pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 32, No. 1, pp. 57~63 (2017)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2017.32.1.57

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

식품 중 동물 털 이물의 판별법 연구

이재황* · 박영은 · 임병철 · 김주신 · 최종현 · 강태선 · 이진하 · 권기성
식품의약품안전처 식품의약품안전평가원 식품위해평가부 신종유해물질팀

A Study on the Identification of Animal Hair in Food

Jae-Hwang Lee*, Young-Eun Park, Byung-Chul Lim, Ju-Shin Kim,
Jong-Hyun Choi, Tae Sun Kang, Jin-Ha Lee, and Kisung Kwon
New Hazardous Substance Team, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Ministry of Food and Drug Safety
(Received November 22, 2016/Revised December 6, 2016/Accepted December 20, 2016)

ABSTRACT - Foreign materials with a variety of types and sizes are found in food; thus, extraordinary efforts and various analytical methods are required to identify the types of foreign materials and to find out accurate causes of how they unintentionally enter food. In this study, human, cow, pig, mouse, duck, goose, dog, and cat were chosen as various types of animal hairs because they can be frequently incorporated into food during its production or consumption step. We morphologically analyzed them using stereoscopic, optical, SUMP method, and scanning electron microscopes, showing differences in each type. In addition, X-ray fluorescence spectrometer (XRF) was used to analysis chemical compositions (^{11}Na~^{92}U, Mass%) of samples. As a result, we observed that mammalian hairs were mainly composed of sulfur. Organic compounds of samples were further analyzed by fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) that can compare spectra of given materials; however, this method did not show significant differences in each sample. In this study, we suggest a rapid method for the identification of the causes and types of foreign materials in food.

Key words : food, foreign material, animal hair

최근 식품에 혼입된 이물에 대한 관심이 증가함에 따라 이물 발생 여부가 식품의 위생 관리 상태를 나타내는 중요한 지표로서 의미를 가지게 되었다[1]. 이러한 이물 중 머리카락을 포함한 동물 털은 원료에서 기인되거나 작업자 또는 소비자의 신체, 의복 등에서 이탈하여 식품에 혼입될 가능성이 있다. 머리카락과 동물 털은 그 형상이 유사하고 크기가 작아 판별이 어렵기 때문에 신속·정확한 판단을 위한 판별법 개발이 필요한 실정이다.

동물의 털은 외표를 둘러싸 외부로부터 받은 물리적 충격을 흡수하고 온도와 여러 환경적인 요인으로부터 신체를 보호하는 역할을 한다[2,3]. 이러한 동물 털은 주로 케라틴으로 구성되어 있으며 구조는 중심부에 모수질(Medulla), 그 외측에 모피질(Cortex)과 모표피(Cuticle)의 세 개의 층으로 구성되어 있다(Fig. 1)[4]. 모표피는 케라틴 단백질로 구성된 모표피 세포들이 중첩되어 비늘 형태로 겹쳐져 있으며 모발 내부를 감싸고 있는 화학적 저항성이 강한 털의 최외각 층이다. 보통 한 장의 모표피 두께는 0.005 mm이고 4~20층 정도 겹쳐져 있으며 색깔이 없이 투명하다. 모표피는 모피질을 둘러싸서 보호해주는 역할을 하는데 두꺼울수록 모발은 단단하고 저항성이 높다. 물리적 자극으로 인해 모표피의 손상, 박리, 탈락 등이 발생되면 모피질의 손상을 주게 된다. 따라서 손상되지 않은 모표피는 표면이 매끄러우며, 빛을 굴절시키고, 털 사이의 마찰력을 줄여주는 역할을 한다[5,6,7]. 모피질은 피질세포(케라틴 단백질)와 세포 간 결합물질(말단결합·펩티드)로 구성되어 있으며 각화된 케라틴 피질세포가 모발의 길이 방향(섬유질)으로 비교적 규칙적으로 나열된 세포집단이다. 털의 신축성과 강도는 이러한 모피질에 의해 좌우되며, 털의 색깔은 모피질에 있는 멜라닌과립의 존재유무에 따라 부여되는데, 이는 모두 털의 성질을 나타내는 중요한 요인이라고 할 수 있다. 모수질은 모발 중심부에 있는 벌집 모양

*Correspondence to: Jae-Hwang Lee, New Hazardous Substance Team, Food Safety Evaluation Department, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Ministry of Food and Drug Safety, 187 Osongsaengmyeong2-ro, Osong-eup, Cheongwon-gun, Chungcheongbuk-do 28159, Korea
Tel: 82-43-719-4456, Fax: 82-43-719-4450
E-mail: jhwang0428@korea.kr

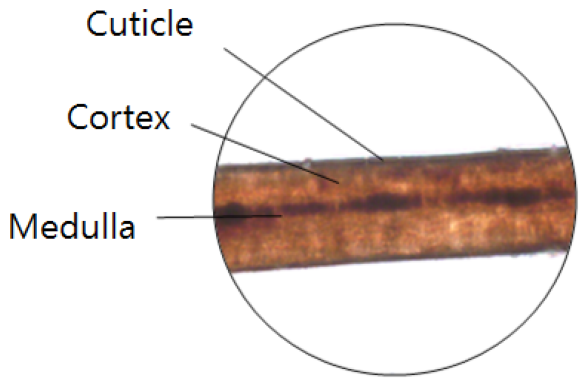

Fig. 1. Structure of human hair.

의 다각형 세포가 길이 방향으로 나열되어 있는 부분으로, 연속적이거나 불연속적으로 존재하며 모수질이 없는 경우도 있다(Fig. 2)[8,9,10]. 털의 모표피, 모피질, 모수질은 동물의 종에 따라 형태가 다른 것으로 알려져 있는데, 유전적 또는 환경적 요인에 영향을 받으며 부위에 따라 길이나 굵기가 달라지기도 한다[3].

본 연구에서는 식품에서 이물로 발견된 사례가 있거나 혼입될 가능성이 있는 머리카락을 포함한 동물 털의 형태학적 특징과 X선 형광분석기, 적외선 분광광도계 등 기기분석 결과를 이용한 판별법을 마련하고자 하였다.

Materials and Methods

재료

머리카락, 식품 원료에서 기인될 수 있는 동물(소, 돼지) 털, 위생동물로부터 유입이 가능한 동물(마우스) 털, 의류로 사용되는 동물(오리, 거위) 털, 애완동물(진돗개, 집고양이) 털 등 식품 중 이물로 발견된 사례가 있거나 혼입될 가능성이 있는 동물 털 8종류를 재료로 선정하였다.

털은 화학적 처리나 열 등에 의해 손상되지 않은 모발에 증류수를 이용하여 이물질을 제거하고 70% 에탄올에 10~15분 세척한 후 건조시켜 사용하였다.

형태학적 특성 관찰

재료의 형상은 실체현미경(Nikon, SMZ-745T)을 이용하여 10~50배로 관찰하였고, 투과상 및 표면 형태는 광학현미경(Olympus, BX-51)을 이용하여 400~1000배의 배율로 관찰하였다. 모표피의 형태는 SUMP(Suzuki Universal Micro Printing)법과 주사전자현미경(SEC, SNE-4500M)을 이용하여 관찰하였다. SUMP법을 이용하여 관찰할 때에는 먼저 셀룰로오드 판에 검체를 놓고 SUMP액을 도포하여 표면 무늬를 셀룰로이드 판에 각인시킨 뒤, SUMP액이 휘발되면 검체를 떼어내고 뒷면을 광학현미경으로 관찰하였다. 주사전자현미경으로 표면의 특성을 관찰할 때에는 각각의 재료를 카본테이프로 처리한 시료대 위에 부착하고 이온증착기(SEC, MCM-200 Ion sputter coater)를 사용하여 2분 동안 10 mA의 전류로 16 nm 두께로 금도금(Gold coating)한 후 5~20 kV의 가속전압 조건에서 실시하였다. 주사전자현미경의 분석조건과 기기조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Analysis conditions

SEM Instrument Condition			
Resolution	5 nm (30 kV)	Detector	SE/BSE
Magnification	30x~100,000x	Observation mode	Standard mode
Acceleration Vortage	5~30 kV	Electron Gun	Pre-centered Tungsten filament Cartridge

XRF Instrument Condition	
Acquisition Time (S)	300
Process Time	4
X-ray tube Dia. (μm)	10
X-ray tube Vol. (kV)	50
Current (mA)	1.000

FT-IR Instrument Condition	
Detector	DTGS ATR
Beam splitter	KBr
Scan Range	400~4000 cm^{-1}
Number of scans	32
Resolution	4 cm^{-1}
Software	OMNIC 7.2a

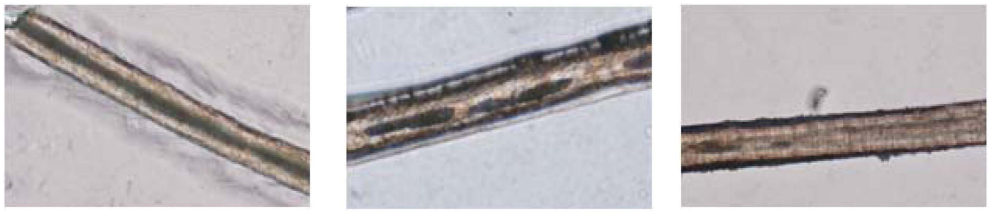

Fig. 2. Continuity of Medulla.

기기분석

개체 간에 따른 동물 털의 무기성분조성과 유기성분의 특성을 평가하기 위하여 X선 형광분석기(Horiba, XGT-7200), 적외선 분광광도계(Thermo, Nicolet iS50)를 사용하여 분석하였으며, 각 분석조건은 Table 1과 같다.

Results and Discussions

형태학적 특성

실체현미경은 육안 관찰 후 전처리 없이 빠르고 신속하게 동정할 수 있는 기본적인 장비로서, 식품의 이물이 혼입되거나 부착되어 있는 상황과 표면의 절단 흔적 등의 관찰을 통해 유용한 정보를 얻을 수 있다. 실체현미경으로 측정된 동물 털의 경우 꼬임이 나타나지 않았으며 대부분 곧은 직모의 형태를 갖는 것으로 나타났다. 모근의 반대쪽으로 갈수록 털의 두께가 얇아지며 각 털마다 형상의 차이로 털의 구분이 가능하였다(Fig. 3).

모수질 관찰을 위해 광학현미경을 이용한 결과(Fig. 4), 머리카락은 불연속적이었고 소털, 개털, 고양이 털 등 동물 털에 비해 얇은 모수질을 보였다. 소털은 연속적인 모수질을 보였으며, 돼지 털은 모수질이 관찰 되지 않았다. 다른 연구에 따르면 소털과 돼지 털은 일반적으로 연속적인 모수질을 갖고 있지만, 종과 부위에 따라 모수질을 관찰할 수 없는 경우도 있다고 한다. 마우스 털에는 부위에 따라 단세포 또는 다세포 사다리형의 모수질이 나타났다. 오리털과 거위 털은 연속적인 모수질을 보였는데, 부위에 따라 모수질이 관찰되지 않는 경우도 있었다. 개털과 고양이털은 일반적으로 단순연속형의 모수질을 보였지만, 종과 부위에 따라 단세포 또는 다세포 사다리형의 모수질도 나타났다.

SUMP법과 주사전자현미경을 이용하여 모표피를 관찰한 결과(Fig. 5, 6), 머리카락, 소털, 돼지 털은 불규칙적인 물결형의 모표피를 보였고, 돼지 털은 털의 끝 부분이 여러 가닥으로 나누어져있기 때문에 다른 털과 쉽게 구분이 가능하였다(Fig. 7). 마우스 털은 단순 보관형의 모표피가 나타났고, 비늘의 끝 부위가 날카로운 모양을 보였다. 주로

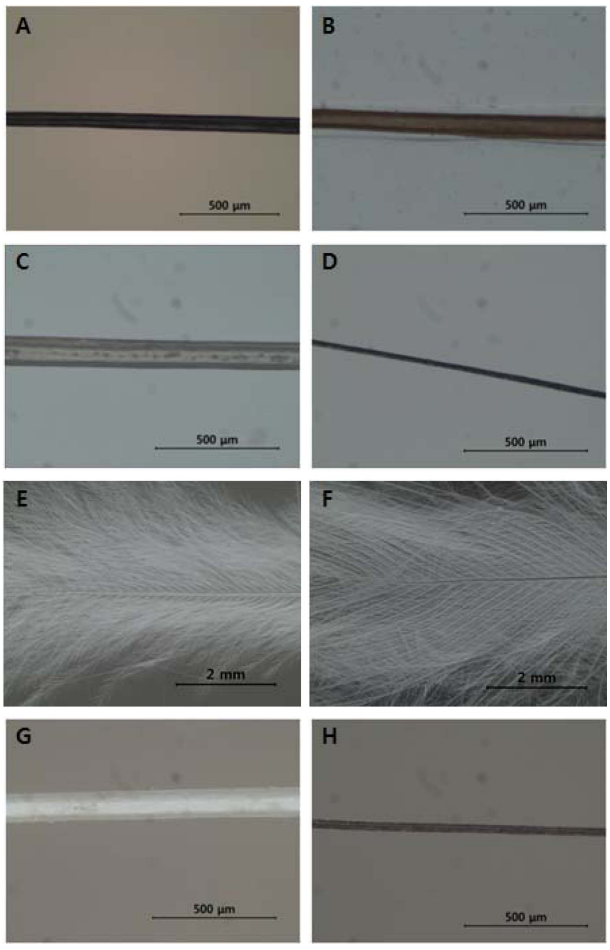

Fig. 3. The observation of mammalian hairs using a stereo microscope : (A) Human, (B) Cow, (C) Pig, (D) Mouse, (E) Duck, (F) Goose, (G) Dog, (H) Cat.

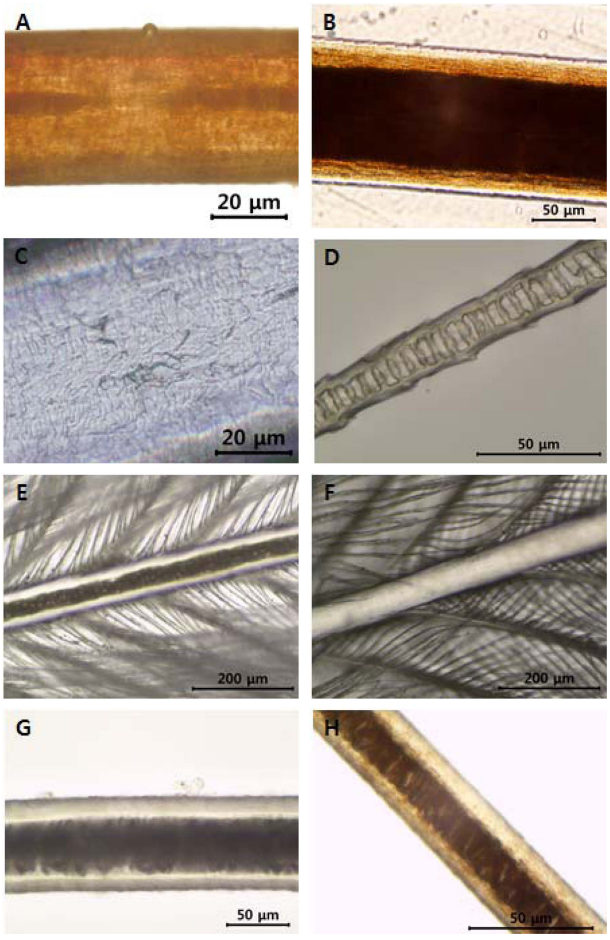

Fig. 4. The observation of mammalian hairs using a optical microscope : (A) Human, (B) Cow, (C) Pig, (D) Mouse, (E) Duck, (F) Goose, (G) Dog, (H) Cat.

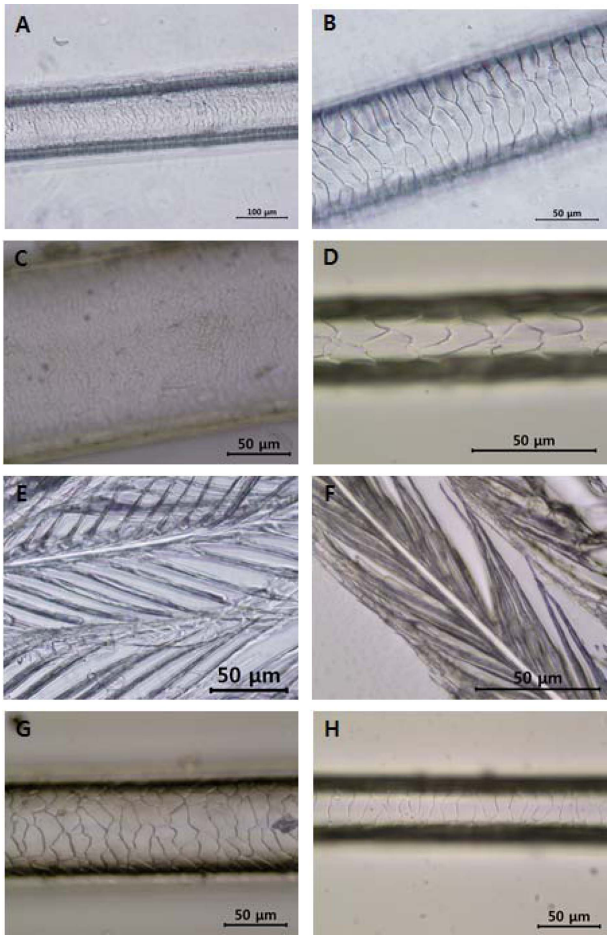

Fig. 5. The observation of mammalian hairs using SUMP method : (A) Human, (B) Cow, (C) Pig, (D) Mouse, (E) Duck, (F) Goose, (G) Dog, (H) Cat.

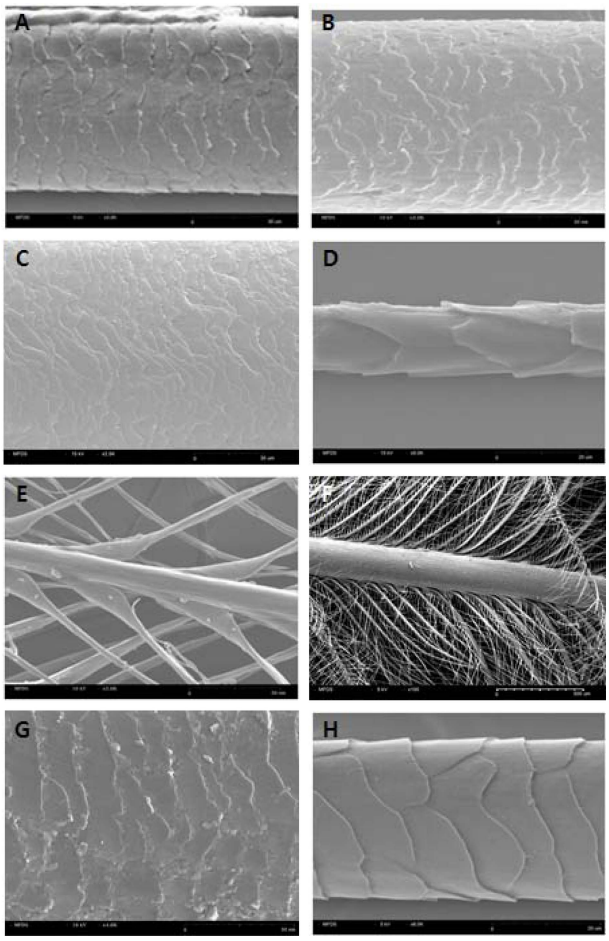

Fig. 6. The observation of mammalian hairs using a scanning electron microscope : (A) Human, (B) Cow, (C) Pig, (D) Mouse, (E) Duck, (F) Goose, (G) Dog, (H) Cat.

의류로 사용되는 오리털과 거위 털은 다른 동물 털에는 없는 솜털이 존재함에 따라 다른 동물 털들과 구분 할 수 있었다. 개털과 고양이 털은 사람, 소, 돼지와 마찬가지로 물결형의 모표피가 나타났으며, 종에 따라 규칙적이거나 불규칙한 모표피를 보였다. 이와 같이 SUMP법과 주사전자현미경을 이용하여 동물 털의 모표피를 관찰 할 수 있었다. 본래의 무늬를 확인하기에는 주사전자현미경이 뛰어났으나 SUMP법을 이용해도 간단하게 모표피 무늬의 형태를 확인할 수 있었다.

대부분의 털 모수질은 모근 쪽으로 갈수록 두꺼웠으며, 모발 끝으로 갈수록 모발의 모선이 가늘어졌다. 비늘의 방향은 모근으로부터 일률적인 가로무늬가 나타났으며 비늘 사이의 간격은 모근 쪽으로 갈수록 넓고 모발 끝 쪽으로 갈수록 조밀하게 나타났다. 다른 연구에서도 대부분 포유류의 비늘무늬는 물결형의 모표피가 나타났으며 대부분의 설치류는 보관형의 모표피를 가지고 있다고 한다[11]. 동물 털은 종류에 따라 두께가 상이하였으며, 모표피뿐만 아니라 모수질의 형태나 연속성에 따라 차이를 보여 종류를

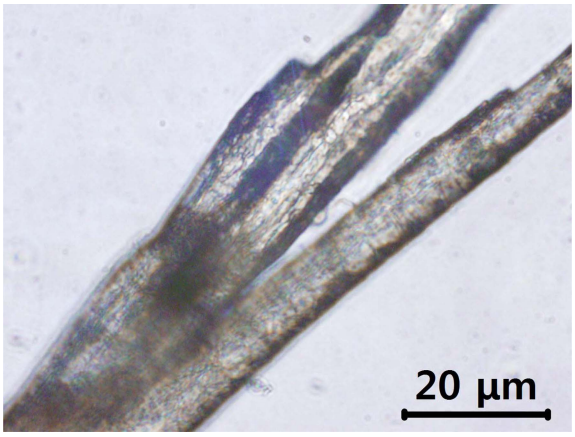

Fig. 7. The observation of pig hair using a optical microscope.

구분할 수 있었다. 개와 고양이 같은 애완동물의 경우 미용을 목적으로 털을 절단하기도 하고, 돼지나 말과 같은 동물의 털은 붓 등의 도구로써 이용되어 지기 때문에 모표피의 간격뿐만 아니라 털의 절단면을 분석하여 털이 가

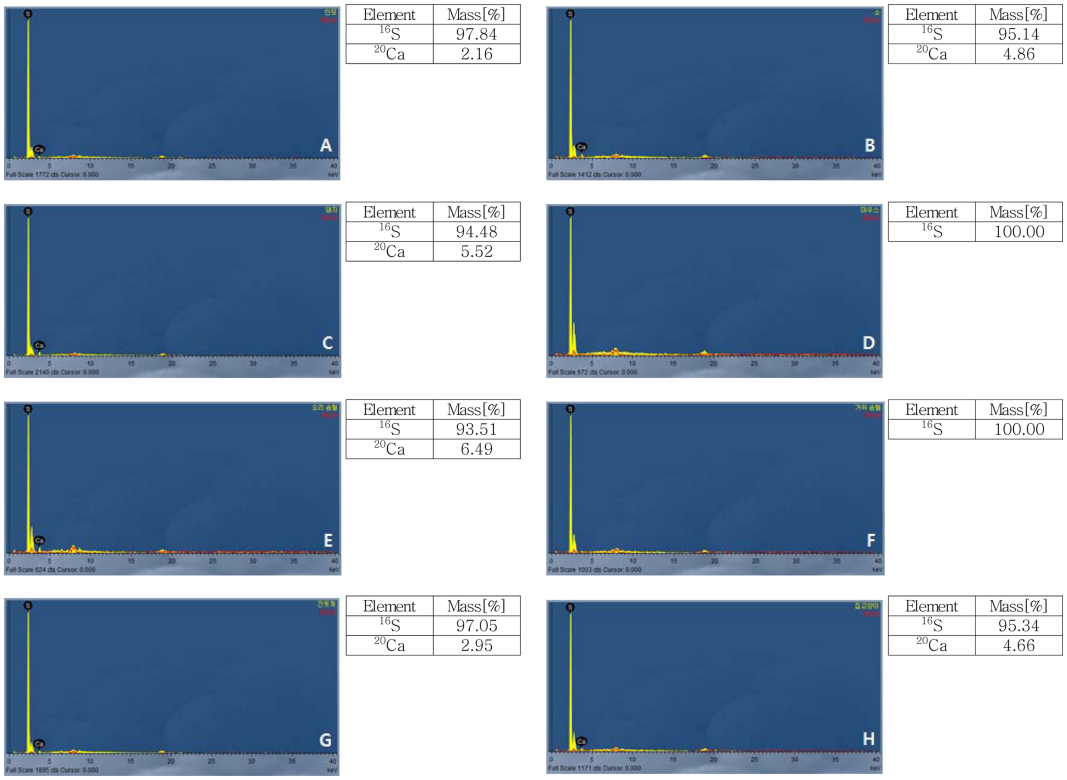

Fig. 8. The analysis of mammalian hairs using X-ray fluorescence spectrometer : (A) Human, (B) Cow, (C) Pig, (D) Mouse, (E) Duck, (F) Goose, (G) Dog, (H) Cat.

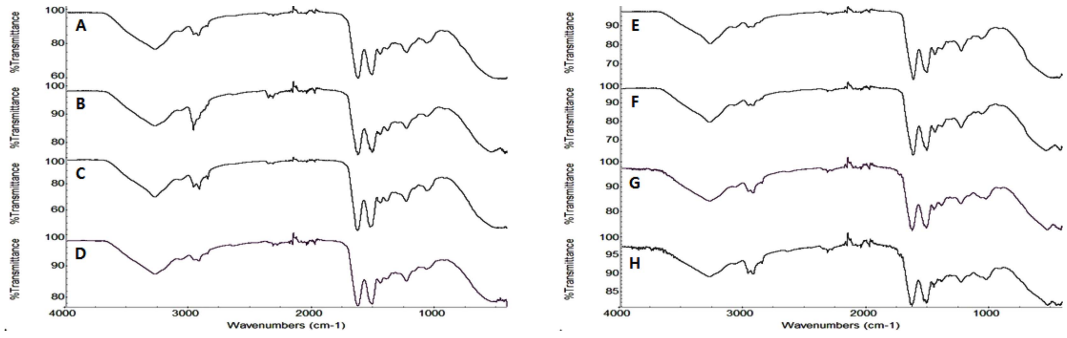

Fig. 9. The analysis of mammalian hairs using Fourier transform infrared spectrometer : (A) Human, (B) Cow, (C) Pig, (D) Mouse, (E) Duck, (F) Goose, (G) Dog, (H) Cat.

위, 칼 등과 같은 도구에 의해 인위적으로 절단된 것인지, 단순히 물리적 충격에 의해 훼손된 것인지 여부 또한 구분이 가능하였다. 이와 같이 동물 털이 갖고 있는 서로 다른 형태학적 특성을 통해 식품에 혼입된 이물의 감별과 혼입 경로를 판별하는데 도움이 될 것으로 보인다.

기기분석

사람과 동물의 털은 나이와 성별, 생활습관과 종에 따라 성분이 다르다고 알려져 있다[12,13,14]. X선 형광분석기 측정 결과(Fig. 8), 모든 검체에서 황(S)이 주성분으로 검출되었으며 일부 털에는 미량의 칼슘(Ca)이 검출 되었다. 다른 연구에 따르면 황은 모피질에 가장 많이 분포되어 있으며, 칼슘은 모표피에 주로 분포되어 있다고 한다[15,16]. 이를 통해 동물 털이 식품에 혼입되었을 때, 무기성분의 조성을 분석할 수 있는 X선 형광분석기를 이용하면 발견된 이물의 동물 털 여부를 확인 할 수 있을 뿐만 아니라, 검체를 파괴하지 않고 분석하여 다른 분석에 사용할 수 있다는 장점이 있다.

검체의 유기성분을 비파괴적으로 분석할 수 있는 적외선 분광광도계 측정 결과(Fig. 9), 동물 털은 아마이드

(Amide) 결합과 시스테인(Cysteine) 결합의 피크를 나타내었고, 모든 동물 털에서 유사한 스펙트럼이 측정되었다. 동물 털은 케라틴이 주성분인 경단백질로 구성되어 있다고 한다[17]. 이때, 황은 시스테인과 메티오닌(Methionine)에 필수적이며 모발에 존재하는 주요 미네랄로서 이황화결합(Disulfide Bond)을 형성하는 역할을 한다. 대표적인 동물 털의 주요 흡수 파장은 3450~3250 cm^{-1}, 2900 cm^{-1}, 1720~1600 cm^{-1}, 1500 cm^{-1}, 1220 cm^{-1} 로 알려져 있다.[18] 측정된 동물 털에서는 1800~1000 cm^{-1} 흡수 파장이 나타났으며 이는 아마이드의 흡수 피크로 측정되었다. 또한, 케라틴의 흡수 파장인 1510 cm^{-1} 부근에서도 흡수 파장이 나타났으며, 결합 내부의 이황화결합 구조로 410 cm^{-1} 부근에서 흡수 스펙트럼이 측정되었다. 1차 아민과, 2차 아민의 아마이드 흡수 스펙트럼인 3280 cm^{-1}, 1630 cm^{-1} 부근에서 파장이 나타났으며, C-H 결합의 2930 cm^{-1} 부근 흡수 스펙트럼이 관찰되었다.

이처럼 무기성분과 유기성분을 기기로 분석함으로서 각각의 털이 지닌 본질적인 구성요소를 파악하는데 중요한 의미를 부여할 수 있었다.

Acknowledgement

본 연구는 식품의약품안전평가원 2016년도 연구개발사업지원비(16161미래식058)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

국문요약

식품 중 이물은 크기, 형태 및 종류가 다양하기 때문에 정확한 동정이나 감별이 어려운 경우가 있다. 이러한 이물의 종류 및 혼입경로를 파악하기 위해서는 형태학적 분석, 화학적 분석, 생물학적 분석 등의 다양한 분석법을 이용할 수 있다. 특히 동물 털(머리카락 포함) 이물은 그 형상이 유사하고 구분이 쉽지 않아 감별에 있어서 어려움이 있어 신속, 정확한 검사를 수행할 수 있는 시험법을 마련해야 할 필요가 있다.

동물 털은 보온, 보호 등 상징적 기능뿐만 아니라 특이적인 모양에 따른 방수, 방열 등 형태학적 구조와 상관적인 역할이 병행된다. 털은 유전적이거나 환경적 변이에 따른 모낭이 다양한 유형의 모발로서 발전시키기도 하고 퇴화시키기도 함으로써 신체 부위에 따라 길이나 굵기를 달리한다. 또한 동물 털의 구조는 중심부에 모수질, 그 외측에 모피질과 모표피 등으로 구성되어 형태학적 특징에 따라 분별되므로 본 연구에서는 식품에 혼입된 이물로 혼입된 사례가 있거나 혼입될 가능성이 있는 동물 털을 형태학적 관찰과 기기분석에 따른 비교를 살펴보고자 하였다.

형태학적 특성을 관찰하기 위해 실체현미경, 광학현미경, 주사현미경 및 SUMP법을 이용하여 측정한 결과, 털의 모표피, 모수질의 형태로 종류를 판별할 수 있었다. 무기성분의 조성을 분석하기 위해 X선 형광분석기로 측정한 결과, 모든 털의 주원소는 황(S)이었다. 유기성분의 구조적 특성을 분석하기 위해 적외선 분광광도계로 측정한 결과, 털은 모두 유사한 스펙트럼 패턴을 나타내었다. 이러한 결과를 볼 때 이물의 동물 털 여부는 X선 형광분석기와 적외선 분광광도계로 확인이 가능하고, 자세한 종류를 판별하기 위해서는 형태학적 분석이 필요한 것을 알 수 있었다. 각 검체들을 시료화 해놓는다면 식품에서 동물 털이 발견되었을 때 신속하게 종의 판별이 가능할 것으로 사료된다.

References

1. Yang, S.B., Yang, S.R.: A study of the Perception and Purchase Behavior on Foreign Matters in Food. *The Korean Journal of Food And Nutrition*, **26**, 470-475 (2013).
2. Hansman, L.A.: Structural characteristics of the hair of mammal. *The american naturalist*, **54**, 496-523 (1920).
3. Ryu, E.J.: Morphological Comparison in Structures between Human Hair and Mammalian Hair. *The Korean Society of Design Culture*, **17**, 90-102 (2009).
4. Chang, B.S., Lee, G.Y.: Ultrastructural Changes of Hair Treated with Bleaching Agent. *Korean J. Electron Microscopy,* **36**, 25-33 (2006).
5. Draelos, Z.K.: Hair cosmetics. *Dermatologic Clinics*, **9**, 19-27 (1991).
6. Dos Santos Silva, A.L., Joekes, I.: Rhodamine B diffusion in hair as a probe for structural integrity. *Colloids Surfaces B Biointerfaces*, **40**, 19-24 (2005).
7. Bolduc, C., Shapiro, J.: Hair care products: waving, straightening, conditioning, and coloring. *Clinics in Dermatology*, **19**, 431-436 (2001).
8. Hearle, J.W.S.: A critical review of the structural mechanics of wool and hair fibres. *International Journal of Biological Macromolecules*, **27**, 123-138 (2000).
9. Wall R.A., Hunter L.D.: Normal adult hair structure and properties. *Cosmet Perf*, **89**, 31-36 (1974).
10. Wilk, K.E., James, V.J., Amemiya, Y.: The intermediate filament structure of human hair. *Biochimica et Biophysica Acta*, **1245**, 392-396 (1995).
11. Stefen, C.: On the hair cuticle structure of the rodent Laonastes aenigmamus (Mammalia: Rodentia: Diatomyidae). *Vet. Zool,* **61**, 373-376 (2011).
12. Baranowska, I., Barchanski, L., Bak, M., Smolec, B., Mzyk, Z.: X-Ray Fluorescence Spectrometry in Multielemental Analysis of Hair and Teeth. *Pol J Environ Stud*, **13**, 639-646 (2004).
13. Katarzyna, C., Agnieszka, Z., Izabela, M., Henryk, G.: The effect of dietary habits on mineral composition of human scalp hair. *Environ. Toxicol. Pharmacol*, **30**, 188-194 (2010).
14. Foo, S.C., Tan, T.C.: Elements in the hair of South-east asian

islanders. *Sci Total Environ*, **209**, 185-192 (1998).
15. Alberts, Bruce.: The Science of Hair Care, *Garland Publishing*. (2002).
16. Kempson, I.M., Skinner, W.M., Kirkbride, P.K.: Calcium distributions in human hair by ToF-SIMS. *Biochim. Biophys. Acta,* **1624**, 1-5 (2003).
17. Majid, A.A.M., Shoushtari, A.H.B.M.: Fabrication of Chelating Diethylenetriaminated Pan Micro-and Nano Fibers for Heavy Metal Removal. *CI&CEQ*, **18**, 27-34 (2012).
18. Josefina, M., Pedro, B., Maria, T.M., Carmen, P., Carlos, F., Maria, D.C.L., Enrique, L., Ilan, L.: Archaeological and contemporary human hair composition and morphology. *Chungara, Revista de Antropologia Chilena*, **43**, 293-302 (2011).