

# 세제세척 후 용기재질과 헹굼시간에 따른 계면활성제 잔류량 변화 Effects of Bowl Material and Rinsing Period on Variation in the Amount of Residual Surfactant Resided in the Bowls after Dish-Washing

정종신 · 정연훈 · 정승우<sup>†</sup>

Jongshin Jeong · Yonhun Jeong · Seung-Woo Jeong<sup>†</sup>

군산대학교 환경공학과

Department of Environmental Engineering, Kunsan National University

(2013년 11월 14일 접수, 2013년 11월 25일 채택)

**Abstract :** This study selected representative popular bowls used in daily life and laboratory and investigated the amount of residual surfactant resided in the bowls that were dish-washed. The bowls were washed by a scourer soaking 8 mL-detergent and then rinsed by flowing water for 7 or 15 seconds. One hundred milliliter of distilled water was placed in the washed-bowls to extract residual surfactant on the bowl surface and then analysed. All washed-bowls included residual surfactant after 7 second-rinsing. Residual surfactant concentrations in Ttukbaegi (earthen bowl), flying pan, glass bowl, and plastic bowl were 4.68, 1.22, 0.57, and 0.25 mg/L, respectively. However, the 15 second-rinsing showed that surfactant was detected only in Ttukbaegi and other bowls were clean. The results showed that surfactant would reside on the porous or rough surface of the bowl even after final rinsing. This study imply that all bowls and glasses should be thoroughly rinsed after detergent-washing to reduce continuous ingestion. Furthermore, residual surfactant in the glassware of laboratory may significantly affect experiment results.

**Key Words :** Surfactant, Detergent, Washing

**요약 :** 일상생활과 실험실에서 널리 사용하는 대표적 용기를 선정하여 세제세척 및 헹굼 후 용기에 잔류하는 계면활성제의 양을 정량화하였다. 일반적 세제 사용량인 8 mL를 수세미에 묻혀 용기를 닦은 후 흐르는 물에 7초 및 15초간 헹궈주었다. 설거지가 끝난 용기에 증류수 100 mL를 붓고 흔들어 그릇에 남아 있는 계면활성제를 추출하여 분석하였다. 7초 헹굼과정을 거친 후 용기에 잔류하는 계면활성제 농도는 툭배기 4.68 mg/L, 후라이팬 1.22 mg/L, 유리그릇 0.57 mg/L, 플라스틱 용기 0.25 mg/L 순으로 모든 용기에서 계면활성제가 검출되었다. 그러나 15초 헹굼과정을 거친 경우, 툭배기에서만 계면활성제가 여전히 검출되었고 다른 용기에서는 검출되지 않았다. 실험결과 다공성매체로 이루어진 재질일수록 계면활성제의 잔류가 많은 것으로 나타났다. 세제로 식기를 세척할 경우 충분한 헹굼과정이 있어야 세제 섭취를 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 특히 많은 이공계실험실에서 실험실 용기가 세제세척 후 충분히 헹궈지지 않는다면 잔류 계면활성제가 이후 실험 결과에 지대한 영향을 미칠 수 있다.

**주제어 :** 계면활성제, 세제, 세척

## 1. 서론

우리는 식생활에서 항상 그릇을 사용한다. 식사를 마친 후 음식을 담았던 그릇은 다시 사용하기 위해 매일 설거지를 한다. 또한 이공계 실험실에서도 많은 초자기구 및 실험용기가 사용되면서 실험 후 세척이 필요하다. 설거지 과정 중 대부분 주방용 세제를 사용하여 세척한다. 주방용 세제는 세척력을 높이고 거품을 잘 발생시키기 위해 음이온성 계면활성제를 주요 성분으로 한다. 계면활성제는 친수성과 소수성을 모두 지니고 있는 탄화수소기반 화합물로 물과 공존하면서 기름과 결합할 수 있는 특징을 가지고 있다.<sup>1)</sup> 계면활성제는 친수성과 결합되어 있는 소수성화합물의 이온 종류에 따라 음이온성, 양이온성 및 비이온성 계면활성제로 구분된다.<sup>2)</sup>

우리나라에서 음이온성 계면활성제는 하천 및 해역의 사람 건강보호기준과 먹는물 수질기준 등 모두 0.5 mg/L로 규정되어 있는 만큼 우리 생활환경에서 발견되는 일반적 물

질이다.<sup>3)</sup> 대표적 계면활성제인 sodium dodecyl sulfate의 독성값은 실험용 쥐의 경우 경구독성값이 LD50 = 1288 mg/kg으로 보고되고 있다.<sup>4)</sup> 그러나 아직 인체에 대한 독성값은 유효하지 않다. 단지 계면활성제에 지속적으로 노출되는 경우 면역기능 저하나 점막 손상이 나타나고, 어린이의 경우 아토피 피부염이나 알레르기성 비염, 천식 등의 발생위험이 높은 것으로만 알려져 있다.<sup>5,6)</sup>

일반적인 설거지과정은 세제를 수세미에 묻혀 그릇을 닦은 후 흐르는 물에 그릇을 헹구게 된다. 문화방송(MBC) “생방송 오늘” 취재팀이 주방를 대상으로 설문조사한 결과 설거지과정 중 세제의 사용 횟수는 3회가 가장 많았으며 1회당 사용하는 액체 세제의 부피는 약 8 mL 정도로 조사되었다. 또한 세척 후 흐르는 물에 헹구는 시간은 대략 7초 정도로 나타났다.<sup>6)</sup>

본 연구는 “생방송 오늘” 취재팀이 조사한 일반적 설거지 방법에 의해 설거지를 한 후 그릇에 잔류할 수 있는 세제

<sup>†</sup> Corresponding author E-mail: swjeong@kunsan.ac.kr Tel: 063-469-4767 Fax: 063-469-4964

의 량을 측정하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 재질이 다르면서 일상생활에서 사용하는 대표적 그릇 및 용기를 선정하였고 세제세척 및 헹굼 후 그릇 및 용기에 잔류하는 계면활성제의 양을 정성 및 정량분석 하였다. 정성적 분석방법은 헹굼이 끝난 그릇을 다시 헹궈 물의 표면장력을 측정하여 계면활성제 유무를 먼저 판단하였고, 이후 자외선분광법을 통해 헹굼 물 안의 계면활성제 농도를 정량화하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1. 표면장력 측정

용액의 표면장력은 드누이드식 표면장력계(512-B2, ITOH SEISAKUSHO, LTD.)를 사용하였다.

### 2.2. 세제세척, 헹굼, 잔류 계면활성제 추출방법

세제는 음이온성 계면활성제인 sodium dodecyl sulfate가 주성분으로 표기된 제품을 사용하였다. 실험에 사용된 대표적 재질의 용기는 똑배기, 후라이팬, 유리그릇(밥공기), 플라스틱용기였다. 일반적 세제 사용량인 8 mL를 수세미에 문혀 각 용기를 닦은 후 흐르는 물에 약 7초간 헹궈주었다. 설거지가 끝난 용기는 30초간 뒤집어 여분의 물기를 제거한 후 바로 용기에 증류수 100 mL를 붓고 흔들어 그릇에 남아 있는 계면활성제를 추출하였다. 즉, 각 용기 내부에 잔류하는 계면활성제만 추출하였다(이하 “추출수”라 함).

추출수내 계면활성제 분석은 수질오염공정시험기준 음이온계면활성제-자외선/가시선분광법(ES 04359.1)을 사용하여 분석하였다.<sup>7)</sup> 또한, 헹굼 시간에 따른 용기내 잔류 계면활성제의 양을 비교하기 위해 15초간 흐르는 물에 세척한 후 상기 방법과 동일한 방법에 의해 계면활성제의 양을 분석하였다. 모든 실험은 세 번 반복하여 수행하였다.

### 2.3. 계면활성제 분석

설거지가 끝난 그릇에 증류수 100 mL를 넣어 계면활성제를 추출한 추출수로부터 50 mL를 취하여 분액깔때기 A에 넣고 클로로포름 10 mL를 넣어 1분간 강하게 흔들어 섞은 다음 정치하고 클로로포름층을 취하여 분액깔때기 B에 넣어 1분간 강하게 흔들고 정치하였다. 클로로포름층을 미리 클로로포름으로 씻어 둔 탈지면을 이용하여 여과하고 여액을 25 mL 메스실린더에 옮겼다. 다시 분액깔때기 A에 클로로포름 10 mL를 넣은 후 같은 방식으로 계면활성제를 추출하였다. 여과액은 650 nm에서 UV (Optizen 2120UV, MECASYS)로 흡광도를 측정하였다.

검량선은 Sodium dodecyl sulfate (SDS, Junsei)를 단계적으로 취하여 시료의 시험방법에 따라 시험하여 계면활성제의 농도와 흡광도와와의 관계 선을 작성하였다. 바탕시료는 증류수 50 mL를 취하여 시료의 시험방법과 동일한 절차를 거쳐 바탕시험액으로 사용하였다. 상기한 계면활성제 분석법의 정량한계는 0.02 mg/L이다.<sup>7)</sup>

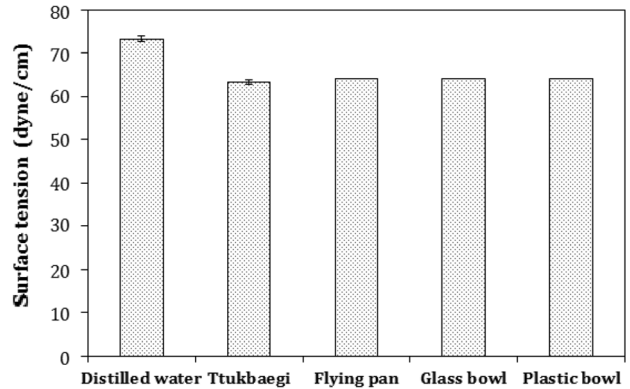


Fig. 1. Surface tensions of 100 mL-rinsed water obtained from the different material bowls. These bowls were already dish-washed with 7 second-final rinsing.

## 3. 결과

### 3.1. 설거지가 끝난 각 그릇 추출수의 표면장력 측정 결과

세제세척 후 7초간의 헹굼과정을 거쳐 설거지가 끝난 각 그릇에 증류수 100 mL를 담아 잔류하고 있는 계면활성제를 추출하였다. 100 mL 추출수내 계면활성제 유무를 판단하기 위한 표면장력 측정 결과는 Fig. 1과 같다. 실험에 사용한 증류수는 표면장력계에서 73 dyne/cm로 측정되었다. 재질이 다른 4가지 그릇인 똑배기, 후라이팬, 유리그릇, 플라스틱용기를 세척한 추출수의 표면장력은 4개 그릇 모두 약 64 dyne/cm로 측정되었다. 추출수의 표면장력이 증류수에 비해 떨어졌다는 것은 추출수에 표면장력을 떨어뜨리는 물질이 존재하고 있음을 시사한다. 따라서 설거지 후 모든 그릇에 계면활성제가 잔류하고 있음을 정성적으로 파악할 수 있었다.

### 3.2. 설거지 헹굼 시간에 따른 잔류 계면활성제 량

세제를 수세미에 문혀 그릇을 닦은 후 7초 동안 흐르는 물에 헹궈 후 그릇에 남아있는 계면활성제를 추출한 농도 분석 결과는 Fig. 2와 같다. 7초 헹궈를 때는 4개 그릇 모두 계면활성제가 검출되었다. 똑배기는 4.68 mg/L, 후라이팬은 1.22 mg/L, 유리그릇은 0.57 mg/L, 플라스틱용기는 0.25 mg/L 순으로 음이온성 계면활성제가 검출되었다.

똑배기가 상대적으로 잔류하는 계면활성제의 양이 많은 이유는 다공성 표면 때문이다. 다공성 표면의 홈에는 액체를 흡수하는 모세관압력이 작용한다. 즉, 식 (1)에 나타낸 바와 같이 홈의 반경이 작을수록 액체를 흡수하는 모세관압력이 증가하게 된다.<sup>8)</sup>

$$P_c = \frac{2\sigma \cos\theta}{r} \quad (1)$$

- $P_c$  : 모세관 압력
- $r$  : 모세관 반지름
- $\sigma$  : 액체-기체간 표면장력
- $\theta$  : 액체-고체-기체-간 접촉각

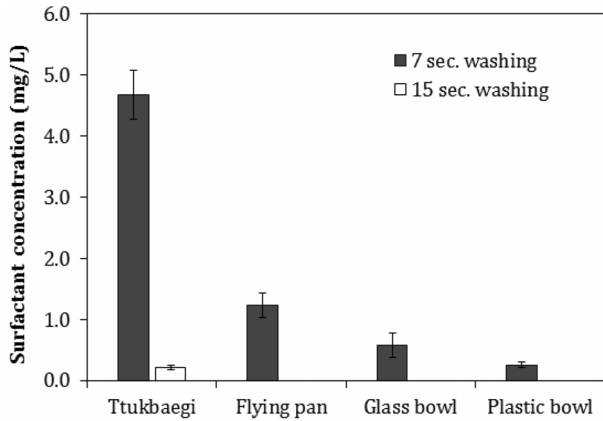


Fig. 2. Surfactant concentrations in the 100 mL-rinsed water that extract residual surfactant resided in the bowls: These bowls were dish-washed with two types of final rinsing: Effect of final rinsing time on the residual surfactant concentration. No surfactant was found in the 15 sec-washing experiments, except for Ttukbaegi.

행균 시간에 따른 잔류 계면활성제 농도 변화를 조사하기 위해 이번에는 15초 동안 흐르는 물에 행균 그릇의 계면활성제의 양을 또다시 측정하였다. Fig. 2에 도시한 바와 같이 이번에는 뚝배기에서만 계면활성제가 검출되었고, 플라스틱, 프라이팬, 유리그릇에서는 검출되지 않았다. 뚝배기에서는 0.22 mg/L의 계면활성제가 여전히 검출되었다.

Table 1은 각 용기를 1년 동안 사용할 경우 설거지 후 잔류하는 계면활성제의 양을 산정해 본 결과이다. Fig. 1과 같이 측정된 계면활성제 농도에 추출수의 부피인 100 mL와 1년에 해당하는 횟수(3회 × 365일 1095회)를 곱해 각 용기의 1년 잔류량을 산정하였다. 하루 세끼의 식사를 하면서 매식마다 뚝배기 1개, 후라이팬 1개, 유리용기 1개 및 플라스틱 용기 1개를 사용하고 설거지할 경우 1년 동안 용기에 잔류할 수 있는 계면활성제의 양은 736 mg, 즉 0.74 g 정도로 산정되었다. 4개의 용기만이 사용된다는 가정은 매우 보수적인 가정이다. 만약 그릇 및 용기의 사용이 더 많아지게 되면 잔류 계면활성제의 양은 자연히 많아진다. 설

Table 1. Estimated amount of residual surfactant in the bowls after 7 second-dishwashing

Kitchen material	Measured residual surfactant concentration after dishwashing (mg/L) <sup>a)</sup>	Estimated residual surfactant amount for 1 year (mg) <sup>b)</sup>
Ttukbaegi (earthen bowl)	4.68	512
Flying pan	1.22	134
Glass bowl	0.57	63
Plastic bowl	0.25	27
<b>Sum</b>		<b>736</b>

<sup>a)</sup> Measured from the 100 mL-bowl-rinsing water, which was obtained from thoroughly rinsing the partially dried bowl after 7 second-dishwashing

<sup>b)</sup> Estimation scenario: these four kitchen materials were three times used a day for 1 year

거지 후 잔류하는 계면활성제는 다음 식사 때 음식과 함께 섭취될 가능성이 매우 높다. 따라서 상기와 같은 설거지 방법 및 세척방법을 적용한다면 매년 0.74 g 정도의 계면활성제를 섭취할 수 있다.

Fig. 2의 15초 행균 결과에서 보는 바와 같이 세제세척 후 충분한 시간 행균 준다면 용기 표면에 존재하는 계면활성제는 모두 제거될 수 있다. 반면, 뚝배기와 같이 다공성매체로 이루어진 그릇 및 용기의 경우 세제 세척 후 보다 충분한 세척이 필요한 것으로 나타났다.

최근 기숙사 등 대규모 식당이 계속적으로 증가되고 있으며 세제 사용량 또한 지속적으로 증가되고 있다. 본 연구의 실험방법은 각 용기를 개별적으로 세제세척하고 행균 경우이다. 개별 세척과정에서도 계면활성제가 검출되는 것으로 보아 대규모 세제세척과 행균을 동시에 하는 경우 용기에 잔류하는 계면활성제 양은 상당히 많을 것으로 예상된다. 또한 많은 이공계실험실에서 많은 량의 용기가 사용되며 세제 세척된다. 본 연구결과로 비추어 실험실 용기가 세제세척 후 충분히 행균되지 않는다면 이후 실험 결과에 지대한 영향을 미칠 수 있다. 현재 수질공정시험기준, 먹는물공정시험기준 등에서 시료 중 계면활성제가 존재할 경우 구리추출에 문제를 야기할 수 있음을 언급하고 있다.<sup>9)</sup>

#### 4. 결론

그릇 및 용기에 대한 일반적인 세제세척방법인 약 8 mL 정도의 세제를 사용하여 세척 후 흐르는 물에 7초 및 15초의 행균과정을 거쳤을 때, 용기에 잔류하는 계면활성제의 양을 정량화 한 결과는 다음과 같았다.

- 1) 7초 행균과정을 거친 후 용기에 잔류하는 계면활성제의 농도는 뚝배기 4.68 mg/L, 후라이팬 1.22 mg/L, 유리그릇 0.57 mg/L, 플라스틱 용기 0.25 mg/L 순으로 계면활성제는 모든 용기에서 검출되었다.
- 2) 15초로 행균시간을 과정을 두 배로 늘린 경우, 뚝배기에서만 계면활성제가 여전히 검출되었고 플라스틱, 후라이팬, 유리그릇 및 플라스틱용기에서는 검출되지 않았다. 상대적으로 다공성 표면이 존재하는 뚝배기는 모세관압력에 의해 액체를 흡수하게 되므로 계면활성제의 잔류가 많은 것으로 판단된다.
- 3) 하루 세끼의 식사를 하면서 매식마다 뚝배기 1개, 후라이팬 1개, 유리용기 1개 및 플라스틱 용기 1개를 사용하고 설거지할 경우 1년 동안 용기에 잔류할 수 있는 계면활성제의 양은 736 mg, 즉 0.74 g 정도로 산정되었다. 용기에 잔류하는 계면활성제는 다음 식사시 음식과 함께 섭취될 가능성이 높다.
- 4) 기숙사 및 대형식당 등 대규모 세제세척이 이루어지는 경우 충분한 행균과정이 필요할 것으로 판단된다. 또한 많은 이공계실험실에서 실험실 용기가 세제세척 후 충분히 행

귀하지 않는다면 이후 실험 결과에 지대한 영향을 미칠 수 있다.

## 사 사

본 연구는 환경부, 한국환경산업기술원의 토양·지하수 오염방지기술개발사업(GAIA Project) (RE201202062)의 지원에 의해 수행되었습니다.

**KSEE**

## 참고문헌

1. Rosen, M. J., Surfactants and Interfacial Phenomena, 3rd ed., Wiley-Interscience, New Jersey, pp. 1~33(2004)
2. Kim, H. Y. and Jeong, S-W., "Enhancement in stability of foam generated with cationic surfactant solutions," *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **34**(11), 735~742(2012).
3. Ministry of Environment, Framework Act on Environmental Policy, (2013).
4. Wikipedia Webpage, Sodium dodecyl sulfate, [http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_dodecyl\\_sulfate](http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_dodecyl_sulfate)(2013).
5. National Center for Biotechnology Information Home Page, Sodium Dodecyl Sulfate-Compound Summary, <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=3423265#x332> (2013).
6. MBC, Today live show, 2013.10.21.
7. Ministry of Environment, Standard methods for water analysis: Anionic Surfactants-UV/Visible Spectrometry, ES 04359.1, 2011
8. Jeong, S-W, An, Y-J. and Lee, B-J., Soil Remediation Engineering, Dongwha Publisher, Korea, pp. 28~30, (2012).
9. Ministry of Environment, Standard Methods for Water Analysis: Copper-UV/Visible Spectrometry, ES 04401.2, 2011.