

## 화학발광 반응을 이용한 세탁조건별 반려동물 오구 제거효과 연구

박정은 · 이정순\*†

충남대학교 수의학과, \*충남대학교 의류학과

### A Study on the Pet Soil Removal Effect of Washing Conditions Using a Chemiluminescence Reaction

Jung-Eun Park · Jungsoon Lee\*†

Dept. of Veterinary Medicine, Chungnam National University

\*Dept. of Clothing & Textiles, Chungnam National University

Received June 16, 2021; Revised (August 21, 2021; September 17, 2021); Accepted September 24, 2021

#### Abstract

In this study, we used a chemiluminescence reaction to investigate the removal effect of pet soil, such as dog blood, urine and feces. The soiled fabrics were washed with a standard laundry course of 30°C and a washing time of 30 min and a pet care laundry course of 40-60°C and a washing time of 100 min. The detergency was evaluated by the surface reflectance and chemiluminescence reaction (bloodstain detection by luminol test and urine-stain and feces-stain detection by UV blacklight test) before and after washing. The surface reflectance results did not show any difference in detergency for both courses, whereas the chemiluminescence reaction did. The detergency of the pet care course compared to the standard course was 101% according to the surface reflectance and 120% according to the chemiluminescence reaction. Therefore, residual stains not detected by surface reflectance can be evaluated through chemiluminescence reaction, and it was confirmed that pet stains can be managed more hygienically by washing for a long time at a high temperature.

**Key words:** Pet soil, Standard laundry course, Pet care laundry course, Chemiluminescence reaction, Detergency; 반려동물 오구, 표준 세탁코스, 펫케어 세탁코스, 화학발광 반응, 세척률

#### I. 서 론

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(2020) 보고서에 따르면 2020년 우리나라에서 반려동물을 기르고 있는 가구는 638만 가구로 전국의 가구 수를 2,304만 가구로 환산 시 27.7%에 해당된다. 이는 2019년 591만 가구 대비 47만 가구가 증가한 것으로, 개는

521만 가구에서 602만 마리를, 고양이는 182만 가구에서 258만 마리를 기르는 것으로 나타났다. 반려동물을 기르는 638만 가구 중 81.6%가 개를 기르고 있고, 28.6%가 고양이를 기르고 있어 반려동물로 개와 고양이를 기르는 경우가 대부분을 차지하고 있다. American Pet Products Association(2021)의 조사에 의하면 미국 전체 가구의 67%인 약 85백만 가구에서 동물을 기르며 그 중 개와 고양이를 기르는 가구 수가 각각 약 75%, 50%를 차지한다고 발표하여 미국의 경우에도 가장 보

†Corresponding author

E-mail: jungsoon@cnu.ac.kr

편적으로 기르는 동물은 개와 고양이를 나타냈다.

개와 고양이를 기르는 가구 수가 증가하면서 개와 고양이 케어를 위한 섬유용품이 다양해지고 있다. 기존 패션기업에서도 펫웨어 시장에 관심을 보이면서 반려견 의류뿐만 아니라 펫담요, 펫매트, 펫방석 등의 섬유제품 관련 상품으로 영역을 확장하고 있다(Kwak, 2019). 반려동물에 사용되는 이들 섬유제품은 모두 세탁관리가 필요한 품목으로 개와 고양이로 인하여 오염된 섬유용품을 위생적으로 세탁하는 것이 필요한데, 이를 반영하여 반려동물의 의류관리를 위한 세탁기와 건조기가 출시되었다(Kim, 2021; Song, 2020). 개나 고양이 용품에 부착하는 오구는 사람의 의복에 부착하는 생활오구 이외에 자연적인 털갈이와 그루밍에 의한 털, 배변훈련이 안된 새끼의 대변이나 소변, 영역 표시에 사용된 소변, 생리혈 등을 들 수 있다. 반려동물 특유의 냄새는 동물 털과 비듬, 침, 배설물에서 번식하는 미생물 때문이므로 오염된 반려동물 용품은 곧바로 세탁하는 것이 중요하다.

한편 개나 고양이는 뛰어난 후각능력을 가지고 있어 사람이 육안으로 확인하기 어려운 잔존오구 즉 세탁물에 잔류되어 있으나 시각적으로는 확인할 수 없는 오구의 존재를 냄새를 통해 쉽게 인지할 수 있다(Jenkins et al., 2018; Padodara & Jacob, 2014). 특히 개의 소변 오염물에 잔류하는 페로몬 등의 물질은 반려견의 반복적인 배뇨를 일으키기도 하며, 잔류되어 있는 오구는 시간이 지나면서 냄새를 풍기는 원인이 되기도 한다. 뿐만 아니라 최근 유행하고 있는 코로나19를 포함하여 다양한 인수공통전염병이 반려동물을 통해 매개될 수 있다는 가능성이 제기되고 있어 반려동물 섬유용품의 위생적인 세탁방법과 효과적인 오구 제거가 더욱 중요해지고 있다.

최근 다양한 오구가 부착된 오염포의 세척성을 평가하는 연구가 수행되었으나(Byeon et al., 2020; Chung & Kim, 2011, 2012; Kang, 2011) 반려동물 유래 오구의 세척성에 대한 연구는 이루어진 바가 없으므로 반려동물의 분비물로 인한 오구의 효과적인 제거방법과 잔류 가능성을 지닌 잔존오구의 유무를 평가하는 새로운 방법에 대한 실험적 연구가 필요하다. 기존에 이용되고 있는 세척률 평가방법에는 직접 육안으로 판정하는 관능평가법, 표면반사율을 측정하는 방법, 화

학분석을 하는 방법 등이 쓰이고 있다. 관능평가법과 표면반사율을 측정하는 방법은 육안으로 보는 청결상태를 측정하는 방법으로 세제의 성능과 같은 실용적인 연구에 이용되며, 화학분석을 하는 방법은 세척의 원리를 연구하는 데 있어 특정한 오구 성분의 거동을 조사하는데 적합한 방법으로 알려져 있다(Kim et al., 2008). 화학분석은 오구 성분의 정량에 의한 평가방법으로 지용성 오구의 잔류지질의 양을 측정하는 방법, 단백질 오구의 질소원자(N)를 정량하는 방법 등이 해당된다(Kim et al., 1997). 눈에는 보이지 않지만 잔류되어 있는 혈흔, 분변, 소변과 같은 오구의 검출은 화학발광 반응을 통해 측정이 가능하다. 혈액은 특히 폭력 범죄와 관련하여 법의학 과학자들이 가장 흔히 접하는 체액 중 하나이다. 혈흔의 존재 여부를 확인하고, 눈에 보이지 않는 혈흔을 찾기 위해서 다양한 시약들이 개발되었는데, 그 중에서 루미놀(Luminol)이 가장 대표적인 시약이다(Lim et al., 2018). 루미놀은 혈액의 헤모글로빈과 접촉하면 청록색의 빛을 생성한다. 혈흔에 바르면 아주 묽은 양이어도 어둠 속에서 반응이 되는 화학시약이다(Chourasiya et al., 2017). 소변과 분변의 존재 여부는 소변과 대변에 포함된 인 성분이 블랙라이트(Blacklight)에서 발광 반응을 일으키므로 이를 이용할 수 있다(Helmenstine, 2017).

따라서 본 연구에서는 세탁 후 사람의 눈으로는 지각하지 못하나 잔류할 수 있는 반려동물 오구를 측정하는 새로운 방법을 제안하고자 하였다. 이를 위해 반려동물로 가장 많이 기르고 있는 개의 혈액, 소변, 대변이 묻은 오염포에 대한 세척성을 세탁방법과 평가방법을 달리하여 비교해 보았다. 세탁방법은 시판 회전 드럼식 세탁기의 표준 세탁코스과 펫케어 세탁코스에서 시행하였고, 세척성 평가는 일반적으로 의복의 세척성 평가에 사용하는 세탁 전후 오염포의 표면반사율을 측정하는 방법과 법의학 과학자들이 범죄 수사에 많이 활용하는 발광 반응(루미놀 시험과 UV 블랙라이트 시험)을 이용한 방법으로 세척률을 평가하여 비교하였다. 실험결과를 통해 세탁방법과 평가방법에 따른 세척력의 차이를 살펴보고 반려동물 유래 오구의 효과적인 제거조건을 제안하고 화학발광 반응을 이용한 새로운 세척률 평가법에 대한 가능성을 제안하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 화학발광

#### 1) 루미놀

루미놀은 혈흔의 감식에 널리 쓰이는 질소 헤테로 고리 화합물로서 분자량 177.16, 녹는점 319~320°C의 연갈색을 띤 흰색 고체이다("Luminol", 1989). 루미놀은 적당한 산화제와 섞으면 청백색의 화학발광을 하게 되는데 루미놀이 청백색의 화학발광을 나타내는 반응을 루미놀 반응이라고 한다. 루미놀은 철과 반응하기 때문에 범죠헌장 등에서 혈흔을 감식하는 데 쓰인다. 루미놀 반응의 메커니즘을 살펴보면, 알칼리 용액에서 루미놀은 두 개의 수소를 잃게 되고 촉매에 의해 과산화수소에서 발생된 두 개의 산소원자가 루미놀 이온과 반응하여 산화된다. 이 산화된 상태는 불안정하므로 곧 질소가 기체로 되며 떨어져 나간다. 이 떨어져 나간 중간체는 높은 에너지 상태로 불안정하므로 곧 내부 에너지를 빛에너지의 형태로 내어 놓고 안정한 낮은 에너지 상태로 돌아가게 되는데 이때 화학발광을 하는 것이다(Giussani et al., 2019). 혈액 중 헴(Hem)이 루미놀 화학발광 반응 중 과산화수소 분해 반응의 촉매 역할을 하게 되는데 보통 혈액이 약 1만~2만 배로 희석되어도 반응을 나타내므로 세탁된 상태에서도 혈흔이 감지되며 발광의 정도는 남은 흔적의 양에 비례한다("Luminol", 2021; Plieth, 2019).

#### 2) UV 블랙라이트

블랙라이트는 자외선을 방출하는 램프로 자외선 외에 다른 빛을 차단하는 물질이 램프 내부에 발라져 있어 가시광선은 걸러지고 자외선만 방출된다. 램프의 색이 검은색이어서 블랙라이트라고 하며 물질의 감별이나 형광분석에 사용된다. 블랙라이트는 범죠헌장에서 정액, 혈액 및 타액과 같은 체액을 찾고 식별하는데 사용하기도 하고 위조지폐 감별이나 무대조명 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 형광물질은 가시광선 자체를 흡수하지 않기 때문에 그냥 보이지는 않고 자외선을 흡수한 후 가시광선을 내어놓으므로 자외선이 나오는 블랙라이트와 형광물질이 만나면 발광 현상이 일어나게 된다("Blacklight", 2021; Kim & Choi, 2011; Springer et al., 1994).

인(Phosphorus)은 산화에 의한 화학발광에 의해 빛

을 생성한다("Phosphorus", 2021). 동물들 오줌과 대변 속에는 인 성분이 들어 있고 인은 햇빛을 축적하게 되면 어두운 곳에서 스스로 발광하게 된다. 그러나 인 성분이 미미할 경우 자체 발광을 하지 못하는데 블랙라이트는 화학발광을 더 쉽게 볼 수 있도록 하는 추가 에너지를 제공하는 역할을 하여 발광을 도와준다(Helmenstine, 2017).

### 2. 반려동물 유래 오구의 종류와 특징

#### 1) 혈액

혈액은 영양소, 산소 및 대사 폐기물과 같은 물질을 운반하는 체액으로 혈액세포(적혈구, 백혈구, 혈소판)와 혈장으로 구성된다(Hickman et al., 2017). 동물의 혈액은 여러 요인으로 인해 인간의 혈액과 구별된다. 인간 혈액과 동물 혈액의 주요 차이점은 인간 혈액은 호흡색소로 헤모글로빈을 포함하는 반면 동물 혈액은 다른 유형의 호흡색소로도 구성될 수 있다는 것이다. 혈액에 존재하는 호흡색소의 유형에 따라 다른 색상의 혈액을 가진다. 동물 혈액의 경우, 헤모글로빈(어류를 제외한 모든 척추동물 및 일부 무척추동물), 헤메리트린(해양 무척추동물), 헤모시아닌(순환계가 개방된 동물들) 및 클로로크루오린 등 네 가지 유형의 호흡색소를 가질 수 있다("Oxygen transport proteins", 2020). 또한, 인간과 동물의 혈액 내 포도당 분포 및 PCV(Packed cell volume)는 다른 것으로 알려져 있다. PCV는 인간의 경우 37~50%, 개의 경우 37~55%, 고양이의 경우 24~45%, 말의 경우 24~48%로 나타났으며, 이는 혈액 내 적혈구의 수가 종마다 다르다는 것을 나타낸다(Klaassen, 1999). 또한, 적혈구의 크기도 상이하며 이는 포도당 분포의 차이를 야기한다. 예를 들어 인간의 경우 적혈구의 포도당 비율은 42%, 혈장의 포도당 비율은 58%로 나타나는 반면 적혈구의 수가 더 적고 크기가 작은 개에서는 적혈구의 포도당이 12.5%, 혈장의 포도당이 87.5%로 나타난다(Higgins et al., 1982). 동물의 혈액과 인간의 혈액은 성분 및 조성은 다르나 상업적으로 이용 가능한 시약을 이용하여 인간, 개, 염소의 혈액을 검출한 연구에서 인간의 혈액이 색상강도가 크게 나타났으나 민감도에서는 큰 차이가 없어 사람과 개의 혈액 오염물 또는 혈흔은 루미놀과 기타 물질의 조합을 사용하여 검출될 수 있다(Chourasiya et al., 2017). 루미놀은 과산화수소와 결합하여 적혈구의

헴 그룹과 반응하여 화학발광으로 알려진 밝은 파란색 빛을 생성한다(Barni et al., 2007).

## 2) 소변

인간을 포함한 대부분의 포유류에서 소변의 형성은 신장의 네프론에서 혈장을 여과하여 시작된다. 네프론 내에서 발견되는 액체는 본질적으로 거대 분자가 없는 혈장과 동일하다. 체액이 네프론 관을 통과하면 물과 아미노산, 포도당 및 기타 영양소와 같은 유용한 혈장 성분이 혈류로 재흡수되어 최종적으로 소변이라고 하는 폐기물의 농축 용액을 남긴다. 이는 물, 요소(아미노산 대사에서 유래), 무기 염, 크레아티닌, 암모니아 및 혈액 분해 색소로 구성되며, 그 중 혈액 분해 색소는 소변에 일반적으로 황색을 띠게 한다. 또한 혈액으로의 재흡수 메커니즘이 없는 비정상적인 물질은 소변에 남아 있다. 핵산 분해의 산물은 대부분의 포유류에서 알란토인으로, 인간의 경우 요산으로 존재한다.

사람과 동물(특히 개와 고양이)의 소변은 화학적으로 매우 유사하다. 인간의 소변은 요소, 염화물, 나트륨, 칼륨, 크레아티닌, 기타 용존 이온, 요산을 포함한 무기 및 유기 화합물과 함께 95% 이상의 물을 함유한다(Kirchmann & Pettersson, 1994). 개 소변에는 요소, 크레아티닌, 요산, 탄수화물, 효소, 지방산, 호르몬, 나트륨, 칼륨, 염화물, 마그네슘, 칼슘 및 암모니아가 포함되어 있다(Stevenson & Markwell, 2001). 개 소변 내 호르몬은 개가 다른 개의 소변 냄새를 맡아 소변에 존재하는 에스트로겐이나 테스토스테론과 같은 호르몬을 감지할 수 있게 해준다.

소변은 주로 인 성분을 포함하고 있기 때문에 블랙라이트 아래에서 발광 반응을 나타낸다(Helmenstine, 2017). 인은 산소가 있는 상태에서 블랙라이트의 유무에 상관없이 황록색으로 빛나고, 블랙라이트는 화학발광을 더 쉽게 볼 수 있도록 하는 추가 에너지를 제공한다. 따라서 블랙라이트를 이용하여 반려동물의 소변을 찾거나 욕실 등의 청소상태를 확인할 수 있다.

## 3) 대변

사람의 대변과 반려동물의 대변은 유사한 특성을 보인다. 대변의 75%는 물, 나머지 25%는 소화되지 않은 섬유질, 죽은 박테리아 및 살아있는 박테리아로 구성된다. 완전히 제거되지 않은 대변에는 다양한 미생물이 존재할 수 있고, 이러한 미생물은 경구감염, 경피

감염, 호흡기 감염 등을 통해 사람에게 감염을 일으킬 수 있으므로 확실한 제거가 가능한 세탁조건에서 세탁하는 것이 중요하다. 대변은 소변과 마찬가지로 인 성분을 포함하고 있기 때문에 블랙라이트 아래에서 발광 반응을 나타내며 이를 통하여 대변의 오염을 검출할 수 있다(Helmenstine, 2017).

## III. 실험

### 1. 시료 및 시약

오염포 제작용 시료는 KS K ISO105-F02(Korean Agency for Technology and Standards [KATS], 2017) 규격에 명시된 정련 표백된 100% 면 침부포를 사용하였다. 세탁 부하는 IEC 60456:2010(International Electrotechnical Commission [IEC], 2010)에 명시된 면 100% 타월, 면 100% 베갯잇과 자체 제작한 60 cm×80 cm, 30 cm×80 cm 크기의 면 100% 미표백 광복 부하포를 사용하였다. 세탁세제로는 혈액 오염포의 경우 IEC 60456:2010(IEC, 2010) 표준세제와 시판 드럼용 액체세제(Tech, LG Household & Health Care Ltd., Korea)를 사용하였다.

개의 혈액은 충남대학교 수의과대학 부속동물병원에 내원한 환축으로부터 확보하였으며, 검사 후 폐기 예정인 샘플을 사용하였다. 혈액은 즉시 사용하거나, 응고를 방지하기 위해 EDTA(Ethylene diamine tetraacetic acid) 처리한 후 사용 전까지 상온에서 진탕 보관하였다. 개의 대변은 건강한 개의 자연 배변 후 확보하였으며, PBS(Phosphate buffer saline)를 이용하여 10%로 희석하였다. 개의 소변은 건강한 개의 자연 배뇨 시 확보하였다.

루미놀 용액은 루미놀 1 g, 수산화나트륨(NaOH) 3 g, 글리신(Glycine) 1 g, 과산화수소수(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 10 ml을 1 L의 증류수에 녹여 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 오염포의 준비

혈액 및 대변 오염포는 면직물(5 cm×5 cm)에 0.1 mL의 혈액 및 분변 희석액을 접종하고 24시간 이상 상온에서 충분히 흡수 및 건조시켜 제작하였다. 소변 오염포는 시험포(5 cm×5 cm)에 3 mL를 접종하고 5일 이상

상온에서 충분히 흡수 및 건조시켜 제작하였다. 제작된 오염포는 냉장고에 보관하여 1주일 이내에 사용하였다. 오염포는 세탁을 위하여 <Fig. 1>과 같이 타월의 우측 가장자리에서 (10±5) mm 거리인 라인의 정중앙

에 미오염포 1장, 오염포 3장을 순서대로 배치하여 우측 가장자리를 바느질로 고정하여 준비하였다. 미오염포(이하 “전이포”라 함)는 세탁처리 중 오염물의 전이를 평가하기 위해 포함하였다.

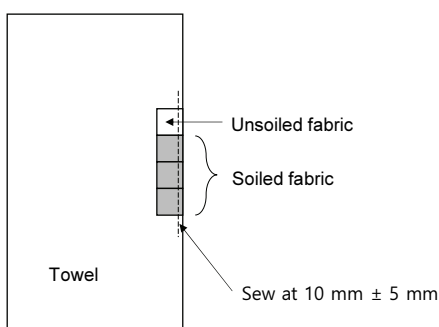


Fig. 1. Attached test strip.

2) 세탁

세탁은 시판 회전드럼식 세탁기(LG Tromm Steam Pet F24EDE, LG Electronics, Korea)를 사용하여 <Table 1>과 같은 펫케어 세탁코스과 표준 세탁코스 조건에서 세탁하였다.

오염포별 세탁조건은 <Table 2>에 세탁 프로토콜은 <Fig. 2>에 나타내었다. 세탁시험 제반사항은 IEC 60456:2010(IEC, 2010)에 준하여 시행하였다. 혈액 오염포 세탁의 경우 세탁 부하는 IEC 60456:2010(IEC, 2010) 표준부하포인 타월과 베갯잇을, 세탁세제는 IEC 60456:2010(IEC, 2010) 표준세제를 사용하였다. 소변

Table 1. Pet care and standard laundry courses

Laundry	Course	
	Standard	Pet care
Time	30 min	100 min
Temperature	Keep within 30°C	After washing in cold water for the first 15 minutes, the fabric temperature is maintained within 20-40°C for 40 minutes. After heating, keep the fabric temperature at 60°C for 20-25 minutes
Rinse no.	No hot water rinse. 2 cold rinses	After 3 hot water rinses (32°C or higher), 1 cold water rinse

Table 2. Washing conditions for each soil type

Soil type	Detergent	Detergent dose	Test loads (1.5 kg)		Fluorescent brightener
			Item	Number	
Blood	IEC 60456:2010 (IEC, 2010) reference detergent	52.05 g	Towels	8	○
			Pillowcases	3	
Urine & Feces	Commercial detergent (Tech, LG Household & Health Care Ltd., Korea)	20 mL	Unbleached cotton 60 cm × 80 cm	8	×
			Unbleached cotton 30 cm × 80 cm	17	

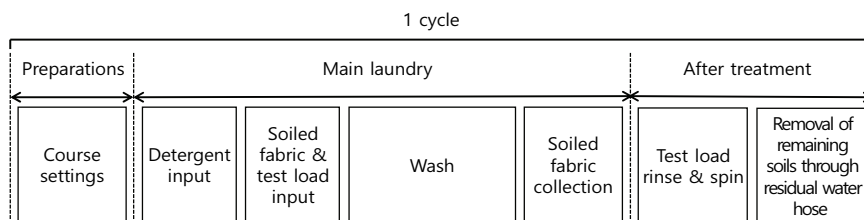


Fig. 2. Experimental protocol.

과 대변 오염포 세탁의 경우 타월, 베갯잇과 동일 사이즈로 자체 제작한 더미포를, 세탁세제는 시판 드럼용 액체세제(Tech, LG Household & Health Care Ltd., Korea)를 사용하여 세탁하였다. 더미포의 중량은 모두 1.5 kg으로 맞추어 사용하였다. 소변과 대변의 경우 블랙라이트에 의해 인 성분이 발광하게 되므로 더미포나 세제에 형광 성분이 포함되지 않아야 하나 표준 부하포와 표준세제에서 형광 성분이 포함되어 있어 오염별 부하포와 세제를 달리하였다.

3) 표면반사율에 의한 오염제거율 측정

표면반사율에 의한 오염제거율 측정은 표면반사율을 쿠벨카 뭉크(Kubelka Munk)식 <Eq. 1>과 같이 K/S 값으로 환산하여 <Eq. 2>에 의해 세척률을 계산하였다. 표면반사율은 색차계(Color reader JS-555, C.T.S., Japan)로 광원 D65, 관측시야는 10°로 하여 520 nm에서 측정하였다.

$$K/S = (1 - R)^2/2R \quad \dots\dots \text{Eq. 1.}$$

$$D(\%) = \{(K/S_s - K/S_w)/(K/S_s - K/S_o)\} \times 100 \quad \dots\dots \text{Eq. 2.}$$

R: Reflectance

D: Detergency

K/S<sub>o</sub>: K/S value for unsoiled fabric

K/S<sub>s</sub>: K/S value for soiled fabric

K/S<sub>w</sub>: K/S value for washed fabric

4) 루미놀 발광 반응에 의한 혈액 오염포의 오염제거율

시험포에 루미놀 용액을 충분히 적신 뒤 1분간 상온에서 반응시킨 후 Fusion Solo X(Vilber, Germany)에서 노출시간은 5초로 하여 발광 반응을 검출하였다. 루미놀 이미지 분석은 ImageJ Software(Wayne Rasband, National Institute of Health, USA)를 이용하여 시험포 내 이미지 강도(Image intensity)를 측정하여 <Eq. 3>을 이용하여 세척률을 계산하였다.

$$D = \{(A - B)/(A - C)\} \times 100 \quad \dots\dots \text{Eq. 3.}$$

D: Detergency

A: Image intensity of soiled fabric

B: Image intensity of washed fabric

C: Image intensity of unsoiled fabric

5) UV 블랙라이트 발광 반응에 의한 소변과 대변 오염포의 세척률 측정

시험포를 UV 조사한 후 Atto Luminograph II에서 발광 반응(인의 존재)을 검출하였다. Image J Software를 이용하여 시험포 내 이미지 강도를 측정하여 루미놀 발광 반응에 의한 방법과 동일한 <Eq. 3>을 이용하여 세척률을 계산하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 화학발광 거동

루미놀에 의한 발광 반응의 거동을 살펴보기 위하여 시험포에 혈액의 농도를 0.019~10%로 변화시켜 주입하고 루미놀 발광의 정도를 측정하여 <Fig. 3>에 나타내었다. 혈액의 농도변화에 따라 발광 반응의 정도가 K/S값의 거동과 유사한 형태를 보여주는 것을 알 수 있다. K/S값은 염료의 겉보기 농도를 측정하는데 이용되는데 일반적으로 염료농도에 따른 K/S값은 직선상으로 비례하는 것으로 알려져 있다. 그러나 낮은 농도에서는 직선적으로 비례하고 염료농도가 2% 이상의 높은 농도에서는 광학적 산란 현상이 커져 직선으로 비례하지 않아 일원이차방정식을 적용하고 있으며, 3~5%의 높은 농도에서는 곡선이 다시 직선 형태로 변환되는 거동을 나타낸다(Choi et al., 2010; Wang et al., 2021). <Fig. 3>을 보면 낮은 농도에서는 혈액의 농도와 이미지 강도의 선형관계를 유지하나 농도가 증가되면 직선적으로 비례하지 않고 높은 농도에서 다시 직선형태로 변환된다. 특히 낮은 혈액농도에서의 이미지 강도 값의 차이가 크게 나타나 세척포에서 잔존오구의 정도를 구분하는 데 유용할 것으로 사료

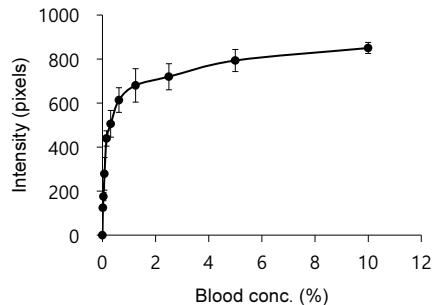


Fig. 3. Plot of luminol intensity of soiled fabric with blood.

된다.

UV 블랙라이트 발광 반응의 거동을 살펴보기 위하여 시험포에 대변의 농도를 0.625~10%로 변화시켜 주입하고 블랙라이트 발광의 정도를 측정하여 <Fig. 4>에 나타내었다. 대변의 농도변화에 따른 블랙라이트 발광 반응의 정도는 루미놀에 의한 발광 반응 거동과 유사한 형태를 보여주는 것을 알 수 있다.

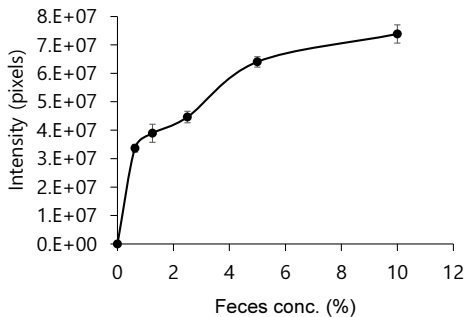


Fig. 4. Plot of blacklight intensity of soiled fabric with feces.

2. 혈액 오염포의 세척률

<Table 3>은 혈액 오염포의 육안관찰 이미지와 루미놀 발광 반응 이미지를 나타낸 것이다. 세탁으로 혈액 오염이 비교적 잘 제거되어 육안관찰 이미지에서는 눈에 띄는 차이를 인지할 수는 없었다. 전이포에서도 혈액 오염의 전이는 육안관찰 되지 않았다. 루미놀 발광반응 이미지를 보면 원포의 경우 화학발광이 일어나지 않으나 혈액 오염된 포는 화학발광이 강하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 코스별 세척 후의 화학발광 이미지는 육안관찰에서는 인지되지 못했던 코스별 세탁포의 차이가 관찰되었다. 육안관찰의 이미지가 거의 반영되는 표면반사율에 의한 혈액 오염포의 세척률 결과는 <Fig. 5>에 나타내었다. 표준 세탁코스과 펫케어 세탁코스에서의 혈액 오염포의 오염제거율은 각각 99.66±0.10%, 99.95±1.17%로 육안관찰 이미지에서와 같이 코스별 세척률에서의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. <Fig. 6>은 혈액 오염포의 표준 코스세탁과 펫케어 코스 세탁 후의 루미놀 발광 반응에 의한

Table 3. Visual images and luminol test images of blood soiled fabrics before and after washing

Image	Unsoiled fabric	Soiled fabric	Washed fabric		Transfer fabric	
			Standard	Pet care	Standard	Pet care
Visual						
Luminol test						

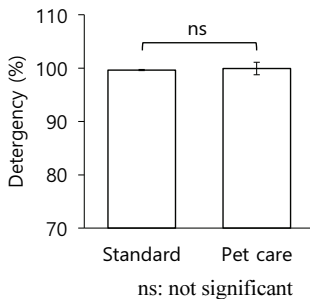


Fig. 5. Detergency of blood soiled fabric by reflectance after washing.

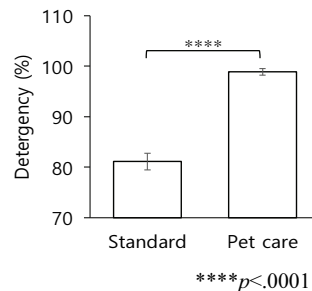


Fig. 6. Detergency of blood soiled fabric by luminol test after washing.


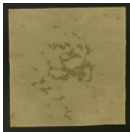
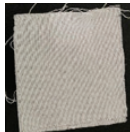





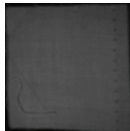



이미지 강도로 세척률을 계산한 결과이다. 혈액이 완전히 제거되지 않으면 잔류하는 적혈구의 헤모글로빈과 반응하여 화학발광이 발생되는데, 40~60°C에서 세탁을 진행한 펫케어 코스 세탁포가 30°C에서 세탁을 진행한 표준코스 세탁포가 보다 루미놀 발광 반응에 의한 이미지 강도가 현저히 낮게 나타나 표준코스 세탁에 의해 혈액 오구가 더 많이 남아 있는 것을 확인할 수 있다. 루미놀 발광 반응에 의한 표준 세탁코스과 펫케어 세탁코스에서의 혈액 오염포의 오염제거율은 각각 81.13±1.64%, 98.89±0.65%로 표준세탁 대비 펫케어 세탁의 오염제거능력은 122%로 높게 나타났다. 혈액은 혈액세포와 혈장으로 구성된 단백질 오구로 단백질 오구는 물이나 계면활성제만으로는 완전히 제거되지 않으며, 효소의 도움으로 제거가 가능하다. 단백질 분해 효소는 프로테아제로 현재 사용하는 대부분의 중질세제에 포함되어 있으며, 사용된 IEC 60456:2010(IEC, 2010) 표준세제에는 효소가 포함되어 있다. 효소가 활성화되기 위해서는 적절한 세탁온도와 세탁시간 등이 필요하다. 세탁에 주요 작용을 하는 효소는 60°C를 넘어서면 활성이 떨어져 세척성이 감소되고 혈액이 붉게 보이게 하는 헤모글로빈도 50°C 이상의 온도에서는 열에 의한 손상으로 제거가 어려울 수 있으므로 60°C보다 낮은 온도에서 세탁이 유리하다. 또한 효소활성화를 위한 세탁시간도 중요한 인자로 40~50°C에서 2시간 이상, 상온에서는 12시간 이상에서 효소의 작용이 극대화되므로 혈액 세탁 시 효소가 포함된 세제에 의한 단백질 분해를 위해서는 적당한 온도와 예침이 세척성을 증대시킬 수 있다(Byeon et al., 2020; Kim et al., 2008). 따라서 30°C에서 30분 세탁 시간의 표준코스에 비하여 펫케어 코스는 60°C 이하

의 단백질 오구제거에 적당한 세탁온도와 100분의 긴 세탁시간이 효소의 활성화에 기여하여 잔존오구의 양을 줄여주므로 혈액 오구제거에 더 효과적인 것으로 볼 수 있다.

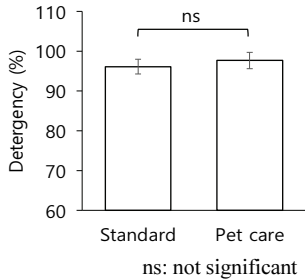
### 3. 소변 오염포의 세척률

<Table 4>는 소변 오염포의 육안관찰 이미지와 UV 블랙라이트 발광 반응 이미지를 나타낸 것이다. 육안관찰 이미지를 보면 혈액 오염에서와 마찬가지로 세탁으로 소변 오염이 잘 제거되었고 코스별 세탁포의 오염제거상태에서도 큰 차이를 볼 수 없다. 전이포에서도 소변 오염의 전이는 관찰되지 않았다. UV 블랙라이트 발광 반응 이미지를 보면 원포의 경우 화학발광이 일어나지 않으나 소변 오염된 포는 화학발광이 나타나 밝아지는 것을 볼 수 있다. 코스별 세척 후의 화학발광 이미지는 육안관찰로는 인지되지 못했던 코스별 세탁포의 차이가 관찰되었다. 표면반사율에 의한 소변 오염포의 세척률 결과는 <Fig. 7>에 나타내었는데 표준 세탁코스과 펫케어 세탁코스에서의 소변 오염포의 오염제거율은 각각 96.11±1.84%, 97.67±2.07%로 코스별 세척률에서의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. <Fig. 8>은 소변 오염포의 표준 세탁코스과 펫케어 세탁코스로 세탁 후 UV 블랙라이트 발광 반응에 의한 이미지 강도로 세척률을 계산한 결과이다. 30°C에서 세탁을 진행한 표준 세탁코스 세탁보다 40~60°C에서 세탁을 진행한 펫케어 세탁코스 세탁 후의 소변 오염포의 이미지 강도가 낮게 나타나 펫케어 세탁코스에 의해 소변이 더 잘 제거되어 세척률도 높은 것을 확인할 수 있다. 소변 오염포의 오염제거율은 표준 세

Table 4. Visual images and black light test images of urine soiled fabrics before and after washing

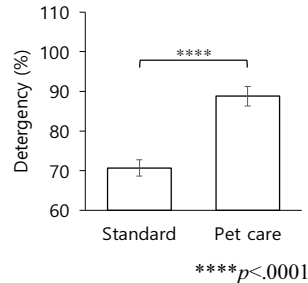
Image	Unsoiled fabric	Soiled fabric	Washed fabric		Transfer fabric	
			Standard	Pet care	Standard	Pet care
Visual						
Black light test						





**Fig. 7. Detergency of urine soiled fabric by reflectance after washing.**

탁코스과 펫케어 세탁코스에서 각각  $70.67 \pm 2.08\%$ ,  $88.78 \pm 2.46\%$ 로 표준세탁 대비 펫케어 세탁의 오염제거능력은 126%로 높게 나타났다. 육안관찰이나 표면 반사율에서 인지되지 못하는 소량의 소변 잔존오구 차이를 UV 블랙라이트 발광 반응에 의해 확인할 수 있었다. 소변은 인 성분을 포함하고 있고, 완전히 제거되지 않으면 잔존하는 인과 반응하여 화학발광이 발생된다. 인의 녹는점은  $44.2^\circ\text{C}$ 로 펫케어 코스는 40분 동안 세탁온도가  $20\sim 40^\circ\text{C}$  내로 유지된 이후에 가열하여  $20\sim 25$ 분간  $60^\circ\text{C}$ 를 유지하도록 설계되어 있어 높은 세척온도가 소변의 인 성분 제거에 기여한 것으로 평가된다. 섬유로부터 오구를 제거하기 위해서는 에너지가 필요하므로 온도가 올라가면 섬유와 오구 간 결합력이 약해지고 분자운동이 활발하게 일어나 반응속도와 확산속도가 빨라져 세탁효과가 좋아진다. 특이사항으로 개 소변 내 에스트로겐이나 테스토스테론과 같은 호르몬은 펩티드계열 단백질 성분으로, 효소가 포함되지 않은 세탁세제 테크를 사용했음에도 세



**Fig. 8. Detergency of urine soiled fabric by black light test after washing.**

척성이 높게 나왔는데 이는 세척온도 이외에도 펫케어 코스에 적용된 전체 세탁시간, 3회 온수 행금과 같은 조건이 오구의 용해성, 분산성, 재오염 방지효과 등을 부여하여 세척성 증진에 기여했을 것으로 예상된다.

**4. 대변 오염포의 세척률**

<Table 5>는 대변 오염포의 육안관찰 이미지와 UV 블랙라이트 발광 반응 이미지를 나타낸 것이다. 육안관찰 이미지를 보면 세탁으로 대변 오염이 잘 제거되었고 코스별 세탁포의 오염제거상태에서도 큰 차이를 볼 수 없다. 전이포에서도 대변 오염의 전이는 관찰되지 않았다. UV 블랙라이트 발광 반응 이미지를 보면 대변 오염포는 강한 화학발광 반응이 관찰되며  $40\sim 60^\circ\text{C}$ 에서 세탁을 진행한 펫케어 세탁코스 세탁포는  $30^\circ\text{C}$ 에서 세탁을 진행한 표준 세탁코스 세탁포보다 화학발광 반응이 약하게 관찰되어 코스별 세탁포의 오구제거 정도의 차이가 관찰되었다. 표면반사율에

**Table 5. Visual images and black light test images of feces soiled fabrics before and after washing**

Image	Unsoiled fabric	Soiled fabric	Washed fabric		Transfer fabric	
			Standard	Pet care	Standard	Pet care
Visual						
Black light test						

의한 소변 오염포의 세척률 결과는 <Fig. 9>에 나타내었는데 표준 세탁코스과 펫케어 세탁코스에서의 대변 오염포의 오염제거율은 각각  $98.54 \pm 0.54\%$ ,  $99.37 \pm 0.80\%$ 로 혈액이나 소변 오염포에서와 마찬가지로 코스별 세척률에서의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. <Fig. 10>은 세탁 후 대변 오염포의 세탁코스별 UV 블랙라이트 발광 반응에 의한 이미지 강도로 세척률을 계산한 결과이다. 40~60°C에서 세탁을 진행한 펫케어 코스 세탁포의 경우 30°C에서 세탁을 진행한 표준코스 세탁포보다 UV 블랙라이트 발광 반응 이미지 강도가 낮게 나타나 펫케어 코스 세탁에 의해 대변이 더 잘 제거되었고 세척률도 높게 나타난 것을 확인할 수 있다. 대변 오염포의 오염제거율은 표준 세탁코스과 펫케어 세탁코스에서 각각  $75.33 \pm 1.85\%$ ,  $84.67 \pm 0.88\%$ 로 표준세탁 대비 펫케어 세탁의 오염제거능력은 112%로 높게 나타났다. 대변 오염의 세척률이 표준 세탁코스보다 펫케어 세탁코스에서 높게 나타난 것은 소변 오염에서와 동일하게 해석될 수 있다. 세척온도 이외에도 펫케어 코스에 적용된 세탁시간, 헹굼온도 등과 같은 조건이 세척성 증진에 기여했을 것으로 예상된다. 육안관찰이나 표면반사율에서 인지되지 못하는 대변의 잔존오구 존재를 UV 블랙라이트 발광 반응에 의해 확인할 수 있었다.

## V. 결 론

본 연구에서는 반려동물 오구의 효과적인 제거방법 및 평가방법을 알아보고자 하였다. 이를 위하여 반려동물로 가장 많이 기르고 있는 개의 혈액, 소변, 대변이 묻은 오염포를 30°C, 30분 세탁시간의 표준 세탁코스과 40~60°C, 100분 세탁시간의 펫케어 세탁코스에서

세탁을 시행하였다. 세탁 후 의복의 세척성 평가에 사용하는 세탁 전·후 오염포의 표면반사율을 측정하여 평가하는 방법과 새로운 화학발광 반응(루미놀 발광 반응과 UV 블랙라이트 발광 반응)을 이용한 방법으로 세척률을 평가하여 다음의 결론을 얻었다.

개의 혈액, 소변, 대변이 묻은 오염포의 코스별 세탁 결과 육안평가나 표면반사율에 의한 세척률은 유의한 차이를 확인할 수 없었으나 화학발광 반응에 의한 세척률에서는 유의한 차이를 확인할 수 있었다.

루미놀 시험 발광 반응에 의한 혈액 오염포의 세척률 평가결과는 육안평가나 표면반사율에 의한 세척률 평가결과와는 달리 30°C, 30분 세탁시간의 표준 세탁코스에서는 혈액이 완전히 제거되지 않아 잔존하는 적혈구의 헴 그룹과 반응하여 루미놀 발광 반응에 의한 이미지 강도가 40~60°C, 100분 세탁시간의 펫케어 코스 세탁포보다 크게 나타나 낮은 온도와 짧은 세탁코스에서는 완전히 제거되지 않은 잔존오구의 존재를 확인할 수 있었다.

UV 블랙라이트 시험 발광 반응에 의한 소변과 대변 오염포의 세척률 평가결과는 혈액 오염포에서와 같이 30°C, 30분 세탁시간의 표준 세탁코스에서 세탁한 오염포는 40~60°C, 100분 세탁시간의 펫케어 세탁코스에서 세탁한 오염포보다 발광 반응에 의한 이미지 강도가 크게 나타나 소변과 대변 오구가 낮은 온도와 짧은 세탁코스에서는 완전히 제거되지 않음을 확인할 수 있었다.

표면반사율을 이용한 표준 세탁코스 대비 펫케어 세탁코스의 오염제거능력은 101%이나 발광 반응을 이용한 오염제거능력은 120%로, 화학발광 반응으로 세척률을 평가할 경우 세탁조건에 따른 잔존오구의 차이가 감지되었고 높은 온도에서 긴 시간 세탁이 잔

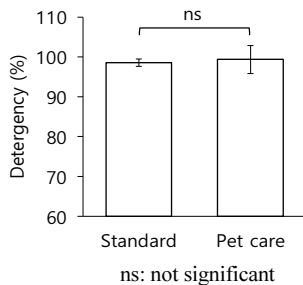


Fig. 9. Detergency of feces soiled fabric by reflectance after washing.

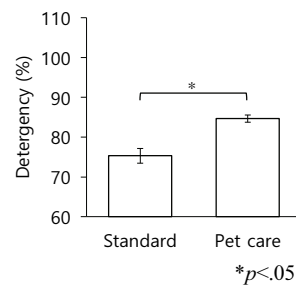


Fig. 10. Detergency of feces soiled fabric by black light test after washing.

존오구를 줄일 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

이상의 결과를 종합해보면 표면반사율로는 인지하기 어려운 잔존오구의 존재를 화학발광 반응을 통해 평가할 수 있어 발광 반응을 통한 새로운 평가방법을 통해 반려동물 오구를 위생적으로 관리할 수 있음이 확인되었다. 특히 UV 블랙라이트 화학발광 반응에 의한 세척률 평가법은 뚜렷한 색을 가지고 있지 않아 표면반사율로는 잘 인지되지 못하나 인을 함유하는 체액과 같은 오구의 평가에 효과적일 것으로 사료된다.

## References

- American Pet Products Association. (2021, March 24). Pet industry market size, trend & ownership statistics. *American Pet Products Association*. Retrieved from [https://www.americanpetproducts.org/press\\_industrytrends.asp](https://www.americanpetproducts.org/press_industrytrends.asp)
- Barni, F., Lewis, S. W., Berti, A., Miskelly, G. M., & Lago, G. (2007). Forensic application of the luminol reaction as a presumptive test for latent blood detection. *Talanta*, 72(3), 896–913. doi:10.1016/j.talanta.2006.12.045
- Blacklight. (2021, August 10). *Wikipedia*. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Blacklight>
- Byeon, H. J., Kim, H. J., Myeong, J. E., Jo, H. R., & Yun, C. (2020). Washing efficiency of blood-soiled fabrics in various conditions of washing - Focus on washing temperature, fiber type and blood aging -. *Fashion & Textile Research Journal*, 22(4), 534–539. doi:10.5805/SFTI.2020.22.4.534
- Choi, Y.-I., Bae, K.-S., Kim, Y.-D., Park, E.-H., & Hong, Y.-K. (2010). Application of deep black color on polyester fabrics by color matching. *Textile Coloration and Finishing*, 22(1), 28–36. doi:10.5764/TCF.2010.22.1.028
- Chourasiya, S., Lemos, R., & Mahakalkar, A. (2017). To compare and study differential detection of Human and Animal blood using Phenolphthalein, Tetramethylbenzidine and Luminol assays. *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research*, 3(11), 82–102. doi:10.23883/IJRTER.2017.3497.RQXV9
- Chung, H., & Kim, H. (2011). Effects of alkalinity and hardness of washing solutions on the color and removal of red-wine soil. *Textile Science and Engineering*, 48(6), 331–339.
- Chung, H., & Kim, H. (2012). Effect of washing solution characteristics on the removal and color of cocoa stains. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 14(3), 492–500. doi:10.5805/KSCI.2012.14.3.492
- Giussani, A., Farahani, P., Martínez-Muñoz, D., Lundberg, M., Lindh, R., & Roca-Sanjuán, D. (2019). Molecular basis of the chemiluminescence mechanism of luminol. *Chemistry—A European Journal*, 25(20), 5202–5213. doi:10.1002/chem.201805918
- Helmenstine, A. M. (2017, September 27). Why does urine glow under a black light? *ThoughtCo*. Retrieved from <https://www.thoughtco.com/why-urine-glow-under-black-light-609449>
- Hickman, C. P., Jr., Keen, S. L., Eisenhour, D. J., Larson, A., & l'Anson, H. (2017). *Integrated principles of zoology* (17th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Higgins, P. J., Garlick R. L., & Bunn, H. F. (1982). Glycosylated hemoglobin in human and animal red cells: Role of glucose permeability. *Diabetes*, 31(9), 743–748. doi:10.2337/diab.31.9.743
- International Elctrotechnical Commisison. (2010, February 11). IEC 60456:2010 Clothes washing machines for household use – Methods for measuring the performance. *International Electrotechnical Commission*. Retrieved from <https://webstore.iec.ch/publication/2188>
- Jenkins, E. K., DeChant, M. T., & Perry, E. B. (2018). When the nose doesn't know: Canine olfactory function associated with health, management, and potential links to microbiota. *Frontiers in Veterinary Science*, 5:56. doi:10.3389/fvets.2018.00056
- Kang, I.-S. (2011). Effects of mixed characteristics of oily soil on detergency of PET fabric in oily/particulate soil mixed system. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 35(10), 1242–1251. doi:10.5850/JKSCT.2011.35.10.1242
- Kim, E., Park, M.-J., Shin, H. W., & Oh, K. W. (1997). *의류소재의 이해와 평가: 의류시험법* [Understanding and evaluation of clothing materials: Textile testing]. Seoul: Kyomunsa.
- Kim, H. S. (2021, February 13). 반려동물 양육 1000만명 훌쩍...세탁기 · 간식까지 '펫가전' 들쭉 [Pet care more than 10 million people...Washing machines and snacks, 'pet appliances' excited]. *The Asia Business Daily*. Retrieved from <https://view.asiae.co.kr/article/2021021313091081342>
- Kim, M.-R., & Choi, H.-J. (2011). Visual effects of UV lighting on bodypainting. *The Journal of the Korea Contents Association*, 11(2), 268–275. doi:10.5392/JKCA.2011.11.2.268
- Kim, S.-R., Lee, J. S., Chung, H., Kang, I.-S., & Park, C. H. (2008). *새의류관리 구매에서 폐기까지* [New clothing management-From purchase to disposal-]. Paju: Kyomunsa.
- Kirchmann, H., & Pettersson, S. (1994). Human urine - Chemical composition and fertilizer use efficiency. *Fertilizer Research*, 40(2), 149–154. doi:10.1007/BF00750100
- Klaassen, J. K. (1999). Reference values in veterinary medicine. *Laboratory Medicine*, 30(3), 194–197. doi:10.1093/labmed/30.3.194.
- Korean Agency for Technology and Standards. (2017, December 13). KS K ISO105-F02 Textiles – Tests for colour fast-

- ness – Part F02: Specification for cotton and viscose adjacent fabrics. *Korean Standards & Certifications*. Retrieved from [https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do?menuId=919&topMenuId=502&upperMenuId=503&ksNo=KSKISO105-F02&tprKsNo=KS\\_K\\_NEW\\_2016\\_1250&reformNo=00](https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do?menuId=919&topMenuId=502&upperMenuId=503&ksNo=KSKISO105-F02&tprKsNo=KS_K_NEW_2016_1250&reformNo=00)
- Kwak, S. M. (2019, September 24). 펫 패션 붐, 뉴 마켓으로 부상 [Pet fashion boom, emerging as a new market]. *Fashionbiz*. Retrieved from <http://www.fashionbiz.co.kr/RE/?cate=2&recom=2&idx=174360>
- Lim, S., Kim, J.-m., Jung, J. Y., & Lim, S.-K. (2018). A study on preparation of luminol reagents for crime scene investigation, *Analytical Sciences & Technology*, 31(1), 47–56. doi:10.5806/AST.2018.31.1.47
- Luminol. (1989). *The Merck index: An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals* (11th ed.). Rahway, NJ: Merck & Co., Inc.
- Luminol. (2021, August 15). *Wikipedia*. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Luminol>
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. (2020). 2020 동물보호에 대한 국민의식조사 결과 보고서 [2020 Public awareness survey on animal protection report]. Sejong: Author.
- Oxygen transport proteins. The colors of blood. (2020, January 17). *Biomolecules101*. Retrieved from <https://biomolecules101.wordpress.com/2020/01/17/oxygen-transport-proteins-the-colors-of-blood/>
- Padodara, R. J., & Jacob, N. (2014). Olfactory sense in different animals. *The Indian Journal of Veterinary Science*, 2(1), 1–14.
- Phosphorus. (2021, August 17). *Wikipedia*. Retrieved from [en.wikipedia.org/wiki/Phosphorus](https://en.wikipedia.org/wiki/Phosphorus)
- Plieth, C. (2019). Peroxide-induced liberation of iron from heme switches catalysis during luminol reaction and causes loss of light and heterodyning of luminescence kinetics. *ACS Omega*, 4(2), 3268–3279. doi:10.1021/acsomega.8b03564
- Song, K. H. (2020). Development of smart device to resolve separation anxiety of pet. *Bulletin of Korean Society of Basic Design & Art*, 21(1), 281–293. doi:10.47294/KSBDA.21.1.21
- Springer, E., Almog, J., Frank, A., Ziv, Z., Bergman, P., & Gui Quang, W. (1994). Detection of dry body fluids by inherent short wavelength UV luminescence: Preliminary results. *Forensic Science International*, 66(2), 89–94. doi:10.1016/0379-0738(94)90332-8
- Stevenson, A. E., & Markwell, P. J. (2001). Comparison of urine composition of healthy Labrador Retrievers and Miniature Schnauzers. *American Journal of Veterinary Research*, 62(11), 1782–1786. doi:10.2460/ajvr.2001.62.1782
- Wang, W.-Y., Chiou, J.-C., Chen, W.-X., Yu, J.-L., & Kan, C.-W. (2021). Biosafety evaluation and quantitative determination of poly(hexamethylene biguanide) (PHMB) coated on cellulosic fabrics by Kubelka-Munk equation. *Cellulose*, 28(10), 6651–6661. doi:10.1007/s10570-021-03939-y

---

**박 정 은**

충남대학교 수의학과 조교수

**이 정 순**

충남대학교 의류학과 교수

---