

## Procesamiento de plumas de pollo para la obtención de queratina

### Processing of chicken feathers to obtain keratin

Gina A. Quintero-Curvelo, William A. Huertas-Díaz, Eduar Ortega-David

Centro para la investigación y el desarrollo tecnológico agropecuario y agroindustrial –Cindetec-. Programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia.

#### Resumen

La cría y procesamiento industrial de pollo ha ocasionado el problema de generación de plumas, subproducto que tiene limitadas opciones de aprovechamiento. Estas están compuestas en su mayoría por moléculas de queratina, proteína caracterizada por su alto contenido de cistina y serina, que podría ser útil en diferentes aplicaciones industriales. En esta investigación se evaluó una forma de procesamiento de plumas para la obtención de queratina como alternativa de aprovechamiento en la industria cosmética. Para ello inicialmente se determinó el contenido proteico presente en las plumas de pollo de raza Cobb. Se obtuvo queratina mediante un proceso químico empleando diferentes proporciones de Sulfuro de sodio (Na<sub>2</sub>S) y Peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Finalmente se determinó la proteína extraída, sus características fisicoquímicas tales como sólidos totales, pH, índice de refracción y densidad. Los resultados confirmaron que las plumas de pollos poseen un elevado contenido de proteína con alrededor de un 75,97%. Con el tratamiento químico de 3g de sulfuro y 2.5 ml peróxido, fue posible obtener el mayor rendimiento de proteína. De esta forma se obtuvo un producto con un 54,66% de sólidos totales, 1,27 g/ml de densidad, pH 6,2 y un índice de refracción de 1,41. Las concentraciones de proteína solubles variaron entre 1,30 – 2,73 mg/ml. La aplicación de diferentes formas de procesamiento de plumas para el desarrollo de un proceso de obtención de queratina, podría ser una alternativa de aprovechamiento de este subproducto con aplicación en la industria cosmética.

Palabras clave: Hidrólisis proteica, industria avícola, residuos agroindustriales, valoración de subproductos.

#### Abstract

The breeding and industrial processing of chicken has caused the problem of generation of feathers, a by-product that has limited use options. These are composed mostly of keratin molecules, a protein characterized by its high content of cystine and serine, which could be useful in different industrial applications. In this research, a form of feather processing was evaluated to obtain keratin as an alternative for use in the cosmetic industry. Initially, the protein content present in Cobb chicken feathers was determined. Keratin was obtained by a chemical process using different proportions of sodium sulphide (Na<sub>2</sub>S) and hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Finally, it was determined the extracted protein, its physicochemical characteristics such as total solids, pH, refractive index and density. The results confirmed that chicken feathers have a

Doi: <http://10.18634/ugcej.23v.0i.767>

Recibido: 15/09/2017

Revisado: 21/11/2017

Aceptado: 10/12/2017

© 2017 Universidad La Gran Colombia. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acrediten.

#### Cómo citar:

Quintero-Curvelo, G.A., Huertas-Díaz E., Ortega-David, E. (2017) Procesamiento de plumas de pollo para la obtención de queratina. *UGCiencia*, 23, 81-87



high protein content, around 75.97%. With chemical treatment of 3 g of sulfur and 2.5 ml of peroxide, it was possible to obtain the highest protein yield. In this way, a product was obtained with 54.66% total solids, 1.27 g/ml density, pH 6.2 and a refractive index of 1.41. The soluble protein concentrations varied between 1.30 - 2.73 mg/ml. The application of different forms of processing of feathers for the development of a process to obtain keratin could be an alternative to take advantage of this by-product, with application in the cosmetic industry.

Key words: Protein hydrolysis, poultry industry, agroindustrial waste, valuation of by-products.

## Introducción

Colombia es el quinto productor avícola en Latinoamérica después de Brasil, México, Argentina y Perú, con 1,424.388 toneladas registradas para el año 2015 (Fenavi, 2015). Constituye uno de los sectores económicos agropecuarios más importante después de la ganadería consolidándose como una gran cadena agroindustrial. La masiva producción de pollo evidentemente genera grandes volúmenes de residuos que poseen poco uso y pocas alternativas de generación de valor agregado. La razón de su limitado aprovechamiento se debe principalmente a la naturaleza química de sus moléculas que la hace resistente a la mayoría de tratamientos (Loja, 2015). Se han planteado diversos métodos para procesar esta proteína entre ellos químicos, fundamentados en el uso de etóxido de sodio y borohidruro de sodio, lo cual además de provocar su desnaturalización, genera residuos altamente contaminantes (Salazar, 2013).

La pluma es una estructura epidérmica que consta de un eje central rígido llamado raquis con paletas más suaves en cada lado, la paleta se compone de numerosas ramas laterales llamadas barbas. Se sabe que las plumas están compuestas mayormente por queratina y que está por lo general en más de 70% de su peso. Pese a que esta proteína posee un bajo valor biológico nutricional puede tener interesantes aplicaciones cosmetológicas, agrícolas, entre otras (Kowata, *et al.*, 2012).

La queratina es una proteína estructural fibrosa compuesta por gran variedad de aminoácidos encontrándose en mayor abundancia la Glicina, Cistina, y Cisteína (Salazar, 2013). Existen dos tipos de queratina diferenciadas por sus componentes y estructura:  $\alpha$  y  $\beta$  queratina. La  $\alpha$  queratina se caracteriza por tener en su estructura puentes de disulfuro que otorgan una gran resistencia, estando presente en materiales como la lana de oveja, el pelo, las uñas y la piel (Gallardo, Montaña y Valladolid, 2015). También se encuentra  $\alpha$  queratina en las fibras de tejidos duros de proteína tales como las

plumas de aves, cuernos cascots, entre otros (Paniagua, Ossa y Ruiz 2008).

En general, las proteínas son polímeros capaces de promover enlaces intra e intermoleculares, permitiendo que los materiales resultantes tengan una gran variación en sus propiedades funcionales. La queratina nativa es insoluble en agua y en solventes orgánicos, pero pese a su alta estabilidad química mediante tratamientos esta puede ser digerida mediante técnicas químicas o enzimáticas. La hidrólisis de esta proteína puede liberar aminoácidos hidrosolubles con lo cual puede resultar en un líquido cremoso con aplicaciones industriales. La posibilidad de hidrolizar esta sustancia podría ayudar en la consecución de un producto útil para productos donde se requiera gran cantidad y variedad de aminoácidos, brindando una alternativa de uso a esta dura y fibrosa estructura de los tejidos (Vílchez, 2005).

Pese a los avances biotecnológicos, los métodos químicos aún siguen siendo los de mayor efectividad en el tratamiento de este material. Para la degradación de esta proteína en el presente trabajo se investigó el método del sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) que aplicado en diferentes concentraciones, favorece la lisis de la queratina presente en las plumas. Este método facilita el rompimiento de los enlaces de disulfuro, que acompañado con un tratamiento con hidróxido de sodio NaOH genera la hidrólisis de la proteína. Al romper los enlaces que caracterizan la estructura de la queratina presente en las plumas de pollo, esta se puede convertir en una proteína soluble (Wilkinson y Moore, 2000). La queratina soluble puede ser utilizada en la fabricación de múltiples productos, tales como formulaciones de cremas para la piel, tratamientos para el cabello, entre muchos otros productos para el cuidado personal.

## Materiales y métodos

### Obtención y pretratamiento de las plumas

Las plumas de animales recién sacrificados fueron

recolectadas en el departamento del Meta en la industria Avícola San Lorenzo. Una vez escogidas, se sumergieron en éter durante 24h para eliminar manchas y grasa. Luego las plumas se lavaron con agua y detergente para eliminar los residuos de éter. Las plumas húmedas se extendieron en papel aluminio y se llevaron a una estufa 50°C por 45h. Estas se conservaron a temperatura ambiente en recipientes herméticos de plástico.

### Método de obtención de queratina

En un frasco de polietileno seco se adicionaron 5g de plumas y 100 mL de solución acuosa de sulfuro de sodio, se agitó durante 24h a temperatura ambiente en un *shaker*. La suspensión obtenida se filtró y se le adicionó peróxido de hidrogeno (CE (Einecs) 231-765-0). La mezcla se agitó por 50min a temperatura ambiente y se le adicionó ácido sulfúrico al 20% (Cas 7664-93-9) hasta lograr una acidificación de la mezcla hasta un pH de 4.8. La suspensión formada se decantó por 48h y se filtró. El sólido separado se lavó con agua destilada y se filtró, luego se neutralizó el exceso de ácido con hidróxido de sodio 0.1N (Merk KGaA-64271) y se dejó en reposo por 48h. La suspensión se filtró y se agitó por 2h y se decantó por 24h. Seguidamente se filtró la suspensión en papel y el filtrado se aforó a 200 ml. Esta es la solución acuosa de queratina obtenida de acuerdo con el procedimiento seguido por Florido (2007).

### Métodos analíticos

La determinación de proteína cruda en la pluma se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de los Llanos mediante el método de Kjeldahl A.O.A.C 928.08, 1990.

La determinación de los sólidos solubles totales en la solución de queratina obtenida, se realizó mediante el Método A.O.A.C 925.23, 1990 de sólidos totales, manteniendo una temperatura de 105°C por 2h.

Para realizar el cálculo del contenido de sólidos se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%SST = \frac{msólido}{msolución} \times 100$$

Dónde:  $m_{sólido}$  = Peso de contenido de solidos totales (g)

$m_{solución}$  = Peso de la solución de la queratina (g)

La densidad de la solución de queratina se determinó por el método del picnómetro, utilizando uno de 10 ml de capacidad siguiendo la metodología A.O.A.C. 962.37, 1995. Finalmente la determinación del índice de refracción en la muestra de queratina obtenida se determinó mediante un refractómetro siguiendo el método descrito en A.O.A.C 940.39, 1990.

### Análisis estadístico

Se realizó un diseño experimental factorial de dos factores en tres niveles cada uno. Tres concentraciones de sulfuro de sodio (3.0, 4.0, 5.0 g/L) y tres de peróxido de hidrogeno (1.0, 2.5, 4.0ml) para los ensayos del método de obtención de queratina. Cada uno de los nueve tratamientos se hizo por triplicado. Los datos se analizaron con un  $\alpha = 0.05$ .

### Resultados y discusión

#### Determinación de proteína cruda

Las plumas recolectadas pertenecen en su mayoría a aves de raza Cobb que fueron sacrificadas en el proceso de obtención de carne. Después de realizarles el pretratamiento de eliminación de contaminantes se realizó el análisis para determinar el contenido de nitrógeno total y el contenido de proteína. Después de los análisis, los datos mostraron un contenido promedio del 75.970.34% de proteína. Esto ratifica que las plumas son una materia prima con un altísimo contenido de proteína, valores que suelen ser comunes para este tipo de tejidos. De igual forma los valores del coeficiente de variación menores a 0.1, pueden interpretarse como demostración de la estabilidad de la materia prima analizada, su homogeneidad composicional y un análisis efectivo.

#### Obtención de queratina

Como materia prima se eligió las barbillas de las plumas debido a que estas presentan más finura y un área mayor que la de los raquis. De esta manera, la interface entre las plumas y los reactivos líquidos es más grande aumentando la rapidez de la reacción y el

rendimiento. En un vaso se adicionaron 5g de plumas y 100 ml de solución acuosa de sulfuro de sodio agitando durante 6 h a 70°C. Posteriormente se filtró y se adicionó peróxido de hidrogeno agitándolo por 50 min a temperatura ambiente. En seguida se adicionó ácido sulfúrico al 20 % hasta un pH 4.8, se decantó por 24 h y se filtró. Luego el líquido se neutralizó con hidróxido de sodio 0.1N y se dejó en reposo por 48h, para luego filtrarse lo que finalmente es la solución acuosa de queratina.

El sulfuro de sodio reaccionó actuando como agente reductor rompiendo los enlaces disulfuro de la proteína cambiando de una coloración gris a un color amarillo. Al adicionar el oxidante (peróxido de hidrogeno), se presentó un aumento de la temperatura de la solución y una aglomeración de sólidos que posteriormente se decantaron y filtraron a pH neutro. Se obtuvieron 9 soluciones variando las cantidades de sulfuro de sodio (2, 3 y 4.5 g de Na<sub>2</sub>S / 100 ml de agua) y peróxido de hidrogeno (1, 2.5 y 4 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / 100 ml de agua). En cada una de las soluciones de queratina se determinó el contenido de sólidos totales, densidad, índice de refracción (tabla 1).

Tabla 1. Variación en el contenido de sólidos, densidad e índice de refracción

Tratamientos (Na <sub>2</sub> S / H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	Sólidos totales (%)	Densidad (g/ml)	Índice de refracción
2.0/1.0	28.67±2.18	0.99±0.05	0.85±0.00
2.0/2.5	31.80±1.39	1.03±0.01	0.97±0.00
2.0/4.0	33.27±2.19	1.02±0.00	1.06±0.00
3.0/1.0	42.16±1.96	1.20±0.00	1.39±0.00
3.0/2.5	54.66±1.98	1.27±0.00	1.41±0.00
3.0/4.0	52.23±1.74	1.28±0.01	2.02±0.00
4.5/1.0	62.72±1.32	1.36±0.04	2.07±0.00
4.5/2.5	67.90±1.50	1.34±0.02	2.98±0.00
4.5/4.0	73.98±0.33	1.45±0.02	2.67±0.00

Fuente: el autor

En general, los resultados muestran un incremento proporcional en los valores de las propiedades estudiadas en la medida en que se incrementa la intensidad del tratamiento. Los sólidos totales muestran un incremento de 2.5 veces su valor inicial cuando en el tratamiento se duplica la concentración de sulfuro. Esto se confirma con

la lectura de índice de refracción en la que se observa que la concentración de las sustancias que están en solución se incrementa en una proporción similar al aumento en la concentración de sulfuro. Los efectos provocados por los tratamientos donde se incrementa la cantidad de peróxido muestran un incremento máximo del 25 %, lo que significa que la reacción de solubilización de la proteína, está más influenciada por la concentración de sulfuro que por la cantidad de peróxido.

El principio que ocurre en la reacción es la modificación de la proteína que se realiza para mejorar su solubilidad. La obtención de la queratina se hace por la reducción de los enlaces disulfuro que facilita la solubilización, lo cual sumado a la modificación parcial de los grupos -SH libres, impide que se vuelvan a formar enlaces disulfuro. Así mismo, la oxidación de la cisteína ha sido usada para obtener productos solubles (Orjuela, Lanari y Zaritzky 2015).

Las soluciones de queratina obtenidas están alrededor de un pH de 6.2 y valores alrededor de 42% de sólidos totales. De acuerdo con la literatura el contenido de sólidos totales de una queratina comercial está entre el 40 y 50 % (Phitother, 2009). De esta manera la hidrólisis realizada con soluciones a concentraciones de sulfuro por encima de 3 g/L ya son suficientes para alcanzar a solubilizar queratina a concentraciones comerciales. Niveles superiores de concentración serían útiles para lograr obtener un mayor rendimiento en la obtención de queratina soluble.

En la tabla 2 se puede apreciar el comportamiento que presenta la densidad de la solución queratina obtenida, evidenciando que está se incrementa conforme se va aumentando la concentración de sulfuro de sodio y peróxido de hidrógeno. Según lo indicado en la literatura la densidad de una queratina comercial varía entre 1.15-1.20 g/ml (Phitother, 2009). De esta forma, al igual que con los sólidos totales a partir de una concentración del 3 g/L de sulfuro de sodio fue posible observar una solución de queratina con una densidad similar a la comercial. La hidrólisis provocada por la solución de sulfuro al ser proporcional a su concentración, evidentemente producirá una solución de queratina más concentrada en sólidos totales que obviamente incrementarán su relación masa volumen (Gupta, Perumal, Bin, Yunus y Kamarudin, 2011).

El comportamiento de sólidos totales y densidad es confirmado con la lectura del índice de refracción que es un indicativo del incremento progresivo de la concentración de sólidos proteicos en la medida que se incrementa la fuerza del tratamiento. Las lecturas del índice de refracción de las soluciones de queratina aumentan proporcionalmente a las concentraciones de sulfuro de sodio y peróxido de hidrógeno. Phitother (2009) reportó que un índice de refracción de una solución de queratina comercial para uso cosmético está entre 1.40-1.43. De acuerdo con este parámetro los tratamientos ensayados presentan la misma tendencia mostrada en las mediciones anteriores. En conclusión la solubilización de la proteína fue proporcional a la intensidad del tratamiento. La efectividad de tratamientos más intensos debe probarse y validarse en función de la calidad de la solución obtenida.

El análisis estadístico de los datos demostró claramente que la variación de las cantidades de  $\text{Na}_2\text{S}$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$  tiene una relación significativa con las características fisicoquímicas evaluadas. El aumento en la concentración de estos componentes en la reacción dentro del intervalo estudiado, deriva en un incremento proporcional en los productos del hidrólisis. De igual forma el análisis evidenció que las concentraciones de sulfuro tiene un mayor efecto que la cantidad de peróxido en el contenido de sólidos de la solución obtenida, así como en las demás propiedades fisicoquímicas.

Comparando los datos arrojados de la caracterización fisicoquímica con los datos de la investigación realizada por Salazar (2013), se puede afirmar que la diferencia más significativa en los resultados corresponde al contenido de sólidos totales con una diferencia de 8.79 %, lo cual se puede presentar debido a la diferente concentración de sulfuro de sodio empleado en ambas investigaciones. Los demás resultados respecto a las características de densidad e índice de refracción evidencian similitud de resultados, lo que significa que el tratamiento realizado es reproducible y puede ser escalado en futuros ensayos.

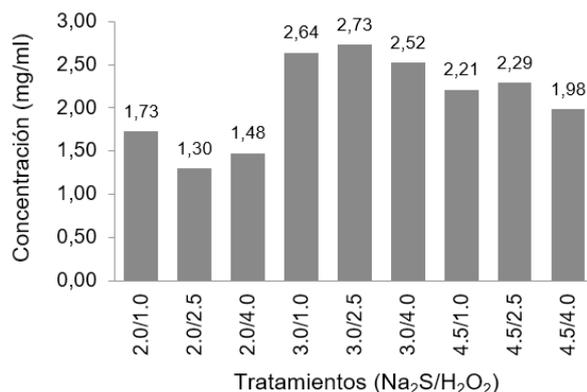
### Contenido de proteínas solubles

Las proteínas solubles son un indicativo directo de la efectividad de la reacción de lisis molecular a la que se está sometiendo la proteína insoluble. La determinación de estas proteínas se realizó según el procedimiento de Lowry en el cual se identifican proteínas solubles mediante el cambio de coloración de azul a violeta del

sulfato de cobre al reaccionar con los grupos aminos pertenecientes a dichas proteínas. En esta prueba colorimétrica se empleó albumina como estándar para la curva de calibración de absorbancia Vs. concentración.

La figura 1 muestra los resultados de la concentración de proteína soluble que arrojaron cada uno de los tratamientos a los que se sometió las plumas. Los resultados variaron entre 1.298 -2.734 mg/ml lo cual revela evidentes cambios en provocados por los diferentes tratamientos realizados. De igual forma, se evidencia la posibilidad de que la proteína sufre reacciones adversas durante la reacción, lo cual puede eventualmente cambiar la calidad o el comportamiento químico de la molécula.

Figura 1. Concentración de proteína en las soluciones.



Fuente: el autor

Los experimentos evidenciaron la presencia de proteína soluble en todos los tratamientos, la cual según se ha reportado, corresponde a queratina en más del 90 % de proteína total (Suntornsuk, 2003). Esta proteína en su forma nativa es insoluble pero después del tratamiento estudiado fue posible lograr una cantidad máxima de 2.7 mg/ml, lo que equivale a una solubilización del 5.46 % del total de proteína disponible. Estos valores son bajos respecto de otros tratamientos donde se logran altos porcentajes de hidrólisis basado en procesos de mayor tecnología e intensidad (Abouheif, Basmaeil, Metwally y Masoud, 1985; Pardo y Rogel, 2015). Sin embargo, estos tratamientos podrían optimizarse con la selección de otras sustancias químicas que puedan lograr una mejor reacción y con la optimización de los tiempos de ejecución.

Los resultados muestran una tendencia, donde la máxima cantidad de proteína hidrolizada se presentó en el tratamiento sulfuro-peróxido 3.0-2.5. Se evidenció en los resultados una disminución significativa de la concentración de proteínas solubles en los tratamientos restantes que tienen concentraciones de sulfuro peróxido por encima o por debajo. Cuando este tratamiento está por debajo (2.0-2.5) fue evidente que la concentración de reactivos no fue suficiente para lograr una hidrólisis, lo que ocasionó que solamente un 2.6% de la proteína total fuera solubilizada. Cuando el tratamiento fue más intenso (4.5-2.4) se observó que la hidrólisis fue de alrededor de 4.2% de la proteína total. Esta reducción en la cantidad de proteína soluble observada en los tratamientos de mayor concentración pudo deberse a la afectación molecular provocada por una excesiva concentración tanto de sulfuro como de peróxido, lo cual afecta la solubilidad de las proteínas hidrolizadas, y por ende, afectando su reactividad y/o determinación. Los cambios en la estructura y la funcionalidad de la queratina deben determinarse en estudios posteriores para establecer la relación existente entre la concentración de los reactivos de hidrólisis y la calidad de los productos obtenidos.

### Conclusiones

Las plumas de pollos raza Cobb son una materia prima con un alto contenido de proteína que corresponde en su mayoría a queratina que posee una estructura sumamente resistente a los tratamientos químicos ensayados. No obstante, la obtención de queratina para uso cosmético con características similares a la comercial, puede obtenerse empleando de sulfuro de sodio como agente reductor y peróxido de hidrogeno como agente oxidante en concentraciones de (3.0-2.5). Las propiedades de la solución de queratina obtenida varían en relación directa con la concentración de sulfuro y peróxido que se utiliza en el proceso de obtención. Ambas sustancias interactúan en la hidrólisis pero el sulfuro posee una mayor incidencia que el peróxido en características de la solución. Los reactivos también afectaron el contenido de proteínas solubles obtenidas, aparentemente tanto en concentración como en reactividad. Estudios más avanzados tanto para el mejoramiento en el rendimiento de la reacción, así como para la estabilización de la proteína obtenida se requieren para avanzar con el desarrollo de un producto aceptable para comercialización.

### Referencias bibliográficas

- Abouheif, MA., Basmaeil, S., Metwally, H., Masoud, S. (1985). Chemical preparation of NaOH-Keratin hydrolysate for improving the nutritive value of wheat Straw. *Animal Feed Science and Technology*, 13: 3-4, 215-225.
- A.O.A.C., 925.23. (1990). Extracto seco (sólidos totales). Disponible en: [http://www.aoac.org/iMIS15\\_Prod/AO AC](http://www.aoac.org/iMIS15_Prod/AO AC).
- A.O.A.C., 928.08. (1990). Determinación de Nitrógeno Total por kjeldalh. Disponible en: [http://www.aoac.org/iMIS15\\_Prod/AO AC](http://www.aoac.org/iMIS15_Prod/AO AC).
- A.O.A.C., 940.39. (1990). Determinación de índice de refracción. Disponible en: [http://www.aoac.org/iMIS15\\_Prod/AO AC](http://www.aoac.org/iMIS15_Prod/AO AC).
- A.O.A.C., 962.37. (1995). Densidad de líquidos. Disponible en: [http://www.aoac.org/iMIS15\\_Prod/AO AC](http://www.aoac.org/iMIS15_Prod/AO AC).
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia. – Fenavi- (2015). Disponible en: [http://www.fenavi.org/index.php?option=com\\_content](http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content).
- Florido, L. (2007). Procedimiento para la obtención de microfibras de queratina a partir de residuos ganaderos. Inventor. Int. CL.: C08H1/06. Patente. WO2007023199 A1.
- Gallardo, M., Montaña, M., Valladolid, M. (2015). Dos procedimientos para el estudio de las plumas en microscopía óptica. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección biológica*, 109, p 65-69.
- Gupta, A., Perumal, R., Bin, R., Yunus, M., Kamarudin, NB. (2011). Extraction of Keratin Protein from Chicken Feather. *Chemeca. Ingeniería de un mundo mejor*, 6, p. 732-737.
- Kowata, K., Nakaoka, M., Nishio, K., Fukao, A., Satoh, A., Ogoshi, M., Takahashi, S., Tsudzuki, M., Takeuchi, S. (2012). Identification of a feather  $\beta$ -keratin gene exclusively expressed in pennaceous barbule cells of contour feathers in chicken. *Gene*, 542, p. 23-28.

- Loja, G. (2015). Obtención de queratina a partir de plumas de pollo utilizando queratinasas producidas por *Bacillus spp.* Trabajo de grado Bioquímica Farmacéutica. Universidad Técnica de Machala. Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud. Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2829/3/CD000024-TRABAJO%20COMPLETO.pdf>.
- Orjuela, J., Lanari, M., Zaritzky, N. (2015). Desarrollo de productos a base de queratina a partir de residuos de la industria avícola. Centro de Investigación y Desarrollo en Crio tecnología de Alimentos (CIDCA). Argentina. Documento disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47852/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47852/Documento_completo.pdf?sequence=1).
- Paniagua, M., Ossa, A., y Ruiz, G. (2008). Características de adhesión entre fibras de queratina y poliéster insaturado. Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, 46, p.15-23.
- Phitother, S. (2009). Casa del Químico: Ecuador. Ficha técnica de queratina.
- Pardo, C., y Rogel, J. (2015). Obtención de queratina partiendo de hidrolizado de harina de plumas de pollo. para elaborar una crema alisante de cabello. (Trabajo de grado). Unidad Académica Químicas y de la Salud. Ecuador.
- Salazar, M. (2013). Determinación del método para la obtención de queratina cosmética a partir de plumas gallináceas. (Trabajo de grado Químico Farmacéutico). Facultad de Ciencia, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Suntornsuk, W. (2003). Feather degradation by *Bacillus* sp. FK 46 in submerged cultivation. *Biosource Technology* 86, p. 239-243.
- Wilkinson, JB y Moore, RJ. (2000). *Cosmetología de Harry*. Madrid: Editorial Díaz Santos.
- Vilchez Maldonado, S. (2005). *Nuevos tratamientos de lana con enzimas*. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona. Universidad de Barcelona. Disponible en: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/32604/2/Vilchez\\_Susana\\_2.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/32604/2/Vilchez_Susana_2.pdf).