



UNIVERSIDAD DE CHILE



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

“DISTINTOS NIVELES DE INCORPORACIÓN DE
HIDROLIZADOS PROTEICOS DE PESCADO EN LA DIETA
DE PREINICIO DE POLLOS BROILER: EFECTOS SOBRE
RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS Y ECONÓMICOS”

PAULINA LOYOLA BUSTOS

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

PROFESOR GUÍA: Dr. SERGIO CORNEJO VALDIVIESO

SANTIAGO, CHILE
2008



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



“DISTINTOS NIVELES DE INCORPORACIÓN DE HIDROLIZADOS PROTEICOS DE PESCADO EN LA DIETA DE PREINICIO DE POLLOS BROILER: EFECTOS SOBRE RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS Y ECONÓMICOS”

PAULINA LOYOLA BUSTOS

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

NOTA FINAL:

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

SANTIAGO, CHILE
2008

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento del proyecto INNOVA BIO-BIO (CORFO empresa) N° 06-IE-S1-8 2007.

RESUMEN

Peso vivo, consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y mortalidad fueron determinados en 630 pollos broiler alimentados durante etapa de preinicio con hidrolizados proteicos de pescado ("Activium®") en distintos niveles de incorporación. El experimento consta de 6 tratamientos distintos, dos dietas controles (dieta maíz-soya y dieta con "BIOCP®") y cuatro dietas con ("Activium®"): Activium A 1,5%, Activium A 3%, Activium A 5% y Activium B 1,4%.

Las mediciones fueron realizadas a los 1, 14, 22, 36 y 42 días de edad. Además, al final del ciclo productivo se calculó Índice de Eficiencia Productiva (IEP), Costo Alimentario de la Ganancia de Peso (CAGP) y Margen Bruto (MB).

Al día 1 no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) ya que se realizó una estandarización de pesos de los pollos antes de iniciar el ensayo.

Al día 14, se encontró que el tratamiento Activium A 3% y Activium B 1,4% no presentaron diferencias estadísticas entre sí ($p > 0,05$) pero ambos obtuvieron un peso vivo estadísticamente mayor ($p \leq 0,05$) que el control maíz-soya.

Al día 22, el tratamiento Activium A 3% permanece mostrando un mayor peso vivo que el control maíz-soya. Además, logra un peso significativamente mayor ($p \leq 0,05$) que el tratamiento Activium A 5%.

Hacia el día 37, el ANDEVA indica diferencias significativas ($p \leq 0,05$) sin embargo la prueba de Tukey no fue capaz de detectarlas.

En el día 42, el consumo acumulado del período 1-42 días indica que los tratamientos Activium A 3% y Activium B 1,4% presentaron un consumo significativamente mayor ($p \leq 0,05$) al control maíz-soya.

El IEP resultó adecuado para todos los tratamientos, no encontrándose diferencias estadísticas entre ellos ($p \leq 0,05$).

En cuanto a la magnitud de los valores, el tratamiento Activium A 5% presentó el IEP más alto. El IEP más bajo lo obtuvo el tratamiento Activium A 1,5%.

En relación a los indicadores económicos, el análisis estadístico del MB y del CAGP no arrojó diferencias significativas entre los distintos tratamientos ($p \leq 0,05$).

Si se comparan numéricamente los resultados, estos muestran que el control maíz-soya presentó el mejor MB de los tratamientos y el tratamiento Activium A 3% presentó el MB más bajo.

El CAGP más bajo fue el de la dieta control maíz soya, mientras que el más alto fue el del tratamiento Activium A 5%.

SUMMARY

Body weight (BW), feed intake (FI), weight gain (WG), feed efficiency (FE) and mortality were determined in broiler chicken fed in their pre-starter diet with fish protein hydrolysates ("*Activium*[®]") at different incorporation levels. The experiment consists in 6 different treatments, two control diets (corn-soybean diet and "*BIOCP*[®]" diet) and four "*Activium*[®]" diets: Activium A 1,5%, Activium A 3%, Activium A 5% and Activium B 1,4%.

The measurements were made at 1, 14, 22, 36 y 42 days old. Furthermore, at the end of the experiment, Productive Efficiency Index (PEI), Alimentary Cost of Weight Gain (ACWG) and Gross Margin (GM) were calculated.

At day 1, no statistical differences were found ($p>0,05$). Because the chicks' BW was standardized before the study started.

At day 14, Activium A 3% and Activium B 1,4% treatments did not show statistical differences between themselves ($p>0,05$), but both treatments obtained a greater BW ($p\leq 0,05$) than corn-soybean control diet.

At day 22, the Activium A 3% treatment remained showing major BW than corn-soybean control. Besides, it achieved heavier chickens than the Activium A 5% treatment ($p\leq 0,05$).

At day 37, the ANDEVA indicated statistical differences, nevertheless the Tukey test was not able to detect them.

At day 42, the cumulative feed intake of the 1-42 days period, suggested that Activium A 3% y Activium B 1,4% obtained significant greater feed intake ($p\leq 0,05$) than the corn-soybean control diet.

The PEI was suitable for the experiment, because it was over 300 for all treatments, and they did not show statistical differences between themselves ($p>0,05$). The analysis of the magnitude values show that the Activium A 5% was the highest PEI and the Activium A 1,5% treatment obtained the worst PEI.

In relation to the economical indexes, the GM and ACWG statistical analysis did not show significant differences between the treatments ($p>0,05$).

If we compare numerically the results, the corn-soybean control diet was the best GM of treatments, and the Activium A 3% obtained the worst GM.

The lowest ACWG was the corn-soybean control diet, while the highest ACWG was the Activium A 5% treatment.

ÍNDICE	Pág.
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Situación mundial y nacional de la industria de carne de ave	2
2.2. Desarrollo Gastrointestinal del pollito	3
2.3. Nutrición del pollito en la primera semana de vida	
2.4. Digestión y absorción proteica	6
2.4.1. Absorción de péptidos y aminoácidos	7
2.4.2. Transporte de péptidos y aminoácidos	8
2.5. Alimentación de pollos broiler: dieta de preinicio	9
2.6. Hidrolizados proteicos de pescado	10
2.6.1. Introducción	10
2.6.2. Historia de los hidrolizados proteicos de pescado	11
2.6.3. Ventajas y Desventajas de los hidrolizados proteicos de pescado	11
2.6.4. Hidrólisis de proteínas	12
2.6.4.1. Tipos de hidrólisis	12
2.6.4.1.1. Hidrólisis Enzimática	13
a) Materia prima	14
b) Condiciones de la hidrólisis	14
c) Especificidad de la enzima	14
2.7. Solubilidad de la proteína	15
2.8. Hidrolizados proteicos de pescado: BIOCP® y Activium®	17
2.9. Péptidos Bioactivos	18
3.- HIPÓTESIS	19

4.- OBJETIVOS	19
4.1. General	19
4.2 Específicos	19
5.- MATERIALES Y MÉTODOS	20
5.1. Indicadores Productivos	24
5.2. Indicadores Económicos	24
5.3. Análisis de las dietas	26
5.4. Análisis Estadístico	27
6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
6.1. Indicadores Productivos	28
6.2. Indicadores Económicos	38
6.3. Análisis final y global de los resultados obtenidos	42
7.- CONCLUSIONES	44
8.- BIBLIOGRAFÍA	45

1. INTRODUCCIÓN

La industria avícola ha tenido un crecimiento sorprendente en las últimas dos décadas. La disponibilidad de carne de ave para consumo interno ha crecido sobre un 200% en el período, alcanzando casi 34 kg. per. cápita al año durante 2006 y convirtiéndose en la principal fuente de proteína animal en el mercado doméstico. El principal producto del sector avícola de carne en el año 2006 fue el pollo broiler, con 517 mil toneladas y el 84% del total, seguido por la carne de pavo, con 14,5% de participación (ODEPA, 2007).

Este crecimiento se debe fundamentalmente a que 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 (SAG, 2006). Además el sector ha mantenido una fuerte campaña de publicidad, haciendo énfasis en la condición de saludable del producto. Recientemente, están diversificando la presentación hacia las características de fácil y rápida preparación (ODEPA, 2007).

Entre los costos de producción, se estima que un rango de 60 a 70% corresponde a costos de alimentación. Ciertamente, la mayor proporción de costos de alimentación depende de los ingredientes usados. No obstante, el costo de procesar los alimentos representa una porción significativa de los costos de alimentación y probablemente da la gran oportunidad de influenciar el rendimiento del pollo broiler más allá de la adecuación nutricional (Behnke y Beyer, 2000).

Desde la década del 90, la alimentación del pollo recién nacido suscita un interés creciente ya que influye a largo plazo sobre los resultados de los pollos broiler (Bigot *et. al*, 2001).

En el período cerca de la eclosión y posteclosión, cambios dramáticos ocurren en el tamaño intestinal y su morfología (Noy y Sklan, 1998).

Los estudios sobre requerimientos nutricionales para la fase preinicial indican valores diferentes a los observados para las fases inicial, de crecimiento y final. En los primeros días de vida, debido a las características anatomofisiológicas del aparato digestivo que generan dificultades para digerir y absorber ciertos nutrientes, a el crecimiento acelerado y a la gran dificultad de termorregulación, se justifica el uso de una dieta específica en esta fase (Stringhini *et al.*, 2006).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Situación mundial y nacional de la industria de carne de ave

La producción mundial de carne de ave (broiler) ha crecido a una tasa media de 3% anual durante los últimos cuatro años (ODEPA, 2007a).

Aunque las perspectivas se presentan favorables para la mayor parte de las carnes, se prevé que el sector avícola represente el 59 por ciento del aumento total, beneficiándose principalmente de la supresión de las restricciones comerciales relacionadas con la gripe aviar (FAO, 2007a).

Al recuperarse el consumo y los precios de la carne de ave, después de los brotes de gripe aviar, que en 2006 deprimieron el crecimiento de la producción a su nivel más bajo en dos decenios, se prevé que la producción avícola mundial aumente más de 2 millones de toneladas en 2007, situándose en 86 millones de toneladas. El crecimiento se concentra mayormente en los países en desarrollo, que representarán casi tres cuartas partes del aumento mundial (FAO, 2007b).

Respecto al consumo en el mercado interno, éste continuará creciendo mientras su precio relativo a la carne bovina sea más bajo (ODEPA, 2007b).

Este crecimiento se debe principalmente a que el mercado chileno ha tenido un crecimiento explosivo de la mano de su industria y un proyecto de desarrollo país compartido por todos los sectores. Esto ha traído como consecuencia un alto crecimiento de la demanda agregada como resultado del desarrollo del país. El consumo de carnes ha tenido una evolución que ha estado fuertemente influenciada por la evolución del PIB (SAG, 2006).

2.2. Desarrollo Gastrointestinal del pollito

Los manejos a la eclosión y el transporte de los pollos al plantel implican un período largo. Así, muchas aves son mantenidas 48 horas o más sin acceso a alimento o agua. Estudios indican que el acceso temprano a nutrientes produce un aumento inicial en el peso corporal. Aunque este aumento decrece con la edad, es generalmente mantenido hasta el peso de mercado (Noy y Sklan, 1998). Este incremento en el peso corporal debido al acceso temprano a alimento se vuelve más pronunciado después de los 7 a 10 días y mantenidos en los pollos hasta la venta (Noy y Sklan, 1997). Al faenamiento, todas las aves con acceso temprano a nutrientes fueron 8-10% más pesadas que las mantenidas sin agua o alimento (Noy y Sklan, 1998).

La contribución de alimento lo más pronto posible es entonces esencial con el fin de minimizar la pérdida de peso posteclosión del pollito debida al déficit energético (Bigot *et al.*, 2001).

El peso vivo del pollo se dobla durante los cinco primeros días de la vida. La velocidad de crecimiento de los pollos expresada proporcionalmente al peso vivo alcanza su máximo entre 3 y 5 días de edad (Bigot *et al.*, 2001).

Algunos factores influyen el crecimiento en el período posteclosión, como la cantidad de residuos del saco del vitelino, la ingestión de alimento y agua, los niveles de enzimas pancreáticas e intestinales, el área de la superficie intestinal y la digestibilidad global de los alimentos (Stringhini *et al.*, 2006). En la actualidad, el broiler ha sido seleccionado para rápido crecimiento lo que ha influenciado considerablemente la tasa de desarrollo intestinal (Geyra *et al.*, 2001).

El sistema gastrointestinal del pollito es anatómicamente completo en el desarrollo embrionario, mientras que funcionalmente madura hasta alcanzar el máximo a las pocas semanas después de la eclosión (Sulistiyanto *et al.*, 1999).

El crecimiento alométrico del intestino delgado, páncreas e hígado alcanza el máximo entre los 7 y 10 días posteclosión (Sulistiyanto *et al.*, 1999). El tamaño relativo máximo de los órganos digestivos fue reportado entre los 3 y 8 días de edad. (Noy y Sklan, 1997). En este período, el intestino incrementa en peso más rápido que la masa del cuerpo como un todo (Noy y Sklan, 1998). Siguiendo el crecimiento inicial, el tamaño relativo del intestino decrece lentamente con la edad (Noy y Sklan, 1997).

La examinación microscópica del intestino delgado a diferentes edades indicó que mientras el intestino aumenta en largo y diámetro hasta cerca de los 14 días, estos cambios son pequeños relativos al crecimiento de la mucosa (Noy y Sklan, 1997).

Cambios impresionantes ocurren en la morfología de la mucosa duodenal de pollitos cerca de la eclosión y posteclosión, que incluyen maduración de enterocitos, intensiva criptogénesis y crecimiento de las vellosidades (Geyra *et al.*, 2001).

La ontogenia de los enterocitos del pollito se puede dividir en 2 períodos: en el primero, 24 horas posteclosión, los enterocitos adquieren polaridad y una membrana del cepillo distinta. El segundo período involucra hipertrofia, que se expresa principalmente por el incremento en el largo de la célula (Geyra *et al.*, 2001).

Las vellosidades intestinales que juegan un rol crucial en la digestión y absorción están subdesarrolladas a la eclosión. El volumen de las vellosidades se agranda 3 a 5 veces en el intestino delgado cerca de la eclosión; el tamaño y complejidad de los pliegues de la mucosa intestinal se expande rápidamente (Noy y Sklan, 1997).

El crecimiento de las vellosidades es genéticamente dependiente pero es estimulado por la presencia de alimento externo hasta lograr la máxima capacidad aproximadamente a los 10 días después de la eclosión (Sulistiyanto *et al.*, 1999). En el duodeno el mayor incremento en el volumen de las vellosidades intestinales ocurre a los 4 días de edad o antes, y la tasa de crecimiento luego disminuye. En contraste, en el yeyuno e ileon el incremento en el volumen de las vellosidades fue mantenido hasta los 10 días de edad, después la tasa de crecimiento disminuye (Noy y Sklan, 1997).

Así, el crecimiento de las vellosidades duodenales está casi completo al día 7, mientras que el desarrollo de yeyuno e ileon continúa más allá del día 14 (Uni *et al.*, 1998).

2.3. Nutrición del pollito en la primera semana de vida

En el período inicial posteclosión, el ave joven debe hacer una transición de una dependencia metabólica del vitelo endógeno rico en lípidos a una alimentación exógena rica en proteínas y carbohidratos. Esta transición es un prerrequisito para un rápido crecimiento que involucra dramáticos cambios en el tracto gastrointestinal, incluyendo secreción de enzimas digestivas y el inicio del consumo de aminoácidos y hexosas (Noy y Sklan, 2000). Siguiendo la transferencia hacia el alimento exógeno, el desarrollo es principalmente influenciado por el tipo y cantidad de nutrientes disponibles (Noy y Sklan, 1997).

La captación de nutrientes dietéticos es dependiente de su digestión y absorción desde el tracto gastrointestinal. Cuando el consumo de alimento aumenta, pueden ser necesarios una actividad enzimática aumentada o un tiempo más largo de retención

del alimento para una mejor hidrólisis en el intestino delgado (Noy y Sklan, 1995). La disminución en la tasa de pasaje a través del duodeno es especialmente marcada y permaneció baja después de 10 días. Este es el mayor sitio de actividad de las enzimas digestivas y de captación de nutrientes para la absorción (Noy y Sklan, 1997).

Los cambios que ocurren con la edad son un pronto incremento del consumo de alimento posteclosión y disminución del tiempo de tránsito intestinal con suficiente actividad enzimática para la hidrólisis y captación de azúcares y lípidos; sin embargo la proteólisis es más limitante (Noy y Sklan, 1995). Es importante recalcar que la hidrólisis de las macromoléculas en el intestino delgado es lograda en gran medida por las enzimas pancreáticas (Noy y Sklan, 2000).

El incremento en el consumo de alimento con la edad es acompañado de rápido desarrollo del tracto gastrointestinal, especialmente en la primera semana posteclosión (Noy y Sklan, 1997). El incremento en el consumo de alimento también involucra incrementos concomitantes en secreciones biliares y pancreáticas resultando en digestión casi completa desde los 7 días de edad (Noy y Sklan, 1997). Estas secreciones pueden no ser suficientes a los 4 días de edad; especialmente para la digestión de nitrógeno. La secreción parece adecuada para la digestión después de los 10 días (Noy y Sklan, 1997).

El estudio de Noy y Sklan (1995) señala que en el día 4 posteclosión la digestión fue sobre el 85% para el almidón y los ácidos grasos y 78% para el nitrógeno con las dietas y los consumos observados. La digestión de nitrógeno en el ileon aumentó desde 78% a 80% en el día 4 y 7 a cerca de 90% en el día 21. Esto indica que puede que la proteólisis no sea suficiente en el período temprano posteclosión para hidrolizar proteínas endógenas y exógenas. Todo esto indica que hay un aumento en la secreción y actividad duodenal con la edad (Noy y Sklan, 1997).

Así, la absorción de glucosa y aminoácidos incrementa con la edad y con el desarrollo de condiciones hidrofílicas en el lumen intestinal (Noy y Sklan, 2002).

Es importante destacar que el consumo de alimento dispara un aumento en la secreción de tripsina y amilasa, que luego son secretadas en cantidades relativamente constantes por consumo de alimento mientras el animal crece (Noy y Sklan, 2000). Después de la secreción al duodeno, las actividades de todas las enzimas decrecen distalmente a lo largo del intestino delgado. Esta tendencia se vuelve mas pronunciada con el aumento de edad (Noy y Sklan, 1997).

Valores más altos de digestibilidad con la edad pueden ser explicados por el incremento en la actividad de las enzimas proteasas, por el desarrollo del tracto

gastrointestinal y por la absorción incrementada de aminoácidos. Los pollitos tienen una gran habilidad para absorber aminoácidos y para digerir proteínas fácilmente digestibles (Batal y Parsons, 2002).

2.4. Digestión y absorción proteica

La digestión y absorción de las proteínas ocurre proximalmente, como ha sido reportado también para los lípidos y los minerales (Sklan y Hurwitz, 1980).

La fase luminal de la digestión de las proteínas comienza en el estómago, donde actúan las enzimas gástricas y el HCl, que tiene propiedades hidrolíticas por sí mismo (Cunningham, 2003).

La solubilización de la proteína dietaria precede a su absorción en el intestino. La proteólisis ocurre en el estómago glandular bajo la acción de la pepsina y pH ácido; la pepsina puede hidrolizar diferentes sitios en la molécula proteica, y el grado de hidrólisis en el estómago depende del tiempo de exposición a la acción de ésta.

En el pasaje de lo digerido hacia el duodeno, una hidrólisis adicional ocurre a través de la acción de proteasas pancreáticas y peptidasas en condiciones cercanas a pH neutro (Sklan y Hurwitz, 1980).

La digestión de las proteínas se realiza por una variedad de enzimas durante la fase luminal. Las principales enzimas proteolíticas de la fase luminal de la digestión son las endopeptidasas, las cuales rompen las proteínas en puntos internos de las cadenas de aminoácidos y producen péptidos de cadena corta a partir de proteínas complejas (Cunningham, 2003).

El principal evento en la digestión intraluminal de las proteínas, es la división de polipéptidos por proteasas pancreáticas, como tripsina, quimiotripsina, elastasa y carboxypeptidasa (Pihlanto y Korhonen, 2003). Estas enzimas son afectadas por la composición de la dieta. Incrementando las concentraciones de proteína sobre los niveles dietarios usuales, se estimula la actividad de tripsina y quimiotripsina en el jugo pancreático y también de las peptidasas (Austic, 1985).

La fase luminal de la digestión de las proteínas se completa en el intestino delgado por la acción de las enzimas pancreáticas (Cunningham, 2003).

La fase membranosa de la digestión, se produce por la acción hidrolítica de las enzimas. La diferencia entre estas 2 fases es que las enzimas de la fase membranosa están unidas mediante enlaces químicos a la membrana superficial del intestino, por tanto, sus sustratos deben contactar con el epitelio para que se pueda hidrolizar.

La fase membranosa de la digestión de los péptidos se realiza por medio de las enzimas digestivas peptídicas, las peptidasas, que se encuentran en la superficie de la membrana de los enterocitos y se extienden al glucocáliz. Estas enzimas hidrolizan los péptidos resultantes de la fase luminal de la digestión y producen aminoácidos libres. Algunos péptidos de la cadena larga se digieren de forma incompleta quedando como dipéptidos y tripéptidos (Cunningham, 2003).

2.4.1. Absorción de péptidos y aminoácidos

La absorción de péptidos pequeños y aminoácidos ocurre por mecanismos activos y pasivos en el intestino delgado, y el mayor sitio de absorción es el intestino delgado proximal. En el duodeno, más del 50% del nitrógeno total ya ha sido absorbido, algo más de absorción ocurre en el yeyuno y muy poco en el ileon.

En el pasaje a través del duodeno, la proporción de fracciones de bajo peso molecular disminuye y las fracciones entre 8000 y 15000 Da aumentan considerablemente (Sklan y Hurwitz, 1980).

Gran parte de los aminoácidos de la dieta se absorben directamente en forma de dipéptidos y tripéptidos. Estos se absorben intactos y a continuación se hidrolizan por la acción de peptidasas intracelulares, que producen aminoácidos libres que pasan a la sangre (Cunningham, 2003).

La tasa de producción de péptidos pequeños "absorbibles" es más baja que la máxima capacidad absorptiva (Sklan y Hurwitz, 1980).

Durante los últimos 60 años, la absorción de pequeños péptidos ha llegado a ser reconocida como un aspecto importante de la digestión proteica.

Los aminoácidos a menudo son absorbidos más rápidamente como dipéptidos o tripéptidos que como aminoácidos libres (Austic, 1985). Se ha publicado que un tercio de los aminoácidos en la superficie intestinal se absorben como péptidos (Webb *et al.*, 1993).

Los tejidos parecen ser capaces de utilizar los péptidos como una fuente de aminoácidos (Webb, 1990).

2.4.2. Transporte de péptidos y aminoácidos

En general, el patrón de desarrollo del transporte de aminoácidos aparece ser similar en el intestino delgado de mamíferos y del pollo. La habilidad de transporte está presente antes del nacimiento o la eclosión. Se incrementa marcadamente dentro de pocos días después de la eclosión o el nacimiento y declina a los niveles de adulto dentro de 2-3 semanas después (Austic, 1985).

La actividad de sistemas de transporte de aminoácidos es mucho más baja en el ciego y en el intestino grueso que en el intestino delgado. Estas porciones de intestino poseen una actividad de transporte significativa al tiempo de eclosión pero pierden la mayoría de esta actividad pronto después (Austic, 1985).

Como resultado de la digestión intraluminal, la membrana en cepillo del enterocito es enfrentada a una mezcla de oligopéptidos y aminoácidos libres. Esta membrana despeja los productos de la digestión proteica intraluminal, esencialmente por 2 mecanismos: hidrólisis en la membrana en cepillo de oligopéptidos y subsiguiente transporte de los aminoácidos libres resultantes, y translocación en la membrana de los péptidos pequeños y subsiguiente hidrólisis de estos péptidos por peptidasas citosólicas.

Hay un gran número de peptidasas encontradas en la membrana en cepillo del enterocito, principalmente pertenecen a 4 clases: endopeptidasas, aminopeptidasas, carboxypeptidasas y dipeptidasas (Pihlanto y Korhonen, 2003).

Los estudios en los años 80 han sugerido la existencia de un sistema de transporte de péptidos en el epitelio intestinal en el cual éstos son activamente transportados a través de la membrana apical bajo un gradiente de protones; sin embargo, este mecanismo transporta solo dipéptidos y tripéptidos. Los oligopéptidos con más de 4 residuos son difícilmente reconocidos por este mecanismo de transporte.

Tres rutas diferentes pueden participar en el transporte de oligopéptidos a través del epitelio intestinal. La contribución de cada ruta es diferente entre los péptidos, dependiendo de su tamaño molecular y otras propiedades estructurales como hidrofobicidad (Pihlanto y Korhonen, 2003).

El complejo patrón de absorción de aminoácidos es probablemente atribuible a diferencias en afinidad por los sistemas de transporte y al hecho de que la competencia entre aminoácidos es más grande entre aquellos por los cuales el carrier tiene una afinidad mayor. Los péptidos también compiten unos con otros por transporte.

Como grupo, los aminoácidos esenciales son absorbidos más rápidamente que los no esenciales (Webb, 1990).

2.5. Alimentación de pollos broiler: dieta de preinicio

En el último tiempo se ha hecho una práctica común en la industria avícola 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 para el desarrollo del sistema gastrointestinal, compatibilizando las limitaciones fisiológicas en el aprovechamiento los nutrientes (González, 2000)

En la actualidad se están usando dos tipos de piensos de preinicio. La primera opción es usar niveles de nutrientes más altos que los normales, mientras que la alternativa es usar ingredientes más digestibles. Si el suministro de nutrientes se incrementa en un 10-15% sería posible corregir cualquier disminución de digestibilidad y con ello, alcanzar los niveles esperados de Energía Metabolizable Aparente corregida para Nitrógeno (EMAn) y de utilización de aminoácidos. Un problema potencial que puede presentar esta opción es que el incremento de flujo de nutrientes no digeridos puede aumentar el crecimiento microbiano en el aparato digestivo. En cambio, el problema de los piensos más digestibles es que resultan muy costosos con respecto al uso exclusivo de maíz y soya (Leeson, 2006).

El bajo consumo de alimento 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).

Mediante el uso de ingredientes digestibles es posible alcanzar 190-200 gramos de peso vivo a los 7 días, con respecto a los 140-150 gramos que se obtienen con piensos convencionales en base maíz-soya (Leeson, 2006).

El formular con aminoácidos digestibles aumenta el rango de ingredientes que pueden ser incorporados eficientemente en la dieta, mejorando la precisión de la formulación y permitiendo predecir en forma más confiable el resultado productivo (González, 2000). La formulación de piensos de preinicio debe centrarse más en la selección de ingredientes altamente digestibles que sobre la necesidad de una alta densidad nutritiva (Leeson, 2006).

2.6. Hidrolizados proteicos de pescado

2.6.1. Introducción

Las industrias pesqueras y el procesamiento de los pescados crean grandes cantidades de subproductos y de desechos del proceso. Aproximadamente 30% de la captura total se puede considerar como poco utilizada, poco convencional o inexplorada; solamente una parte pequeña de éstos se utiliza para el consumo humano (Šližyte *et al.*, 2005).

Los países latinoamericanos, y en especial Chile, destina el 90% de las capturas a reducción, lo que implica un desaprovechamiento de los recursos debido al bajo valor agregado que tiene la harina de pescado, comparado con productos elaborados (Pérez *et al.*, 1986).

Cantidades extensas de subproductos abundantes en proteínas de la industria pesquera se desechan sin ninguna tentativa de la recuperación (Kristinson y Rasco, 2000a). La necesidad de incrementar el valor de los subproductos de la pesca ha aumentado el interés en la manufactura de concentrados proteicos de pescado de varios tipos (Hyle y Merrit, 1994).

Con una población mundial dramáticamente en aumento y el peligro de sobreexplotación, hay una gran necesidad de utilizar nuestros recursos del mar con más inteligencia y previsión (Kristinson y Rasco, 2000a).

Recientemente, a los procesadores de muchos lugares no se les permite descartar las menudencias directamente al ambiente acuático. Esto da lugar a costos de refinación del material antes de desecharlo, por lo tanto, deben desarrollarse aplicaciones alternativas para estos materiales (Kristinson y Rasco, 2000a).

La producción de hidrolizados de proteína de pescado puede ayudar a evitar el agotamiento de la población de pescados comercialmente importante, a reducir la contaminación ambiental de los desechos de los pescados y a proveer un alimento proteico nutritivo y funcional (Šližyte *et al.*, 2005).

El uso de hidrolizados proteicos de pescado para su aplicación en alimentación animal debido a su buen balance aminoacídico y su alto contenido de proteína lo hacen factible; esencialmente se limita a animales jóvenes, debido a la extensiva hidrólisis de las proteínas (Kristinson y Rasco, 2000b).

2.6.2. Historia de los hidrolizados proteicos de pescado

La hidrólisis de las proteínas del alimento tiene una larga historia, principalmente para las proteínas lácteas y vegetales; ambas son ampliamente usadas en la industria alimenticia. Las proteínas derivadas de fuentes animales son consideradas nutricionalmente superiores a las derivadas de las plantas porque contienen un mejor balance de aminoácidos esenciales.

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 desarrollo o producción de piensos, primeramente a través de la producción de concentrados proteicos de pescado (Kristinsson y Rasco, 2000b).

Una amplia gama de especies ha sido estudiada para la producción de hidrolizados proteicos de pescado, estos incluyen: merluza (*Urophycis chuss*), tiburón (*Isurus oxyrinchus*), sardina (*Sardina pilchardus*), arenque (*Clupus harengus*), langostino, langosta (*Panulirus* spp.), capelin (*Mallotus villosus*), lijas (*Squalus acanthias*), pescadillas pacíficas (*Merluccius productus*) y salmón atlántico (*Salmo salar*) (Kristinsson y Rasco, 2000a).

2.6.3. Ventajas y desventajas de los hidrolizados proteicos de pescado

El uso de la tecnología enzimática para recuperar y para modificar la proteína de pescados puede producir un amplio espectro de ingredientes alimenticios o productos industriales para una amplia gama de los usos que utilizan mejor los subproductos proteicos. Estos incluyen sustitutos lácteos, suplementos proteicos, estabilizadores para bebidas y realzadores de sabor en productos de confitería (Kristinson y Rasco, 2000b).

El músculo de pescado contiene una composición aminoacídica muy completa y es una excelente fuente de proteínas nutritivas y fácilmente digestibles.

De todos modos, ya que el pescado es extremadamente perecedero y su composición química puede variar, su utilización presenta problemas de procesamiento únicos. Entre los problemas en la preparación de hidrolizados proteicos de pescado está la extrema susceptibilidad de las grasas a la oxidación y el alto costo de la extracción del aceite, especialmente cuando se usan solventes orgánicos (Kristinsson y Rasco, 2000b).

Los peces pelágicos (peces grasos) son más abundantes que los peces demersales (peces magros) en todo el mundo (Hyle y Merrit, 1994). Los pelágicos pequeños comprometen un 23% de la captura mundial, de los cuales sólo 42% es usado para consumo humano. Estos son mayormente especies grasas, como la sardina, anchoveta, arenque y jurel (Kristinsson y Rasco, 2000b). Su uso en la preparación de hidrolizados puede ser más factible si los problemas de remoción de aceite pueden ser disminuídos (Hyle y Merrit, 1994).

2.6.4. Hidrólisis de las proteínas

Los hidrolizados de la proteína de pescado tienen perfiles similares de aminoácidos al material original a excepción de los aminoácidos sensibles tales como metionina y triptofano que se afectan a un grado relativamente grande durante la hidrólisis enzimática (Šližyte et al., 2005).

2.6.4.1. Tipos de hidrólisis

Los métodos químicos y biológicos son los más ampliamente usados para la hidrólisis de las proteínas (Kristinsson y Rasco, 2000b).

La hidrólisis química tiende a ser un proceso difícil de controlar y lleva a productos con composición química y propiedades funcionales muy variables. La hidrólisis proteolítica es realizada con fuertes químicos y solventes a temperaturas y pH extremos y generalmente se obtienen productos con calidad nutricional disminuída y pobre funcionalidad.

La producción bioquímica de hidrolizados proteicos de pescado también puede ser llevada a cabo empleando un proceso autolítico. Este proceso depende de la acción de las enzimas digestivas del propio pescado.

Los procesos biológicos que se emplean más frecuentemente son aquellos que utilizan enzimas agregadas, y la hidrólisis enzimática es más promisoria para el futuro porque obtiene productos de alta funcionalidad y valor nutritivo (Kristinsson y Rasco, 2000b).

El proceso usando enzimas agregadas en lugar de químicos o enzimas endógenas ofrece muchas ventajas porque permite un buen control de la hidrólisis y de tal modo, de las propiedades de los productos resultantes (Kristinsson y Rasco, 2000b).

Las enzimas proteolíticas derivadas de plantas y microorganismos son más adecuadas para preparar hidrolizados proteicos de pescado (Kristinsson y Rasco, 2000b).

Es importante precisar que la adición de enzimas exógenas es el principal contribuidor al costo de un proceso de hidrólisis. Esto significa que cuando el objetivo es hacer un negocio provechoso de los hidrolizados de pescado, es deseable el consumo mínimo de la enzima (Aspmo *et al.*, 2004).

2.6.4.1.1. Hidrólisis enzimática

La interrupción enzimática de la proteína implica un cambio estructural importante en que la proteína está hendida gradualmente en unidades más pequeñas llamadas péptidos, teniendo solubilidad cada vez más alta que la proteína intacta. Esta solubilidad creciente es en parte debido al tamaño más pequeño del péptido, pero más importantemente aún, al equilibrio entre las fuerzas hidrofílicas e hidrofóbicas de los péptidos. Se espera que los péptidos más pequeños de la proteína miofibrilar tengan una proporción más alta de residuos polares, con capacidad creciente de formar enlaces de hidrógeno con agua y una solubilidad en aumento comparada a la de la proteína intacta (Kristinson y Rasco, 2000a).

La hidrólisis de los enlaces peptídicos lleva a un incremento en el número de grupos ionizables (NH_3 y COO^-), con un incremento concomitante en la hidrofobicidad y las cargas netas, una disminución en el peso molecular de la cadena polipeptídica y una alteración de la estructura molecular que lleva a la exposición del interior hidrofóbico escondido al ambiente acuático.

La hidrólisis enzimática de las proteínas del músculo del pescado es caracterizada por una rápida fase inicial, durante la cual un gran número de enlaces peptídicos son hidrolizados, después esta tasa de hidrólisis enzimática disminuye y alcanza una fase estacionaria, donde aparentemente no hay hidrólisis (Kristinson y Rasco, 2000b).

En general, la desaparición de la actividad enzimática durante reacciones de la hidrólisis con los sustratos complejos es un fenómeno bien conocido. Estudios sugirieron que el fenómeno observado se puede explicar como resultado de la carencia de los enlaces peptídicos disponibles para la hidrólisis combinado con una desactivación parcial de la enzima durante el curso de la hidrólisis (Aspmo *et al.*, 2004).

El hidrolizado de la proteína de pescado es el producto principal de la hidrólisis de la proteína. Por lo tanto, la hidrólisis óptima debe dar la cantidad más alta posible de hidrolizado. La cantidad de hidrolizado es influenciada por la composición de la materia prima, las condiciones de la hidrólisis y el tipo de enzima usados (Šližyte *et al.*, 2005).

a) Materia prima

La cantidad de hidrolizado aumenta con una cantidad creciente de proteínas en la materia prima.

Una cantidad creciente de lípidos en materia prima disminuye la producción de hidrolizado. Esto puede ser debido a la interacción entre las proteínas y los lípidos antes y/o durante la hidrólisis y el movimiento de proteínas a las fracciones de la emulsión. Además, una cantidad más alta de grasa en la materia prima significa que la fracción separada del aceite será grande, conduciendo a una reducción proporcional de la fracción de hidrolizado proteico después de la hidrólisis (Šližyte *et al.*, 2005).

b) Condiciones de la hidrólisis

Factores ambientales como temperatura y pH juegan un rol fundamental. Ambos pueden afectar enormemente la cinética de la reacción enzimática, y el efecto de estos factores es distinto para cada enzima. Generalmente, hay una combinación óptima de temperatura y pH donde una enzima es más activa (Kristinson y Rasco, 2000b).

c) Especificidad de la enzima

La especificidad de la enzima es importante para la funcionalidad peptídica porque influencia fuertemente el tamaño molecular y la hidrofobicidad del hidrolizado. De modo que, los péptidos obtenidos tienen perfiles moleculares distintos y la energía de la superficie del hidrolizado es diferente dependiendo de la enzima usada (Kristinson y Rasco, 2000b).

Mientras más limitada es la especificidad, los péptidos generados son más grandes y mientras más extensa es la especificidad, los péptidos generados son más pequeños. El largo de la cadena peptídica es también dependiente del grado de hidrólisis, condiciones de la hidrólisis, concentración de la enzima y tipo de proteína hidrolizada (Kristinson y Rasco, 2000b).

2.7. Solubilidad de la proteína

Una de las principales propiedades funcionales que exhiben los hidrolizados es la solubilidad, que es probablemente la propiedad más importante de la proteína y del hidrolizado proteico.

Muchas de las otras propiedades funcionales son afectadas por la solubilidad y además es un excelente indicador de la funcionalidad del hidrolizado proteico, y sus potenciales aplicaciones (o limitaciones) (Kristinsson y Rasco, 2000b).

El incremento en la solubilidad se espera cuando se aumenta el tiempo de hidrólisis. La alta solubilidad de los hidrolizados proteicos de pescado es a menudo debido a la división de las proteínas en unidades pépticas más pequeñas que usualmente tienen solubilidad aumentada. El aumento de solubilidad no es solamente debido a los péptidos más pequeños sino también producto de el balance de elementos hidrofílicos e hidrofóbicos en los péptidos. Los péptidos más pequeños de las proteínas de la miofibrilla se espera que tengan más residuos polares, incrementando la hidrofiliidad por medio de incrementar la habilidad para formar enlaces de hidrógeno con el agua (Sathivel *et al.*, 2005).

Interacciones hidrofóbicas e iónicas son los mayores factores que influyen las características de solubilidad de las proteínas. Las interacciones hidrofóbicas promueven interacciones proteína-proteína y resultan en solubilidad disminuida, mientras que las interacciones iónicas promueven interacciones proteína-agua resultando en una solubilidad aumentada (Kristinson y Rasco, 2000b).

En el experimento de Gbogouri *et al.* (2004), quienes obtuvieron hidrolizados proteicos de pescado a partir de cabezas de salmón hidrolizadas con Alcalasa[®] 2.4 L, se midió solubilidad en un rango de pH de 3 a 11. Todos los hidrolizados fueron más solubles que la proteína nativa e indicaron solubilidad de nitrógeno con valores sobre 75%. El aumento de la solubilidad es debido a los tamaños moleculares más pequeños en comparación con la proteína intacta.

Se observó una relación entre solubilidad y valores de grado de hidrólisis (GH%). Como era esperado, los hidrolizados con valores de GH más alta mostraron solubilidad más alta que los hidrolizados con valores de GH baja (Gbogouri *et al.*, 2004).

Aunque una solubilidad aumentada tiene una relación positiva con el grado de hidrólisis, hay que tener cuidado que el sustrato no sea extensivamente hidrolizado.

Una hidrólisis no controlada o muy prolongada de las proteínas de pescado puede resultar en la formación de péptidos altamente solubles, pero completamente carentes de las propiedades funcionales de la proteína nativa. A través del control de los parámetros del proceso como pH, tiempo y relación enzima/sustrato, es posible producir hidrolizados cuyos componentes pueden retener varias propiedades de las moléculas nativas (Ravallec-Plé *et al.*, 2001).

Se ha visto que una hidrólisis muy extensiva puede promover la formación de péptidos amargos no deseados; el mecanismo no está muy claro, pero es ampliamente aceptado que los aminoácidos hidrofóbicos de los péptidos son el mayor factor. Este principio, es como sea, sólo válido para pesos moleculares bajo 6000 Da. Péptidos con un peso molecular entre 1000 y 6000 Da con características hidrofóbicas han mostrado ser más amargos (Kristinsson y Rasco 2000b).

En el experimento de Ravallec-Plé *et al.* (2001) quienes trabajaron con hidrolizados de subproductos de sardina obtenidos mediante el uso de la proteína Alcalasa® 2.4 L, se realizaron distintas pruebas con el fin de demostrar presencia de actividad biológica: radioinmunoensayos con suero de conejo, ensayos con radiorreceptores en tejido hepático y pruebas de mitosis en fibroblastos, ambos en células de rata.

Así, se encontraron moléculas biológicamente activas como hormonas calciotrópicas, factores de crecimiento y péptidos secretagogos. Los resultados obtenidos muestran que los péptidos como gastrina y CCK están presentes en los hidrolizados (Ravallec-Plé *et al.*, 2001). Estos péptidos secretagogos exhiben un largo espectro de actividades como la estimulación de la síntesis proteica, el control de la motilidad intestinal y la secreción de enzimas digestivas (Ravallec-Plé *et al.*, 2001). Las proteínas (péptidos) y grasas estimulan a través de la CCK la secreción de enzimas para la digestión de proteínas y grasas (Cunningham, 2003).

La estimulación del crecimiento celular observado en 12 de las 96 muestras de fibroblastos de rata, puede ser comparable con el efecto de factores de crecimiento. Factores de crecimiento son definidos como un grupo de agentes polipeptídicos regulatorios que controlan respuestas celulares (multiplicación celular o síntesis de ADN) por una serie de mecanismos análogos a las hormonas endocrinas clásicas.

Se puede observar que el nivel de actividad biológica depende del tiempo de hidrólisis y la concentración de enzima (Ravallec-Plé *et. al.*, 2001).

2.8. Hidrolizados proteicos de pescado: BIOCP® y Activium®

Actualmente existen en Chile dos suplementos obtenidos a partir de hidrolizados proteicos de pescado:

"*BIOCP*®": corresponde a un concentrado de peptonas elaborado con pescado entero de alta calidad y fresca, desarrollado para ser empleado como ingrediente en dietas de inicio para cerditos, aves, acuicultura y mascotas (Profish S. A., 2007).

"*Activium*®": está determinado por un alto y muy controlado nivel de hidrólisis, caracterizado por tener como mínimo un 80% de su proteína en forma soluble y donde el 80% de las moléculas tienen un peso molecular en un rango entre 200-3000 Da (Profish S.A., 2007).

La diferencia radical entre "*BIOCP*®" y el producto propuesto "*Activium*®" estará fuertemente centrada en el diseño de la hidrólisis enzimática. En el caso de "*BIOCP*®", principal producto elaborado actualmente por Profish, el objetivo es aumentar la solubilidad de la proteína de pescado, generando cadenas polipeptídicas de tamaño inferior a 15.000 Da y peptonas <7000 Da que benefician la absorción y disminuyen los problemas gástricos inherentes a los estados iniciales de la crianza. En el caso de "*Activium*®" la hidrólisis estará diseñada para generar moléculas, mayoritariamente péptidos, de bajo peso molecular, entre 200-3000 Da, optimizados para lograr un positivo impacto metabólico (Profish S.A., 2007).

El proyecto "Desarrollo de "*Activium*®", péptidos bioactivos para nutrición animal de alta eficiencia" está orientado a desarrollar péptidos bioactivos específicos para ejercer una función metabólica positiva en el crecimiento de las especies que va más allá de lo netamente nutricional (Profish S.A., 2007).

Los hidrolizados se incorporan en distintos porcentajes en la dieta de acuerdo a indicaciones del fabricante. Se ha comprobado que el impacto que tienen en la productividad de los animales tiene un comportamiento de tipo curva normal, situación que ha sido reportada para este tipo de producto (potenciadores del crecimiento). Se ha visto en otras experiencias de Profish S. A. que entre los porcentajes de incorporación 5 a 7% el impacto en los parámetros productivos es menor; mientras que la tendencia al peak se da entre los porcentajes de incorporación 1,5 a 3%¹.

¹ María Teresa Millán, Profish S. A., Comunicación personal.

2.9. Péptidos Bioactivos

Tradicionalmente el primer criterio usado para evaluar el valor de las proteínas dietarias ha implicado 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 pueden limitar la digestibilidad. Una perspectiva relativamente reciente en cuanto al valor de las proteínas dietarias se preocupa de la potencial disponibilidad de péptidos generados que son biológicamente activos (Kitts y Weiler, 2003).

Se han definido los péptidos bioactivos como fragmentos específicos de la proteína que tienen un impacto positivo en funciones o condiciones del cuerpo y pueden influenciar en última instancia la salud (Korhonen y Pihlanto, 2006). Existen péptidos con efecto opioide, inmunomodulador, antimicrobiano, entre otros (Vioque y Millán, 2005).

Los péptidos bioactivos son secuencias de aminoácidos (trozos de proteína), de pequeño tamaño, entre 2 y 15 aminoácidos, inactivos dentro de la proteína intacta pero que pueden activarse al ser liberados bien durante la digestión del alimento en el organismo del individuo o por un procesado previo del mismo (Vioque y Millán, 2005). Así, se han aislado péptidos a partir de hidrolizados enzimáticos de proteínas de muy diversa procedencia, como leche, sardina, maíz, soya, huevo, gelatina, etc. (Martínez y Martínez, 2006). Hoy, las proteínas de leche se consideran la fuente más importante de péptidos bioactivos y un número en aumento de péptidos bioactivos se ha identificado en hidrolizados de proteína de la leche y productos lácteos fermentados (Korhonen y Pihlanto, 2006).

El estudio de Rutherford-Markwick y Moughan (2005) quienes alimentaron ratas y cerdos con hidrolizados proteicos, señala que los péptidos dietarios tienen un profundo efecto en la actividad secretoria y reabsorptiva del intestino y que el 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).

En cuanto a los péptidos bioactivos agregados directamente a los alimentos, ellos deben sobrevivir a los procesos digestivos y no ser degradados en el intestino. Es notable que muchos péptidos bioactivos parecen ser algo resistentes a la hidrólisis enzimática. Péptidos ingeridos oralmente o producidos vía acción proteolítica pueden ejercer su efecto localmente en el tracto gastrointestinal, pueden ejercer efectos

sistémicos después de la absorción a la sangre, o puede unirse directamente a receptores celulares en el intestino (Rutherford-Markwick y Moughan, 2005). Cualquiera de estos casos requiere que los péptidos alcancen su sitio blanco en su forma activa. Algunos estudios indican que pequeños péptidos pueden ser absorbidos desde el tracto gastrointestinal intactos después de su administración oral. También hay evidencia para sugerir que algunos péptidos bioactivos son absorbidos como péptidos de cadena larga, que luego son hidrolizados los enterocitos para producir la molécula bioactiva (Rutherford-Markwick y Moughan, 2005).

Aunque todavía queda investigación considerable por hacer en el área de péptidos bioactivos derivados de alimentos, es claro que la generación de péptidos bioactivos de las proteínas dietarias durante el proceso digestivo normal es de importancia (Martínez y Martínez, 2006).

3. HIPÓTESIS

La incorporación de hidrolizados proteicos de pescado con diferentes grados de solubilidad de las proteínas en dietas de preinicio de pollos broiler permite una optimización de indicadores productivos durante y al término del ciclo productivo.

4. OBJETIVOS

4.1. General

Determinar los efectos de la incorporación de hidrolizados proteicos de pescado ("Activium®") sobre el rendimiento productivo de pollos broiler y sobre rentabilidad en un ciclo comercial completo, mediante el cálculo de indicadores productivos e indicadores económicos respectivamente en los principales momentos del ciclo productivo.

4.2. Específicos

1) Comparar el efecto de distintos niveles de incorporación de un sobrehidrolizado "Activium®" A con un sobrehidrolizado "Activium®" B y con dos controles: un producto de hidrólisis proteica más baja ("BIOCP®") y una dieta comercial estándar (maíz-soya) sobre los diversos indicadores productivos.

2) Evaluar rentabilidad de la incorporación del producto a las dietas de pollos broiler, a través del cálculo de indicadores económicos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Mil doscientos (1200) pollitos Ross-308 de 1 día de edad fueron obtenidos de una planta incubadora y luego trasladados a la Unidad experimental de Producción y Nutrición Avícola de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, ubicada en Santa Rosa 11.735, comuna de La Pintana, Santiago.

Se realizó una estandarización de pesos de los pollos, seleccionando seiscientostreinta (630) para el experimento, los cuales se distribuyeron en 30 corrales de piso con 21 pollitos cada uno.

El ensayo tuvo la duración promedio de un ciclo productivo completo, 42 días. Durante este período, a las aves se les proporcionó 4 dietas distintas, formuladas de acuerdo a los requerimientos nutricionales establecidos para la línea genética de los pollos experimentales (Anónimo, 2002) y emulando el manejo alimentario de los planteles comerciales:

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

Dieta 2: Inicio, de 15 a 24 días de edad.

Dieta 3: Intermedio, de 25 a 35 días de edad.

Dieta 4: Finalizador, de 36 a 42 días de edad.

Durante el período de preinicio se proporcionaron 6 dietas experimentales (Tabla 1), 2 controles y 4 tratamientos con "Activium®". Este último a su vez se subdividió en 2 categorías, "Activium®" A y "Activium®" B, que se diferencian en su proceso de fabricación, específicamente las enzimas utilizadas para la hidrólisis:

Tratamiento 1: Dieta control maíz-soya

Tratamiento 2: Dieta control con "BIOCP®"

Tratamiento 3: Dieta con "Activium®" A 1,5%

Tratamiento 4: Dieta con "Activium®" A 3%

Tratamiento 5: Dieta con "Activium®" A 5%

Tratamiento 6: Dieta con "Activium®" B 1,4 %

Cada tratamiento consta de 5 repeticiones, cada repetición corresponde a un corral (21 pollos).

Las dietas experimentales fueron formuladas isoproteicas e isoenergéticas.

Todas las dietas fueron preparadas en la Fábrica de Alimentos Agroconca Ltda. Se les presentó a los animales peletizadas quebrantadas de acuerdo al estándar de la industria.

Los pollos poseían alimento y agua *ad-libitum*.

Los corrales están ubicados en un pabellón experimental que consta de una estructura convencional, con una densidad de 12, 5 pollos/ m².

El pabellón posee ventilación natural manejada con cortinas laterales y está calefaccionado por campanas a gas controladas por un termostato que mantiene la temperatura de acuerdo a los rangos habituales de la industria.

Tabla 1. Formulación de las dietas Preinicio correspondientes a los seis tratamientos del estudio.

Ingredientes (%)	TRATAMIENTOS					
	1.Control maíz- soya	2.Dieta BIOCP® 3%	3. Dieta Activium® A 1,5%	4. Dieta Activium® A 3%	5. Dieta Activium® A 5%	6. Dieta Activium® B 1,4%
Maíz Chile 14% Hum.	50,80	51,66	50,44	51,42	52,67	50,42
Maíz gluten Meal	2,80					
Oleína	1,80	1,80	2,10	1,80	1,30	2,10
Soya, afrecho 48	29,43	28,50	30,90	28,74	26,01	31,01
Soya, poroto entero	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Trigo afrechillo	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Fosfato bicalcico dihidratado	2,100	2,150	2,140	2,140	2,140	2,140
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
DI Metionina	0,240	0,250	0,260	0,250	0,230	0,260
Lisina, HCL	0,150		0,010			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	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Conchuela	1,280	1,240	1,250	1,250	1,250	1,250
SOBREHIDROLIZADO A			1,500	3,000	5,000	
SOBREHIDROLIZADO B						1,40
BIOCP		3,00				
Composición Nutricional Calculada						
EM (Kcal/kg)	2939	2944	2938	2942	2941	2936
PC (%)	23,15	23,16	23,17	23,19	23,29	23,22
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 (%)	1,38	1,39	1,38	1,39	1,43	1,38
Met (%)	0,61	0,64	0,63	0,64	0,64	0,63
Cis (%)	0,39	0,37	0,38	0,37	0,37	0,38
Trip	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Na	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Cl	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	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; Etoxiquina: 125 mg; Excipientes c.s.p.: 2g. Elaborado por Centrovvet, Chile.

(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. Elaborado por Centrovvet, Chile.

(3): BMD® Bacitracina Metileno Disalicilato 11% Alpha Pharma Inc. New Jersey, USA. Aporte en Kg.

(4): Clinacox® 0,5%. Cansen Pharmaceutica N.V. Beerse, Belgium.

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

Tabla 2. Formulación de las dietas Inicio, Crecimiento y Finalizador a ser utilizadas en los seis tratamientos del estudio.

Ingredientes (%)	Inicio	Intermedio	Final
Maíz Chile 14% Hum.	50,91	55,18	62,44
Maíz gluten Meal	3,00	3,00	2,00
Oleína	2,00	2,50	2,50
Soya, afrecho 48	27,68	19,75	10,77
Soya, poroto entero	12,00	14,00	17,00
Trigo afrechillo	0,41	2,00	2,00
Fosfato bicalcico dihidratado	1,875	1,628	1,397
Vitaminas	0,200	0,200	0,200
Minerales	0,100	0,100	0,100
DI Metionina	0,198	0,163	0,168
Lisina, HCL	0,088	0,074	0,106
L-Treonina		0,010	
Bacitracina	0,050	0,025	
Coccidiostato	0,050	0,050	
Sal	0,376	0,376	0,382
Conchuela	1,065	0,952	0,938
Composición Nutricional Calculada			
EM (Kcal/kg)	3000	3100	3200
PC (%)	22,79	20,24	16,97
Ca (%)	1	0,88	0,8
P Disp (%)	0,45	0,40	0,35
Lis (%)	1,3	1,126	0,97
Met (%)	0,55	0,49	0,45
Cis (%)	0,39	0,35	0,30
Trip	0,27	0,24	0,19
Na	0,18	0,18	0,18
Cl	0,28	0,28	0,28

(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. Elaborado por Centrovét, Chile.

(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. Elaborado por Centrovét, Chile.

(3): BMD® Bacitracina Metileno Disalicilato 11% Alpharma Inc. New Jersey, USA. Aporte en Kg.

(4): Clinacox® 0,5%. Cansen Pharmaceutica N.V. Beerse, Belgium.

5.1. Indicadores Productivos

Se realizaron controles a los días 1,14, 24, 35 y 42 (correspondientes a los periodos 1-14, 15-24, 25-35, 36-42) de:

- Peso vivo promedio individual: Se pesaron todas las aves de cada corral y luego se dividió por el número de pollos que había en cada uno de ellos.
- Consumo de alimento, ganancia de peso del período y mortalidad. Esta última se calculó por períodos. Debido a que se retiraron 3 pollos por repetición el día 15, el porcentaje de mortalidad del período completo se calculó como 100 - % sobrevivida.

- Cálculo de la Conversión Alimenticia (CA):

$$CA = \frac{\text{kg. de alimento consumido}}{\text{Ganancia de peso vivo}}$$

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

$$IEP = \frac{\text{Viabilidad (\%)} \times \text{Ganancia de Peso/día} \times 100}{CA}$$

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

Ganancia de peso/día = (Peso final – Peso inicial) / número de días del experimento.

5.2. Indicadores Económicos

- Cálculo del costo alimentario de la ganancia de peso de los pollos del ensayo:

$$\text{Costo alimentario de la ganancia de peso} = CA \times \$/\text{Kg. de dieta}$$

- Cálculo del "Margen bruto" (MB) para cada tratamiento. Este indicador se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$MB_j = [(K_j \times V)] - [(CO_{PI_j} \times PA_{PI_j}) + (CO_{IC_j} \times PA_{IC_j}) + (CO_{IT_j} \times PA_{IT_j}) + (CO_{FN_j} \times PA_{FN_j})]$$

K_j = Kilogramos de pollos obtenidos de la repetición j

V = Precio de venta de kilogramo de pollo a la planta faenadora CODIPRA S.A. \$517
(Revista del Campo, Octubre, 2007)

CO PI j = Kilogramos de alimento consumido de dieta preinicio de la repetición j

PA PI = Precio de la dieta de preinicio* (período experimental, por lo tanto el precio varía según el tratamiento, ya que corresponde, cada caso, a fórmulas alimenticias diferentes):

Tratamiento 1 = \$175

Tratamiento 2 = \$201

Tratamiento 3 = \$197

Tratamiento 4 = \$217

Tratamiento 5 = \$246

Tratamiento 6 = \$194

CO IC j = Kilogramos de alimento consumido de dieta inicio de la repetición j

PA IC = Precio de la dieta de inicio* \$174

CO IT j = Kilogramos de alimento consumido de dieta intermedio de la repetición j

PA IT = Precio de la dieta intermedio* \$167

CO FN j = Kilogramos de alimento consumido de dieta final de la repetición j

PA FN = Precio de la dieta final* \$181

* Costo del Kilogramo de dieta, informado por la Fábrica de Alimentos (Empresa Agroconca Ltda.)

5.3. Análisis de las dietas

Todas las dietas fueron muestreadas y evaluadas mediante un análisis químico proximal (A. O. A. C., 1995) en el laboratorio LABSER. Para este fin, se tomaron muestras representativas de cada dieta, correspondiente a los 6 tratamientos de la dieta de preinicio y de las restantes (Inicio, Intermedio y Finalizador). Los resultados de dicho análisis corresponden a los valores con los que se formularon las dietas de las aves, salvo pequeñas variaciones:

Tabla 3. Análisis Químico Proximal (A. O. A. C.) de las distintas dietas utilizadas en el estudio.

Dieta	Proteína Total (%)	Grasa Total (%)	Cenizas (%)	Fibra Cruda (%)	Humedad (%)
Control Maíz-Soya	19,90	8,13	6,52	3,39	9,99
Control BIOCP	22,32	8,27	7,29	3,53	10,37
SH Activium A 1,5%	22,64	8,12	7,29	3,51	10,70
SH Activium A 3%	22,94	8,05	7,09	3,95	10,64
SH Activium A 5%	23,78	8,28	7,37	3,47	10,58
SH Activium B 1,4%	22,67	8,56	7,29	3,85	10,54
Inicio	24,47	8,64	7,60	3,41	8,94
Intermedio	21,68	8,64	6,93	3,52	10,55
Final	19,08	8,41	6,69	3,83	10,76

5.4. Análisis Estadístico

Las variables obtenidas con cada tratamiento fueron evaluadas con un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar diferencias estadísticamente significativas entre ellas mediante el programa SAS Learning Edition 2.0 (2004). Si los resultados del ANDEVA indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$), se procede a realizar la Prueba de Tukey de Comparación de medias (Sokal y Rohlf, 1981).

El diseño estadístico utilizó el siguiente modelo:

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

Y_{ij} = Respuesta observada

μ = Media poblacional

T_i = Efecto del tratamiento

E_{ij} = Error

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Indicadores productivos

a) **Peso vivo promedio por pollo:**

Tabla 4. Peso vivo individual promedio de pollos alimentados en dieta de preinicio con hidrolizados proteicos de pescado en distintos niveles de incorporación (Promedios \pm DS; se indica el valor de p obtenido por ANDEVA).

Tratamiento	Peso Vivo (gramos)				
	Día 1 p=0,48	Día 15 p=0,03	Día 23 p=0,002	Día 37 p=0,03*	Día 43 p=0,06
Control Maíz-Soya	45,51 \pm 0,70	396,66 ^a \pm 19,15	929,46 ^a \pm 33,68	2451,26 \pm 56,88	3089,41 \pm 72,17
Control BIOCP ⁽¹⁾	45,47 \pm 0,72	421,66 ^{ab} \pm 17,39	985,91 ^{ab} \pm 39,37	2574,89 \pm 94,34	3219,33 \pm 86,16
SH Activium ⁽²⁾ A 1,5%	45,54 \pm 0,48	415,66 ^{ab} \pm 7,04	978,92 ^{ab} \pm 21,78	2492,28 \pm 66,02	3154,32 \pm 93,33
SH Activium ⁽²⁾ A 3%	44,71 \pm 1,47	424,88 ^b \pm 16,64	1007,32 ^b \pm 34,66	2576,50 \pm 64,47	3249,61 \pm 77,05
SH Activium ⁽²⁾ A 5%	44,39 \pm 1,91	410,90 ^{ab} \pm 8,13	939,28 ^a \pm 21,42	2490,69 \pm 53,70	3123,49 \pm 71,81
SH Activium ⁽²⁾ B 1,4%	45,00 \pm 0,71	424,11 ^b \pm 10,29	977,18 ^{ab} \pm 16,14	2537,27 \pm 52,00	3195,59 \pm 113,47

(1) BIOCP[®]: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A.).

(2) Activium[®]: Sobrehidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A.).

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

* En este caso, el análisis de Tukey no fue capaz de determinar diferencias.

En la Tabla 4 se puede apreciar que en el día 1 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos debido a la estandarización de pesos que se hizo a la llegada de los pollitos al galpón.

Sin embargo, después de 2 semanas de iniciado el experimento, ya es posible apreciar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$).

El tratamiento Activium A 3% y el tratamiento Activium B 1,4% presentaron un peso vivo significativamente mayor ($p \leq 0,05$) que la dieta control maíz-soya. Esto podría explicarse porque el producto "Activium[®]" posee una *sobrehidrólisis* de la proteína que genera mayoritariamente péptidos de peso molecular muy bajo, que además de mejorar su absorción, están optimizados para lograr un positivo impacto metabólico. Esto concuerda con lo señalado por Rutherford-Markwick y Moughan (2005) y

Ravallec-Plé *et. al.* (2001) quienes informan que los péptidos dietarios tienen un profundo efecto en la actividad secretoria y reabsorptiva del intestino y el efecto es dosis dependiente. Al parecer los productos de la hidrólisis de las proteínas dietarias pueden contribuir a la regulación de los procesos digestivos, lo que mejoraría la digestión de nutrientes y por ende el aprovechamiento que el animal hace de ellos.

Estos resultados también coinciden con Austic (1985) y Webb (1990) que postulan que los aminoácidos a menudo son absorbidos más rápidamente como dipéptidos o tripéptidos que como aminoácidos libres, y que los tejidos parecen ser capaces de utilizar los péptidos como una fuente de aminoácidos. Todo esto iría en beneficio del crecimiento del pollo.

El tratamiento control BIOCP no presentó diferencias estadísticas ($p > 0,05$) con los sobrehidrolizados ni tampoco con la dieta maíz-soya, pero sí fue numéricamente superior a ésta.

Una explicación a esto podría ser que en el caso de "BIOCP®" el objetivo es aumentar la solubilidad de la proteína de pescado, que beneficia la absorción y disminuye los problemas gástricos inherentes a los estados de crianza, lo que produce un crecimiento adicional del pollo en comparación con el control.

Respecto al tratamiento Activium 1,5%, que no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) con el control, pudiera pensarse que el porcentaje de inclusión es bajo, y por lo tanto la cantidad de péptidos bioactivos presente en el hidrolizado no es suficiente como para causar un efecto notorio en el pollo, esto concuerda con lo señalado por Pihlanto y Korhonen (2003).

El tratamiento Activium 5%, el cual no obtuvo diferencias estadísticas ($p > 0,05$) con los otros tratamientos, fue el que obtuvo el menor peso de los sobrehidrolizados.

El tratamiento Activium 5% posee un alto nivel de incorporación del sobrehidrolizado (5%), lo que podría estar aportando un exceso de aminoácidos. Noy y Sklan (1998) señalan que los pollitos cerca de la eclosión tienen una capacidad absorptiva mayor que la requerida.

Por otra parte, Noy y Sklan (2002) argumentan que hay un efecto negativo en el crecimiento al incrementar el nivel de proteína dietaria cuando se han cubierto los requerimientos para aminoácidos esenciales.

Asimismo, Miles y Jacob (2003) señalan que el exceso de aminoácidos no es usado para la síntesis de proteínas. En lugar de eso, son deaminados y los esqueletos de carbono son usados como fuente de energía o almacenados para su uso como fuente de energía más tarde. Este método es muy costoso para el ave y es un uso ineficiente de la proteína dietaria, lo que estaría ejerciendo un efecto detrimental en el crecimiento del ave, y por ende de su peso.

Además, Webb (1990) postula la competencia de aminoácidos y péptidos por carriers, lo que disminuiría su transporte.

La tendencia a mostrar superioridad que en general se observa de los hidrolizados con respecto al control, en el indicador peso vivo, concuerda con Leeson (2006) que señala que mientras los piensos maíz-soya se consideran ideales para las aves, hay evidencias de que su digestibilidad está por debajo de la óptima para pollitos muy jóvenes. Los piensos de preinicio deben asumir que el pollo no es capaz de digerir sustratos complejos por lo tanto se deben proporcionar sustratos más digestibles hasta que su sistema digestivo haya madurado suficientemente.

Todas las dietas experimentales fueron balanceadas para contener cantidades iguales del primer y segundo aminoácido limitante (metionina+cistina y lisina, respectivamente), por lo tanto, diferencias potenciales en digestibilidad y biodisponibilidad de nutrientes, pueden ser responsables en parte por la mayor tasa de crecimiento que en general se observa de los hidrolizados de pescado con respecto al control.

En la misma Tabla 4, al día 23 de análisis se observa que el tratamiento Activium A 3% sigue siendo superior al control maíz-soya ($p \leq 0,05$). Esta permanencia podría explicarse con el experimento de Noy y Sklan (1995); ellos encontraron que la digestión de nitrógeno en el ileon aumenta desde 78% a 80% en el día 4 y 7 a cerca de 90% en el día 21. La secreción de lipasa, tripsina, y amilasa al duodeno incrementa 20 a 100 veces entre los días 4 y 21.

El efecto de tratamientos en el peso vivo se mantiene hasta el control del día 23, al parecer porque el sistema gastrointestinal todavía está terminando de madurar funcionalmente, por lo tanto el hidrolizado aún está ejerciendo un impacto metabólico positivo; sin embargo este efecto desaparece con la edad. Esto coincide con Mateos *et al.* (2002) que señala que las diferencias en la productividad debidas a cambios nutricionales en el pienso preinicio tienden a desaparecer con la edad. Parece ser que

una vez cubiertas las necesidades mínimas de los animales, la influencia de la composición del pienso de iniciación sobre el crecimiento posterior es limitada.

También se puede observar un peso vivo estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$) del tratamiento Activium A 3% sobre el tratamiento Activium A 5%, que obtuvo el rendimiento más bajo de los hidrolizados. Esto podría explicarse por lo que se señala anteriormente para el día 14; la gran cantidad de péptidos y aminoácidos del tratamiento Activium A 5% compiten por su absorción lo que iría en desmedro del crecimiento del animal.

En el control del día 37 (Tabla 4), ANDEVA detectó diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$), sin embargo la Prueba de Tukey no fue capaz de hacerlo. Esto podría deberse a que el experimento consta de muchos tratamientos y pocas repeticiones o observaciones, lo que afecta a esta prueba de comparación de medias, la cual no pudo detectar las diferencias detectadas por ANDEVA.

Estos resultados estadísticos ambiguos no permiten desarrollar una discusión adecuada acerca de lo obtenido para el día 37. Sin embargo, se puede observar que los pesos se equipararon en comparación a lo obtenido para el día 22 aunque los hidrolizados se muestran numéricamente superiores al control maíz-soya.

Lamentablemente debido a limitación en la infraestructura del galpón, no se puede contar con más repeticiones, por lo cual habría que estudiar en el futuro qué tipo de análisis estadístico sería más adecuado para este tipo de experimento.

Al día 43 del estudio (Tabla 4), desaparecen completamente las diferencias que hubo en un principio, ya que los tratamientos son estadísticamente iguales ($p \leq 0,05$). Esto no concuerda con Noy y Sklan (1997 y 1998) que afirman que el acceso temprano a nutrientes produce un aumento inicial en el peso corporal y aunque este aumento decrece con la edad, es generalmente mantenido hasta el peso de mercado; tampoco concuerdan con los resultados de Henríquez (2008) y Maucher (2007) quienes trabajaron con hidrolizados proteicos de pescado mezclados con fuentes de proteína vegetal en dietas de pollos broiler. En estos estudios, no se encontraron diferencias significativas en el peso de los pollos los primeros 14 días, sin embargo, al final de los ensayos, éstas pudieron evidenciarse.

Sería interesante evaluar en el futuro la presencia de péptidos bioactivos específicos en los hidrolizados proteicos de pescado y de qué manera estos péptidos estarían influyendo en el crecimiento del ave.

b) Consumo de alimento por pollo:

Tabla 5. Consumo de alimento individual promedio de pollos alimentados en dieta de preinicio con hidrolizados proteicos de pescado en distintos niveles de incorporación (Promedios \pm DS; se indica el valor de p obtenido por ANDEVA)

Tratamiento	Consumo de Alimento Individual (gramos)			
	1-14 d p=0,06	1-22 d p=0,27	1-36 d p=0,13	1-42 d p=0,02
Control Maíz-Soya	556,93 \pm 35,90	1494,43 \pm 97,97	3986,38 \pm 140,91	5341,12 ^a \pm 92,31
Control BIOCP ⁽¹⁾	602,29 \pm 15,39	1560,31 \pm 58,76	4138,37 \pm 163,90	5563,92 ^{ab} \pm 184,59
SH Activium ⁽²⁾ A 1,5%	605,29 \pm 23,98	1583,00 \pm 50,45	4089,97 \pm 77,92	5516,45 ^{ab} \pm 79,19
SH Activium ⁽²⁾ A 3%	602,20 \pm 22,93	1652,20 \pm 108,16	4182,09 \pm 35,71	5630,65 ^b \pm 79,28
SH Activium ⁽²⁾ A 5%	591,29 \pm 30,40	1548,73 \pm 83,83	4113,03 \pm 97,73	5497,16 ^{ab} \pm 126,57
SH Activium ⁽²⁾ B 1,4%	590,76 \pm 22,53	1600,91 \pm 167,17	4212,32 \pm 189,06	5656,87 ^b \pm 233,30

(1) BIOCP[®]: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A.).

(2) Activium[®]: Sobrehidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A.).

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

La Tabla 5 indica que el consumo de alimento por pollo no fue diferente entre los tratamientos a los días 14, 22 y 36 ($p > 0,05$). Ya que las dietas experimentales fueron formuladas con cantidades equivalentes de energía, este factor no estaría influenciando una potencial diferencia en la ingesta.

Estos resultados son comparables a los obtenidos por Maucher (2007), Henríquez (2008) y Céspedes (2008). Éste último experimentó con hidrolizados proteicos de pescado solos (BIOCP[®]). En estos estudios tampoco se encontraron diferencias significativas a favor de los hidrolizados de pescado durante estos períodos.

Esto concuerda con Leeson (2000) que señala que el mayor factor que afecta el consumo de alimento en las aves es la concentración de energía de la dieta. Además, el galpón se mantuvo durante todo el período bajo condiciones uniformes de

temperatura para todas la aves, por lo tanto, esta factor tampoco estaría influyendo en el consumo de alimento.

Sin embargo, el período acumulado 1-42 días presentó diferencias ($p \leq 0,05$), siendo los tratamientos Activium A 3% y Activium B 1,4% los que presentaron el mayor consumo de alimento superando significativamente al control. Durante los períodos 1-22 y 1-36 días, se encuentra que el tratamiento Activium A 3% y que el tratamiento Activium B 1,4% presentaron un consumo numéricamente superior a los otros tratamientos, diferencias que se acentuaron en el período acumulado 1-42 y que finalmente arrojaron una diferencia significativa de estos tratamientos respecto al control. Esta respuesta podría compararse a la observada por Henríquez (2008), quien si bien no obtuvo una superioridad estadísticamente significativa de los hidrolizados con respecto al control, sí observó una tendencia de mayor consumo de éstos.

Estos resultados concuerdan con lo publicado por Mateos *et al.* (2002) quienes postulan que el tipo de nutriente entregado en los hidrolizados sería de mejor calidad que los aportados por la soya y el maíz, lo que beneficiaría una mayor digestibilidad de los nutrientes. Esta mayor digestibilidad estimula respuestas fisiológicas, hormonales e inmunológicas que conducen a un mayor consumo de alimento.

c) Conversión Alimenticia:

Tabla 6. Valores de conversión alimenticia promedio (kg de consumo/ kg de ganancia de peso vivo) de pollos alimentados en dieta de preinicio con hidrolizados proteicos de pescado en distintos niveles de incorporación (Promedio de cada tratamiento \pm DS; se indica el valor de p obtenido por ANDEVA).

Tratamiento	Conversión Alimenticia			
	1-14 d p=0,80	1-22 d p=0,89	1-36 d p=0,75	1-42 d p=0,80
Control Maíz-Soya	1,593 $\pm 0,182$	1,835 $\pm 0,058$	1,727 $\pm 0,031$	1,810 $\pm 0,049$
Control BIOCP ⁽¹⁾	1,604 $\pm 0,094$	1,750 $\pm 0,056$	1,688 $\pm 0,022$	1,791 $\pm 0,026$
SH Activium ⁽²⁾ A 1,5%	1,656 $\pm 0,080$	1,780 $\pm 0,073$	1,725 $\pm 0,050$	1,813 $\pm 0,048$
SH Activium ⁽²⁾ A 3%	1,585 $\pm 0,063$	1,796 $\pm 0,093$	1,710 $\pm 0,028$	1,796 $\pm 0,025$
SH Activium ⁽²⁾ A 5%	1,614 $\pm 0,103$	1,811 $\pm 0,099$	1,712 $\pm 0,028$	1,809 $\pm 0,036$
SH Activium ⁽²⁾ B 1,4%	1,560 $\pm 0,077$	1,808 $\pm 0,220$	1,723 0,079	1,825 $\pm 0,049$

(1) BIOCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A.).

(2) Activium®: Sobrehidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A.).

En la Tabla 6 se observa que la CA (Conversión Alimenticia) no mostró diferencias significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos en ninguno de los períodos.

Estos resultados indican que los hidrolizados no están ejerciendo un efecto en este indicador. Esta respuesta observada se contrapone al Proyecto Profish 2007 que señala que los hidrolizados con alto nivel de hidrólisis muestran una ECA superior al control comercial (Profish, S. A., 2007).

Lo obtenido concuerda con lo que publicó Leeson (2000) que dice que la conversión alimenticia de los broilers es afectada por la edad del ave, sexo, salud y temperatura ambiental, aunque el mayor factor es la concentración de energía de la dieta. Todas estas variables fueron uniformes para todas las aves, por lo tanto era de esperar que no presentaran diferencias relevantes.

Así, se encontraron valores de p muy altos (sobre 0,75) indicando una gran uniformidad entre los valores de los diferentes tratamientos, pero logrando eficiencias de transformación de alimento en peso vivo consideradas excelentes y del todo concordantes con las cifras alcanzadas por los mejores planteles comerciales y de la literatura de investigación consultada, (entre 1,791 y 1,825 kg de alimento para ganar un kg de peso vivo)

En la memorias realizadas por Maucher (2007), Henríquez y Céspedes (2008), tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) para la variable CA, lo que concuerda con los resultados del presente estudio.

d) Mortalidad

Tabla 7. Mortalidad de pollos alimentados en dieta de preinicio con hidrolizados proteicos de pescado en distintos niveles de incorporación durante los períodos 1-14 días, 15-22 días, 23-36 días, 37-42 días y 1-42 días de edad (%).

Tratamiento	Mortalidad (%)				
	1-14 d	15-22 d	23-36 d	37-42 d	14-42 d
Control Maíz-Soya	2,85	1,14	3,48	2,43	8,04
Control BIOCP ⁽¹⁾	2,85	1,14	3,52	3,70	10,34
SH Activium ⁽²⁾ A 1,5%	1,90	4,59	4,76	2,53	12,64
SH Activium ⁽²⁾ A 3%	0,95	2,24	6,81	5,00	14,60
SH Activium ⁽²⁾ A 5%	0	0	2,27	1,16	5,55
SH Activium ⁽²⁾ B 1,4%	0,95	1,12	0	7,95	8,98

(1) BIOCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A.).

(2) Activium®: Sobrehidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A.).

En este ensayo se encontró una mortalidad por sobre lo considerado "normal" para un plantel comercial.

Se les realizó necropsia a todas las aves muertas, encontrándose que en el primer y segundo período las muertes se debieron fundamentalmente a infección del saco vitelino y cuadros septicémicos asociados a éste.

Los períodos tercero y cuarto concentran los mayores porcentajes de mortalidad del estudio. La causa principal fue síndrome ascítico y en menor grado muerte súbita.

La mayor cantidad de muertes registradas por estas causas fue para el tratamiento Activium A 3%, que corresponde a los animales que lograron mayor peso, el cual es un factor predisponente a muerte por ascitis en pollos, dada la natural limitación cardio-circulatoria que poseen estas aves. La mortalidad del tratamiento Activium A 3% se disparó incluso en el período 23-36 días (6,81%) y se mantuvo alta hasta el término del estudio. Todo esto finalmente se refleja en que el tratamiento Activium A 3% es el que presenta la mortalidad más alta del experimento.

En contraste a lo anterior, el tratamiento Activium A 5% es el que obtuvo la menor mortalidad (3,41%), valor considerado dentro de lo "normal" para una engorda de pollos. Esto coincide con que es el tratamiento que obtuvo los menores pesos de los hidrolizados, y esto podría explicar su mayor sobrevivencia con respecto a los otros.

La gran cantidad de aves muertas la última semana del estudio, dada principalmente por síndrome ascítico, el cual se asocia a los altos pesos alcanzados por las aves, hace que tal vez sea conveniente disminuir el tiempo de engorda de los pollos, ya que éstos alcanzan su peso de mercado antes de lo esperado. A consecuencia de esto, las aves deberían enviarse a planta faenadora con un ciclo más corto, cuidando si, el no perjudicar globalmente los rendimientos productivos esperados.

e) Índice de Eficiencia Productiva:

Tabla 8. Índice de eficiencia productiva promedio de pollos alimentados en dieta de preinicio con hidrolizados proteicos de pescado en distintos niveles de incorporación, calculado al final del ciclo productivo (Promedio de cada tratamiento \pm DS; se indica el valor de p obtenido por ANDEVA).

Tratamiento	IEP p=0,67
Control Maíz-Soya	357,96 \pm 26,8
Control BIOCP ⁽¹⁾	367,18 \pm 39,8
SH Activium ⁽²⁾ A 1,5%	348,80 \pm 38,5
SH Activium ⁽²⁾ A 3%	359,27 \pm 39,1
SH Activium ⁽²⁾ A 5%	382,33 \pm 20,0
SH Activium ⁽²⁾ B 1,4%	370,41 \pm 26,5

(1) BIOCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A.).

(2) Activium®: Sobrehidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A.)

El índice de eficiencia productiva (IEP) es un índice utilizado en la industria avícola nacional como un método de comparación entre planteles avícolas. Permite evaluar el rendimiento integral de los grupos experimentales.

Se considera adecuado un IEP cuando su valor es mayor a 300.

Todos los tratamientos presentaron un IEP adecuado, ya que todos son valores mayores a 300; no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los distintos tratamientos.

Sin embargo, al observar los valores, se puede mencionar que el tratamiento Activium A 5% presentó el mayor IEP, posiblemente debido a su baja mortalidad en comparación con los otros tratamientos.

El tratamiento Activium A 1,5% mostró el peor IEP, probablemente porque su mortalidad es la segunda más elevada del estudio y la ECA acumulada 1-42 días es numéricamente también la segunda menos eficiente.

6.2. Indicadores Económicos

a) Margen Bruto

Tabla 9. Margen Bruto (\$) promedio de la engorda de pollos broiler alimentados en dieta de preinicio con hidrolizados proteicos de pescado en distintos niveles de incorporación, calculado al final del ensayo (Promedio de cada tratamiento \pm DS; se indica el valor de p obtenido por ANDEVA).

Tratamiento	Ingreso por venta (\$)	Costo total dietas (\$)	Margen Bruto (\$) p= 0,85
Control Maíz-Soya	25.556	15.635	9.921 \pm 1.119
Control BIOCP ⁽¹⁾	25.978	16.545	9.432 \pm 2.158
SH Activium ⁽²⁾ A 1,5%	25.082	16.136	8.946 \pm 1.537
SH Activium ⁽²⁾ A 3%	25.525	17.076	8.449 \pm 1.822
SH Activium ⁽²⁾ A 5%	27.423	17.689	9.734 \pm 918
SH Activium ⁽²⁾ B 1,4%	26.748	17.429	9.319 \pm 1.398

(1) BIOCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A.).

(2) Activium®: Sobrehidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A.).

Tabla 10. Ingreso por venta promedio de la engorda de pollos broiler alimentados en dieta de preinicio con hidrolizados proteicos de pescado en distintos niveles de incorporación, calculado al final del ensayo (kilogramos de pollos vendidos a la planta faenadora multiplicado por su precio de venta)

Tratamiento	Kg. de pollo vivo vendido	Precio de venta (\$)	Ingreso (\$)
Control Maíz-Soya	247,15	517	25.556
Control BIOCP ⁽¹⁾	251,23	517	25.978
SH Activium ⁽²⁾ A 1,5%	242,57	517	25.082
SH Activium ⁽²⁾ A 3%	246,86	517	25.525
SH Activium ⁽²⁾ A 5%	265,21	517	27.423
SH Activium ⁽²⁾ B 1,4%	258,68	517	26.748

(1) BIOCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A.).

(2) Activium®: Sobrehidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A.).

Tabla 11. Costo total promedio de las dietas de engorda de pollos broiler alimentados en dieta de preinicio con hidrolizados proteicos de pescado en distintos niveles de incorporación, calculado al final del ensayo (kilogramos de alimento consumido multiplicado por el precio de cada dieta).

Tratamiento	Consumo de alimento (Kg)	Costo total dietas (\$)
Control Maíz-Soya	452	15.635
Control BIOCP ⁽¹⁾	469	16.545
SH Activium ⁽²⁾ A 1,5%	459	16.136
SH Activium ⁽²⁾ A 3%	479	17.076
SH Activium ⁽²⁾ A 5%	486	17.689
SH Activium ⁽²⁾ B 1,4%	497	17.429

(1) BIOCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A.).

(2) Activium®: Sobrehidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A.).

El margen bruto es la diferencia entre el ingreso por venta neta y el costo de ese producto vendido.

En este caso, el ingreso corresponde a la cantidad de kilos de pollo vivo producido multiplicado por el precio de venta del kilo, que es el precio que paga la planta faenadora.

El costo se calculó como el consumo de alimento de cada tratamiento multiplicado por el precio del kilo de dieta que corresponda.

El análisis estadístico del margen bruto no arrojó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los distintos tratamientos.

Si se comparan numéricamente los resultados, estos muestran que el control maíz-soya presentó el mejor margen bruto de los tratamientos; esto se explica porque contiene la dieta más barata, por lo tanto el costo es menor.

En cambio, el tratamiento Activium A 3% presentó el margen bruto más bajo. Probablemente esto se deba a que tuvo la mortalidad más alta del estudio, por lo tanto disminuyó la cantidad de kilos vendidos. Esto sumado a que posee el mayor consumo de alimento acumulado y la segunda dieta más cara del ensayo, da como resultado un alto costo de producción.

Estos resultados coinciden con Leeson (2006) que afirma que el problema de los piensos más digestibles es que resultan muy costosos con respecto al uso exclusivo de maíz y soya.

b) Costo alimentario de la ganancia de peso

Tabla 12. Costo alimentario de la ganancia de peso de pollos broiler alimentados en dieta de preinicio con hidrolizados proteicos de pescado en distintos niveles de incorporación, calculado al final del período productivo del experimento (Promedio de cada tratamiento \pm DS; se indica el valor de p obtenido por ANDEVA).

Tratamiento	Costo alimentario de la ganancia de peso (\$) P=0,07
Control Maíz-Soya	312,67 $\pm 8,2$
Control BIOCP ⁽¹⁾	314,77 $\pm 4,6$
SH Activium ⁽²⁾ A 1,5%	317,99 $\pm 8,3$
SH Activium ⁽²⁾ A 3%	318,58 $\pm 4,3$
SH Activium ⁽²⁾ A 5%	326,54 $\pm 6,7$
SH Activium ⁽²⁾ B 1,4%	319,04 $\pm 8,5$

(1) BIOCP®: Concentrado de peptonas (Empresa Profish S.A.).

(2) Activium®: Sobrehidrolizado proteico de pescado de alto nivel de hidrólisis (Empresa Profish S.A.).

El costo alimentario de la ganancia de peso no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). Esto significa que no hay mayores diferencias en el costo de producir un kilo de carne de pollo entre los distintos tratamientos.

Si comparamos la magnitud de los valores obtenidos en la tabla, se puede observar que el tratamiento Activium A 5% presentó el mayor costo alimentario de la ganancia de peso de todos los tratamientos; esto se debe a que esa dieta experimental es la más cara, ya que posee la incorporación más alta del sobrehidrolizado.

Como era de esperar, el control maíz-soya presenta el costo alimentario más bajo debido a que no incorpora hidrolizado proteico en su dieta experimental.

6.3. Análisis final y global de los resultados obtenidos.

Los resultados productivos generales obtenidos por las aves en el presente estudio, fueron superiores a los estándares de la línea genética para el sexo utilizado y también para las productividades evidenciadas por los planteles avícolas comerciales del rubro.

En términos generales y en una apreciación macro del estudio, se puede observar que al parecer los pollos que recibieron una suplementación con el sobrehidrolizado A al 3% de inclusión, alcanzaron rendimientos estadísticamente superiores ($p < 0,05$) en peso vivo en comparación a los otros tratamientos para la primera mitad del estudio.

Hacia la segunda mitad del estudio las diferencias estadísticas entre tratamientos se pierden. Sin embargo, al hacer el análisis de las magnitudes de peso vivo, permanece la tendencia del tratamiento Activium A al 3% de inclusión de tener el mejor rendimiento de los tratamientos.

Para la variable consumo de alimento, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el período acumulado 1-42 días para los tratamientos Activium A 3% y Activium B 1,4%, siendo ambos mayores al control.

El indicador ECA no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Los elevados pesos vivos de los pollos y sus altos consumos de alimento,

determinaron valores de conversión alimenticia adecuados y en concordancia con los logrados en la industria de pollos de carne.

El índice de eficiencia productiva (IEP) resultó adecuado para todos los tratamientos, no encontrándose diferencias estadísticas entre ellos.

En cuanto a la magnitud de los valores, el tratamiento Activium A 5% presentó el IEP más alto. El IEP más bajo lo obtuvo el tratamiento Activium A 1,5%.

En relación a los indicadores económicos, el análisis estadístico del margen bruto y del costo alimentario de la ganancia de peso no arrojó diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Si se comparan numéricamente los resultados, estos muestran que el control maíz-soya presentó el mejor margen bruto de los tratamientos y el tratamiento Activium A 3% presentó el margen bruto más bajo.

El costo alimentario de la ganancia de peso más bajo fue el de la dieta control maíz soya, mientras que el más alto fue el de Activium A 5%.

Los indicadores económicos no son del todo favorables para los hidrolizados proteicos de pescado, básicamente por 2 razones:

El hidrolizado proteico de pescado es el insumo que más encarece el pienso de los animales, y éste se les suministró por 2 semanas a los pollos. Tal vez sería conveniente disminuir el tiempo de alimentación de las aves con los hidrolizados proteicos, buscando una mejor adecuación de rendimientos productivos beneficiosos, con una ventaja económica en el costo de las dietas.

La alta mortalidad presentada sobretodo la última semana del estudio, debido a ascitis principalmente, puede indicar que los pollos alcanzaron su peso de mercado precozmente. Esto también podría mejorarse reduciendo la duración del ciclo productivo de manera de poder evitar el sobrepeso de las aves.

7. CONCLUSIONES

1. Los hidrolizados proteicos de pescado incorporados en niveles de inclusión adecuados en la dieta de pollos broiler, producen un efecto notorio en el crecimiento de los pollos sólo a edad temprana.

2. Dietas con hidrolizados de pescado estarían ejerciendo un ligero efecto de mayor consumo por sobre una dieta maíz-soya.

3. El indicador Conversión Alimenticia no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, lo que indica que los pollos suplementados con hidrolizados proteicos de pescado no son más eficientes que los pollos alimentados con dieta maíz-soya en la transformación de alimento a carne.

4. Los indicadores económicos no son del todo favorables para los hidrolizados proteicos de pescado.

El indicador económico "Margen Bruto" fue más favorable para la dieta maíz-soya, con lo que se concluye que la incorporación de los hidrolizados proteicos de pescado probados en este estudio no es una opción rentable para el productor, al menos no ampliamente.

5. El "Costo alimentario de la ganancia de peso" no mostró diferencias notorias entre los tratamientos, lo que confirma que el uso de los hidrolizados proteicos de pescado evaluados en este estudio no genera un ingreso adicional para el productor en comparación con una dieta maíz-soya.

6. Sería interesante investigar en un futuro la posible asociación entre el uso de estos hidrolizados, la ganancia de peso precoz y la mayor mortalidad encontrada.

BIBLIOGRAFÍA

- **ANÓNIMO.** 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: 21 Agosto 2007]
- **AUSTIC, R.** 1985. Development and adaptation of protein digestion.
Journal of Nutrition. 15:686-697.
- **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC).** 1995.
Official methods of analysis. 17 Ed. Editado por Dr. William Horwitz. EEUU.
624 pp.
- **ASPMO, S.; HORN, S.; EIJSINK, V.** 2004. Enzymatic hydrolysis of Atlantic cod
(*Gadus morhua*) viscera. Process Biochemistry. 40 (5): 1957-1966.
- **BATAL, B.; PARSONS, A.** 2002. Effects of age on nutrient digestibility in
chicks fed different diets. Poult. Sci. 81 (3): 400-407.
- **BEHNKE, K.; BEYER, S.** 2000. Effect of feed processing on broiler
performance. VIII Seminario Internacional de Patología y Producción
Avícola. Stgo, Chile. Octubre 9-11, 2002. [En línea]
<http://www.veterinaria.uchile.cl/publicacion/VIIIpatologia/INICIO.html>
[consulta: 28 Junio 2007]
- **BIGOT, K.; TESSERAUD, S.; TAOUIS, M.; PICARD, M.** 2001. Alimentation
néonatale et développement précoce du poulet de chair. [en línea]. Productions
Animales. 14 (4): 219-230.
<<http://www.inra.fr/productions-animales/an2001/num214/bigot/kb214.htm>>
[consulta: 01-07-2007]
- **CÉSPED, R.** 2008. Efectos de la incorporación de hidrolizados proteicos de pescado
en dietaa de preinicio de pollos broiler machos. Indicadores productivos y de canal.
Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U Chile, Fac. Medicina
Veterinaria. 38 p.

- **CUNNINGHAM, J.** 2003. Fisiología Veterinaria. 3º Edición. Elsevier. 575 pp.

- **FAO.** 2007a. [en línea]
<http://www.fao.org/docrep/010/ah864s/ah864s09.htm>
 [consulta: 03-09-2007]

- **FAO.** 2007b. [en línea]
<http://www.fao.org/docrep/009/J8126s/j8126s08.htm>
 [consulta: 03-09-2007]

- **GBOGOURI, G.; LINDER, M.; FANNI, J.; PARMENTIER, M.** 2004. Influence of Hydrolysis Degree on the Functional Properties of Salmon Byproducts Hydrolysates. Journal of Food Science. 69 (8): 615-622.

- **GEYRA, A.; UNI, Z.; SKLAN, D.** 2001. Enterocyte dynamics and mucosal development in the posthatch chick. Poult. Sci. 80 (6): 776-782.

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

- **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. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U Chile, Fac. Medicina Veterinaria. 111 p.

- **HYLE, N.; MERRIT, J.** 1994. Quality of Fish Protein Hydrolysates from herring (*Clupea harengus*). Journal of Food Science. 59 (1): 76-79.

- **KITTS, D.; WEILER, K.** 2003. Bioactive Proteins and Peptides From Food Sources: Applications Bioprocesses used in Isolation and Recovery. [En línea]. Curr. Pharm. Des. 9 (16): 1309–132.
<<http://web.ebscohost.com/ehost/detail?vid=1&hid=21&sid=171046cb-8f57-4078-be72-85d56a57049b%40sessionmgr7>>

- **KRISTINSSON, H.; RASCO, B.** 2000a. Biochemical and Functional Properties of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Muscle Proteins Hydrolyzed with Various Alkaline Proteases. J. Agric. Food Chem. 48 (3): 657 -666.

- **KRISTINSSON, H.; RASCO, B.** 2000b. Fish Protein Hydrolysates: Production, Biochemical and Functional Properties. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 40 (1): 43-81.

- **KORHONEN, H.; PIHLANTO, A.** 2006. Bioactive peptides: Production and functionality. [en línea]. International Dairy Journal 16 (9): 945-960.
<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T7C1&_user=5909696&_coverDate=09%2F30%2F2006&_alid=604759346&_rdoc=1&_fmt=full&_orig=search&_cdi=5055&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_ct=3&_acct=C000053978&_version=1&_urlVersion=0&_userid=5909696&md5=52e437f6ea79d13a229420c2a87a11f6>
[consulta: 2-07-2007]

- **LEESON, S.** 2000. Is Feed Efficiency Still a Useful Measure of Broiler Performance?. [en línea]. **In:** Ontario. Ministry of agriculture, food and rural affairs.
<<http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/poultry/facts/efficiency.htm>>
[consulta: 09-12-2007].

- **LEESON, S.** 2006. Temas de interés presentes y futuros en nutrición de aves. **In:** XXII Curso de Especialización FEDNA. Barcelona, España. 16-17 Octubre 2006. University of Guelph - Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal (FEDNA). pp. 143-150

- **MARTÍNEZ, A.; MARTÍNEZ, E.** 2006. Proteínas y Péptidos en Nutrición Enteral. Nutricion Hospitalaria. 21: 1-14.

- **MATEOS G.; LÁZARO, R.; GRACIA, M.** 2006. Modificaciones nutricionales y problemática digestiva en aves. In: XVIII Curso de especialización FEDNA. Barcelona, España. 4-5 Noviembre 2002. Universidad politécnica de Madrid - Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal (FEDNA). pp. 15-37.

- **MAUCHER, K.** 2007. Evaluación de dos hidrolizados proteicos de pescado solos y mezclados con proteína vegetal de dos orígenes, sobre los rendimientos productivos y económicos de pollos broiler. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U Chile, Fac. Medicina Veterinaria. 63 p.

- **MILES, R.; JACOB, J.** 2003. Fishmeal: Understanding why this Feed Ingredient is so Valuable in Poultry Diets. [en línea]. **In:** University of Florida. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. <<http://edis.ifas.ufl.edu/PS043>> [consulta: 15-01-2008]

- **NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC.** 1994. Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient requirements of poultry. 9 ed. National Academy of Sciences Press. Washington, D.C., USA. 155p.

- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 1995. Digestion and Absorption in the Young Chick. Poul. Sci. 74 (2): 366-373.

- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 1997. Posthatch Development in Poultry. J. Appl. Poultry Res. 6: 344-354.

- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 1998. Metabolic Responses to Early Nutrition. J. Appl. Poultry Res. 7 (4): 437-451.

- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 2000. Hydrolysis and absorption in the small intestines of posthatch chicks. Poul. Sci. 79(9): 1306- 1310.

- **NOY, Y.; SKLAN, D.** 2002. Nutrient use in chicks during the first week posthatch. Poul. Sci. 81: 391-399.

- **ODEPA.** 2007a. [en línea].
<<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=E0B67AC370348DFC265E0472CB21FF34?idcla=2&idcat=8&idn=1948>>
[consulta: 25-06-2007]

- **ODEPA.** 2007b. [en línea]
<<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=E0B67AC370348DFC265E0472CB21FF34?idcla=2&idcat=8&idn=1948>>
[consulta: 26-06-2007]

- **PÉREZ, M.; HAYASNI, S.; OOSNIRO, Z.; OOMURA, H.** 1986. Desarrollo de la tecnología de un concentrado proteico de sardina (*Sardinops melanosticta*) con propiedades funcionales. Alimentos. 11 (2): 21-26.

- **PIHLANTO, A.; KORHONEN, H.** 2003. Bioactive Peptides and Proteins. Advances in Food and Nutrition Research. 46: 228-239.

- **PROFISH S.A.** 2007. Proyecto "Desarrollo de Activium, péptidos bioactivos para nutrición animal de alta eficiencia". Santiago, Chile. Profish. 21 p. Innova Bio-Bio, N° 06-IE-S1-8.

- **RAVALLEC-PLÉ, R.; CHARLOT, C.; PIRES, C.; BRAGA, V.; BATISTA, i.; WORMHOUDT, A.; LE GAL, Y.; FOUCHEREAU-PERON, M.** 2001. The presence of bioactive peptides in hydrolysates prepared from processing waste of sardine (*Sardina pilchardus*). J. Sci. Food Agric. 81: 1120-1125.

- **REVISTA DEL CAMPO.** 2007. Precios país. El Mercurio. Santiago, Chile. 22 Octubre. B-5.

- **RUTHERFURD-MARKWICK, K. ; MOUGHAN, P.** 2005. Bioactive Peptides derived from food. Journal of AOAC International. 88 (3): 955-963.

- **SAG.** 2006. Boletín Veterinario Oficial: Características de la industria avícola nacional. [en línea].
<http://www2.sag.gob.cl/Pecuaria/bvo/BVO_6_numero_especial_oct_2006/articulos/industria_nacional.pdf>
[consulta: 26-06-2007]

- **SATHIVEL, S.; SMILEY, S.; PRINYAWIWATKUL, W.; BECHTEL, P.** 2005. Functional and Nutritional Properties of Red Salmon (*Oncorhynchus nerka*) Enzymatic Hydrolysates. Journal of Food Science. 70 (6): 401-406.

- **SKLAN, D.; HURWITZ, S.;** 1980. Protein Digestion and Absorption in Young Chicks and Turkeys. J. Nutr. 110: 139-144.

- **SLIZYTE, R.; DAUKSAS, E.; FALCH, E.; STORRO, I.; RUSTAD, T.** 2005. Yield and composition of different fractions obtained after enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products. Process Biochemistry. 40 (3-4): 1415-1424.

- **SOKAL, R.; ROHLF, F.J.** 1981. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. 2º ed. New York. Freeman and Company. P 859.

- **STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS).** 2004. Learning Edition 2.0 (2.1.4.0). Licensed to UNIVERSIDAD DE CHILE, Site 0000514771.

- **STRINGHINI, J.; LOBO, M.; ANDRADE, L.; APARECIDA, S.; BARCELLOS, M.; MOGYCA, M.** 2006. Performance, nutrient balance and retention and biometrical measures of digestive organs of broilers fed different dietary protein levels in the pre-starter period. R. Bras. Zootec. 35 (6): 2350-2358.

- **SULISTIYANTO, B.; AKIBA, Y.; SATO, K.** 1999. Energy utilisation of carbohydrate, fat and protein sources in newly hatched broiler chicks. Br. Poult. Sci. 40: 643-659.

- **UNI, Z.; GANOT, S.; SKLAN, D.** 1998. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. Poult. Sci. 77: 75-82.

- **VIOQUE, J.; MILLAN, F.** 2005. Los hidrolizados proteicos en alimentación: Suplementos alimenticios de gran calidad funcional y nutricional. CTC Alimentación, centro tecnológico nacional de la conserva y alimentación. 26: 96-102.
- **WEBB, K.** 1990. Intestinal absorption of Protein Hydrolysis products: a review. J.Anim.Sci.68:3011-3022.
- **WEBB, K.; DIRIENZO, D.; MATTHEWS, J.** 1993. Recent developments in gastrointestinal absorption and tissue utilization of peptides: A review. J.dairy Sci. 76: 351-361.