

## 소금물의 전기분해수가 첨가된 물티슈의 항균력 연구

서진호 · 이동진<sup>1</sup> · 이명구<sup>1†</sup> · 오덕환<sup>2</sup>

접수일(2015년 11월 13일), 수정일(2015년 12월 10일), 채택일(2015년 12월 12일)

### Studies on the Antibacterial Activity of Wet-tissue Saturated with Electrolytic Water of NaCl Solution

Jin Ho Seo, Dong Jin Lee<sup>1</sup>, Myoung Ku Lee<sup>1†</sup> and Deog Hwan Oh<sup>2</sup>

Received November 13, 2015; Received in revised form December 10, 2015; Accepted December 12, 2015

#### ABSTRACT

Wet-tissue has been used for baby wipe, cleansing pads, industrial wipes, pain relief, personal hygiene, pet care, and healthcare at home, care facilities, restaurant, and hospital. Raw materials of wet-tissue are mainly natural fibers and synthetic fibers such as cotton, rayon, PET (polyethylene terephthalate) and so on. In this study, electrolytic water of NaCl solution was used as fluid in wet-tissue, and the effect of raw materials on antibacterial rate of wet-tissue was investigated.

Rayon (100%) showed an excellent antibacterial rate compared with cotton (100%) and rayon:PET (50:50). Antibacterial rate increased as Cl concentration of electrolytic water increased. Absorption of rayon:PET (50:50) was uneven and antibacterial rate of wet-tissue slightly increased by increase of Cl concentration. Antibacterial rate of wet-tissue was 100% under the conditions of more than 1.5 mL of electrolytic water dosage, and dropped under 50% after storage period of 48 hours.

**Keywords:** *Wet-tissue, antibacterial rate, sodium chloride, hypochlorite, staphylococcus aureus*

---

• 강원대학교 창강제지기술연구소(Changgang Institute of Paper Science & Technology, Kangwon National University, Kangwondaehak-gil 1, Chuncheon-si, Gangwon-do, Korea)  
1 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon, Republic of Korea)  
2 강원대학교 농업생명과학대학 식품생명공학과(Dept. of Food Science & Biotechnology, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon, Republic of Korea)  
† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: mkleee@kangwon.ac.kr

## 1. 서론

물티슈는 1950년대 중반부터 유아가 있는 가정이나 보육시설, 노인복지시설, 음식점, 병원 등에서 다양한 용도로 사용되어 왔다. 초기의 물티슈는 주로 여행 시 세척의 용도로 사용되었다. 1950년대 후반에 유아용 물티슈가 개발됨에 따라 용도가 다양해지는 계기가 되었으며 1990년대에 김벌리클라크와 같은 대형 회사의 참여로 시장이 확대되었다.<sup>1)</sup> 물티슈는 유아의 피부세척, 화장이나 땀을 닦아내는 패드, 통증완화, 개인위생, 애완동물 관리, 건강관리, 공장에서 작업 중 피부에 부착된 오염물의 세척을 위해 사용되며<sup>2)</sup> 티슈 내에 첨가되는 성분에 따라 용도를 달리한다.

일반적으로 물티슈용 원단은 부직포제조공정을 통해 제조되며 얇은 시트상태의 웹을 형성하여 섬유자체의 결합방법으로 형태안정성을 부여한 것을 의미한다.<sup>3)</sup> 물티슈 원단으로 사용되는 섬유는 면, 레이온, PET(polyethylene terephthalate), PP(polypylene) 등 천연섬유와 합성섬유를 이용하며<sup>4)</sup> 주로 천연섬유에 비해 비교적 가격이 저렴한 합성섬유를 두 가지 이상 배합하여 원단을 제조한다.

제조된 티슈는 물티슈제조공정을 통해 상품화되는데 주로 정제수와 천연물 유래의 유·무기계 항균제, 살균 및 액체성분의 부패와 증발장지를 위한 방부물질, 화학첨가물 등을 첨가한다. 최근 물티슈의 성능발현을 위해 첨가된 방부물질 및 화학첨가물 등이 질병을 유발한다고 보고된 바 있으며 특히 methylisothiazolinone과 methylchloroisothiazolinone은 2012년에 환경부에서 지정된 유독물로 일부 유아용 물티슈에서 검출되면서 사회적으로 큰 파장을 일으켰다.<sup>5)</sup> 현재도 첨가물로서 사용되고 있는 cetrimonium bromide는 소량 사용 시 큰 문제가 없으나 다량 사용되거나 축적될 경우 치명적인 독성물질로서 작용할 수 있다. 일부 물티슈 업계에서는 이런 문제점을 해소하기 위하여 새로운 천연물질 유래의 항균제를 개발하고 있으나 항균제의 분리공정 및 정제공정으로 인한 원가 상승이 수반되는 단점이 존재한다.

본 연구에서는 이러한 첨가물의 영향을 배제하고자 인체에 무해한 소금물의 전기분해수를 물티슈의 액체성분으로 사용하고자 하였다. 소금물의 전기분해수는 Cl, OCl<sup>-</sup>, Cl<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, ClO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 등과 같이 다양한 산화제들이 생성되며<sup>6)</sup> 전기분해수를 이용한 소독기술은 작동 및

관리가 용이하고 폭발 위험성을 배제할 수 있기에 염소의 대체방안으로 평가받고 있다.<sup>7)</sup>

Rahman 등<sup>8)</sup>의 연구에 따르면 5 ppm의 잔류염소농도를 지닌 전기분해수가 50 ppm의 free chlorine 용액과 유사수준의 살균효능을 지닌다고 보고하였으며, Son<sup>7)</sup>은 소금물의 전기분해수에 대한 화학적 특성과 소독효과를 연구하였다. Casteel 등<sup>9)</sup>은 폐수의 살균처리에 전기분해수를 적용하였으며 Cho 등<sup>10)</sup>은 전기분해수를 수산식품 가공기구의 세척에 활용하였다. Park 등<sup>11)</sup>에 따르면 일반적인 염소소독법의 대체방안으로서 전기분해수를 이용하였으며 가능성을 확인하였다. 이와 같이 전기분해수를 이용한 연구는 주로 식품세척, 폐수처리 분야에 한하여 용액 자체를 이용하였으며 다른 제품에 대한 적용 연구는 부족한 실정이다. 특히, 전기분해수가 탁월한 항균 특성을 보유하고 있음에도 우수한 항균성이 요구되는 물티슈에 대한 적용연구는 사례를 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 물티슈의 항균 특성 향상을 위해 소금물의 전기분해수를 이용하였으며 물티슈 원단과 전기분해수의 조건이 항균성에 미치는 영향을 분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 실험재료

#### 2.1.1 물티슈 원단

소금물의 전기분해수가 첨가된 물티슈의 원단에 따른 항균율을 비교하기 위하여 3종의 원단을 국내 A사 및 B사로부터 입수하여 사용하였으며 각 원단의 섬유 혼용율은 다음 Table 1과 같다. 물티슈 원단은 5 cm × 5 cm 크기로 재단한 후 항균율 평가에 사용하였다.

#### 2.1.2 시약 및 균주

소금물의 전기분해수 제조를 위한 NaCl은 Daejung으로부터 구매하여 사용하였으며 항균율 시험에 사용한 tryptic soy broth와 peptone은 BD Difco사로부터 구매하였다. 실험에 사용된 *Staphylococcus aureus* ATCC 12600은 강원대학교 식품생명공학과에서 분양받아 사용하였다. 균주를 tryptic soy broth를 사용하여 35℃에서 24시간 배양한 후 0.1% peptone water로 희석하여 10<sup>7</sup> CFU/mL의 농도로 제조한 후 접종에 사용하였다.

Table 1. The composition of wet-tissue

Sample name	Basis weight (g/m <sup>2</sup> )	Composition (%)		
		Rayon	Cotton	PET
Rayon 100	63	100		
Cotton 100	50		100	
Rayon 50:PET 50	57	50		50

Table 2. The conditions of electrolytic water addition

No.	Cl concentration (ppm)	Dosage (mL)	Storage period (hr)
1	1.7		
2	3.5		
3	5.6	1.5	0
4	6.8		
5	7.9		
6		0.5	
7		1.0	
8	6.0	1.5	0
9		2.0	
10			12
11			24
12	6.0	1.5	36
13			48

## 2.2 실험 방법

### 2.2.1 소금물의 전기분해수 제조 및 첨가

소금물의 전기분해수는 (주)한국돌기의 전기분해장치를 이용하여 제조하였다. 0.9%의 NaCl 용액을 전기분해장치에 투입한 후 전류량 및 제조시간을 달리하여 전기분해수를 제조하였으며, 제조 직후 Pocket colorimeter II (HACH)를 이용하여 잔류염소농도를 측정하였다.

또한 잔류염소농도, 일정 농도에서의 전기분해수 첨가량과 저장기간 등의 조건에 따른 각 물티슈 원단의 항균율을 평가하였으며 전기분해수 첨가조건을 Table 2에 표기하였다.

### 2.2.2 항균율 평가

소금물의 전기분해수가 첨가된 각 원단의 항균율을 평가하기 위하여 KS K 0693 “텍스타일 재료의 항균성 시

험방법”에 의거하여 접종 직후의 항균율 및 정균감소율을 평가하였다. KS K 0693방법은 텍스타일 재료를 일정 중량으로 적용하나 물티슈는 일반적으로 표면의 항균 특성이 중요하기 때문에 일정한 표면적을 지닌 크기로 재단하여 실험시료로 사용하였다. 또한 텍스타일 재료와 달리 물티슈의 사용은 균과 접촉한 수분 이내에 이뤄지기 때문에 기존의 18시간 배양 후 생균수를 기준으로 하는 살균감소율은 적합하지 않은 것으로 판단되어 접종 직후의 대조 시험편 및 시험편의 생균수를 측정하여 접종 직후 항균율을 평가하였으며, 물티슈를 사용한 후 티슈에 존재하는 균의 변화를 관찰하기 위해 18시간 배양 후 대조 시험편 및 시험편의 생균수를 분석하여 정균감소율을 평가하였다.

5 cm × 5 cm 크기로 재단된 물티슈 원단은 에탄올 분사 후 건조하여 멸균처리한 후 일정량의 전기분해수를 투입한 후 petri dish에 위치시켰다. 이후 10<sup>7</sup> CFU/mL 농도의 *Staphylococcus aureus* 0.1 mL를 10회에 분할하여 접종한 후 일정 시간동안 살균시간을 유지하였다. 살균된 물티슈 원단은 18 mL의 peptone water와 함께 스토마커 백에 주입하여 희석한 후 5분간 균질기를 이용하여 균을 추출하고 10<sup>-1</sup>, 10<sup>-2</sup>, 10<sup>-3</sup>배 희석하여 배지에 도말하였다. 도말된 균은 35℃에서 18시간 배양한 후 생균수를 측정하였다. 항균율(antibacterial rate)은 증류수를 투입한 대조 시험편의 생균수와 실험편의 생균수를 비교분석하였다.

$$Antibacterial\ rates\ (\%) = \frac{M_a - M_b}{M_a} \times 100 \quad [1]$$

M<sub>a</sub>: 대조 시험편의 생균수(3검체의 평균값)

M<sub>b</sub>: 시험편의 생균수(3검체의 평균값).

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 전기분해수의 잔류염소농도에 따른 원단별 항균을 평가

전기분해수의 잔류염소농도에 따른 원단별 항균율을 평가하기 위하여 소금물의 전기분해장치를 통해 농도별 용액을 제조한 후 물티슈에 1.5 mL씩 첨가하고 접종 직후 생균수의 변화를 관찰하였으며 결과를 Fig. 1에 나타냈다. 레이온 100 원단은 6.8 ppm의 전기분해수를 첨가한 경우 항균율이 100%로 분석되었으며 잔류염소농도가 증가함에 따라 항균율이 증가하는 경향을 나타내었다. 레이온:PET 50:50 원단은 저농도의 전기분해수를 첨가한 조건에서 다른 원단에 비해 95%의 높은 항균율을 나타냈으나 잔류염소농도 증가에 따른 항균율의 개선은 미미한 경향을 나타냈다. 또한 면 100 원단은 레이온 100 원단과 유사수준의 항균율을 지닌 것으로 분석되었으나 레이온 100 원단의 항균율이 안정적으로 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 물티슈용 원단은 건식법, 습식법, 방사법 등에 의해 제작되는데 모두 섬유를 균일 두께로 적층시킨다는 부분에 있어 웹의 형성 원리는 동일하다고 할 수 있다. 적층 방식의 웹 형성 시 섬유의 분산은 제지공정에 비해 비균일한 경향을 나타내며 두 종류 이상의 섬유로 혼합하여 제조할 경우 물티슈 원단의 기본특성에 영향을 미칠 수 있다. 이종의 섬유로 제작된 레이온 50:PET 50 원단의 경우 1.5 mL의 전기분해수 첨가 시 흡수가 균일하게 이루어지지 않음을 확인할 수 있었으며 결과적으로 항균력의 안정성이 감소한 것으로 판단된다.

Fig. 2의 정균감소율 결과를 살펴보면 물티슈 원단과

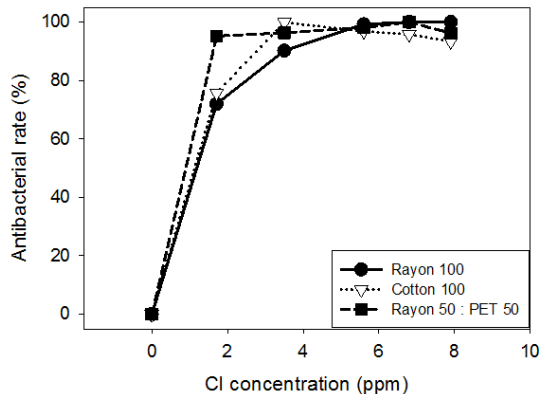


Fig. 1. Effect of Cl concentration on antibacterial rate of wet-tissue (immediately after inoculation).

잔류염소농도에 관계없이 전기분해수가 첨가된 모든 조건에서 균의 생장이 발생하지 않는 것을 확인할 수 있었으며 정균감소율이 100%로 분석되었다. 소금물의 전기분해수는 48시간 경과 후 잔류농도가 50% 이상으로 유지되고 병원성 미생물의 선택적 제거에 용이한 것으로 보고된 바 있다.<sup>12)</sup> 전기분해수를 첨가한 후 균을 접종하고 18시간 동안 배양하는 정균감소율 실험에 있어 물티슈 내에 잔존하는 유리염소가 일정농도 이상으로 유지됨에 따라 DNA의 활성을 저해하거나 cell membrane의 투수성에 변화를 주어 미생물에 치명적인 영향을 준 것으로 판단된다.<sup>7)</sup> 일반적으로 레이온은 1 kg당 약 8,000 원, 면은 약 10,000원, PET는 약 2,000원으로 레이온 50:PET 50 원단의 경제성이 우수하나 전기분해수의 잔류염소농도별 결과에서 알 수 있듯이 첨가된 전기분해수의 안정적인 항균성 발현을 위해서는 레이온의 비율이 높은 소재가 적합할 것으로 판단된다.

### 3.2 전기분해수 투입량에 따른 원단별 항균을 평가

일반적인 상용 물티슈의 액체성분은 주로 정제수와 천연물로부터 추출된 항균성 물질을 포함하며 액체성분의 함량은 사용 시 불편함을 초래하지 않으면서 항균성과 경제성을 고려해야한다. 본 연구에 사용된 전기분해수는 항균성이 우수한 액체이나 염 성분을 기반으로 제조되기 때문에 과량이 투입될 경우 사용 후 끈적거림을 유발할 수 있으며 제품의 경제성을 고려할 때 최소 투입량으로 최대의 항균성을 유지하여야 한다. 따라서 농도별 실험

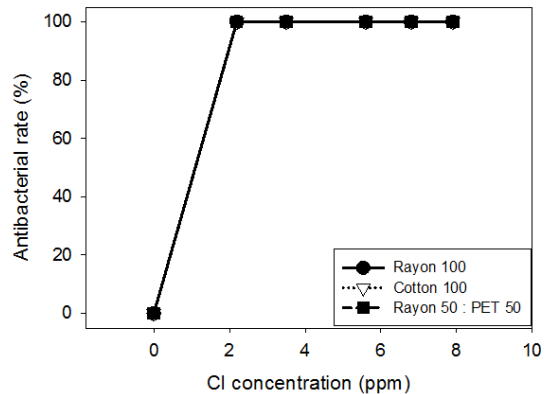


Fig. 2. Effect of Cl concentration on antibacterial rate of wet-tissue (after 18 hours).

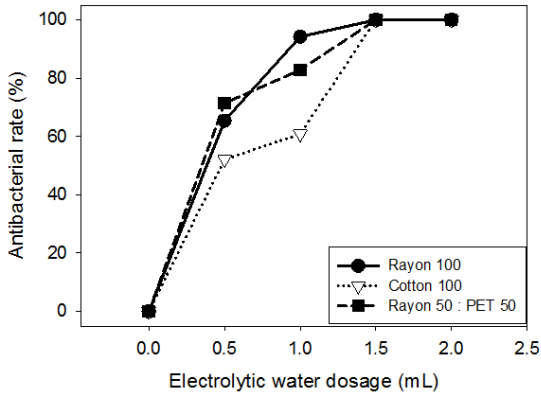


Fig. 3. Effect of electrolytic water dosage on antibacterial rate of wet-tissue (immediately after inoculation).

에서 레이온 100 원단의 항균율이 99% 이상으로 분석된 잔류염소농도 6 ppm 수준의 전기분해수를 이용하여 첨가량 감소에 따른 각 원단별 항균율 변화를 관찰하고자 첨가량을 0.5-2.0 mL로 조절하였다.

Fig. 3은 전기분해수 첨가량에 따른 각 원단별 접종 직후 항균율을 나타낸 그래프이다. 1.5 mL 이상 투입 시 모든 물티슈 원단의 항균율이 100%로 나타났으며 1 mL 첨가 시 레이온 100은 94.3%, 면 100은 60.9%, 레이온 50:PET 50은 82.8%로 레이온만으로 구성된 원단의 항균율이 가장 우수한 특성을 보였다. 상용 물티슈는 일반적으로 99.9%이상의 항균율을 보유하며 항균율의 평가는 ISO 22196에 의거하여 균집중 24시간 후의 생균수를 기준으로 한다. 따라서 소량의 전기분해수를 첨가한 조건에 있어 접종 직후의 항균율과 상용 물티슈에 표기된 항균율의 비교분석은 부적합하며 균집중 18시간 후의 세균수를 기준으로 하는 정균감소율이 적절한 것으로 판단된다.

Fig. 4는 전기분해수 첨가량에 따른 각 원단별 정균감소율을 나타낸 그래프이다. 전기분해수 첨가량에 관계없이 모든 조건에서 100%의 항균율을 나타냈으며 원단의 종류보다 균 집중 후 살균시간의 영향이 큰 것으로 분석되었다. 결과적으로 소량의 전기분해수가 첨가된 물티슈의 항균율은 상용 물티슈와 유사수준으로 나타났으며 전기분해수는 기존의 항균성 추출물의 대체방안으로서 활용이 가능할 것으로 판단된다.

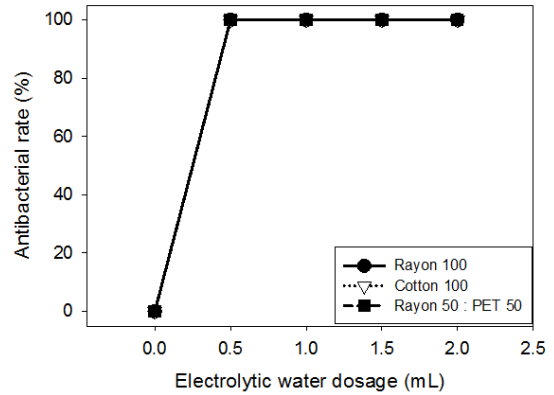


Fig. 4. Effect of electrolytic water dosage on antibacterial rate of wet-tissue (after 18 hours).

### 3.3 전기분해수 저장기간에 따른 원단별 항균율 평가

소금물의 전기분해를 통해 제조된 전기분해수는 저장기간이 증가할수록 잔류염소농도가 감소하고 항균성이 저하된다. 따라서 전기분해수가 첨가된 물티슈의 항균성이 유지될 수 있는 기간을 평가하여 물티슈의 사용이 가능한 최대기간을 파악하고자 하였다.

Fig. 5는 저장기간에 따른 물티슈의 접종 직후 항균율에 대한 결과이다. 12시간 경과 후 물티슈의 항균율은 원단의 재질에 관계없이 100%로 유지되었으나 24시간 경과 시 면 100은 100%, 레이온 100은 87%, 레이온 50:PET 50은 75%로 레이온이 포함된 원단의 항균율 저하가 우선적으로 발생하였으며 48시간 경과 시 모든 물티슈 원단의 항균율이 50% 이하로 감소하였다. 전체적으로 전기분해수를 첨가한 물티슈는 사용처에서 제조 후 12시간 이내에 사용할 경우 원단의 재질에 관계없이 100%의 항균율을 유지하는 것으로 판단된다. 따라서 전기분해수를 첨가하여 사용하는 물티슈는 액체성분이 함유된 형태의 물티슈보다 건티슈와 소형의 전기분해수 제조장치를 이용하여 제조하고 즉시 사용하는 방식이 상품화에 적합할 것으로 판단된다.

Fig. 6은 저장기간에 따른 물티슈의 정균감소율을 나타낸 그래프이다. 원단의 재질 및 저장기간에 관계없이 모든 조건 하에서 100%의 정균감소율을 나타냈으며 전기분해수를 사용할 경우 이미 사용된 물티슈의 처분이 용이함을 알 수 있었다. 정균감소율의 실험방법상 전기분해수를 이용한 살균이 18시간 동안 지속됨에 따라 모

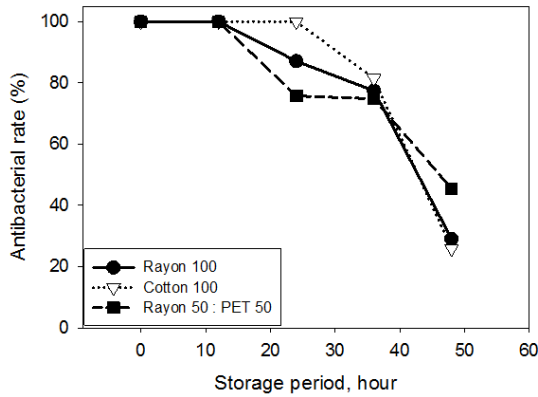


Fig. 5. Effect of storage period on antibacterial rate of wet-tissue (immediately after inoculation).

든 균이 사멸한 것으로 추정되며 이러한 특성은 물티슈의 사용 후 폐기 시 장점으로 작용할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 소금물의 전기분해수가 첨가된 물티슈의 원단 재질에 따른 항균율을 평가하고자 하였으며 전기분해수의 잔류염소농도, 첨가량, 그리고 저장기간에 따른 변화를 분석하였다.

전기분해수의 잔류염소농도가 약 6 ppm 이상의 조건에서 레이온 100%로 구성된 원단이 다른 원단에 비해 우수한 항균율을 나타냈으며, 잔류염소농도가 증가함에 따라 항균율이 증가하는 경향을 나타냈다. 이중의 섬유로 제작된 레이온 50:PET 50 원단은 섬유구조로 인해 전기분해수의 비균일한 흡수를 확인할 수 있었으며 잔류염소농도 증가에 따른 항균율의 개선이 미미한 것으로 나타났다.

전기분해수 투입량이 1.5 mL 이상인 경우 모든 물티슈 원단의 항균율이 100%로 나타났고 투입량이 감소할수록 항균율이 저하되었다. 소량의 전기분해수 투입 조건에서 레이온만으로 구성된 원단의 항균율이 가장 우수한 특성을 보였다.

전기분해수가 첨가된 물티슈의 12시간 경과 후 항균율은 원단의 재질에 관계없이 100%로 분석되었으나 24시간 경과 시 면 100을 제외한 원단의 항균율이 저하되는 경향을 나타냈다. 또한 48시간 경과 시 모든 물티슈 원

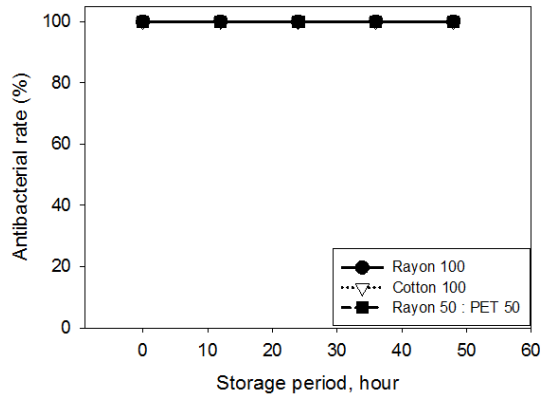


Fig. 6. Effect of storage period on antibacterial rate of wet-tissue (after 18 hours).

단의 항균율이 50% 이하로 감소하였다.

정균감소율은 모든 조건에서 100%의 항균율을 나타냈으나 물티슈의 사용이 균과 접촉한 수분 이내에 발생한다는 점을 감안한다면 18시간 후의 생균수를 기준으로 하는 정균감소율보다 접촉 직후의 항균율이 물티슈의 항균성 평가에 더 적합한 것을 알 수 있었다.

본 연구를 통해 소금물의 전기분해수가 첨가된 물티슈의 원단별 항균 특성을 파악할 수 있었으며 추후 물티슈의 액체성분으로 전기분해수의 이용가능성을 확인할 수 있었다.

#### 사 사

본 연구는 강원대학교에서 지원한 '소금물의 전기분해수를 이용한 wet-tissue의 항균력 연구'과제와 중소기업청 기술혁신개발사업에서 지원한 '차아염소산 wet-티슈 제조기 개발'(과제번호: S2223314)과제의 지원으로 수행되었습니다.

#### Literature Cited

1. Rockline, Wet wipe 101 - types of wet wipes - part 1, Retrieved September 02, 2012 from <http://blog.rockline.co.uk/blog/wet-wipes-101-types-of-wet-wipes-part-1>.



2. Horovitz, B., More consumers whip out wet wipes, USA Today, Retrieved 16 November 2010 from <http://usatoday30.usatoday.com/money/covers/2002-07-11-wipes.htm>.
3. Joo, C. H., Non-woven fabric manufacturing technology, In *Textile Basic Technology*, Lee, C. S.(ed.), Hanrimwon. Co. Ltd., Seoul, pp. 227-232 (2015).
4. Lim, J. N. and Lim, D. Y., Surgical non-woven fabric and its technology trends with the function of infection control, *Fiber Technology and Industry* 13(3):184-189 (2009).
5. National Institute of Environmental Research, Correct Understanding of Chemicals around Life, National Institute of Environmental Research, pp. 45-48 (2012).
6. Patermarakis, G. and Fountoukidis, E., Disinfection of water by electrochemical treatment, *Water Research* 24:1491-1496 (1990).
7. Son, H. J., Chemical characteristics and disinfection efficiency of oxidants generated from electrolysis of brine, Master's Thesis, Seoul National University, pp. 1-63 (2003).
8. Rahman, S. M. E., Ding, T., and Oh, D. H., Effectiveness of low concentration electrolyzed water to inactivate foodborne pathogens under different environmental conditions, *International Journal of Food Microbiology* 139(3):147-153 (2010).
9. Casteel, M. J., Sobsey, M. D., and Arrowood, M. J., Inactivation of cryptosporidium parvum oocysts and other microbes in water and wastewater by electrochemically generated mixed oxidants, *Water Science and Technology* 41(7):127-134 (2000).
10. Cho, S. Y., Joo, D. S., Kim, O. S., and Choi, Y. S., Sanitation of seafood processing equipments by the prepared acidic electrolyzed water, *Food Industry and Nutrition* 8(1):45-49 (2003).
11. Park, S. S., Sung, J. M., Jeong, J. W., Park, K. J., and Lim, J. H., Efficacy of electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide for reducing pathogenic microorganism on chinese cabbage, *Korean Journal of Food Science and Technology* 44(2):240-246 (2012).
12. Kim, Y. Y., A study on the utilization of salt-water's electrolysis field sodium hypochlorite's persistence evaluation and total trihalomethane characteristic analysis - Centrally H water purification plant's substantiation data, Master's Thesis, The University of Seoul, pp. 1-56 (2011).