한국염색가공학회지
연구논문(학술)

pISSN 1229-0033, eISSN 2234-036X
https://doi.org/10.5764/TCF.2021.33.4.250

수질 배출기준 및 세제 안전기준에 적합한 산업용 알칼리 세탁세제의 세척성과 세탁조건 연구

A Study on the Washability and Washing Conditions of the Industrial Alkaline Laundry Detergent Suitable for Water Discharge Standards and Detergent Regulations

*Corresponding author
Sunhye Song
(sunhye@dyetec.or.kr)

송현주, 송선혜*
DYETEC연구원

Hyunjoo Song and Sunhye Song*
Korea Dyeing and Finishing Technology Institute(DYETEC), Daegu, Korea

Received_November 29, 2021
Revised_December 06, 2021
Accepted_December 13, 2021

Abstract Laundry industry has traditionally been considered an industry that generates large amounts of wastewater and Volatile Organic Compounds(VOCs). This is still the case until now. Household laundry detergents are produced and distributed within the safety regulations on the amount of harmful substances detected. While industrial laundry detergents are often distributed without safety regulations, and even laundry workers manufacture and use them on their own. This contaminates water and air and also threatens the safety of workers. This study is a basic study for distributing eco-friendly detergents(EFD-A) developed through previous studies to the laundry industry. Safety, washability and wastewater quality of EFD-A are evaluated. Three existing commercial detergents(PD1, PD2, LD4) are also evaluated to compare with EFD-A. The safety of detergents is confirmed by the content of optical brightener, VOCs, and arsenic. Washability is evaluated by the difference in reflectance of washed and unwashed artificial soiled fabrics according to detergent concentration, washing temperature, and washing time. TOC is used as the index of assessing the wastewater quality. The results are as follows; EFD-A doesn't contain the optical brighteners, VOCs, and arsenic. The optimal washing conditions for EFD-A are 3 g/L concentration, 40 °C washing temperature, and 30 min washing time. The soil removal efficiency is about 71 %, which was similar to or somewhat superior to that of PD1, PD2, and LD4. TOC is 63.5 %, which is about 15 % lower than the discharge limit. Through this study, the developed detergent EFD-A can be used as a safe and eco-friendly detergent for the human body and the environment.

Keywords *laundry detergent, soil removal, washability, laundry wastewater, detergent safety, laundry industry*

Textile Coloration and Finishing
TCF 33-4/2021-12/250-257
ⓒ 2021 The Korean Society of Dyers and Finishers

1. 서 론

대구광역시 보건환경연구원의 보고에 따르면, 2009년 대구시 오·폐수 배출업소 수질측정분석 결과 업종별 배출허용기준 초과율은 세탁업이 13.9 %로 금속업(15.7 %)에 이어 2위를 차지하였다[1]. 이러한 세탁산업의 폐수 발생 문제는 최근까지도 크게 개선되지 않은 실정이다[2]. 대기질 측면에서도 세탁업은 인쇄업과 더불어 VOCs(Volatile Organic Compounds)를 많이 배출하는 업종으로 지목된다[3].

드라이클리닝 용제에 의해 연간 세탁소에서 배출되는 VOCs는 21,836톤에 달하며[4], 국내 38개 VOCs 배출원 중 9위에 해당한다[5]. 영세 세탁소 사업장 대부분이 주거지역에 인접해 있는 입지 특성상, 이 같은 폐수 및 VOCs의 배출규모는 주변 환경 및 인체

에 가해지는 위해가 상당히 우려된다.

VOCs는 드라이클리닝 용제뿐 아니라 벤젠, 염화비닐, 테트라클로로에틸렌 등의 형태로 물세탁용 합성 세제에도 일부 함유되어있을 수 있다. 특히 벤젠, 염화비닐은 국제적인 발암등급 체계인 IRIS(Integrated Risk Information System), IARC(International Agency for Research on Cancer), ESIS(European chemical Substances Information System)에 의해 인체 발암물질로 분류되어 있다[6]. 또한 테트라클로로에틸렌의 흡입독성은 월경불순 및 불임을 유발한다고 알려져 있다[6,7]. 이러한 이유로 환경부 고시 제 2019-45호 안전확인대상 생활화학제품 지정 및 안전 표시기준에 따르면, 가정용 세탁 세제에는 벤젠, 테트라클로로에틸렌, 염화비닐을 비롯한 비소 등의 물질을 함유금지물질로 기준치 5 mg/kg으로 엄격히 규제하고 있다. 그 외 세제내 함유제한물질 중 일부 계면활성제는 강한 세척력에 반해 정수처리 과정에서 응집작용을 방해해 침전이 잘 이루어지지 않게 하여 폐수 처리를 어렵게 만든다. 뿐만 아니라 자연 상태에서 잘 분해가 되지 않거나, 강으로 흘러 들어가 햇빛과 산소의 공급을 차단시켜 강의 자정 능력을 감소시킨다[8]. 또 의류에 잔류하여 피부막과 각질을 손상시켜 습진과 발진을 유발하기도 한다[9]. 그러나 현재 산업용 세탁세제의 대부분은 가정용 세탁세제에 준하는 안전기준의 적용을 받지않고 있어 유해물질 함량에 대한 제품정보 없이 유통되고 있다.

우리 지역 세탁업소는 대부분 영세한 5인 미만 소규모 사업장 형태로 운영되고 있어, 세탁 시 세탁물 대비 적정 세제량에 대한 정확한 데이터나 세척 효율성 등이 매뉴얼화 되어 있지 않은 실정이다. 또한 시판 세제는 물론 자체 제조한 세제나 보조제를 무분별하게 사용하여, 세탁과정에서 배출되는 폐수로 인한 수질오염 가능성이 높다. 뿐만 아니라 세탁업소 대부분이 폐수 배출 시설로 신고·관리 되지 않아 정화의무가 없는 세탁 폐수를 그대로 하수로 방류, 환경 오염을 가중시키고 있다. 그럼에도 불구하고 현행 환경규제로는 영세규모 세탁소에서 배출되는 폐수를 적절하게 관리할 수 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 선행연구를 통해 개발한 산업용 알칼리 세탁 세제 EFD-A를 대상으로 유해물질 함유량, 세척성, 배출 세탁폐수의 수질을 검증함으로써, 영세 세탁업소에서 사용하는 산업용 세탁 세제로의 대체 가능성을 확인하고자 한다. 또한 개발 세탁세제의 표준 사용법에 대한 데이터를 바탕으로 영세 세탁산업이 배출폐수에 대한 자발적 관리에 활용할 수 있는 기초자료를 제공하고자 한다.

이를 위하여 기존 세탁업소에서 사용되고 있는 시판 산업용 알칼리 세탁세제 3종을 선정하고 형광증백제, 벤젠, 테트라클로로에틸렌, 염화비닐, 비소 등 유해물질 함유량을 개발 알칼리 세탁세제와 비교 평가하였다. 또한 세제농도, 세탁온도, 세탁시간에 따른 세척성, 배출폐수의 수질을 검증하고, 세제 표준 사용법을 제안하였다.

2. 실 험

2.1 시료 및 시약

2.1.1 세척성 실험용 오염포

실험에 사용된 인공 오염포는 세탁시험용 표준 인공 오염포로, 그 특성은 Table 1과 같다. 각 오염포는 (5 × 5) cm로 자른 후, 오염시키지 않은 정련된 보조포 위에 박음질로 부착하여 세탁시험용 시편으로 제작하였다. 사용된 보조포는 ISO 3660:2012 Ballast type-2에 규정된 무형광 처리된 직물로 그 특성은 Table 2와 같다.

Table 1. Specification of soiled fabrics

	Fiber composition (%)	Soil type	Color image
W-10D	Cotton 100	Sebum and Pigment	
E-116	Cotton 100	Blood, Milk and Ink	
JIS C 9606	Cotton 100	Oil, Protein, Clay and Carbon Black	

Table 2. Specification of unsoiled fabric*

Fiber composition (%)	Yarn	Fabric construction	Thread count (thread/cm)	Weight (g/m^2)
Cotton 50 / Polyester 50	40/1 Tex	Plain woven	warp 18.9 ± 2 / weft 18.9 ± 2	155 ± 10

*ISO 3660:2012 Ballast fabric, type-2

2.1.2 시약

GC/MS 분석의 바탕시료는 HPLC급 메탄올(Methanol, CH_3OH, Merck KGaA, Germany)을 사용하였다. ICP-OES 분석에는 수산화나트륨(Sodium hydroxide, Sigma-Aldrich Ireland Ltd, USA), 수소화붕소나트륨(Sodium borohydride, $NaBH_4$, Sigma-Aldrich Ireland Ltd, USA), 70 % 질산(Nitric acid, HNO_3, 비중 1.42, Sigma-Aldrich Ireland Ltd, USA), 38 % 염산(Hydrochloric acid, HCl, 비중 1.84, Sigma-Aldrich Ireland Ltd, USA)을 사용하였고, 사용된 산 시약은 중금속 시험용 등급을 사용하였다. TOC 분석에는 인산(Phosphoric acid, H_3PO_4, Sigma-Aldrich Ireland Ltd, USA), TIC 인증표준물질(Total Inorganic Carbon Standard, 1000 µg/mL in water, AccuStandard, Inc., USA), TOC 인증표준물질(Total Organic Carbon Standard, 1000 µg/mL in water, AccuStandard, Inc., USA)을 사용하였다.

2.1.3 세제

개발 세제의 성능검증을 위한 비교군으로 시판 산업용 알칼리 세탁세제 중 분말세제 2종과 액상세제 1종을 선정하였으며, 각 세제의 특성은 Table 3과 같다.

2.2 세탁 실험 및 세척성 평가

비교세제와 개발세제의 세척성 평가를 위하여 표준 오염포를 Launder-o-meter(LP2, ATLAS, USA)을 사용하여 세제농도, 세탁온도, 세탁시간 변화에 따라 세탁하였다. 이 때 세제의 농

Table 3. Specification of detergents

	Type	Appearance	pH	Fragrance	Recommended concentration
PD1	Powder	White	11.1	Added	2 g/L
PD2	Powder	White	10.4	Added	2 g/L
LD4	Liquid (gel)	Blue	8.2	Added	4 g/L

Table 4. Washing procedures

	PD1	PD2	LD4	EFD-A
Detergents conc.	2 g/L*	2 g/L*	4 g/L*	1, 2, 3, 4 g/L
Washing temp.	20, 40, 60 ℃			
Washing time	10, 20, 30 min			
Rins	5 min, 2 cycles			
Dry	Flat dry			

* Recommended concentration by manufacturers

Table 5. HS-GC/MS conditions for VOCs analysis

HS sampler	GC	MS
Oven : 180 ℃ for 30 min	Inlet : 300 ℃	Ion source : 320 ℃
Vail pressurization : 0.3 min	Column : DB-5MS (30 m, 0.25 mm, 0.25 um)	Acquisition mode : Selected ion
Loop fill : 0.2 min	Oven : 45 ℃ for 3 min	Solvent delay : 2.5 min
Loop equilibration : 0.05 min	15 ℃/min to 280 for 0 min	Electron ionization : 70eV
Sample inject : 0.03 min	20 ℃/min to 280 for 3 min	

도는 비교세제인 PD1, PD2, LD4의 경우 제조사의 권장사용량을 사용하고, 개발세제는 1, 2, 3, 4 g/L로 농도별로 사용하였다. 세탁 조건은 세탁온도 20 ~ 60 ℃, 세탁시간 10 ~ 30분으로 달리하여 세탁하였다. 본세탁 후에는 5분간 2회씩 헹굼처리한 뒤 상온에서 망건조하였다. 세탁실험 방법과 절차는 Table 4에 요약하였다.

각 세제의 세척성은 세탁 후 표준오염포의 오염 제거 정도를 나타내는 오염제거율(%)로 평가하였다. 이를 위하여 선행연구[10]에 따라 UV-Vis-NIR spectrometer(Cary 5000, Varian, USA)로 표준오염포의 세탁 전•후 표면 반사율을 측정하였다. 측정 시 Deuterium lamp와 Tungsten lamp를 광원으로 사용하였고, 적분구(Diffuse reflectance accessory, DRA)를 사용하여 확산반사광을 포집하고, 정반사성분을 포함하여 3°2" 각도로 측정하였다. 반사율 교정은 인증표준물질(Certified Reference Material)인 표준백색판(Reflectance standard white PTFE plate)를 사용하였다. 이상의 조건으로(400 ~ 700) nm 구간에서 세탁 전 후 각 오염포의 평균 반사율 값을 다음 식(1)에 대입하여 개별 오염포의 오염제거율을 산출한 뒤, 그 평균값을 최종 오염제거율 결과값으로 비교 평가 하였다.

$$Soil\ Removal\ Efficiency\ (\%) = \frac{R_w - R_s}{R_0 - R_s} \times 100 \quad (1)$$

where,

R_w : Reflectance of soiled fabric after washing (%)

R_s : Reflectance of soiled fabric before washing (%)

R_0 : Reflectance of unsoiled fabric (%)

2.3 유해물질 함유량 분석

2.3.1 형광증백제

세제의 형광증백제 함유 여부는 KS M 2709 6.16.2에 준하여 표준광원판정대(Light booth, SpectralightⅢ, GretagMacbeth, USA)를 이용하여 확인하였다. 광원은 D65 램프 및 UV black light 램프를 사용하였고, 외부광이 차단된 암실에서 측정하였다.

2.3.2 VOCs

세제의 벤젠, 테트라클로로에틸렌, 염화비닐 함량은 HS-GC/MS(Headspace-Gas Chromatograph/Mass Spectrometer, Clarus 500, Perkin Elmer, USA)를 사용하여 KS M 1993에 준하여 측정하였다. 시료량(0.1 ± 0.005) g을 18 mL 헤드스페이스 샘플러용 바이알에 넣고 즉시 클램프로 실링후 1시간 이내 분석하였다. 매 시료 마다 시료와 같은 양의 메탄올을 사용하여 바탕시험용 시료로 사용하고, 바탕 시험 시료에서 대상 물질이 검출되지 않음을 확인하였다. 설정한 분석기 조건은 Table 5와 같다.

Table 6. ICP-OES conditions for arsenic analysis

Parameter	Condition
Gas supply	Ar(argon) gas, pressure 40 psi
Coolant argon flow rate	19 L/min
Aerosol carrier argon flow rate	620 mL/min
Auxiliary argon flow rate	300 mL/min
Sample uptake rate	1.2 mL/min

2.3.3 비소 함유량

비소(Arsenic, As)는 국립환경과학원 고시 제 2019-70호(2015) ES 04406.3a에 준하여 ICP-OES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, 720-OES, Varian, USA)를 이용하여 분석하였다. 시료 100 mL에 질산을 가하여 산분해법으로 전처리 하였으며, 농축 뒤 최종 부피를 100 mL으로 하여 분석에 사용하였다. 설정한 분석기 조건은 Table 6과 같으며, 시험표준상 정량한계는 0.05 mg/L이다.

2.4 세탁 배출폐수의 수질 분석

세탁 배출폐수의 수질 분석 지표로 총유기탄소(Total Organic Carbon, TOC)를 분석하였다. TOC는 국립환경과학원 고시 제 2019-70호(2015) ES 04311.1c에 준하여 TOC analyzer (Multi N/C 3100, Analytikjena, Germany)로 분석하였다. 고온연소산화법을 적용하여 가감정량방법(TC-IC)으로 분석하였으며, 검출기 방식은 비분산적외선분광분석법(NDIR, non-dispersive infrared)이다. 매 시료마다 초순수를 바탕시료로 추가하여 대상물질이 정량한계(0.3 mg/L) 이상 검출되지 않음을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 유해물질 함유량 분석

3.1.1 형광증백제 함유 여부

세탁세제에는 세탁으로 섬유의 백도를 증진시키기 위한 목적으로 다양한 종류의 형광증백제가 첨가되는 경우가 많다[8,11]. 이들 형광증백제는 인체 및 환경에 대한 안전성 관련 명확한 연구 결과가 보고되지 않고 있는 가운데, 과거부터 유해성 논란이 계속되고 있으며 그에 따라 소비자의 거부감도 커지고 있다[12].

최근들어 위생용품관리법(2018년 제정, 2020.3월 개정시행)의 적용을 받는 냅킨, 물티슈, 생리대, 기저귀 등은 형광증백제를 불검출 기준으로 관리하기 시작했다. 뒤이어 2021년 국가기술표준원에서도 공급자적합성확인기준 부속서16을 통해 방한용·패션용·스포츠용 마스크의 유해물질 안전요건에 '형광이 나타나지 말 것'이라고 규제를 적용하였다. 그러나 세탁세제의 경우는, 환경부고시 제2019-45호 안전확인대상 생활화학제품 지정 및 안전·표시기준에서도 세탁 세제 내 형광증백제는 아직까지 규제대상이 아니며, 여전히 형광증백제는 세탁세제에 아무런 규제없이 허용되고 있다.

Table 7은 시판 세제와 개발세제의 형광증백제 함유 여부 확인 결과이다. 시판세제 3종 모두 형광증백제를 함유하고 있는 것과는 대조적으로 개발세제에는 형광증백제가 검출되지 않았다.

3.1.2 VOCs 및 비소 함유량

환경부에서는 세탁세제의 전 제형을 대상으로 벤젠, 테트라클로로에틸렌, 염화비닐 등의 VOCs와 비소를 검출허용한도 5 mg/kg 이하인 함유금지물질로 규제하고 있다(환경부 고시 제2019-45호).

Table 8은 시판세제와 개발세제에 함유된 VOCs 및 비소 함유량 분석 결과이다. 실험결과 개발세제는 함유금지물질인 VOCs 및 비소가 모두 불검출되었다. 반면 시판세제 중 PD1과 PD2에서 염화비닐이 검출되었으며, PD2에서는 벤젠도 검출되었다. 세탁세제 내 이들 VOCs는 비록 그 양이 미량일지라도, 사용과정에서 거의 매일 노출되는 생활화학제품 이라는 특성상 장기노출에 의한 만성독성 등 인체 위해가 우려된다.

Table 7. Optical brightener indication in detergents

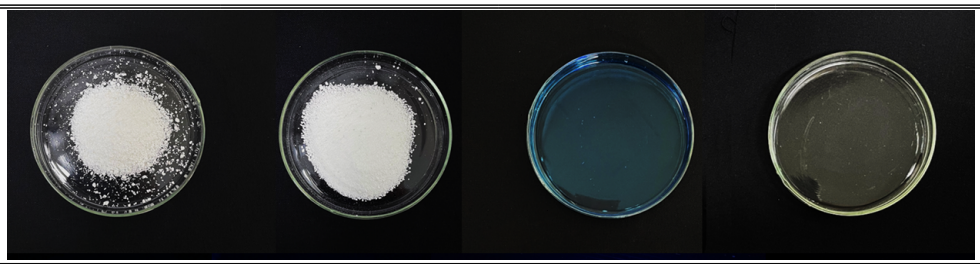
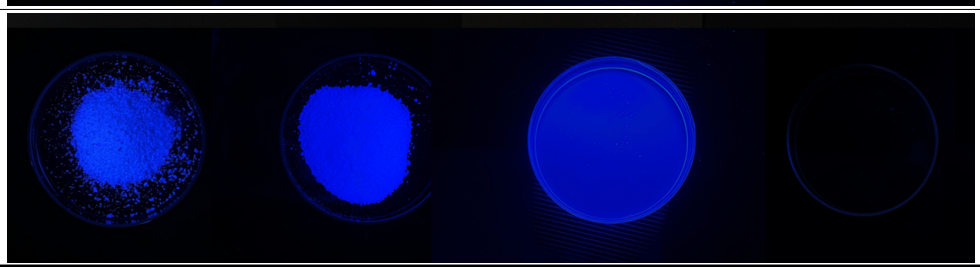
Lamp	PD1	PD2	LD4	EFD-A
D65				
UV				

Table 8. VOCs and arsenic content in detergents

	Unit	Limit values	PD1	PD2	LD4	EFD-A
Benzene	mg/kg	<5	N/D	0.028	N/D	N/D
Tetrachloroethylene	mg/kg	<5	N/D	N/D	N/D	N/D
Vinylchloride	mg/kg	<5	0.046	0.121	N/D	N/D
As(arsenic)	mg/kg	<5	N/D	N/D	N/D	N/D

*N/D : Not Detected

이상의 결과를 바탕으로, 개발 EFD-A 세제는 형광증백제, 테트라클로로에틸렌, 염화비닐, 비소 등 유해물질이 함유되지 않은 환경부 세제안전기준에 부합하는 환경친화적인 세제임을 확인하였다.

3.2 세탁에 의한 세척성 평가

3.2.1 세제 농도에 따른 세척성

Figure 1은 개발 세제 EFD-A의 적정 사용농도를 설정하기 위하여, 세제의 농도에 따른 세척성을 나타낸 결과이다. 이때 비교세제인 PD1, PD2, LD4는 제조사 권장농도로 사용하였고, 세탁온도는 40 ℃, 세탁 시간은 20 min으로 고정하였다.

EFD-A는 사용농도가 (1~4) g/L로 높아질수록 세척성이 45.2 %에서 67.5 %까지 크게 증가하였다. 특히 3 g/L 농도에서 65.7 %로 가장 큰 폭으로 증가되었고, 4 g/L로 농도가 더 높아져도 세척성이 67.5 % 정도로 약간 증가되었다.

따라서 EDF-A의 사용량은 세척성과 경제성을 고려할 때 3 g/L가 적절할 것으로 판단된다. 또한 3 g/L 사용시의 세척성은 LD4 세제 4 g/L 사용시의 세척성 65.9 %와 유사한 수치로, 기존 시판세제와 동등수준의 세척성이 확인되었다.

3.2.2 세탁 온도에 따른 세척성

Figure 2는 세탁온도에 따른 개발세제와 비교세제의 세척성 결과를 나타낸 것이다. 개발세제 및 비교세제 모두 권장사용농도로 사용하였고, 세탁 시간은 20 min으로 고정하였다. Figure 2에 나타난 바와 같이 모든 세제가 세탁온도가 높을수록 세척성이 증가하였다. 이는 일반적으로 섬유에 부착된 오염은 오염이 부착된 시점의 환경인 실온 또는 피부온도 보다 더 높은 온도조건으로 세탁할 때 쉽게 분리되기 때문이다[8]. 그러나 너무 높은 온도에서 세탁하면, 단백질 오염이 열에 의해 응고되어 섬유에 고착될 수 있고, 섬유로부터 아직 분리되지 않은 오염물이 섬유사이에 고정될 수 있으므로 주의가 요구된

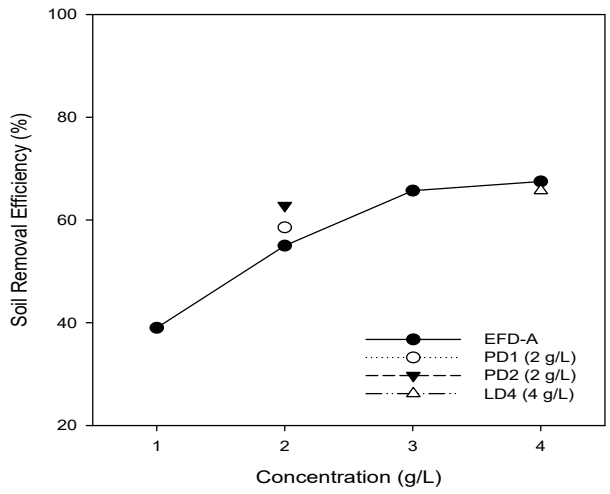


Figure 1. Soil removal efficiency according to the concentration of detergent(washing temperature 40 ℃, washing time 20 min).

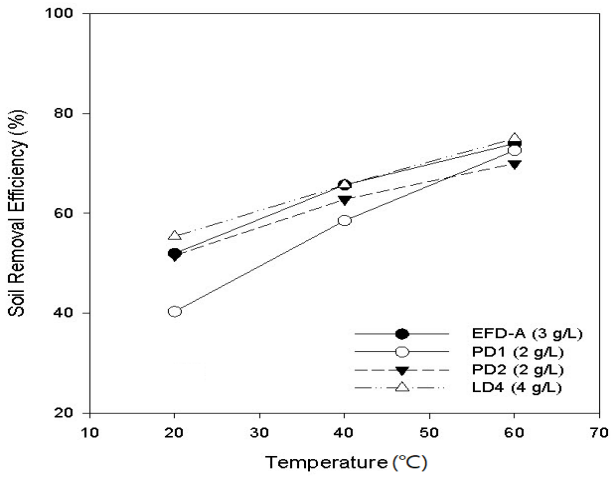


Figure 2. Soil removal efficiency according to the washing temperature(washing time 20 min).

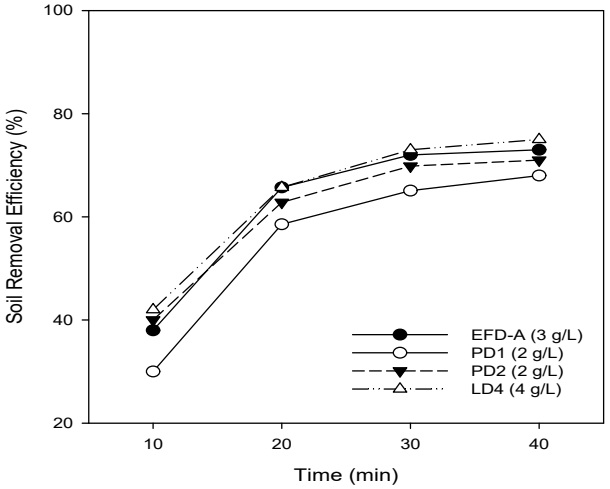


Figure 3. Soil removal efficiency according to the washing time(washing temperature 40 ℃).

다[8,9]. 또한 높은 온도에서 세탁 시 에너지 비용과 섬유의 손상이 우려되므로, 특수한 세탁물 이외에는 40 ℃의 세탁온도가 적절하다고 판단된다.

3.2.3 세탁 시간에 따른 세척성

Figure 3은 세탁시간에 따른 개발세제와 비교세제의 세척성 결과를 나타낸 것이다. 이때 모든 세제는 권장 농도로 사용하고 세탁온도는 40 ℃로 고정하였다. Figure 3에 나타난 바와 같이 실험에 사용된 세제 모두 세탁시간이 증가할수록 세척성도 증가되었다. 그러나 세제에 따라서 20분 또는 30분이 경과하면서 부터는 세척성 증가폭이 둔화되었다. EFD-A의 경우 세탁시간 30분에서 40분으로 늘어날 때 세척성이 72.1 %에서 73.4 %로 증가하는데 그쳤다. 일반적으로 긴 세탁시간은 섬유에서 분리된 오염의 재부착을 유발하기도 하고[9], 상업세탁의 생산성 저하를 초래하므로, EFD-A 사용 시 세탁시간은 30분이 적절할 것으로 판단된다. 이상의 세제농도, 세탁온도, 세탁시간에 따른 세척성 결과를 통해, EFD-A의 최적 사용 조건은 세제농도 3 g/L, 세탁온도 40 ℃, 세탁시간 30분으로 설정하였다.

3.3 세탁 배출폐수의 수질 평가

물환경보전법령 개정(2019년)에 따라, 최근 수질오염물질 중 유기물질의 농도를 나타내는 측정지표가 화학적 산소요구량을 의미하는 COD(Chemical Oxygen Demand)에서 총유기탄소의 양을 의미하는 TOC로 변경되었다. 이는 COD가 실제 폐수 내 존재하는 유기탄소를 불과 (30 ~ 60) % 수준밖에 측정하지 못하는 것에 반해, TOC는 90 % 이상 측정할 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 세탁으로 발생되는 폐수의 수질을 TOC 발생량으로 확인하였다. 또한 폐수발생량 2000톤/일 미만 사업장의 TOC 배출기준인 75 mg/L를 적용하여 배출허용 평가기준으로 설정하였다.

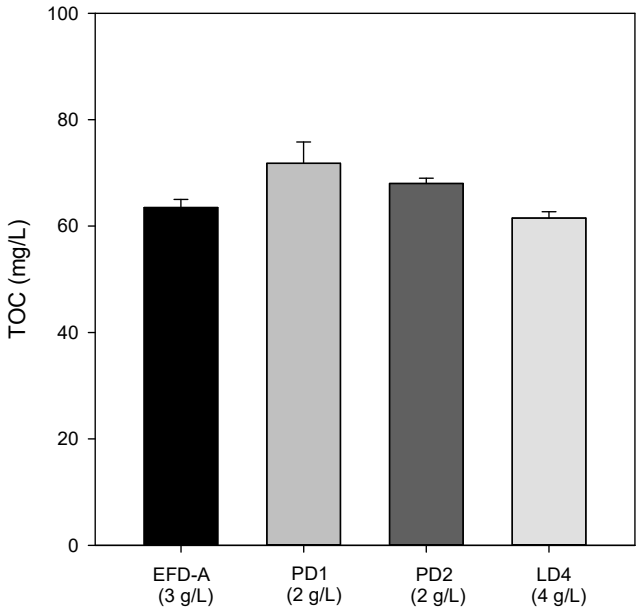


Figure 4. TOC content of laundry wastewater(washing temperature 40 ℃, washing time 20 min).

Figure 4는 개발세제 및 비교세제로 표준오염포를 세탁한 후 발생되는 폐수의 TOC양을 나타낸 것이다. 이때 비교 세제 3종은 권장 농도를, 개발세제 EFD-A는 실험을 통해 도출된 표준사용량인 3 g/L을 사용하였다. Figure 4의 TOC 결과에서 EFD-A는 63.53 mg/L, PD1은 71.83 mg/L, PD2는 68.44 mg/L, LD4는 61.5 mg/L로, PD1을 제외한 모든 세제가 TOC 배출기준인 75 mg/L을 초과하지 않는 것으로 나타났다.

이상의 세탁폐수 측정 결과를 통해 개발 EFD-A 세제는 표준사용량 3 g/L 사용 시 세탁폐수 배출기준보다 유기물 배출량을 약 15 % 저감할 수 있는 친환경 세제임을 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 선행연구를 통해 제조한 친환경 알칼리 세탁세제인 EFD-A의 유해물질 함유량, 세척성, 배출 세탁폐수의 수질을 검증함으로써, 영세 세탁업소에서 사용하는 산업용 세탁 세제로의 대체 가능성을 확인하였다. 실험 결과 EFD-A는 형광증백제, VOCs, 비소가 함유되지 않아 안전성이 확인되었다. EFD-A와 비교세제(PD1, PD2, LD4)의 세척성은 표준 오염포를 사용하여 세제농도, 세탁온도, 세탁시간에 따른 오염제거율로 평가하였다. EFD-A로 세탁 시 세척성은 약 71 %로 기존 시판세제의 세척성 대비 동등하거나 다소 우수하게 나타났다. 세제농도, 세탁온도, 세탁시간에 따른 세척성 시험결과 EFD-A의 최적 사용 조건은 세제농도 3 g/L, 세탁온도 40 ℃, 세탁시간 30 min으로 설정하였다. EFD-A로 세탁 시 방출되는 세탁폐수의 TOC는 폐수배출기준 75 mg/L 보다 약 15 % 절감된

63.5 mg/L로 환경오염 저감효과가 있을 것으로 기대된다. 이상의 연구결과로부터 개발세제인 EFD-A가 인체 및 환경에도 안전한 친환경 세제로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 사회적경제혁신성장사업의 지원(과제번호 P0013029)에 의해 수행된 연구 결과입니다.

References

1. https://info.daegu.go.kr/newshome/mtnmain.php?mtnkey=articlevi ew&mkey=todaylist&mkey2=2&aid=96537&bpage=3563&stext=, 2021.11.02.
2. https://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_ cd=1474, 2021.11.02.
3. O. H. Park, K. S. Lee, K. W. Min, G. W. Cho, K. J. Yoon, W. S. Jeong, Y. G. Cho, E. S. Kim, and J. S. Yang, Generating Characteristics of VOCs in a ial Laundry Shop and the Effects on the Health of Workers, *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, **26**(2), 159(2016).
4. Y. H. Choi, Estimation of Emission Amount and Model Evaluation of VOCs from the Dry Cleaning Industry, M.S. Thesis, Kunkook University, 2004.
5. M. J. Jeing, S. C. Jung, and Y. W. Jeon, Study on Activated Carbon-based Low Temperature Adsorption Method for Removal VOCs Emitted from Laundry Facilities, Conference of the Korea Society of Waste Management, Seoul, p.106, 2019.
6. S. H. Nam and Y. J. An, Effects of Vinyl Chloride to Human Health and Aquatic Ecosystems, *Korean Journal of Limnology*, **4**(3), 271(2009).
7. S. H. An, J. W. Lee, and J. A. Park, Evaluation of Worker's Health and Occupational Exposure to Perchloroethylene in Laundries, *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, **4**(2), 224(1994).
8. E. Smulders, "Laundry Detergent", Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim(Germany), p.270, 2002.
9. S. R. Kim, "The Science of Detergent and Laundry", Gyomoon, Seoul, p.386, 2013.
10. J. J. Lee and Y. K. Kim, Soil Removal and Residue of Detergent Ingredients at Various Detergent Concentrations, *Textile Science and Engineering*, **48**(2), 85(2011).
11. H. S. Yoon and H. W. Chung, The Effect of Fluorescent Whitening Agents on the Whiteness and the Shade of Fabrics in Repeated Washings, *Textile Coloration and Finishing*, **12**(3), 192(2000).
12. S. K. Cho and E. J. Han, Tendency of Consumption and Safety Certification for Infant's Organic Cotton Apparel, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **39**(6), 924(2015).

Authors

송현주 DYETEC연구원 선임연구원
송선혜 DYETEC연구원 센터장