y lipídico de alta eficiencia (Profish, 2007). Estos cambios incluyen hasta un 600% más de masa del intestino delgado, aumento en el largo y profundidad de las vellosidades intestinales a nivel del duodeno, mejorando la capacidad digestiva de los pollos (Engormix, 2008).

Por medio del proceso productivo utilizado en la elaboración de los hidrolizados proteicos de pescado, se obtiene un perfil de pesos moleculares con un alto porcentaje de proteína bajo 30.000 Da, lo que permite que las moléculas más pequeñas sean absorbidas directamente en el epitelio intestinal manteniendo su actividad biológica, mientras que las de mayor tamaño serán hidrolizadas rápidamente y convertidas en aminoácidos libres, péptidos y oligopéptidos en el estómago e intestino, para ser posteriormente absorbidas. Tanto los péptidos y aminoácidos libres producidos tienen importantes propiedades nutricionales como fuente de aminoácidos y son biológicamente activos (Profish, 2007). Sin embargo, estos suplementos proteicos no son solamente una fuente de enriquecimiento alimenticio, sino que al tratarse de mezclas de péptidos, permiten una mejor absorción a nivel intestinal que las proteínas, mejorando el rendimiento metabólico, comparado aún con la mezcla de aminoácidos libres (Durand y Lagoin, 1983).

6. Péptidos bioactivos

Tradicionalmente, el primer criterio usado para evaluar el valor de las proteínas dietarias involucra la evaluación de la calidad nutricional; más específicamente, la disponibilidad de nitrógeno derivado de aminoácidos esenciales y no esenciales así como la ausencia de factores antinutricionales coexistentes que puedan limitar la digestibilidad de la proteína. Una perspectiva relativamente reciente en cuanto al valor de las proteínas de la dieta se preocupa de la potencial disponibilidad de generar péptidos que son biológicamente activos (Kitts y Weiler, 2003).

Las proteínas funcionales y los péptidos bioactivos son proteínas y péptidos que, además de su valor nutricional por ser fuente de aminoácidos, son capaces de ejercer efectos biológicos específicos (Martínez y Martínez, 2006). Son fragmentos proteicos específicos que tienen un impacto positivo en la función o condición corporal, y que pueden finalmente influenciar la salud.

Muchos péptidos fisiológicamente activos han sido identificados, pero debe hacerse una distinción entre proteínas bioactivas naturalmente presentes en los alimentos (por ejemplo, factores de crecimiento o inmunoglobulinas presentes en la leche), y péptidos que surgen de la digestión de diferentes fuentes proteicas intactas, o del 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 los 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. Así, se han aislado péptidos a partir de hidrolizados enzimáticos de proteínas de muy diversa procedencia, como leche, sardina, maíz, soya, huevo o gelatina. La literatura científica evidencia que los péptidos bioactivos pueden ejercer su acción tanto a nivel local (tracto gastrointestinal) como sistémico, ya que pueden atravesar el epitelio intestinal y llegar a tejidos periféricos a través de la circulación sanguínea (Martínez y Martínez, 2006). Los péptidos dietarios tienen un profundo efecto en la actividad secretoria y absorbiva del intestino y su efecto es dosis dependiente. Al parecer los productos de la hidrólisis de las proteínas dietarias pueden asistir a la regulación de los procesos digestivos (Rutherford-Markwick y Moughan, 2005).

Kohama *et al.* (1988) descubrieron y aislaron un nuevo inhibidor de la enzima convertidora de Angiotensina I (ECA) del extracto ácido de un músculo de atún por cromatografía columnar. Se han descubierto péptidos bioactivos antihipertensivos adicionales derivados de sardina, atún y bonito. Los hidrolizados de proteína de pescado son además fuente de péptidos inmunomoduladores y péptidos antioxidantes, como la carnosina.

La ECA es importante para la regulación de la presión sanguínea. Cuando disminuye el volumen sanguíneo o una disminución en el flujo de sangre hacia el riñón es detectado, la renina actúa sobre el angiotensinógeno y forma angiotensina I. La ECA entonces cataliza la hidrólisis de la prohormona inactiva angiotensina I (decapéptido) a angiotensina II (octapéptido). El resultado es un incremento en la presión sanguínea vía vasoconstricción, aumentando la resistencia sistémica y estimulando la secreción de aldosterona, que resulta en un incremento en la reabsorción renal de

sodio y agua. La ECA además inactiva al péptido vasodilatador bradiquinina. Los inhibidores de la ECA actúan uniéndose al dipéptido carbono-terminal de la angiotensina I, previniendo así su conversión a angiotensina II por la ECA.

La carnosina es un dipéptido compuesto por β -alanina y L-histidina y se encuentra en altas concentraciones en células musculares del pescado. Se ha reportado que las acciones celulares de la carnosina tienen amplias propiedades antioxidantes y buffer de hidrógeno. La carnosina como sus dipéptidos relacionados, anserina (β -alanil-L-1-metilhistidina) y balenina (β -alanil-L-3-metilhistidina), se han estudiado para determinar potenciales funciones relacionadas con la síntesis de neurotransmisores, inducción de enzimas musculares, quelación de iones metálicos divalentes y captación de radicales libres. La carnosina inhibe la peroxidación lipídica y la modificación oxidativa de proteínas en el músculo de ratas expuesto a radicales hidroxilo. Por otra parte, β -alanina e histidina no demuestran efectos inhibitorios contra la oxidación de manera individual, así, se concluye que la actividad antioxidante de la carnosina es dependiente de la unión del dipéptido β -alanil/histidina (Kitts y Weiler, 2003).

La L-histidina se ha identificado como captadora del radical hidroxilo y el oxígeno singlet (forma delta del 1O_2), una importante especie biológica de oxígeno no radical que es altamente reactivo por un electrón excitado promovido a un orbital energético mayor. Estas interacciones pueden incluir histidina libre, pequeños péptidos que contienen histidina como la carnosina, y residuos de histidina en proteínas. La L-histidina interactúa químicamente con estas especies tóxicas de oxígeno a través de al menos dos mecanismos diferentes: por interferencia con las reacciones redox incluyendo iones metálicos que producen el radical hidroxilo, y por interacciones directas del anillo imidazol de la histidina con el oxígeno singlet. La carnosina es un captador más efectivo que la L-histidina del oxígeno singlet, aunque ambos componentes se han identificado protectivos contra el daño oxidativo al ADN y la oxidación inducida de liposomas *in vitro* (Wade y Tucker, 1998).

7. Activium®

La problemática de la disminución en la disponibilidad de harina de pescado abre el desafío de elaborar productos más sofisticados, que permitan a menores dosis de incorporación y mayor eficiencia de desempeño, satisfacer la demanda de las plantas elaboradoras de alimentos, especialmente en el área acuícola y nutrición temprana. El proyecto “Desarrollo de *Activium*®, péptidos bioactivos para nutrición animal de alta eficiencia”, está orientado a desarrollar e introducir al mercado un producto con un alto y muy controlado nivel de hidrólisis, caracterizado por tener como un mínimo un 80% de su proteína en forma soluble y donde el 80% de las moléculas tengan un peso molecular en un rango entre 200 a 3000 Da. Estos péptidos bioactivos actúan como inductores en el proceso de nutrición de las especies, estimulando las funciones intestinales que se reflejarán posteriormente en un mayor crecimiento, mejores conversiones de alimento y aumento del peso de músculos relevantes (Profish S.A., 2007).

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 completo.

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 comercial completo.

2. Objetivos específicos

1) Comparar el efecto de la incorporación de cinco hidrolizados proteicos de pescado incluidos en la dieta de preinicio de pollos broiler, sobre los indicadores productivos de estas aves, durante el ciclo completo de producción.

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

V. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la “Unidad Experimental de Nutrición y Producción Avícola” de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile. Este pabellón experimental consta de 32 corrales, es de estructura convencional con ventilación natural y está calefaccionado mediante campanas de gas con control de temperatura por termostato.

630 pollos broiler machos (línea Ross 308) de un día de edad fueron distribuidos mediante un proceso de estandarización de pesaje en 30 corrales de piso con 21 pollos cada uno. El período experimental tuvo una duración similar a un ciclo comercial completo, 42 días. Durante este período, las aves recibieron 4 dietas de acuerdo a los requerimientos nutricionales específicos establecidos para la línea genética (Aviagen, 2009), según la siguiente adaptación al estándar de la crianza comercial de pollos:

Dieta 1: Preinicio, de los días 1 a 14 de edad.

Dieta 2: Inicio, de los días 15 a 21 de edad.

Dieta 3: Intermedio, de los días 22 a 35 de edad.

Dieta 4: Final, de los días 36 a 42 de edad.

Cada corral fue asignado de forma aleatoria a uno de seis tratamientos, formándose así seis tratamientos con cinco repeticiones cada uno. Durante el período preinicio, las aves recibieron sus respectivas dietas de acuerdo a los tratamientos programados:

Tratamiento 1: Control maíz-soya.

Tratamiento 2: Hidrolizado Activium[®] EP-120 al 1.6% de inclusión.

Tratamiento 3: Hidrolizado Activium[®] EP-127 al 1.6% de inclusión.

Tratamiento 4: Hidrolizado Activium[®] EP-138 al 1.6% de inclusión.

Tratamiento 5: Hidrolizado Activium[®] EP-S al 1.6% de inclusión.

Tratamiento 6: Hidrolizado Activium[®] EP-MX al 1.8% de inclusión.

Los seis tratamientos del período preinicio fueron formulados isoproteicos e isoenergéticos (Tabla 1) y se presentaron pelletizados quebrantados de acuerdo al estándar de la industria. Las aves fueron mantenidas con un régimen de alimentación *ad-libitum* y consumo de agua a discreción, con una densidad de 12,5 pollos/m².

Las dietas de los períodos inicio, intermedio y final fueron las mismas para todas las aves (Tabla 2). Se presentaron pelletizadas en el período inicio, y molidas en los períodos intermedio y final. Todas las dietas fueron preparadas en la fábrica de alimentos Agroconca Ltda.

Tabla 1. Composición de las dietas preinicio correspondientes a los seis tratamientos del estudio.

Ingredientes	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
	% Inc	% Inc	% Inc	% Inc	% Inc	% Inc
Maíz Chile 14% hum.	43,82	45,55	45,71	45,74	45,59	45,40
Oleína	2,71	2,19	2,11	2,11	2,11	2,11
Soya, afrecho	33,27	30,35	30,27	30,27	30,43	30,40
Soya, poroto + Maíz (80-20)	15,10	15,10	15,10	15,10	15,10	15,10
Trigo afrechillo	0,60	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Fosfato bicálcico dihidratado	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100
Vitaminas broiler ¹	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Minerales broiler ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DL Metionina	0,290	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270
Lisina	0,060	0,030	0,030	0,030	0,030	0,020
L-Treonina	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Coccidiostato ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal	0,350	0,310	0,310	0,280	0,270	0,300
Conchuela	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
Activium® EP-120		1,60				
Activium® EP-127			1,60			
Activium® EP-138				1,60		
Activium® EP-S					1,60	
Activium® EP-MX						1,80

Composición Nutricional Calculada						
EM (Kcal/kg)	2940	2941	2937	2938	2937	2937
PC (%)	23,20	23,09	23,09	23,09	23,10	23,11
Ca (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P Disp (%)	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Lis (%)	1,39	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
Met (%)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Cis (%)	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Trip	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Na	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Cl	0,23	0,24	0,24	0,23	0,24	0,23

¹ 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: 11 mg; Niacina: 30 mg; Vit B6: 3 mg; Colina: 650 mg; Ac. Fólico: 0,75 mg; Biotina: 0,15 mg; Vit B12: 0,012 mg; Etioquina: 125 mg; Excipientes c.s.p.: 2g. Centrovit.

² 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. Centrovit.

³ BMD® Bacitracina Metileno Disalicilato 11%. Alpharma.

⁴ Clinacox® 0,5%. Janssen Pharmaceuticals.

Tabla 2. Composición de las dietas inicio, intermedio y final utilizadas en todas las aves.

Ingredientes	Inicio	Intermedio	Final
	% Inc	% Inc	% Inc
Maíz Chile 14% hum.	46,80	51,47	58,23
Trigo afrechillo	0,41	1,70	2,0
Oleína	3,11	4,00	3,39
Soya, afrecho	31,35	25,00	13,80
Soya, poroto entero + Maíz (80-20)	14,00	13,95	19,05
Conchuela	1,37	1,20	1,17
Fosfato bicálcico dihidratado	1,92	1,70	1,45
Sal	0,39	0,38	0,38
Vitaminas broiler ¹	0,20	0,20	0,20
Minerales broiler ²	0,10	0,10	0,10
Lisina	0,05	0,05	0,05
DL Metionina	,0,20	0,17	0,18
L-Treonina		0,01	
Coccidiostato ³	0,05	0,05	
Bacitracina ⁴	0,05	0,03	

Composición Nutricional Calculada			
EM (Kcal/kg)	3000	3100	3200
PC (%)	22,79	20,23	16,97
Ca (%)	1,00	0,88	0,80
P Disp (%)	0,45	0,40	0,35
Lis (%)	1,36	1,19	0,97
Met (%)	0,55	0,49	0,45
Cis (%)	0,38	0,34	0,30
Trip	0,29	0,25	0,21
Na	0,18	0,18	0,18
Cl	0,26	0,25	0,25

¹ 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: 11 mg; Niacina: 30 mg; Vit B6: 3 mg; Colina: 650 mg; Ac. Fólico: 0,75 mg; Biotina: 0,15 mg; Vit B12: 0,012 mg; Etoxiquina: 125 mg; Excipientes c.s.p.: 2g. Centrovvet.

² 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. Centrovvet.

³ Clinacox® 0,5%. Janssen Pharmaceuticals.

⁴ BMD® Bacitracina Metileno Disalicilato 11%. Alpharma.

Durante el desarrollo del estudio fueron realizadas las siguientes mediciones:

1. Indicadores productivos

- Peso vivo promedio individual, los días 1, 14, 21, 35 y 42 de edad. Para tal efecto se pesaron conjuntamente todos los pollos de cada corral y se dividió por el número de aves.
- Consumo de alimento promedio, ganancia de peso vivo, conversión alimenticia (consumo de alimento/ganancia de peso) y mortalidad los días 14, 21, 35 y 42 de edad y correspondientes períodos acumulados.
- Índice de eficiencia productiva (IEP) al término del estudio, mediante la siguiente fórmula

$$IEP = \frac{\text{viabilidad} \times \text{ganancia de peso por día}}{\text{conversión alimenticia}} \times 100$$

Donde viabilidad es el porcentaje de aves vivas al término del estudio en relación a la cantidad que lo inicia, y la ganancia de peso por día (Kg.) es la diferencia entre el peso final y el inicial, dividido por el número de días totales del estudio.

2. Indicadores económicos

- Margen bruto para cada tratamiento (MBi) al término del estudio, mediante la fórmula

$$MBi = [(Ki \times V)] - [(CO Pli \times PA Pli) + (CO ICi \times PA IC) + (CO ITi \times PA IT) + (CO FNi \times PA FN)]$$

Donde Ki corresponde a los kilogramos totales de ave obtenidos del tratamiento i; V el precio de venta del kilogramo de ave a la planta faenadora CODIPRA S.A.¹; CO Pli son los kilogramos de alimento consumido de la dieta preinicio de la repetición i; PA Pli es el precio de la dieta preinicio (período experimental, por lo tanto el precio varía según el tratamiento, ya que corresponde, cada

¹ \$802. Revista del Campo de El Mercurio. Julio, 2008.

caso, a fórmulas alimenticias diferentes)¹; CO ICi, CO ITi y CO FNi corresponden a los kilogramos de alimento consumidos de la dietas inicio, intermedio y final de la repetición i respectivamente; y PA IC, PA IT y PA FN, los precios de las dietas inicio, intermedio y final, respectivamente.

- Costo alimentario de la ganancia de peso (CAGP) al término del estudio, de la siguiente manera

$$CAGP = \text{conversión alimenticia} \times \text{precio del kilogramo de dieta de cada tratamiento}$$

3. Análisis de las dietas

Todas las dietas fueron muestreadas y sometidas a “análisis químico proximal” (AOAC, 2002) en el laboratorio LABSER, Rancagua. Para esto, se tomó una muestra representativa de cada tratamiento del período preinicio y de cada dieta correspondiente a los períodos inicio, intermedio y final las cuales se enviaron a análisis.

4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos con cada tratamiento fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) considerando un diseño completamente al azar, mediante el programa InfoStat (2004). Las variables que resultaron significativas al ANDEVA ($p \leq 0,05$), fueron sometidas a una prueba de Tukey de comparación de medias (Sokal y Rohlf, 1981). El diseño estadístico utilizó el siguiente modelo

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde la respuesta observada (Y_{ij}) depende de la media poblacional (μ), el efecto del i-ésimo tratamiento (T_i) y el error individual (E_{ij}).

¹ Valor de los hidrolizados proteicos de pescado Activium®: US\$2500/ton. María T. Millán, Profish S.A., Comunicación personal.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Indicadores productivos

Tabla 3. Peso vivo individual (Kg.) los días 1, 14, 21, 35 y 42 de edad (promedios \pm desviación estándar).

Tratamiento	Peso Vivo Promedio Individual (Kg.)				
	Día 1	Día 14	Día 21	Día 35	Día 42
Control Maíz-Soya	0,0424 $\pm 0,00011$	0,444 ^{ab} $\pm 0,0170$	0,934 ^b $\pm 0,0274$	2,311 $\pm 0,0559$	2,980 $\pm 0,0909$
Activium® EP 120	0,0423 $\pm 0,00021$	0,446 ^b $\pm 0,0077$	0,951 ^b $\pm 0,0234$	2,331 $\pm 0,0733$	2,979 $\pm 0,1288$
Activium® EP 127	0,0425 $\pm 0,00016$	0,443 ^{ab} $\pm 0,0086$	0,930 ^b $\pm 0,0334$	2,272 $\pm 0,0732$	2,884 $\pm 0,0910$
Activium® EP 138	0,0425 $\pm 0,00023$	0,449 ^b $\pm 0,0107$	0,952 ^b $\pm 0,0290$	2,349 $\pm 0,0375$	2,910 $\pm 0,1176$
Activium® EP S	0,0424 $\pm 0,00024$	0,423 ^a $\pm 0,0029$	0,869 ^a $\pm 0,0181$	2,229 $\pm 0,0536$	2,873 $\pm 0,0995$
Activium® EP MX	0,0424 $\pm 0,00027$	0,439 ^{ab} $\pm 0,0149$	0,939 ^b $\pm 0,0315$	2,333 $\pm 0,0796$	2,990 $\pm 0,1175$
p=	0,9422	0,0165	0,0008	0,0583	0,3417

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

Se observa en la Tabla 3 que al inicio del estudio, debido al proceso de estandarización de pesaje al que se sometieron los pollitos de un día a su llegada al galpón, los distintos tratamientos presentaron uniformidad en el peso inicial de las aves, alcanzando un peso vivo promedio individual de 42 gramos. Esto es indicativo de una base inicial de pesos igualitaria para todos los tratamientos del estudio.

Finalizado el período preinicio en el día 14 de edad, no existen diferencias significativas en el peso vivo entre el tratamiento control y aquellos con incorporación de distintos hidrolizados proteicos Activium®. Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos con hidrolizados Activium® EP S, EP 120 y EP 138. Mientras que EP S presentó el peso vivo promedio más bajo,

los tratamientos incorporados con EP 120 y EP 138 presentaron los pesos vivos promedio más altos.

Al incorporar hidrolizados proteicos de pescado a la dieta de preinicio de los tratamientos, lo esperado es encontrar una mejoría en los pesos vivos promedios de éstas aves al compararlas con un tratamiento sin su incorporación, como es el control maíz-soya, una vez que se alcanzan los 14 días de edad. Esto es esperable por una serie de factores que generan que este período sea crítico en la vida del pollo broiler.

Maiorka *et al.* (2003) informan que al momento de la eclosión, el sistema digestivo del pollito se encuentra anatómica y funcionalmente inmaduro. Sell (1996) y Batal y Parsons (2002) indican que en este período de maduración del sistema digestivo, la digestión y absorción de nutrientes dietarios es limitante y éstos son pobremente utilizados. En este aspecto, Noy y Sklan (1995, 1997) aseguran que las secreciones pancreáticas pueden ser insuficientes a los 4 días de edad, donde la digestión de nitrógeno está especialmente afectada, y ésta sería adecuada después de los 10 días de vida del pollo broiler. Así, los autores concluyen en que la proteólisis puede ser insuficiente en el período temprano después de la eclosión para hidrolizar proteínas exógenas y endógenas.

En este escenario, no existe por parte del pollito joven un correcto aprovechamiento de las fuentes de proteína alimentaria. Klasing (1998) informa respecto a la absorción de aminoácidos en pollos broiler que una baja porción de éstos son absorbidos como tales en el intestino del ave, una gran proporción de dipéptidos y tripéptidos se transportan de manera intacta y con mayor velocidad. Además, Batal y Parsons (2002) aseguran que los pollitos tienen gran habilidad para absorber aminoácidos y digerir proteínas fácilmente digestibles.

Tal como lo indican Kristinsson y Rasco (2000), la ventaja del uso de hidrolizados proteicos de pescado en una formulación alimentaria es, además de incorporar una fuente muy rica en aminoácidos esenciales, incorporar una fuente proteica de muy alta funcionalidad y biodisponibilidad. En las condiciones que se encuentra el proceso de digestión y absorción de proteínas en el pollito recién eclosionado, el uso de estos hidrolizados enzimáticos supone una alternativa muy favorable. En conjunto con esto, la generación de di, tri y oligopéptidos como resultante del proceso de hidrólisis de la proteína nativa de pescado, predispone a la formación de

nuevos productos biológicamente activos que en la estructura proteica original no poseían acción, como informan Martínez y Martínez (2006). Estos fragmentos proteicos específicos tienen un impacto positivo en la función corporal, y pueden finalmente influenciar la salud de los pollitos jóvenes, de hecho, Kitts y Weiler (2003) describen la carnosina, un dipéptido encontrado en altas concentraciones en el músculo del pescado con importantes propiedades antioxidantes.

El día 21 del estudio se observa que el tratamiento que contenía hidrolizado Activium® EP S difiere significativamente a todos los demás tratamientos ($p \leq 0,05$), presentando el peso vivo promedio más bajo. El resto de los tratamientos, con o sin incorporación de hidrolizados proteicos de pescado, no se diferencian estadísticamente entre ellos.

Al día 35 de edad todos los tratamientos alcanzan similares pesos, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($p > 0,05$), lo cual se mantiene hasta el término del estudio, a los 42 días de edad.

Al igual que lo observado en el período preinicio, en ningún período posterior (inicio, intermedio o final) los tratamientos con incorporación de hidrolizados proteicos de pescado Activium® presentaron diferencias significativas favorables sobre el tratamiento control maíz-soya en el peso vivo de las aves. Por el contrario, en la medición del día 21 un tratamiento con hidrolizado resultó con un peso menor respecto al control, tal como se comentó anteriormente.

Los efectos beneficiosos que generarían la incorporación de los hidrolizados de pescado en el período preinicio deberían mantenerse en las etapas posteriores y reflejarse una vez que se alcanza la edad de beneficio del ave. Noy y Sklan (1999) aseguran que las aves con un acceso temprano a los nutrientes, como puede ser a aquellas que se les incorporan pequeños péptidos de proteína de pescado a la dieta, tienen un aumento en el peso corporal que decrece con la edad, pero que se mantiene hasta la edad de faenamiento. De la misma manera, Longo *et al.* (2007) informan que una disponibilidad proteica adecuada en este período preinicio parece ser esencial para aumentar el desarrollo muscular en fases posteriores, y así, el peso vivo de las aves. Sin embargo, como ya se ha mencionado, en este estudio los resultados no concordaron con lo expuesto por los diversos autores.

Una posible explicación a los resultados obtenidos en la Tabla 3 radica en lo expuesto por Rutherford-Markwick y Moughan (2005), quienes señalan que el efecto de los péptidos dietarios es dosis dependiente. Es decir, probablemente el porcentaje de incorporación de cada hidrolizado proteico Activium® en los distintos tratamientos no es suficiente para ejercer los efectos beneficiosos que se esperan en las aves, y de esta manera no se reflejan en los resultados expuestos.

Tabla 4. Consumo de alimento individual (Kg.) en los períodos 1-14, 1-21, 1-35 y 1-42 días de edad (promedios \pm desviación estándar).

Tratamiento	Consumo de Alimento Individual (Kg.)			
	1 - 14 días	1 - 21 días	1 - 35 días	1 - 42 días
Control Maíz-Soya	0,619 ^{ab} $\pm 0,0190$	1,931 $\pm 0,1345$	4,409 $\pm 0,1989$	6,491 $\pm 0,2812$
Activium® EP 120	0,657 ^b $\pm 0,0297$	1,990 $\pm 0,1221$	4,539 $\pm 0,0971$	6,695 $\pm 0,3093$
Activium® EP 127	0,626 ^{ab} $\pm 0,0239$	1,905 $\pm 0,1266$	4,426 $\pm 0,1606$	6,383 $\pm 0,3000$
Activium® EP 138	0,596 ^a $\pm 0,0145$	1,837 $\pm 0,1524$	4,381 $\pm 0,2861$	6,293 $\pm 0,3095$
Activium® EP S	0,599 ^a $\pm 0,0227$	1,894 $\pm 0,0999$	4,318 $\pm 0,2112$	6,251 $\pm 0,3092$
Activium® EP MX	0,665 ^b $\pm 0,0384$	2,055 $\pm 0,2343$	4,665 $\pm 0,2205$	6,702 $\pm 0,3399$
p=	0,0008	0,2972	0,1365	0,1134

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

Tal como se observa en la Tabla 4, no existen diferencias significativas en el consumo de alimento individual al día 14 de edad entre las aves del tratamiento control y los restantes tratamientos con incorporación de hidrolizados proteicos Activium®. Los tratamientos con Activium® EP 138 y EP S presentan el menor consumo de alimento con diferencia estadística ($p \leq 0,05$) con respecto a los tratamientos EP 120 y EP MX que presentan el mayor consumo del período.

Al día 21 de estudio ya no existen diferencias estadísticamente significativas en el consumo de alimento en los diversos tratamientos ($p > 0,05$), situación que se mantiene por todo el resto del

período experimental. Sin embargo, se puede observar que a lo largo del estudio existe una tendencia numérica de los tratamientos Activium® EP 120 y EP MX a un mayor consumo individual, y de los tratamientos EP 138 y EP S a menores valores de consumo.

Los resultados obtenidos del consumo de alimento de las aves en este estudio coinciden con lo expuesto por Leeson (2000) en relación a que el principal regulador de la ingesta de alimento en los pollos broiler es el nivel de energía de la dieta. Todas las dietas del estudio fueron formuladas con equivalentes cantidades de energía según su período, por lo que un tratamiento maíz-soya no se diferencia de uno incorporado con hidrolizados de pescado Activium® en este aspecto. Otra condición que puede influenciar el consumo de alimento de las aves es la temperatura ambiental, factor que se mantuvo uniforme y acorde a la edad del pollo en el pabellón durante todo el período experimental.

Tabla 5. Conversión alimenticia (consumo de alimento/ganancia de peso) en los períodos 1-14, 1-21, 1-35 y 1-42 días de edad (promedios \pm desviación estándar).

Tratamiento	Conversión Alimenticia			
	1 - 14 días	1 - 21 días	1 - 35 días	1 - 42 días
Control Maíz-Soya	1,54 ^{ab} $\pm 0,06$	2,08 $\pm 0,17$	1,92 $\pm 0,12$	2,18 $\pm 0,10$
Activium® EP 120	1,63 ^{bc} $\pm 0,07$	2,11 $\pm 0,10$	1,96 $\pm 0,03$	2,25 $\pm 0,05$
Activium® EP 127	1,56 ^{abc} $\pm 0,04$	2,07 $\pm 0,16$	1,96 $\pm 0,03$	2,21 $\pm 0,05$
Activium® EP 138	1,46 ^a $\pm 0,03$	1,95 $\pm 0,14$	1,88 $\pm 0,10$	2,17 $\pm 0,12$
Activium® EP S	1,58 ^{abc} $\pm 0,07$	2,19 $\pm 0,07$	1,95 $\pm 0,06$	2,19 $\pm 0,05$
Activium® EP MX	1,68 ^{bc} $\pm 0,08$	2,21 $\pm 0,24$	2,02 $\pm 0,12$	2,25 $\pm 0,07$
p=	0,0005	0,1465	0,2525	0,4754

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

La Tabla 5 nos informa que no existen diferencias significativas en la conversión alimenticia entre el tratamiento control y los tratamientos incorporados con hidrolizados proteicos Activium® en el período 1 a 14 días de edad. Existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos Activium® EP 138, EP 120 y EP MX, donde el tratamiento EP 138 presenta la conversión alimenticia más eficiente, debido a que las aves de ese tratamiento poseen el peso vivo más alto y tuvieron el menor consumo de alimento del período. Por el contrario, los tratamientos EP 120 y EP MX presentan la conversión de alimento menos eficiente del período, concordante con sus más elevados consumos de alimento.

En el período siguiente 1 a 21 días ya no figuran diferencias significativas en la conversión alimenticia entre ninguno de los tratamientos ($p > 0,05$), y esto se mantiene igual para los períodos siguientes 1 a 35 y 1 a 42 días de edad. Sin embargo, se puede observar que a lo largo de todo el período experimental hay una constante tendencia a mayor eficiencia en la conversión de alimento en las aves que recibieron el tratamiento Activium® EP 138, logrando los menores valores numéricos de conversión, y a su vez, una tendencia a menor eficiencia alimenticia en las aves que fueron alimentadas con el tratamiento EP MX, obteniendo los valores mayores.

Los resultados obtenidos de este indicador concuerdan con lo que expone Leeson (2000), al determinar en una serie de factores los influyentes en la conversión alimenticia de los pollos broiler. Así, factores como la edad, sexo, condición sanitaria y/o temperatura ambiental influyen directamente en la capacidad de consumo del ave, modificando finalmente su habilidad de convertir el alimento ingerido en peso vivo. Todos estos factores que enumera el autor se mantuvieron uniformes a lo largo del período experimental, por lo que no afectaron la conversión alimenticia de los distintos tratamientos en el estudio. Sin embargo, los resultados de la Tabla 5 se contraponen a lo propuesto por Profish S.A. (2007), quienes informan que la incorporación de hidrolizados con alto nivel de hidrólisis muestra conversiones alimenticias superiores a controles comerciales.

Como complemento, los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con las memorias realizadas por Henríquez, Céspedes y Loyola (2008) que también evaluaron hidrolizados proteicos de pescado en la dieta de pollos broiler sobre el indicador conversión alimenticia.

Tabla 6. Mortalidad (%) en los períodos 1-14, 15-21, 22-35 y 36-42 días de edad.

Tratamiento	Mortalidad (%)			
	1 – 14 días	15 – 21 días	22 – 35 días	36 – 42 días
Control Maíz-Soya	6,66	0	2,43	0
Activium® EP 120	5,83	0	2,40	0
Activium® EP 127	0,83	3,37	0	0
Activium® EP 138	2,5	0	2,29	0
Activium® EP S	0,83	1,12	2,27	2,32
Activium® EP MX	7,5	3,70	0	0

Como se desprende de la Tabla 6, la mortalidad de este estudio fue más alta que lo esperado para la línea genética utilizada en un manejo productivo comercial. El período productivo con un mayor porcentaje de mortalidad por tratamientos es durante los primeros 14 días de edad de las aves.

A lo largo de todo el período experimental, en el tratamiento incorporado con el hidrolizado Activium® EP 127 se generó la menor mortalidad, por el contrario, en el tratamiento que incorpora hidrolizado Activium® EP MX, se obtuvo el mayor porcentaje de aves muertas. En total en el estudio murieron 46 aves.

Todos los pollos que murieron durante el ensayo fueron enviados al Laboratorio de Patología Aviar de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile para realizarles necropsia. Durante el primer período (1-14 días), las causas aparentes de muerte fueron cuadros asociados a onfalitis y/o infección del saco vitelino y principalmente un cuadro séptico de posible origen clostridial, que ocasionó el importante número de pollos muertos del período. Posteriormente, en los períodos siguientes se evidencia como causales de muerte a la retención de saco vitelino, síndrome de muerte súbita y ascitis, las últimas asociadas a la muy elevada tasa de crecimiento que ha logrado el pollo broiler producto de la selección genética, la que en cierto modo no hace compatible la capacidad fisiológica de oxigenación de la gran masa corporal generada.

Tabla 7. Índice de eficiencia productiva (IEP) de los distintos tratamientos al término del estudio (promedios \pm desviación estándar).

Tratamiento	IEP
Control Maíz-Soya	373,38 \pm 29,86
Activium[®] EP 120	371,09 \pm 23,60
Activium[®] EP 127	376,89 \pm 33,69
Activium[®] EP 138	386,01 \pm 14,60
Activium[®] EP S	371,09 \pm 18,65
Activium[®] EP MX	364,77 \pm 32,03
p=	0,8661

El índice de eficiencia productiva (IEP) constituye un indicador utilizado en la industria avícola nacional como un método de comparación entre parvadas o planteles comerciales, al permitir evaluar el rendimiento integral de grupos experimentales. Mientras más alto es su valor, mejor se considera el rendimiento técnico (Aviagen, 2002). Ortiz *et al.* (1997), citados por Rebollar (2002), consideran un valor superior a 200 como aceptable y dentro de los rangos esperados, y excelente si es superior a 230. Otros autores consideran un valor adecuado cuando este es mayor a 300.

Como se observa en la Tabla 7, todos los tratamientos obtuvieron un valor de IEP adecuado superior a 300, sin diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$), lo que permite establecer que todos los tratamientos usados en este estudio son eficientes productivamente. El mayor valor numérico corresponde al tratamiento incorporado con el hidrolizado Activium[®] EP 138, que es más de 20 puntos superior al tratamiento que incorpora Activium[®] EP MX, que resulta el tratamiento con menor valor de IEP. Estos resultados son expresión de las tendencias expuestas en las Tablas anteriores, por cuanto este indicador incorpora en su cálculo valores de viabilidad, ganancia de peso y conversión alimenticia en los cuales los tratamientos con mejor IEP ya han destacado.

2. Indicadores económicos

En las dos Tablas siguientes (Tablas 8 y 9), se desglosan los componentes que forman parte del cálculo del margen bruto de los distintos tratamientos del estudio (Tabla 10).

Tabla 8. Ingresos económicos (\$) por venta del producto final, calculado al término del estudio.

Tratamiento	Kg. de pollo obtenido	Precio de venta (\$)	Ingresos (\$)
Control Maíz-Soya	238,16	802	191.004,32
Activium® EP 120	240,54	802	192.913,08
Activium® EP 127	248,22	802	199.072,44
Activium® EP 138	247,12	802	198.190,24
Activium® EP S	240,92	802	193.217,84
Activium® EP MX	232,54	802	186.497,08

Tabla 9. Egresos económicos (\$) por costos de alimentación en los diferentes períodos productivos, calculado al término del estudio.

Tratamiento	Costos de alimentación (\$)¹				Egresos (\$)
	Preinicio	Inicio	Intermedio	Final	
Control Maíz-Soya	12.627,5	17.163,2	30.919,8	25.888,9	86.599,60
Activium® EP 120	14.684,5	17.590,4	33.598,6	27.143,5	93.017,05
Activium® EP 127	14.681,9	17.520,0	35.026,1	26.283,9	93.512,12
Activium® EP 138	13.817,7	17.227,2	34.916,8	25.317,8	91.279,66
Activium® EP S	14.076,2	18.294,4	34.007,8	25.224,5	91.603,07
Activium® EP MX	14.776,4	17.393,6	32.749,9	24.612,7	89.523,76

¹ Calculado al multiplicar los Kg. de alimento totales consumidos por las aves en cada tratamiento por el precio del Kg. de ese alimento en el período respectivo.

Tabla 10. Margen bruto para cada tratamiento (\$), calculado al término del estudio (promedios \pm desviación estándar).

Tratamiento	Ingresos (\$)	Egresos (\$)	Margen bruto (\$)
Control Maíz-Soya	191.004,32	86.599,60	104.404,71 \pm 1.840
Activium® EP 120	192.913,08	93.017,05	99.896,02 \pm 1.995
Activium® EP 127	199.072,44	93.512,12	105.560,31 \pm 1.518
Activium® EP 138	198.190,24	91.279,66	106.910,57 \pm 1.051
Activium® EP S	193.217,84	91.603,07	101.614,76 \pm 1.664
Activium® EP MX	186.497,08	89.523,76	96.964,31 \pm 2.232
p=			0,4882

Se entiende el margen bruto de los distintos tratamientos (MBi) como la diferencia económica que se obtiene de los ingresos generados por la venta del producto final (pollo broiler de 42 días de edad) y los egresos establecidos en los costos de alimentación de los distintos períodos productivos del estudio, basado en lo expuesto por autores como Behnke y Beyer (2002) sobre la mayoritaria significancia de los costos de alimentación en la producción de pollo broiler.

No se apreciaron diferencias significativas ($p > 0,05$) para este indicador entre los distintos tratamientos del estudio. El tratamiento incorporado con el hidrolizado Activium® EP 138 obtuvo la mejor cifra numérica de Margen bruto con una diferencia de \$350 sobre el tratamiento Activium® EP 127. Este resultado favorable del tratamiento Activium® EP 138 se debe a que finalizado el estudio logra una de las mayores cantidades de kilogramos de pollo para venta y, conjuntamente, uno de los menores costos de alimentación dentro de los tratamientos que incorporan hidrolizados proteicos de pescado en su formulación. Cabe destacar que este tratamiento supera incluso al tratamiento control maíz-soya, que no incorpora hidrolizados Activium® y obtiene el menor gasto por concepto de alimentación del estudio.

Tabla 11. Costo alimentario de la ganancia de peso (CAGP) de los distintos tratamientos (\$), calculado al término del estudio (promedios \pm desviación estándar).

Tratamiento	CAGP (\$)
Control Maíz-Soya	289,49 \pm 14,36
Activium® EP 120	294,68 \pm 13,78
Activium® EP 127	285,71 \pm 11,92
Activium® EP 138	280,61 \pm 4,54
Activium® EP S	283,33 \pm 8,80
Activium® EP MX	297,84 \pm 19,12
p=	0,2829

En la Tabla 11 se informan los valores del costo alimentario de la ganancia de peso para los distintos tratamientos del estudio. No se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos en este indicador ($p > 0,05$), lo que significa que todos los tratamientos tienen costos similares (\$) para generar un kilogramo de pollo vivo.

El tratamiento con incorporación del hidrolizado Activium® EP 138 presentó una tendencia al menor CAGP, necesitando \$280 para engordar un kilogramo de carne de ave, seguido por el tratamiento Activium® EP S con \$283. El mayor costo lo obtuvo el tratamiento Activium® EP MX con \$297, alrededor de \$17 más que el tratamiento de menor CAGP.

Estos resultados se basan principalmente en los valores obtenidos por los tratamientos en el indicador conversión alimenticia (Tabla 5), que se pondera por el precio del kilogramo de dieta para el cálculo del CAGP. Así, el tratamiento EP 138 que obtuvo la conversión alimenticia más eficiente, obtiene también el CAGP más bajo; por el contrario, el tratamiento EP MX que obtuvo la conversión alimenticia menos eficiente del período, lo refleja en el más alto CAGP. El tratamiento control maíz-soya ocupa una posición intermedia en el CAGP, a pesar de poseer el menor costo por concepto de alimentación del estudio (Tabla 9), ya que posee un consumo de alimento mayor

al del tratamiento EP 138 (Tabla 4), lo que finalmente recae en una conversión alimenticia menos eficiente por parte de este tratamiento en comparación al que obtiene el mejor CAGP del estudio. Por su parte, el tratamiento EP MX posee además de lo mencionado anteriormente, el valor más alto de la dieta preinicio del estudio, ya que incorpora porcentualmente más hidrolizados proteicos de pescado (1,8% versus 1,6% del resto de los tratamientos Activium[®]), lo que constituye otra razón que explica el más alto CAGP de este estudio.

3. Comentarios generales

En este estudio no se evidenciaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en algún período del estudio o en la totalidad de éste en el indicador peso vivo individual, entre el tratamiento control y aquellos que incorporaron hidrolizados proteicos de pescado (Tabla 3). Esto difiere de lo ocurrido en memorias anteriores como las de Henríquez (2008) y Loyola (2008), quienes determinaron efectos beneficiosos significativos ($p \leq 0,05$) en al menos un período del ciclo productivo a favor de los tratamientos con hidrolizados. Cabe destacar los elevados pesos vivos alcanzados por los pollos al final del estudio (2,93 Kg. en promedio). Estos valores superan en alrededor de medio kilo los pesos promedio logrados por la industria comercial.

Se obtuvieron para la totalidad del estudio valores del indicador conversión alimenticia menos eficiente que el estándar de la industria comercial avícola, que fluctúa en valores de 1,8 a 1,9 (Tabla 5). Estos valores mayores que se obtuvieron pueden deberse a lo expuesto anteriormente sobre el elevado peso vivo que lograron las aves del estudio a la edad de faenamiento, lo que se alcanza con un alto consumo de alimento durante los días experimentales, en promedio 6,46 Kg. (Tabla 4).

Es importante destacar al tratamiento con incorporación del hidrolizado Activium[®] EP 138, con el cual se obtuvo al término del período preinicio el más alto peso vivo, el menor consumo de alimento y la más eficiente conversión de alimento por sobre otros tratamientos con incorporación de hidrolizados, con diferencia significativa ($p \leq 0,05$). Aunque ésta significancia se pierde hacia las etapas finales del estudio, siempre mantuvo una tendencia numérica favorable en los indicadores

anteriormente señalados. Además, este tratamiento obtuvo el más alto índice de eficiencia productiva al término del estudio. Por el contrario, el tratamiento con incorporación del hidrolizado Activium® EP MX manifestó el mayor consumo de alimento y la conversión alimenticia menos eficiente a lo largo de todo el período experimental, además de presentar el más bajo índice de eficiencia productiva.

Al analizar los resultados de los indicadores económicos medidos en este estudio, si bien no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos ($p > 0,05$), la tendencia señalada para los tratamientos anteriores se mantuvo en estos indicadores también. Para el margen bruto, todos los tratamientos alcanzan valores bastante similares; y en el indicador costo alimentario de la ganancia de peso, nuevamente el tratamiento Activium® EP 138 obtiene el mejor valor y el tratamiento Activium® EP MX el peor. Es decir, se aprecian con estos resultados analizados de manera conjunta evidentes diferencias en los rendimientos de los tratamientos incorporados con distintos hidrolizados proteicos de pescado Activium®.

Finalmente, la elevada mortalidad que se produjo en el experimento, por sobre lo apreciado en estudios anteriores en la misma unidad experimental y lo esperado para un proceso productivo de pollos broiler, se explica por el cuadro de aparente origen clostridial que afectó a la parvada.

VII. CONCLUSIONES

- En este estudio, la incorporación de hidrolizados proteicos de pescado (Activium[®]) en la dieta de preinicio de pollos broiler no genera una mejora significativa ($p>0,05$) al compararlo con una dieta maíz-soya como la utilizada de manera tradicional por la industria avícola, en los indicadores productivos de las aves peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia e índice de eficiencia productiva, durante y/o al término de un ciclo completo de producción.
- La rentabilidad del proceso productivo no se ve afectada ni mejorada por la incorporación de estos hidrolizados de pescado en la dieta, ya que no se evidenciaron diferencias significativas ($p>0,05$) en los indicadores económicos margen bruto y costo alimentario de la ganancia de peso medidos en este estudio.
- El tratamiento con incorporación del hidrolizado Activium[®] EP 138 obtuvo los mejores resultados en la mayoría de los indicadores medidos, durante algún período y/o en el total del estudio. Es por esto recomendable que se sigan investigando sus efectos positivos en futuros ensayos, o que se incorporen nuevos productos a evaluar con niveles de hidrólisis similares a este tratamiento.
- Se rechaza la hipótesis planteada, ya que no se genera una optimización de indicadores productivos y económicos con el uso de hidrolizados proteicos de pescado (Activium[®]) al término de un ciclo productivo comercial completo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- **AOAC.** 2002. Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL. Arlington, Virgilia, USA. The William Byrd. 2200p.

- **ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES AVÍCOLAS DE CHILE A. G. (APA).** 2008. Descripción sector avícola. [en línea]. <http://www.apa.cl/index/plantilla1.asp?id_seccion=2&id_subsecciones=8> [consulta: 25-03-2008]

- **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)> [consulta: 24-03-2009]

- **AVIAGEN.** 2009. Ross 308 broiler nutrition specification. [en línea]. <<http://www.aviagen.com/docs/Ross%20308%20Broiler%20Nutrition%20Spec.pdf>> [consulta: 09-03-2009]

- **BATAL, A.; PARSONS, C.** 2002. Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. Poul. Sci. 81: 400-407.

- **BEHNKE, K.; BEYER, S.** 2002. Effect of feed processing on broiler performance. VIII Seminario Internacional de Patología y Producción Avícola. Santiago, Chile. [en línea]. <<http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/VIIIpatologia/INICIO.htm>> [consulta: 10-10-2008]

- **BROZ, J.; WARD, N.** 2007. The role of vitamins and feed enzymes in combating metabolic challenges and disorders. [en línea]. J. Appl. Poul. Res. 16: 150-159. <<http://japr.fass.org/cgi/content/full/16/1/150?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFOR MAT=&fulltext=young+broiler+feed+and+nutrition+importance&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>> [consulta: 25-03-2008]

- **CÉSPED, R.** 2008. Efectos de la incorporación de hidrolizados proteicos de pescado en dieta de preinicio de pollos broiler machos. Indicadores productivos y de canal. Tesis (Médico Veterinario). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 38p.

- **DURAND, P.; LAGOIN, Y.** 1983. Valorisation des sous-produits de la pêche. Bulletin. Institut Pêches Miritimes. 330: 5-19.

- **ENGORMIX.** 2008. Uso de un alimento de recepción: cambios en el aparato digestivo de pollo de engorda durante la primera semana de vida. [en línea]. <http://www.engormix.com/s_searcher.asp> [consulta: 20-08-2008]

- **FAO.** 2008. Perspectivas alimentarias – junio de 2008. [en línea]. <<http://www.fao.org/docrep/011/ai466s/ai466s08.htm#37>> [consulta: 10-10-2008]

- **FURLAN, E.; OETTERER, M.** 2002. Hidrolizado protéico de pescado. Revista de Ciência & Tecnologia. 10 (19): 79-89.

- **GOLDHOR, S.; REGENSTEIN, J.** 1988. U.S. fishery byproducts: a selective update and review. Feedstuffs. 60(6): 14-16.

- **GONZÁLEZ, J.** 2000. Influencia de algunas características de composición de ingredientes alimenticios en la productividad del broiler. XI Congreso Nacional de Medicina Veterinaria. Santiago, Chile. [en línea]. <<http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/congresoxti/>> [consulta: 19-12-2008]

- **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. Tesis (Médico Veterinario). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 111p.

- **INFOSTAT.** 2004. InfoStat versión 2004. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- **ISHIBASHI, T.; YONEMOCHI, C.** 2002. Possibility of amino acid nutrition in broiler. [en línea]. Anim. Sci. J. 73 (3): 155-165. <<http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1046/j.1344-3941.2002.00023.x>> [consulta: 25-03-2008]

- **KEMP, C.; KENNY, M.** 2003. Feeding the modern broiler for more. International Hatchery Practice. 17 (7): p11-13.

- **KIDD, M.; TAYLOR, J.; PAGE, C.; LOTT, B.; CHAMBLEE, T.** 2007. Hatchery feeding of starter diets to broiler chicks. [en línea]. J. Appl. Poult. Res. 16: 234-239. <<http://japr.fass.org/cgi/content/full/16/2/234?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFOR=MAT=&fulltext=young+broiler+feed+and+nutrition+importance&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>> [consulta: 25-03-2008]

- **KITTS, D.; WEILER, K.** 2003. Bioactive proteins and peptides from food sources. Applications of bioprocesses used in isolation and recovery. Curr. Pharm. Des. 9 (16): 1309-1323.

- **KLASING, K.** 1998. Comparative Avian Nutrition. New York, USA. Cab International. 350p.

- **KOHAMA, Y.; MATSUMOTO, S.; OKA, H.; TERAMOTO, T.; OKABE, M.; MIMURA, T.** 1988. Isolation of angiotensin-converting enzyme inhibitor from tuna muscle. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 155 (1): 332-337.

- **KRISTINSSON, H.; RASCO, B.** 2000. Fish protein hydrolysates: production, biochemical and functional properties. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 40: 43-81.

- **LEESON, S.** 2000. Is feed efficiency still a useful measure of broiler performance? [en línea]. <<http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/poultry/facts/efficiency.htm>> [consulta: 17-03-2009].

- **LONGO, F.; MENTEN, J.; PEDROSO, A.; FIGUEIREDO, A.; RACANICCI, A.; SORBARA, J.** 2007. Performance and carcass composition of broilers fed different carbohydrate and protein sources in the prestarter phase. [en línea]. *J. Appl. Poult. Res.* 16: 171-177. <<http://japr.fass.org/cgi/content/full/16/2/171?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&author1=longo&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HW CIT>> [consulta: 26-03-2008]

- **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. Tesis (Médico Veterinario). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 51p.

- **MAIORKA, A.; SANTIN, E.; DAHLKE, F.; BOLELI, I.; FURLAN, L.; MACARI, M.** 2003. Posthatching water and feed deprivation affect the gastrointestinal tract and intestinal mucosa development of broiler chicks. [en línea]. *J. Appl. Poult. Res.* 12: 483-492. <<http://japr.fass.org/cgi/reprint/12/4/483?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=Posthatching+water+and+feed+deprivation+affect+the+gastrointestinal+tract+and+>

in&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT> [consulta: 23-10-2008]

- **MARTÍNEZ, O.; MARTÍNEZ, E.** 2006. Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutr. Hosp.* 21 (2): 1-14.
- **NITSAN, Z.; BEN-AVRAHAM, G.; ZOREF, Z.; NIR, I.** 1991. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. *Br. Poult. Sci.* 32: 515-523.
- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 1995. Digestion and absorption in the young chick. *Poult. Sci.* 74: 366-373.
- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 1997. Posthatch development in poultry. *J. Appl. Poult. Res.* 6: 344-354.
- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 1998. Metabolic responses to early nutrition. *J. Appl. Poult. Res.* 7: 437-451.
- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 1999. Different types of early feeding and performance in chicks and poults. *J. Appl. Poult. Res.* 8: 16-24.
- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 2000. Decreasing weight loss in the hatchery by feeding chicks and poults in hatching trays. *J. Appl. Poult. Res.* 9: 142-148.
- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 2002. Nutrient use in chicks during the first week posthatch. *Poult. Sci.* 81: 391-399.

- **PICARD, M.; SIEGEL, P.; LETERRIER, C.; GERAERT, P.** 1999. Diluted starter diet, growth performance, and digestive tract development in fast- and slow-growing broilers. [en línea]. J. Appl. Poult. Res. 8: 122-131. <<http://japr.fass.org/cgi/content/abstract/8/1/122?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=young+broiler+feed+and+nutrition+importance&searchid=1&FIRSTINDEX=10&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>> [consulta: 26-03-2008]

- **PROFISH S.A.** 2007. Proyecto “Desarrollo de *Activium*[®], péptidos bioactivos para nutrición animal de alta eficiencia”. Santiago, Chile. Profish. 21p.

- **QUENTIN, M.; BOUVAREL, I.; PICARD, M.** 2005. Effects of the starter diet, light intensity, and essential amino acids level on growth and carcass composition of broilers. [en línea]. J. Appl. Poult. Res. 14: 69-76. <<http://japr.fass.org/cgi/content/abstract/14/1/69?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=young+broiler+feed+and+nutrition+importance&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>> [consulta: 25-03-2008]

- **REBOLLAR, M.** 2002. Evaluación de indicadores productivos en pollos de engorda al incluir maíz y pasta de soya extraídos y malta de cebada. Tesis (Maestría en Ciencias Pecuarias). Colima, México. Universidad de Colima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 134p.

- **RUTHERFURD-MARKWICK, K.; MOUGHAN, P.** 2005. Bioactive peptides derived from food. J. AOAC Int. 88: 955-963.

- **SELL, J.** 1996. Physiological limitations and potential for improvement in gastrointestinal tract function of poultry. [en línea]. J. Appl. Poult. Res. 5: 96-101. <<http://japr.fass.org/cgi/reprint/5/1/96?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&>

ulltext=limitations+and+potential+for+improvement+in+gastrointestinal+tract+function+of+&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT> [consulta: 21-10-2008]

- **SOKAL, R.; ROHLF, F.** 1981. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. New York, USA. Freeman&Company. 859p.

- **WADE, A.; TUCKER, H.** 1998. Antioxidant characteristics of L-histidine. J. Nutr. Biochem. 9: 308-315.