

UV-Vis와 ED-XRF를 이용한 자연 색상의 담수 흑 양식진주 분석

김혜연, 박종완¹

한양대학교 공학대학원 재료 및 화학공학과, 코리아진주감정원; ¹한양대학교 공과대학 신소재공학부

UV-Vis and ED-XRF Analyses of Natural Black Colored Pearls from Freshwater Cultured Shells

Hea-Yeon Kim and Jong-Wan Park¹

Department of Materials and Chemical Engineering, Graduate School of Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

Korea Pearl Laboratory, Seoul 110-390, Korea

¹Department of Materials Science and Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

ABSTRACT

Analyses of UV-Vis spectrum and reflectance are useful tools to identify pearls of which color was naturally made or chemically changed. Contents of some trace elements of pearls by using ED-XRF may give us the information that the pearls were originated from marine shells or freshwater shells, and may give us whether the pearls were chemically treated or not. Three types of chemically untreated pearls, freshwater cultured, Akoya cultured and Tahitian cultured, were treated with silver nitrate. UV-Vis absorbance spectrum of Ag was changed after treatment, and reflectance of pearls was decreased. Absorbance of natural black colored Tahitian cultured pearls at 400, 500 and 700 nm was observed. Natural black colored freshwater cultured pearls showed two characteristic absorption patterns in UV-Vis spectra at 380-400, 480-500 nm. Unlike naturally black colored Tahitian cultured pearls, the absorption spectrum at 700 nm could not be found from black freshwater cultured pearls. Manganese was not detected in the pearls from marine shells, and strontium content of the pearls from marine cultured shells was higher than that from freshwater cultured shells. According to ED-XRF analysis, Ag contents of silver nitrate treated pearls increased as more time passed, because silver ion invaded to nacre layer of the pearls. Since Ag content of the black pearls known as untreated ranged under 0.1%, analysis of Ag content may used to distinguish the black pearls are treated or not in marketplace.

Key words: freshwater black cultured pearl, silver nitrate treatment, reflectance, color analysis.

서 론

여러 종류의 조개에서 생산된 양식진주는 양식된 조개의 종류에 따라 아코야진주조개(*Pinctada fucata*)에서는 아코야양식진주 (Akoya cultured pearl), 흰진주조개(*Pinctada maxima*)에서는 남양양식진주(South sea cultured pearl),

검은진주조개(*Pinctada margaritifera*)에서는 타히티흑양식진주(Tahitian black cultured pearl), 담수조개류인 *Hyriopsis schlegelii*, *Hyriopsis cumingi*, *Cristaria plicata*에서는 담수양식진주(freshwater cultured pearl)로 구분된다.

또한 양식진주는 해수산과 담수산으로 대별되는데, 해수산진주 (아코야양식진주, 남양양식진주, 타히티흑양식진주)는 생식소(gonad)에 핵(nucleus)을 넣고 한 조각의 외투막(mantle) 세포를 이식하여 진주를 양식한다. 한편 담수산진주는 외투막에 한 조각의 외투막 세포만을 이식하여 진주층(nacre)을 형성하도록 하는 것으로 알려졌다(Wada, 1982; Komathu, 1992). 이렇게 각종 조개에서 만들어지는 진주는

Received October 23, 2008; Revised November 15, 2008; Accepted December 6, 2008

Corresponding author: Jong-Wan Park

Tel: (82) 2-2220-0386 e-mail: jwpark@hanyang.ac.kr

1225-3480/24309

진주 고유의 단백질인 콘키올린(conchiolin) 색소 때문에 다양한 컬러의 진주로 산출된다.

아코야양식진주에는 화이트(white)계, 크림(cream)계, 옐로우(yellow)계, 골드(gold)계 등의 실체색(body color)을, 남양양식진주에는 화이트계, 실버(silver)계, 크림계, 옐로우계, 골드계 등의 실체색을, 타히티흑양식진주에서는 실버화이트(silver white)계, 실버계, 그린(green)계, 블루(blue)계, 골드계, 블랙(black)계, 퍼플(purple)계, 브라운(brown)계 등의 실체색을, 담수양식진주에서는 화이트계, 핑크/오렌지계, 퍼플계 등의 실체색을 갖는다.

보석업계에서 유통되고 있는 흑진주는 아코야흑양식진주, 타히티흑양식진주, 담수흑양식진주가 주류를 이루고 있으나, 대부분의 흑진주는 여러가지 방법으로 처리를 한 후에 자연 색상(natural color)이 아닌 상태로 상품으로 판매된다. 그러므로 진주를 감별하는 기관은 자연 색상의 진주와 처리된 색깔의 구분이 매우 중요하다. 진주 시장에서는 처리된 색깔의 진주가 자연 색상의 흑진주보다 상대적으로 저가로 거래되고 있다.

아코야양식진주에서는 흑색의 자연 색상을 볼 수 없다. 따라서 현재 유통되는 아코야흑양식진주의 경우 100%가 처리된 색깔의 진주이다. 아코야흑양식진주의 처리방법으로는 은염처리(silver nitrate treatment)와 염색(dyeing) 또는 은염처리와 염색을 병행하여 흑색을 만들게 된다(Wada 1892;

Komathu 1992; Li and Chen, 2001). 타히티흑양식진주의 경우 자연 색상의 진주와 처리된 색깔의 흑진주가 같이 유통되고 있다. 타히티흑양식진주도 아코야흑양식진주와 같은 방법으로 처리하는 것으로 알려져 있다(Wada 1892; Komathu 1992; Li and Chen, 2001). 또한 담수양식진주도 은염처리 또는 염색에 의하여 흑진주를 만들고 있는 실정이다(Wada 1892; Komathu, 1992; Li and Chen, 2001).

최근 양식진주의 동향을 살펴보면, 몇 년 전부터 대형 사이즈인 12 mm 이상의 유핵(nucleus)의 담수진주가 중국에서 양식에 성공하여 유통되고 있다(Kenneth *et al.*, 2000; Akamatsu *et al.*, 2001).

향후 원형의 유핵 담수흑양식진주가 생산될 가능성이 높아지면서 유핵 담수흑양식진주와 기타 양식흑진주와의 감별의 필요성이 요구되어 Oh *et al.*(2003)은 FT-IR(fourier transform infrared spectroscopy), Ar Laser, He-Cd Laser를 이용하여 담수산과 해수산 진주의 감별을 시도한 바 있다. 그러나 아직까지 시중에 유통되는 담수흑양식진주의 색상이 자연적인 것인지 인공적으로 처리하여 생긴 것인지에 대한 감별법을 연구한 보고는 발표된 적이 없다. 따라서 본 논문에서는

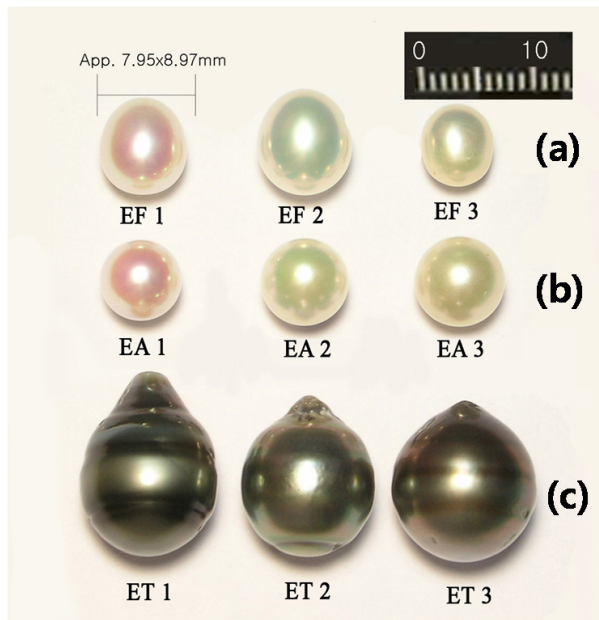


Fig. 1. Nine pearls for silver nitrate treatment. (a) Freshwater cultured pearl (EF1, EF2, EF3); (b) Akoya cultured pearl (EA1, EA2, EA3); (c) Tahitian cultured black pearl (ET1, ET2, ET3)

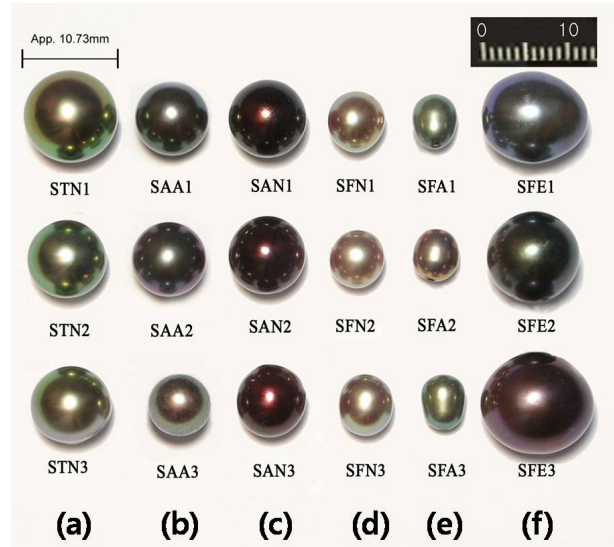


Fig. 2. Eighteen pearls for the color analysis. (a) Natural black colored Tahitian cultured pearl (STN1, STN2, STN3); (b) Akoya cultured black pearl treated with an unidentified method (SAA1, SAA2, SAA3); (c) Silver nitrate treated Akoya cultured black pearl (SAN1, SAN2, SAN3); (d) Freshwater cultured natural black pearl (SFN1, SFN2, SFN3); (e) Silver nitrate treated freshwater cultured black pearl (SFA1, SFA2, SFA3); (f) Freshwater cultured black pearl treated with an unidentified method (SFE1, SFE2, SFE3).

자연 색상의 담수흑양식진주와 처리된 흑색의 담수양식진주, 그리고 기타 다른 흑색의 진주들을 비교, 분석하여, 자연 색상을 가진 담수흑양식진주에 대한 감별 기준을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

본 실험에서는 자연 색상의 흑진주와 은염처리된 흑진주를 구별하기 위하여, 여러 종류의 진주를 사용하여 은염처리를 실시하였다.

은염처리 대상으로 9 개의 진주를 실험에 사용하였으며 (Fig. 1), 은염처리에 대한 정확한 데이터를 만들기 위해 화이트계의 담수양식진주 3 개(EF1, EF2, EF3)와 아코야양식진주 3 개(EA1, EA2, EA3) 및 색상이 엷은(회색-흑색) 자연

색상의 타히티흑양식진주 3 개(ET1, ET2, ET3)를 각각 4, 8, 16 시간 은염처리하였다. 9 개의 진주 모두를 은염에 4 시간 넣은 후 꺼내어 분석하고, 동일한 진주를 추가적으로 4 시간, 8 시간 동안 은염처리하였다(Fig. 3). 은염 처리는 질산은 용액에 진주를 침적시키는 방법을 사용하였다. 즉 2.05 mol 농도의 [질산은 용액(AgNO₃)에 정제수(수돗물을 화학적, 물리적인 방법으로 각종 이온과 유기물을 제거한 물)를 넣어 만든] 질산은 용액을 사용하여 상온에서 침적하였다.

진주의 색 변화를 UV-Vis로 분석하고 진주에 남아있는 은의 함량을 ED-XRF(Energy Dispersive X-ray Fluorescence spectrometry)로 비교, 분석하였다. UV-Vis(Jasco, Japan)을 사용하여 가시광선영역인 380-780 nm의 흡수패턴을 분석하여 자연 색상과 처리된 색상의 진주를 구분하고자 하였다. 진주는 반불투명체의 보석이므로 반사율(reflectance)을 측정

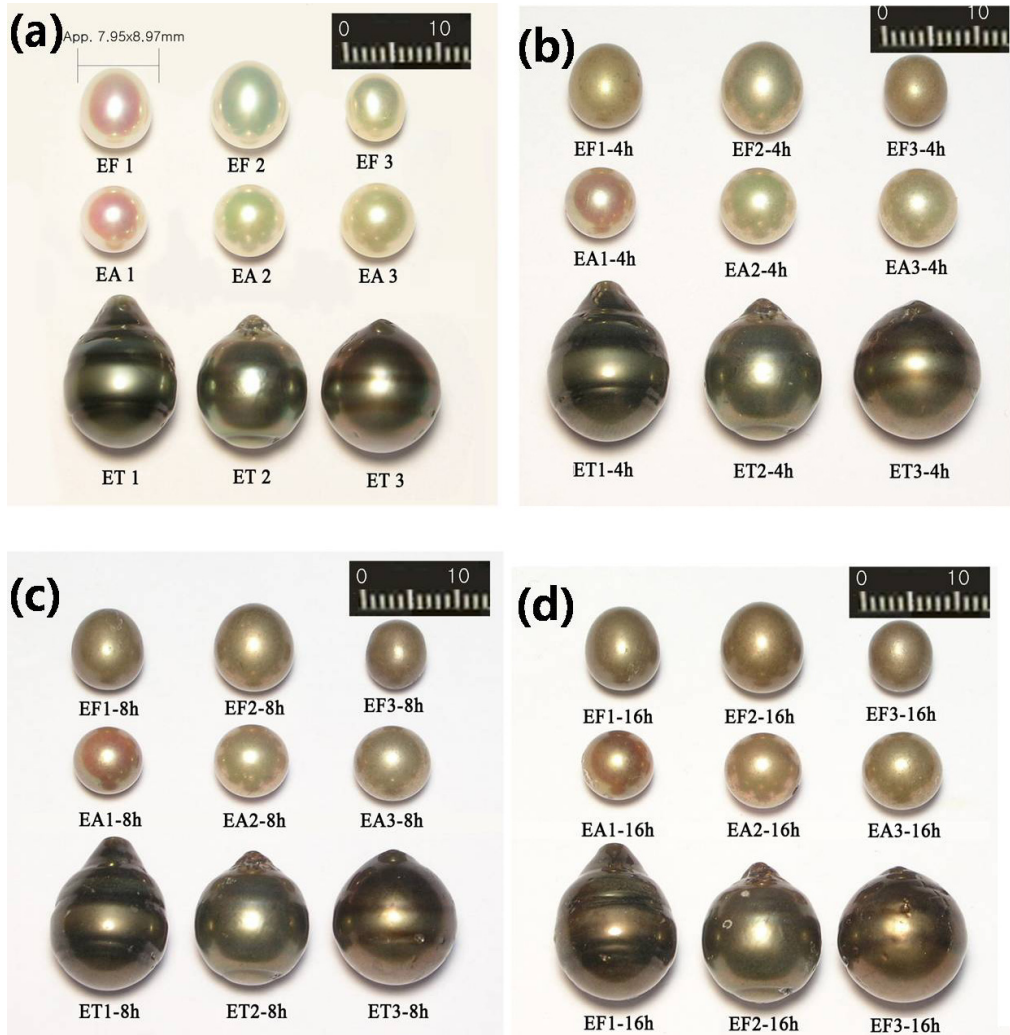


Fig. 3. Color change of pearls by silver nitrate treatment. (a) Before treatment; (b) After 4 hours of treatment; (c) After 8 hours of treatment; (d) After 16 hours of treatment.

하였다. 또한 흑색으로 처리된 진주의 성분 분석을 위하여 ED-XRF(Elva-X,180 eV at 5.9 Kev)를 사용하였다.

은염처리는 처리하는 자에 따라 mol 농도와 시간, 온도, 약 품 등에 차이가 있어, 제조방법이 각각 다르므로, 다양한 색상 흑진주를 만들 수 있다. 따라서 흑진주의 색깔은 제조업체에 따라 다르므로 다양한 색깔의 흑진주가 유통되고 있다. 유통되고 있는 흑진주에 어떠한 처리가 되어있는지를 알기 위하여 본 연구에서는 실제 흑색의 진주 18 개를 시료로 구입(Fig. 2), 흑진주에 대한 처리여부에 대한 근거를 UV-Vis와 ED-XRF를 사용 분석하였다.

결 과

1. 은염처리군

1) UV-Vis 분석결과

담수양식진주, 아코야양식진주 및 타이티흑양식진주 각각 3개씩을 UV-Vis로 분석한 결과는 다음과 같다.

담수양식진주의 경우, EF1의 색깔은 핑크, EF2와 EF3의 색깔은 그린의 간섭색을 갖고 있었다. 핑크의 경우 UV-Vis에서 400-500 nm의 흡수패턴을 가지고 있었으며, 그린(EF2, EF3)의 경우 550-600 nm의 흡수패턴을 가지는 것으로 나타났다(Fig. 4A). 이러한 패턴은 은염 처리되는 과정(4 h, 8 h, 16 h)에서 고유한 색깔 특징이 점차 사라졌다(Fig. 4B, C, D).

아코야양식진주의 경우, EA1의 색깔은 핑크, EA2와 EA3의 색깔은 그린의 간섭색을 갖고 있었다. 핑크(EA1)의 경우 UV-Vis에서 450-500 nm의 흡수패턴을 가지고 있었으며, 그린(EA2, EA3)의 경우 550-600 nm의 흡수패턴을 가지는 것으로 나타났다(Fig. 5A). 이러한 패턴이 담수양식진주에서와 마찬가지로 은염처리 과정(4 h, 8 h, 16 h)에서 고유한 색깔 특징이 점차 사라졌다(Fig. 5B, C, D).

타이티흑양식진주의 경우 UV-Vis에서 700 nm의 흡수패턴은 보다 깊은 흡수패턴을 유지하고 있었고, 400 nm와 500

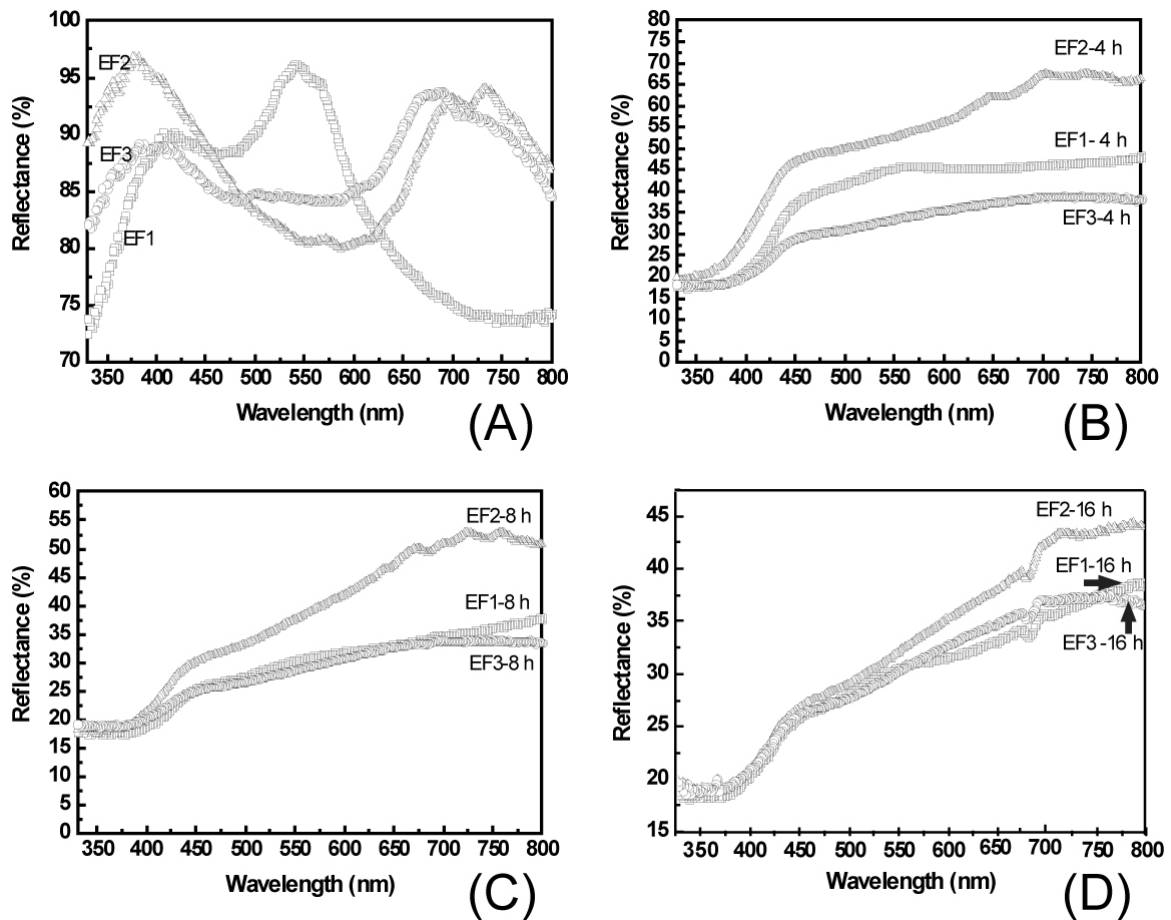


Fig. 4. UV-Vis spectra of freshwater cultured pearls. (a) Before silver nitrate treatment; (b) After 4 hours of treatment; (c) After 8 hours of treatment; (d) After 16 hours of treatment.

nm의 흡수는 자연 색상을 가진 진주의 흡수에 비해 넓은 흡수패턴으로 변화였다(Fig. 6).

2) Energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry 분석결과

은염처리된 3 종류의 양식진주들은 시간이 흐르면 흐를수록 흑색으로 변화했으며, 진주층의 콘키올린에 은(Ag)의 양이 점차적으로 증가 침투된 것으로 파악되었다(Table 2).

실험 전의 담수양식진주는 각각 핑크와 그린의 간섭색(orient color)에, 화이트의 실체색을 갖고 있었으나 시간이 흐를수록 은의 침투에 의하여 실체색이 영향을 받았다. 침투되어가는 상태를 ED-XRF로 분석한 결과 은염처리 시간에 따라 점차적으로 은의 양이 늘어났음을 알 수 있었다.

실험 전의 아코야양식진주는 각각 핑크와 그린의 간섭색에, 화이트의 실체색을 갖고 있었으나 시간이 흐를수록 은의 침투에 의하여 실체색이 영향을 받아 변화했다. 침투되어가는 상태를 ED-XRF로 분석한 결과 아코야양식진주도 은염처리 시간에 따라 점차적으로 은의 양이 늘어났음을 알 수 있었다.

실험 전의 타히티흑양식진주는 옅은 블랙 내지는 회색의 실체색을 갖고 있었으나 시간이 흐를수록 은의 침투가 실체색에 영향을 주었다. 침투되어가는 상태를 ED-XRF로 분석한 결과 타히티흑양식진주도 은염처리 시간에 따라 점차적으로 은의

양이 늘어났음을 알 수 있었다.

2. 화학처리 여부 판별과 담수/해수산 분석 결과

화학 처리 여부를 알 수 없는 흑진주 시료 18 개를 시중에서 구입하여 분석한 결과는 다음과 같다.

타히티흑양식진주인 3 개의 진주(STN1, STN2, STN3) 모두에서 자연산 타히티흑양식진주의 특징인 400 nm, 500 nm, 700 nm의 흡수 스펙트럼을 나타내었고 반사율이 높았다. 스트론튬(Sr) 성분이 있으므로 해수산으로 판단되었다. 은(Ag)의 함유량이 1% 이하의 범주에 있으므로 처리되지 않았을 가능성이 매우 높은 것으로 생각되었다(Fig. 7A, Table 1).

실험에 사용된 아코야흑양식진주 3 개(SAA1, SAA2, SAA3)는 은염 처리에 의한 600 nm, 650 nm의 공통적 흡수 스펙트럼이 있었고 반사율이 낮았다. 스트론튬 성분 있으므로 해수산으로 판단되었다. 은의 함유량이 0.1% 이상이어서 은염처리 되었을 가능성이 높았다(Fig. 7B, Table 1).

제조 경로를 알 수 없는 아코야흑양식진주 3 개(SAN1, SAN2, SAN3)를 분석해 본 결과, 특징적인 스펙트럼을 발견할 수 없었고 반사율은 매우 낮았다. 스트론튬 성분 있으므로 해수산으로 판단되었고 은의 함유량은 매우 높아서 은염

Table 1. Chemical analysis of various pearl specimens (ED-XRF).

Pearls		Ion contents (%)				
		Ca	Mn	Sr	Ag	Fe
Naturally colored Tahitian cultured pearl	STN1	98.889	N.D.	0.777	0.073	0.211
	STN2	98.673	N.D.	0.996	0.105	0.150
	STN3	98.646	N.D.	1.033	0.094	0.133
Akoya black pearl treated with unidentified method	SAA1	98.719	N.D.	0.901	0.183	0.114
	SAA2	98.739	N.D.	0.737	0.251	0.183
	SAA3	98.761	N.D.	0.908	0.123	0.121
Sliver nitrate treated Akoya black cultured pearl	SAN1	98.106	N.D.	0.746	0.906	0.182
	SAN2	97.808	N.D.	0.805	1.041	0.303
	SAN3	97.944	N.D.	0.971	0.569	0.459
Natural black colored freshwater cultured pearl	SFN1	98.749	0.496	0.338	0.075	0.342
	SFN2	98.984	0.141	0.599	0.104	0.105
	SFN3	99.095	0.116	0.537	0.102	0.112
Sliver nitrate treated black freshwater cultured pearl	SFA1	94.955	3.121	0.542	0.304	1.036
	SFA2	98.784	0.177	0.304	0.411	0.324
	SFA3	95.282	3.464	0.515	0.515	0.353
Freshwater cultured black pearl treated with unidentified method	SFE1	98.965	0.494	0.121	0.262	0.138
	SFE2	98.920	0.426	0.291	0.190	0.135
	SFE3	98.906	0.446	0.273	0.199	0.139

N.D.: not detected.

Table 2. Silver ion content of pearls after 4 to 16 hours of silver nitrite treatment.

Pearl		Content (%) of silver ion after silver nitrate treatment			
		0 h	4 h	8 h	16 h
Freshwater cultured pearl	EF 1	0.117	13.278	33.606	45.800
	EF 2	0.130	3.182	8.484	24.210
	EF 3	0.080	24.417	28.951	42.287
Akoya cultured pearl	EA 1	0.079	0.623	2.707	4.518
	EA 2	0.117	0.533	0.964	1.257
	EA 3	0.086	1.024	3.551	5.745
Tahitian cultured pearl	ET 1	0.109	0.498	0.722	0.735
	ET 2	0.112	0.585	1.272	1.680
	ET 3	0.106	0.477	1.320	1.726

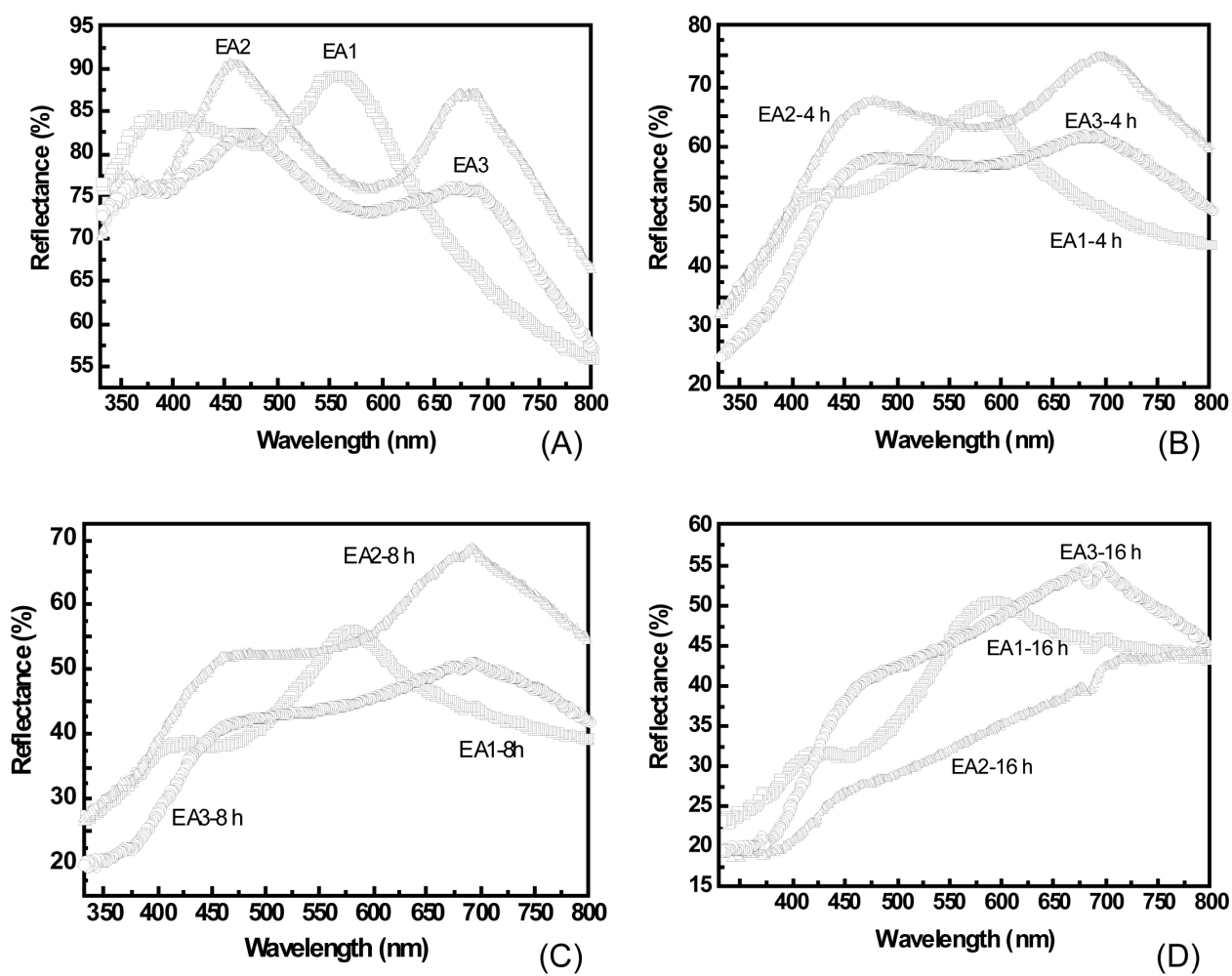


Fig. 5. UV-Vis spectra of Akoya cultured pearls. (a) Before silver nitrate treatment; (b) After 4 hours of treatment; (c) After 8 hours of treatment; (d) After 16 hours of treatment.

처리된 것으로 생각되었다(Fig. 7C, Table 1).

자연 색상을 가진 담수양식흑진주 시료 3 개(SFN1, SFN2, SFN3)를 UV-Vis로 분석한 결과, 380-400 nm, 480-500 nm 두개의 특징적 흡수패턴을 가지고 있었지만, 자연산 타히티흑진주와는 달리 700 nm의 흡수 스펙트럼은 발견할 수 없었다. 따라서 자연 색상의 타히티흑진주와는 구분이 되었으며 반사율이 매우 높아 은염처리가 되지 않았음을 알 수 있었다. 망간 성분과 스트론튬 성분 함유하고 있어 담수산 진주로 판단되었다. 은의 함유량이 0.1% 이하 범주에 있어 은염처리가 되지 않았을 가능성이 매우 높았다(Fig. 7D, Table 1).

은염처리된 담수양식진주 3 개(SFA1, SFA2, SFA3)를 분석한 결과 특징적인 스펙트럼을 발견할 수 없었으며 반사율이 낮았다. 망간 성분과 스트론튬 성분 함유하고 있어 담수산으로 판단되었다. 조사된 3개의 진주 모두 은의 함유량이

0.3% 이상으로 높아서 은염처리가 되었을 가능성이 높았다(Fig. 7E, Table 1).

자연 색상 그대로가 아닌 것으로 의심되는 담수양식진주 3 개(SFE1, SFE2, SFE3)를 분석해본 결과, 특징적인 스펙트럼을 발견할 수 없었고 반사율도 매우 낮았다. 망간과 스트론튬 성분을 함유하고 있어 담수산으로 판단되었다. 은의 함유량이 높으므로 은염처리가 되었을 가능성이 높았다(Fig. 7F, Table 1).

고 찰

본 실험에서는 은염처리를 질산은 용액에 진주를 침적시키는 방법으로 실행했으나, 흑진주 처리에 대한 오랜 역사를 갖고 있는 일본의 경우는 은염처리를 다이아민은(I) 이온 ($[Ag(NH_3)_2]^+$, diamminesilver (I) ion)이 단백질의 환원

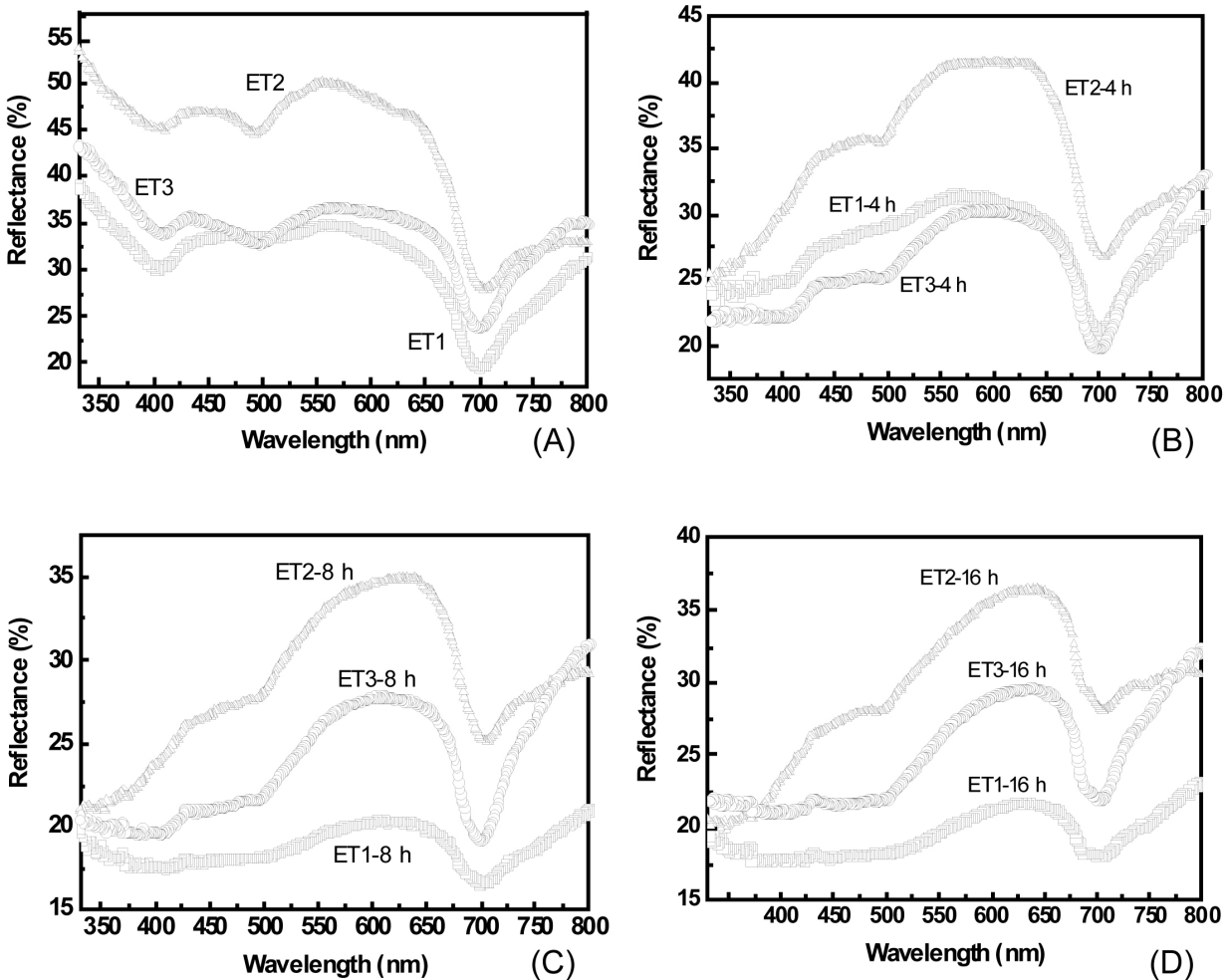
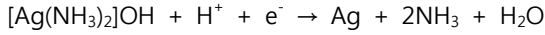


Fig. 6. UV-Vis spectra of Tahitian cultured pearls. (a) Before silver nitrate treatment; (b) After 4 hours of treatment; (c) After 8 hours of treatment; (d) After 16 hours of treatment.

작용을 받아 진주층 내에 은을 석출하는 방법을 사용하기도 한다(Wada, 1982; Komathu, 1992).



흑진주를 UV-Vis로 분석함에 있어서, 중요한 점은 반사율(reflectance)에 있는데, 본 연구에서 선별된 진주 시료들 중 은염처리 및 염료에 의하여 처리된 진주들은 UV-Vis 분석결과에서, 반사율이 낮은 영역에서 스펙트럼되었다.

Zhang *et al.*(2003)에 의하면 1000 nm에서 300-400 nm의 영역으로 가면서 산화은의 흡수량이 늘어난다고 보고된 바 있는데, 이러한 은의 고유 흡수 스펙트럼은 진주의 고유 스펙트럼에 영향을 주게 되고 또한 UV-Vis에서 반사율을 저하시키는 경향을 보인다. 따라서 UV-Vis에서 은염처리된 진주의

반사율은 자연 색상을 지닌 진주의 반사율보다 상대적으로 낮게 스펙트럼됨을 알 수 있었다.

자연 색상의 타히티흑양식진주는 UV-Vis에서 400 nm, 500 nm, 700 nm의 고유 흡수패턴을 가지며, 이들 세가지 파장 중 700 nm를 “검은진주조개 흡수”라고 보고된 바 있다(Komathu, 1992).

본 연구에 사용된 타히티흑양식진주의 경우, 은염처리됨에 따라 700 nm에서는 보다 깊은 흡수패턴을 유지하고 있었고, 400 nm와 500 nm 영역의 흡수 스펙트럼은 자연 색상을 지닌 진주의 흡수 패턴에 비해 넓은 흡수 패턴을 보였다. 따라서 이 경우도 은의 고유 스펙트럼에 의하여 영향 받은 것으로 판단되었다.

진주를 감별하는 기기 중 ED-XRF를 이용한 성분 분석을

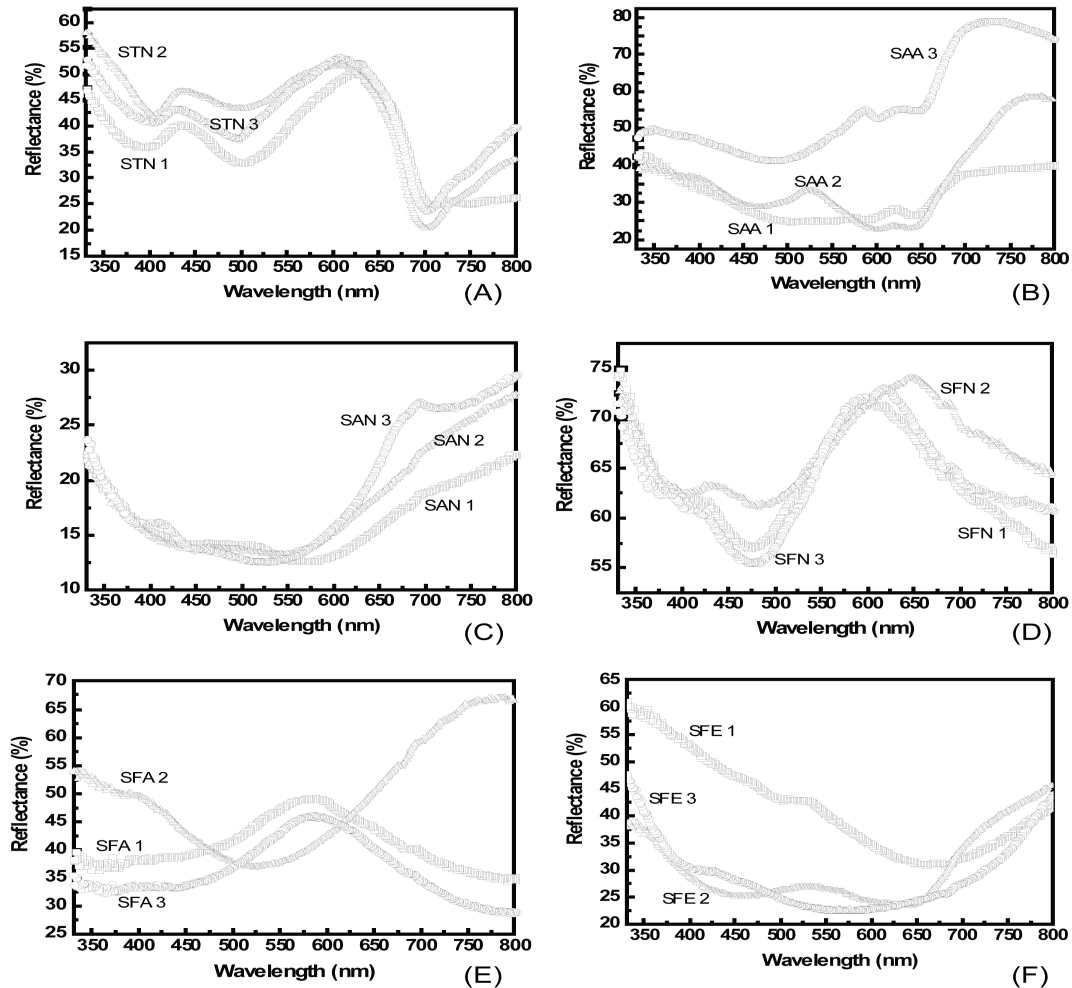


Fig. 7. UV-Vis spectra of six groups of pearls. (A) Naturally colored Tahitian black cultured pearls; (B) Treated Akoya black cultured pearls; (C) Silver nitrate treated Akoya black cultured pearls; (D) Naturally colored freshwater black cultured pearls; (E) Silver nitrate treated freshwater black cultured pearls; (F) Treated freshwater black cultured pearls.

통하여 양식진주가 해수산인지 담수산인지를 판단하며, 은염 처리 여부도 진주에 미량 들어있는 은의 함유량으로 판단할 수 있다(Table 1).

해수산양식진주(타히티흑양식진주, 아코야양식진주)는 스트롱티움이 망간보다 많이 함유되어 있고, 담수양식진주는 망간과 스트롱티움이 함유되어 있는데 망간이 해수양식진주보다 상대적으로 많이 함유되어 있다고 했으나(Habermann *et al.*, 2001; Huang *et al.*, 2003; Oh *et al.*, 2003), 본 연구 실험에서 관찰한 타히티흑양식진주와 아코야양식진주에서는 망간 성분이 관찰되지 않았고 스트롱티움만 검출되었다.

또한 본 실험에 사용된 담수양식진주의 경우는 망간과 스트롱티움이 검출되었다. 따라서 흑진주가 외관상으로 해수산인지 담수산인지 알 수 없을 경우 ED-XRF의 성분분석으로 판단이 가능하였다.

한편 자연 색상을 지닌 흑진주들은 은의 상대 함량이 약 0.1% 정도인 반면, 은염처리나 염색처리, 또는 두 가지 처리를 병행한 진주는 은의 상대 성분이 0.1% 이상을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 즉 은이온의 상대 함량 0.1%를 대략적인 기준점으로 하여 은염이나 염색 처리 여부를 판별하는데 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

본 실험에서 실제 은염처리를 해본 결과, 시간 변화에 따른 은 이온의 함유량을 살펴본 바 해수산과 담수산 양식진주 간에 뚜렷한 차이가 발견되었다(Table 2). 담수양식진주는 단시간 내에 많은 양의 은이 침투되었고 이어서 아코야양식진주, 타히티양식흑진주 순으로 나타났다. 또한 같은 종류의 진주라도 각각의 진주에 따라 은 흡수량에 차이가 있었다. 이러한 현상은 진주층의 각 층의 두께와 은의 침투가 밀접한 관계가 있을 것으로 판단되며, 진주층 두께에 따른 은의 침투율에 대한 연구가 계속되어야 할 것으로 사료되었다.

요 약

진주의 감별기법상 UV-Vis의 흡수 스펙트럼 분석과 반사율 분석은 흑진주의 색깔이 자연 그대로인지 아니면 처리에 의한 결과인지를 구별하는데 중요한 요소가 된다. 또한 ED-XRF를 이용한 미량 원소 분석은 진주가 해수산인지 담수산인지 여부와 은염 또는 염색 처리 유무를 판단하는데 이용될 수 있다.

본 연구에서는 은염 또는 염색 처리되지 않은 여러 종류(담수양식진주, 아코야양식진주, 타히티흑양식진주)의 진주에 은염처리를 한 결과, 은 이온 고유의 스펙트럼이 진주 고유의 스펙트럼에 영향을 주어 UV-Vis 흡수 스펙트럼이 변화되었다. 또한 반사율도 은염처리하기 전보다 낮아짐을 알 수 있었다.

특히 자연 색상의 타히티흑양식진주의 경우 400 nm, 500 nm, 700 nm의 고유 흡수 스펙트럼을 갖고 있었으며, 자연 색상의 담수흑양식진주의 경우 380-400 nm, 480-500 nm

두 개의 특징적인 흡수 스펙트럼으로 나타났다. 자연 색상의 담수흑진주에서는 자연 색상의 타히티흑진주와는 달리 700 nm의 흡수 스펙트럼이 관찰되지 않았다.

직접 은염처리한 진주 9 개를 ED-XRF를 이용하여 분석한 결과, 처리시간이 증가함에 따라 진주 층에 침투된 은의 함량이 점차로 증가했음을 알 수 있었다.

또한 시중에서 구입한 흑진주 18 개를 분석한 결과, 은 이온의 상대 함유량이 약 0.1%를 경계로 은염 또는 염색 처리 여부를 판단하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각되었다.

REFERENCES

- Akamatsu, S., Zansheng, L.T., Thomas, M.M. and Kenneth, S., (2001) The current status of Chinese freshwater cultured pearls. *Gems & Gemology*, **37**: 96-113.
- Habermann, D., Banerjee, A., Meijer, J. and Stephan, A. (2001) Investigation of manganese in salt- and freshwater pearls, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, B, **181**: 739-743.
- Huang, F., Yun, X., Yang, M. and Chen, Z., (2003) Pearl cultivation in Donggou, Ezhou, Hubei, and cathodoluminescence of cultured pearls, *Gemological Association and Gem Testing Laboratory of Great Britain*, **28**: 449-462.
- Kenneth, S., Tomas, M.M. and Akamatsu, S. (2000) Characteristics of nuclei in Chinese freshwater cultured pearls, *Gem & Gemology*, **36**: 98-109.
- Komathu, H. (1992) Pearl Identification Theory, pp. 29-36. Gemological Association of All Japan, Tokyo.
- Komathu, H., Masubuchi, K.H. and Kamimura, S. (2002) Knowledge and Sale-technique of Pearl, pp. 53-58, Senken Newspaper Company, Tokyo.
- Li, L. and Chen, Z. (2001) Cultured pearls and colour-changed cultured pearls: Raman spectra *Gemological Association and Gem Testing Laboratory of Great Britain.*, **27**: 449-455.
- Muller, A. (1997) Cultured Pearl: The First Hundred Years. pp. 121, Golya Buchel Group International Ad Co. Ltd., Hong Kong.
- Oh, J.U., Kim, J.S., Choi, J.K. and Kim, P.C. (2003) The estimation characteristics of cultured pearls. *Journal of the Korean Crystal Growth and Crystal Technology*, **13**(6): 315-319. [in Korean]
- Wada K.J. (1982) Science of Pearl, pp. 95-104. Pearl Newspaper Company, Tokyo.
- Zhang, X.Y., Pan, X.Y., Zhang, Q.F., Xu, B.X., Jiang, H.B., Liu, C.L., Gong, Q.H. and Wu, J.L. (2003) Synthesis of silver oxide nano-scale thin films and photo-activated dynamic luminescence from their nanoparticles. *Acta Physics-Chemistry Sinica*, **19**: 203-207.