

Evaluación de dos estrategias de pigmentación en salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*)

Evaluation of two pigmentation strategies in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)

J Pokniak^{1*}, S Muñoz², N Díaz², A Saldes¹, S Cornejo¹

¹ Departamento de Fomento de la Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

² Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effects of sex and two periods of feeding with a diet that included astaxanthin on productive performance, color and pigmentation of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) at harvest. The trial was carried out in sea cages (5x5x10 m). A total of 1368 coho salmon were assigned to 4 cages with 342 salmons in each, two cages for the experimental group (80 ppm of astaxanthin for 105 days) and two for the control group (80 ppm of astaxanthin for 55 days). The variables registered were weight, feed efficiency, condition factor, carcass yield, hepatosomatic and gonadosomatic indexes, color and pigmentation of steak and fillet. The color was evaluated with Roche® Color chart and Salmo-Fan and Minolta Chroma Meter. The pigment level in the steak and fillet was determined with NIR. The productive performance was quite similar in both treatments, with a high gonadosomatic index. The correlations determined were low with different levels of significance. The color and pigmentation of steaks and fillets were greater ($P \leq 0.05$) in the control treatment that was fed for 105 days with pigmented diet. The males were more colored and pigmented ($P \leq 0.05$) than females in steaks and fillets. The fillets of both treatments registered the value of 15 in Roche® Color chart that was the commercial minimum for this cut, but those from the experimental group were below the minimum of 30 when the assessment was made with the Roche® Salmo-Fan. According to the conditions of this study, a feeding period of 53 days with a pigmented diet was not appropriate to obtain a commercial color in coho salmon fillets, when the comparison was made with the more sophisticated Salmo-Fan method.

Palabras clave: salmón coho, pigmentación, coloración, estrategias.

Key words: coho salmon, pigmentation, color, strategies.

INTRODUCCION

El característico color que presenta la carne del salmón es lo que reviste mayor importancia comercial para productores y es esta apariencia visual la que confiere el sello al producto y determina su elección por parte de los consumidores (Williams 1989). El color rojo o rosado observado en los salmones está dado por el depósito de carotenoides oxigenados, principalmente astaxantina y cantaxantina que, bajo condiciones de cultivo intensivo, deben ser suministrados en la dieta (Torrissen y col 1989). Para pigmentar y colorear la musculatura de los salmónidos se han utilizado diferentes fuentes de astaxantina y cantaxantina como harina y aceite de crustáceos, levaduras, algas y carotenoides sintéticos (Nickell y Bromage 1997). El factor determinante del valor de estos recursos es su concentración de pigmentos (Torrissen y col 1989).

Por otra parte, los peces tienen una baja retención del pigmento y éste sufre un deterioro durante el proceso de elaboración del alimento, con pérdidas que oscilan entre un 10 y un 15%. Además, la suplementación de carotenoides en la dieta puede incrementar entre un 10 a 15% los costos de alimentación (Torrissen y col 1989).

Entre los factores que condicionan la pigmentación y coloración de la carne de los salmones están las características químicas del pigmento (Schiedt y col 1985, Foss y col 1987, Putnam 1991), digestibilidad del pigmento (Storebakken y No 1992) asociada a la concentración de lípidos de la dieta y a la presencia de un apropiado aporte de vitamina E (Nickell y Bromage 1997), perfil genético, tamaño, edad, condición fisiología, estado sanitario y estrés de los peces (Kitahara, 1983; Torrissen y col 1989, Putnam 1991, Nickell y Bromage 1997). También se debe mencionar el efecto del tiempo de entrega y concentración del pigmento en la dieta (Choubert y Storebakken 1989).

Por otra parte, cada empresa productora de salmones debe decidir una estrategia para pigmentar y dar el color requerido a los peces. Para definir el color del producto final, el mercado objetivo es probablemente el referente

Aceptado: 29.03.05.

* E-mail: jpokniak@uchile.cl

Casilla 2, Correo 15, Santiago, Chile.

Este trabajo fue financiado por el proyecto FONDEF D-98-I-1069.

más importante a considerar (Almendras y Sabelle, s.f.). Si se quiere aumentar la pigmentación de la carne del salmón, el incremento proporcional de pigmento en el alimento debe ser aún mayor, pero cada aumento de pigmento depositado se vuelve más caro. Concentraciones de pigmento superiores a 100 mg/kg en el alimento sólo otorgan una ganancia limitada de la coloración, en relación con el aumento del costo (Struknes 1999). Por consiguiente, el desafío de los productores es la búsqueda de nuevas estrategias de incorporación de pigmentos a la dieta, que permitan satisfacer las exigencias de los mercados de destino y reduzcan los costos de producción.

En este contexto, el objetivo de este trabajo fue contribuir a definir estrategias de pigmentación evaluando el efecto del sexo y de dos tiempos de incorporación de astaxantina en la dieta sobre la coloración y pigmentación del salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*), a la cosecha.

MATERIAL Y METODOS

La experiencia se llevó a cabo en dependencias del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) XI región, empleando 1368 salmones coho distribuidos al azar en cuatro grupos de 342 peces, asignados a dos tratamientos con dos repeticiones cada uno. Los peces se mantuvieron en cuatro balsas jaula de 5 x 10 x 10 m. Los peces fueron alimentados durante la etapa experimental con una dieta extruida comercial³, que analizada al inicio del ensayo (AOAC 1995) aportaba: proteína: 45,3%; extracto etéreo: 25,7% y cenizas: 7,85; siendo su aporte en astaxantina de 81,6 ppm determinada por HPLC (Weber 1990), la entrega de la dieta fue en forma manual hasta la saciedad de los peces (cuadro 1). El tratamiento, cuyos peces recibieron la dieta por 105 días fue considerado como control, por ser el período corrientemente usado, al momento de la realización del ensayo, por el sector salmonero local, para lograr un color 15 (Carta Color²), y 30 por Abanico Colorimétrico Salmo Fan⁴.

La pigmentación y la coloración de los peces al comenzar el ensayo se determinó sobre una muestra de 6 peces por jaula. Posteriormente, a la cosecha, se muestrearon 100 peces por jaula. Los peces fueron anestesiados, desangrados, pesados, medidos y eviscerados, obteniéndose filetes (división de la canal en dos hemicanales, desechando cabeza y columna vertebral), "steak" tipo noruego (corte hecho en el extremo caudal de la aleta dorsal y otro a nivel del poro anal). Sobre cada "steak" y filete, en condición fresca, se efectuó la lectura visual, con Carta de Color Roche" (escala 11-18) y Abanico Colorimétrico Salmo Fan de Roche" (escala 20-34), respectivamente. Todas las lecturas fueron efectuadas por

Cuadro 1. Tratamientos del ensayo.

Study treatments.

Tratamiento	Astaxantina (ppm)	Período (días)
Control	80	105
Experimental	80	53

los mismos evaluadores. El lugar de la lectura en los filetes fue bajo la aleta dorsal y por sobre la línea lateral, mientras que en el "steak" se realizó en el punto sugerido en la Carta de Color Roche". Además, se efectuó una evaluación *in situ* utilizando un colorímetro triple estímulo, según el protocolo del equipo (Minolta Chroma Meter CR-200).

Posteriormente se tomaron muestras de "steak" y filete que fueron envasadas individualmente en bolsas de polietileno, congeladas y enviadas al Departamento de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, para la determinación de contenido de pigmento (ppm), empleando la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR, Perstop Analytical®).

Los controles realizados permitieron determinar: tasa de crecimiento específico ($TCE = 100 * (\ln Pf - \ln Pi) / \text{días de alimentación}$), factor de condición ($FC = P/L^3 * 100$), rendimiento de la canal ($RC = (Pc * 100) / P$) y los índices hepatosomático ($IHS = (Ph * 100) / P$) y gonadosomático ($IGS = (Pg * 100) / P$). Además, se registró el consumo mensual de alimento que junto con el cambio en la biomasa fueron los antecedentes que permitieron calcular la eficiencia de conversión alimenticia ($ECA = \text{consumo} / Bf - Bi$). Donde: Pf = peso promedio final; Pi = peso promedio inicial; L = longitud; Bf = biomasa final; Bi = biomasa inicial; Pc = peso de la canal; Ph = peso del hígado; Pg = peso de gónadas; P = peso vivo. La tasa de retención del pigmento fue calculada como: 'mg carotenoide depositado x 100/ mg carotenoide entregado.

Los resultados fueron analizados empleando el análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el paquete estadístico S.A.S. (1991). Los valores porcentuales fueron previamente transformados a la raíz cuadrada del arcoseno (Sokal y Rohlf 1969). Se establecieron correlaciones entre Color (Carta) y peso; Color (Abanico) y peso; Color (Carta) y valor a* (Minolta Chroma Meter); Color (Abanico) y valor a* (Minolta Chroma Meter).

RESULTADOS

Las respuestas productivas de ambos tratamientos al término del experimento se refieren en el cuadro 2. La ECA, TCE y la mortalidad total, por el diseño experimental empleado, que incluyó dos repeticiones por tratamiento, solo fueron descritas por su media y desviación estándar; mientras que las restantes variables expuestas

³ Biomaster® Paillaco, Chile.

⁴ Roche®.

Cuadro 2. Respuesta productiva del salmón coho a la cosecha. Promedios \pm desviación estándar.Productive performance of coho salmon at harvest. Means \pm standard deviation.

Variables	Tratamientos	
	Control	Experimental
Peso Vivo (g)	3341 \pm 759	3496 \pm 899
ECA	1,5 \pm 0,1	1,3 \pm 0,2
TCE (%)	1,4 \pm 0,0	1,5 \pm 0,1
Rendimiento canal (%) con cabeza	88,3 \pm 1,8	88,3 \pm 1,5
Factor de condición	1,6 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1
Tasas de retención de pigmento %	10,8 \pm 0,7	12,2 \pm 1,8
Indice hepatosomático (%)	1,5 \pm 0,3	1,4 \pm 0,4
Indice gonadosomático (%)	5,6 \pm 1,9	5,9 \pm 2,0
Mortalidad total (%)	0,9 \pm 0,0	0,7 \pm 0,1

fueron evaluadas por medio del análisis de la varianza. La ECA y TCE fueron levemente mejores en el tratamiento experimental, las restantes variables tuvieron una respuesta muy semejantes entre ambos tratamientos.

Los resultados de coloración y pigmentación de los steaks y filetes de ambos tratamientos se presentan para el inicio y término (cosecha) del ensayo (cuadros 3, 4, 5 y 6).

Tanto en los steaks como en los filetes (cuadro 3), el tratamiento testigo registró una coloración superior al experimental ($P \leq 0,05$) según Carta Color; sin embargo, los filetes de ambos tratamientos logran la coloración comercial mínima exigida para salmón coho. Situación que tiende a repetirse cuando se evaluó el efecto del sexo dentro de los tratamientos, registrándose sólo una diferencia ($P \leq 0,05$) a favor de los machos en el tratamiento experimental. Cuando se considera el efecto general del sexo, la intensidad del color fue levemente superior, aunque significativa ($P \leq 0,05$), en los machos respecto de las hembras. La interacción tratamiento-sexo no fue significativa ($P \geq 0,05$).

Al evaluar el color de los steaks y filetes por comparación con el Abanico Colorimétrico (cuadro 4), en ambos cortes la coloración fue superior ($P \leq 0,05$) en el tratamiento testigo, alcanzando un valor de 30, que es el comercialmente exigido para los filetes de salmón coho; por su parte, los correspondientes al tratamiento experimental no alcanzan a calificar de acuerdo al abanico. Respecto del efecto del sexo tanto intrtratamiento como en general se repite lo observado cuando la evaluación se hizo con la carta color, aunque con el abanico fueron más consistente las diferencias ($P \leq 0,05$) en los machos en relación a las hembras, nuevamente la interacción tratamiento-sexo no fue significativa ($P \geq 0,05$).

Cuadro 3. Efecto de tratamientos y sexo sobre el color de los steaks y filetes de salmón coho evaluado con Carta Color Roche®. Promedios \pm desviación estándar.Effect of treatments and sex on color of steaks and fillets of coho salmon evaluated with Roche® Color Chart. Means \pm standard deviation.

	Steaks		Filetes	
	Tratamientos			
	Control	Experimental	Control	Experimental
Inicio	< 11	< 11	< 11	< 11
Cosecha	15,8 \pm 0,5 ^a	15,2 \pm 0,7 ^b	15,7 \pm 0,5 ^a	15,3 \pm 0,5 ^b
	M ¹	H ¹	M	H
Cosecha	15,9 \pm 0,5	15,9 \pm 0,5	15,3 \pm 0,6	15,1 \pm 0,6
			M	H
			M	H
Cosecha	15,6 \pm 0,6 ^a	15,3 \pm 0,6 ^b	15,6 \pm 0,5 ^a	15,4 \pm 0,5 ^b

¹M: macho. H: hembra. Letras distintas en la misma fila para cada corte e intrtratamiento diferencia ($P \leq 0,05$).

Cuadro 4. Efecto de tratamientos y sexo sobre el color de los steaks y filetes de salmón coho evaluado con Abanico Colorimétrico Roche® Promedios \pm desviación estándar.Effect of treatments and sex on color of steaks and fillets of coho salmon evaluated with Roche® Salmo-Fan. Means \pm standard deviation.

	Steaks		Filetes	
	Tratamientos			
	Control	Experimental	Control	Experimental
Inicio	< 20	< 20	< 20	< 20
Cosecha	30,4 \pm 1,3 ^a	28,8 \pm 1,7 ^b	30,5 \pm 1,3 ^a	29,3 \pm 1,1 ^b
	M ¹	H ¹	M	H
Cosecha	30,7 \pm 1,3 ^a	30,0 \pm 1,2 ^b	29,1 \pm 1,7 ^a	28,4 \pm 1,6 ^b
			M	H
			M	H
Cosecha	29,9 \pm 1,7 ^a	29,2 \pm 1,5 ^b	30,1 \pm 1,4 ^a	29,5 \pm 1,2 ^b

¹M: macho. H: hembra. Letras distintas en la misma fila para cada corte e intrtratamiento diferencia ($P \leq 0,05$).

Cuadro 5. Efecto de tratamientos y sexo sobre el color de los steaks y filetes de salmón coho evaluado con colorímetro de refractancia. Promedios ± desviación estándar.

Effect of treatments and sex on color of steaks and fillets of coho salmon evaluated with Minolta colorimeter®. Averages ± standard deviation.

	Steaks				Filetes			
	Tratamientos							
	Control		Experimental		Control		Experimental	
Cosecha	M ¹	H ¹	M	H	M	H	M	H
	18,4 ± 1,8 ^a		17,0 ± 2,2 ^b		16,3 ± 1,5 ^a		14,9 ± 1,5 ^b	
Cosecha	18,8 ± 1,9 ^a	17,9 ± 1,6 ^b	17,4 ± 2,2 ^a	16,6 ± 2,2 ^b	16,6 ± 1,7	16,0 ± 1,3	15,1 ± 1,3	14,6 ± 1,8
	Sexo							
	M		H		M		H	
	M	H	M	H	M	H	M	H
Cosecha	18,1 ± 2,1 ^a		17,3 ± 2,0 ^b		15,8 ± 1,7 ^a		15,4 ± 1,7 ^b	

¹M: macho. H: hembra. Letras distintas en la misma fila para cada corte e intra tratamiento diferencia (P ≤ 0,05).

Cuadro 6. Efecto de tratamientos y sexo sobre el contenido de astaxantina (ppm) en steaks y filetes de salmón coho. Promedios ± desviación estándar.

Effect of treatments and sex on astaxanthin content of steaks and fillets of coho salmon. Means ± standard deviation.

	Steaks				Filetes			
	Tratamientos							
	Control		Experimental		Control		Experimental	
Cosecha	M ¹	H ¹	M	H	M	H	M	H
	12,5 ± 1,7 ^a		11,2 ± 1,8 ^b		11,5 ± 0,9 ^a		10,5 ± 1,1 ^b	
Cosecha	12,7 ± 1,9 ^a	12,2 ± 1,4 ^b	11,4 ± 1,7	11,0 ± 1,9	11,6 ± 1,0	11,5 ± 0,8	10,5 ± 1,1	10,5 ± 1,0
	Sexo							
	M		H		M		H	
	M	H	M	H	M	H	M	H
Cosecha	12,0 ± 1,9 ^a		11,5 ± 1,7 ^b		11,0 ± 1,1		11,0 ± 0,9	

¹M: macho. H: hembra. Letras distintas en la misma fila para cada corte e intratratamiento diferencia (P ≤ 0,05).

La coloración de los steaks y filetes evaluada mediante colorimetría de refractancia está representada por los valores de a* correspondiente a la cromaticidad rojo-verde (Minolta CR-200) (cuadro 5). Los valores presentados tanto por los steaks como por los filetes tienden a repetir

un comportamiento similar al observado cuando se efectuó la comparación con el Abanico Colorimétrico, vale decir, valores en general superiores en el tratamiento testigo (P ≤ 0,05), lo mismo se puede anotar con el efecto del sexo tanto intra como en general a favor de los machos (P ≤ 0,05). Al igual que en las anteriores evaluaciones del color (cuadros 3 y 4), la interacción tratamiento-sexo no fue significativa (P ≥ 0,05).

El contenido de astaxantina fue más alto (P ≤ 0,05), tanto en los steaks como en los filetes del tratamiento testigo (cuadro 6); sin embargo, en esta variable, el efecto del sexo tanto intratratamiento como en general sólo se expresó a favor de los machos (P ≤ 0,05) en los steaks del tratamiento testigo, siendo la pigmentación en los filetes muy concordantes entre sí, en este caso tampoco fue significativa la interacción tratamiento-sexo (P ≥ 0,05).

Las correlaciones determinadas, a pesar que su magnitud, fueron relativamente bajas, marcaron significaciones de diferente intensidad, aunque no lo fueron entre color tanto con carta y abanico con a* para los filetes del tratamiento experimental (cuadro 7). Las correlaciones más altas fueron aquellas calculadas para los steaks de ambos tratamientos. Respecto de las bajas correlaciones y las altas significancias estadísticas señaladas, éstas pueden ser asociadas al tamaño muestral empleado y, por otra parte, a que la mayoría de las lecturas presentaron un valor de coloración similar, con baja dispersión (cuadro 3 y cuadro 4), no existiendo una representación más amplia de todos los valores existentes en la carta y abanico. Lo anterior es lo que se esperaba alcanzar en el ensayo, vale decir, que especialmente los filetes logran, a la cosecha, un color que superara el mínimo comercial de 15 en Carta Color.

Cuadro 7. Correlaciones entre algunas variables en steaks y filetes de salmón coho.

Correlations between different variables in steaks and fillets of coho salmon.

Correlaciones	Steaks		Filetes	
	Tratamientos			
	Control	Experimental	Control	Experimental
Color (Carta) y peso	0,45****	0,45****	0,49****	0,32**
Color (Abanico) y peso	0,45****	0,40****	0,35****	0,25*
Color (Carta) y a*	0,48****	0,56****	0,37****	0,23NS
Color (Abanico) y a*	0,48****	0,56****	0,41****	0,22NS

* p ≤ 0,05; ** P ≤ 0,01; *** P ≤ 0,005; **** P ≤ 0,0005. NS no significativa.

DISCUSION

Los resultados de las variables productivas más relevantes de este ensayo como peso vivo, ECA, TCE, rendimiento de la canal, factor de condición y tasa de retención de pigmento pusieron en evidencia que el tiempo de entrega de astaxantina no los afectó, siendo muy coincidentes en los tratamientos evaluados. Pudiendo rescatarse que la retención de pigmento fue levemente superior en el tratamiento experimental (cuadro 2).

Las evaluaciones del color fueron realizadas mediante Carta Color y Abanico Colorimétrico Salmo Fan porque eran los métodos ampliamente usados al momento de efectuar el ensayo, siendo el abanico el método que actualmente tiende a ser empleado mayoritariamente por el sector salmonero nacional.

La medición con carta y abanico puso de manifiesto un aumento de la coloración desde el control inicial hasta el momento de la cosecha, en los dos cortes evaluados y en ambos tratamientos (cuadros 3 y 4). En los filetes, el tratamiento experimental logró la coloración comercial mínima, al igual que el testigo, de acuerdo a Carta Color, pero no cuando se emplea un patrón de comparación más refinado como es el abanico, de tal manera que la entrega de 80 ppm de astaxantina por sólo 53 días no alcanzó a calificar, aunque la diferencia en términos absolutos fue 1,2 (30,5 vs 29,3).

El incremento de la coloración por carta y abanico se corresponde con un incremento del valor de a^* (cuadro 5), que identifica a la cromaticidad verde-roja; es decir, la coloración roja de steaks y filetes se elevó, lo que está respaldado por las correlaciones estimadas (cuadro 7), especialmente para el caso de los steaks, y por la mayor concentración de pigmento en ambos cortes del tratamiento testigo (cuadro 6). Por otra parte, en el presente estudio se coincidió con otros autores (No y Storebakken 1991, Nickell y Bromage 1997) que señalan que la medición por colorimetría de refractancia demuestra claramente que cuando se incrementa el contenido de astaxantina en el músculo, el valor de a^* aumenta. Sin embargo, la pigmentación determinada en este trabajo fue menor a los 16-18 ppm de astaxantina informada por laboratorios Roche, citado por Tellez (1998) y a los 19,5 ppm de astaxantina para lograr coloración comercial en salmón coho con Carta Color (Télez 1998). Torrisen y col (1989), en salmón coho salvaje encontraron un contenido de carotenoides de 9-21 ppm de astaxantina, mientras que Hardy (1988) informa un contenido de carotenoides para salmón coho cultivado menor a 7,3 ppm de astaxantina, muy inferior al encontrado en el presente estudio.

En salmón coho no hay una relación lineal entre el nivel de pigmento en el músculo y el color evaluado por Carta Color o colorímetros (Hardy y Castro 1994). Se debe considerar que la relación entre coloración y concentración de carotenoides es muy buena a bajos niveles de pigmentación en peces de cultivo, pero a altos niveles de

astaxantina, esta asociación es baja (Hardy 1988). Torrisen y col (1989) agregan que esto se debería a que el ojo humano parece ser menos sensible a concentraciones de carotenoides sobre 3 a 4 mg/kg comparado con concentraciones inferiores. Así, en el presente estudio, una coloración 15 por Carta Color se obtuvo con una pigmentación de 10,5 a 12,5 ppm de astaxantina (cuadros 3 y 5, respectivamente). De tal manera que el uso del Abanico Colorimétrico ayudaría a discriminar en mejor forma la intensidad de color que presentan los filetes al momento de la cosecha.

Al comparar la pigmentación alcanzada por los steak y filetes (cuadro 6) se pudo apreciar que la pigmentación fue mayor para los steak, así como la medición por colorimetría de refractancia (Cuadro 5), coincidente con Nickell y Bromage (1998), quienes señalan que la coloración del corte noruego fue siempre superior a la de los filetes de trucha arco iris, al igual que su contenido de astaxantina.

El efecto del sexo sobre el color, que fue mayor en los machos (cuadros 3, 4, 5 y 6), estaría en alguna medida asociado a que las hembras disminuirían la coloración de la carne debido a la migración de pigmento desde el músculo hacia las gónadas, lo que se vería aumentado por la cosecha tardía efectuada en este trabajo, como lo puso en evidencia el valor alcanzado por el índice gonadosomático (cuadro 2). De acuerdo a Télez (1998), cuando el índice gonadosomático supera el 1%, se ha iniciado el período de recrudescencia gonadal. Sin embargo, la pigmentación de ambos sexos fue la misma en los filetes (cuadro 6), por lo que no hubo una mayor transferencia de pigmento desde el músculo por parte de las hembras versus los machos. Una posible explicación de lo observado en este estudio sería que los peces aún estaban siendo alimentados al momento de comenzar el período de madurez sexual, por lo que el pigmento contenido en el alimento sería preferentemente depositado en los ovarios, impidiendo una movilización significativa de pigmento muscular por parte de las hembras.

Durante el período de maduración sexual, el proceso de pigmentación es ineficiente y extremadamente difícil, por lo que se deben alcanzar los niveles de pigmentación requeridos en la carne antes que se llegue a la época de maduración sexual (Almendras y Sabelle, s.f.). Esta puede ser una razón por la cual las hembras del tratamiento experimental (cuadros 3 y 4) no lograron alcanzar una coloración equivalente al testigo, ya que los peces presentaron un importante incremento del crecimiento gonadal entre el segundo (datos no presentados) y el tercer control que corresponde al período donde se suministró dieta con pigmento a los peces de este tratamiento.

Torrisen y col (1989) y Bjerkgeng y col (1992) señalan que durante la madurez sexual, los carotenoides se redistribuyen desde el músculo a piel y ovas, dependiendo que sean machos o hembras. Bjerkgeng y col (1992) agregan que las hembras maduras presentan una dismi-

nución del contenido de carotenoides en el músculo y un incremento de carotenoides en las gónadas cuando se compara con peces inmaduros. Sin embargo, en los filetes de machos y hembras del tratamiento testigo hubo una diferencia de 0,1 ppm ($P \geq 0,05$), mientras que en el experimental machos y hembras alcanzaron una misma pigmentación (cuadro 6). Una explicación de lo ocurrido podría ser que como los peces aún estaban alimentándose, parte importante del pigmento consumido se depositó en las gónadas y no en el músculo, lo que habría impedido observar una notable pérdida de la coloración muscular de los peces (cuadro 5), a pesar de que se encontraban en período de recrudescencia gonadal, como lo puso en evidencia el alto índice gonadosomático alcanzado por los peces (cuadro 2).

Si se logra detectar el momento en que la movilización de pigmentos es activada, se pueden establecer estrategias que aseguren una adecuada pigmentación y color final, antes que el proceso de maduración de los peces comience a movilizar astaxantina desde la carne (Almendras y Sabelle, s.f.).

La información reunida en este trabajo puso en evidencia que al alimentar salmones coho con dietas de igual contenido de astaxantina, pero por diferente lapso de tiempo, 105 y 53 días, respectivamente, originan diferencias significativas, a la cosecha, en el color y la pigmentación tanto en los steak como en los filetes de los salmones. Por consiguiente, lo que se pretendía lograr con la incorporación de astaxantina por un tiempo inferior al empleado, frecuentemente en los cultivos comerciales lograría una coloración y pigmentación equivalente de la carne tanto de machos como de hembras de salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) al momento de la cosecha no estaría respaldada por los resultados logrados.

Sin embargo, la coloración de los filetes del tratamiento experimental alcanzó el mínimo comercial exigido (color 15 Carta Color) para esta presentación en salmón coho. Además, el costo de incorporar pigmento a la dieta por un menor lapso de tiempo representaría un menor gasto para el productor, mejorando la rentabilidad del cultivo.

Lo que resta por definir, entre otros aspectos asociados al color del producto final, es cuál debería ser la extensión del periodo en que los peces tendrían que recibir pigmento y cuál debería ser la concentración más económica, pero definitivamente se puede afirmar que cualquier ahorro en el gasto de pigmento va en la dirección correcta para que el sector salmonero siga siendo competitivo.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del sexo y de dos tiempos de incorporación de astaxantina (AXT) en la dieta sobre indicadores productivos, la coloración y pigmentación del salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) a la cosecha. La experiencia se efectuó en balsas jaula (5x10x10) con 1368 salmones coho distribuidos al azar en cuatro jaulas

con 342 peces cada una, asignados a dos tratamientos: control (80 ppm AXT por 105 días) y experimental (80 ppm AXT por 53 días).

Las características controladas fueron: peso, factor de condición, rendimiento de la canal, índices hepatosomático y gonadosomático, color y pigmentación del filete y steak. El grado de coloración se evaluó con Carta Color Roche®, Abanico Colorimétrico Salmo-Fan Roche® y Minolta Chroma Meter CR-200. La pigmentación en steaks y filete se registró con NIR (Near Infrared Reflectance).

La respuesta productiva fue similar para ambos tratamientos, destacó un importante crecimiento gonadal en ambos tratamientos, lo que se reflejó en el alto índice gonadosomático alcanzado, superior a 5,5%. Las correlaciones encontradas fueron bajas y presentaron distintos niveles de significación. La coloración y pigmentación de steaks y filetes fueron mayores ($P \leq 0,05$) para el tratamiento que recibió pigmento por 105 días. El efecto sexo originó diferencias significativas tanto en steaks como en filetes a favor de los machos. Los filetes de ambos tratamientos lograron la coloración mínima comercialmente exigida para ese corte, correspondiente a 15 según Carta Color Roche®, pero aquéllos del tratamiento experimental lograron un valor bajo el mínimo exigido con el abanico colorimétrico Roche®. De acuerdo a las condiciones de este ensayo los salmones coho alimentados con una dieta pigmentada por un periodo de 53 días no fue suficiente para lograr una apropiada coloración de sus filetes, cuando la evaluación se efectúa con una pauta más refinada como el abanico colorimétrico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo prestado por todo el personal del complejo Piscícola Coyhaique, IFOP, y a los operadores de las balsas jaulas de Ensenada Baja, XI Región, Chile.

REFERENCIAS

- Almendras F, A Sabelle. s.f. Estrategias de pigmentación guía práctica: Uso de pigmentos salmonídeos bajo condiciones comerciales. Productos Roche Ltda, División vitaminas, Departamento de Acuicultura. Puerto Montt, Chile.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemistry. Arlington. Va. USA.
- Bjerkeng B, T Storebakken, S Liaaen-Jensen. 1992. Pigmentation of rainbow trout from start feeding to sexual maturation. *Aquaculture* 108, 333-346.
- Choubert G, T Storebakken. 1989. Dose response to astaxanthin and cantaxanthin pigmentation of rainbow trout fed various dietary carotenoid concentrations. *Aquaculture* 81, 69-77.
- Foss P, T Storebakken, E Austreng, S Liaaen-Jensen. 1987. Carotenoids in diets for salmonids V. Pigmentation of rainbow trout and sea trout with astaxanthin and astaxanthin dipalmitate in comparison with cantaxanthin. *Aquaculture* 65, 293-305.
- Hardy, R. 1988. *Carotenoid Pigmentation of Salmonids*. National Marine Fisheries Service, NOAA. Washington, USA. 21 p.
- Hardy R, C Castro. 1994. Characteristics of the Chilean salmonid feed industry. *Aquaculture* 124, 307-320.
- Kitahara T. 1983. Behavior of carotenoids in the chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during anadromous migration. *Comp Biochem Physiol* 76B, 97-101.

- Nickell D, N Bromage 1997. *Problems of Pigmentation: lipids and maturation*. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Stirling FK9 4LA. 20 p.
- Nickell D, N Bromage. 1998. The effect of timing and duration of feeding astaxanthin on the development and variation of fillet colour and efficiency of pigmentation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 169, 233-246.
- No H, T Storebakken 1991. Pigmentation of rainbow trout with astaxanthin at different water temperatures. *Aquaculture* 97, 203-216.
- Putnam M. 1991. A review of the nature, function, variability, and supply of pigments in salmonid fish. *Aquacult Environ* 16, 245-263.
- S.A.S. *Statistical Analysis System*. 1991. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Schiedt K, F Leuenberger, M Vecchi, E Glinz. 1985. Absorption, retention and metabolic transformations of carotenoids in rainbow trout, salmon and chicken. *Pure & Appl Chem* 57, 685-692.
- Sokal R, F Rohlf. 1969. *Biometry*. Ed : W.H. Freeman and Company. San Francisco, EE.UU. 776 p.
- Storebakken T, H No. 1992. Pigmentation of rainbow trout. *Aquaculture* 100:209-229.
- Struknes, G. 1999. Estrategia de pigmentación para truchas arcoiris. *En profundidad* 8 (3), 109-115. Publicada por Trouw Chile. S.A. Puerto Montt. Chile.
- Téllez V. 1998. Dinámica de pigmentación en *Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus mykiss* y *Salmo salar* en fase marina de cultivo. Tesis Licenciado en Medicina Veterinaria. Valdivia, Chile. U. Austral, Facultad Medicina Veterinaria. 41 p.
- Torrison O R W Hardy, K Shearer. 1989. Pigmentation of salmonids: carotenoid deposition and metabolism. *CRC Crit Rev Aquat Sci* 1, 209-225.
- Weber S. 1990. Determination of added stabilized astaxanthin in fish feeds and premixes with HPLC. Ed. H.E. Keller. *Analytical Methods for Vitamins and Carotenoids in Feed*. Revised Supplement. Roche-Publication. Index N° 2264. pp 59-61.
- Williams W. 1989. Origin and impact of color on consumer preference for food. *Poult Sci* 71, 744-746.