

〈연구논문(학술)〉

반복되는 고온 세탁 및 멸균 환경에 대한 Reusable 수술가운 원단의 퇴색 저항성 개선 연구

김지연 · 민문홍¹ · 염정현[†]

경북대학교 기능물질공학과, ¹DYETEC연구원

Improving the Fading of Reusable Surgical Gown by Repeated Severe Laundering and Sterilization Condition

Ji Yeon Kim, Mun Hong Min¹ and Jeong Hyun Yeum[†]

Department of Advanced Organic Materials Science and Engineering, Kyungpook National University,
Daegu, Korea

¹Korea Dyeing and Finishing Technology Institute, Daegu, Korea

(Received: August 16, 2013 / Revised: September 3, 2013 / Accepted: September 10, 2013)

Abstract: The purpose of this study is to minimize fading fabrics of surgical gown by repeated severe laundering and sterilization condition. The study showed that the best conditions were reduction cleaning using sulphinic acid derivatives or glucose organic chemicals at 98°C alkaline solutions. In these conditions, color difference values(dE) were below 1.0 that means unrecognizable color change by repeated laundering and sterilization. If it treated with only laundering, reduction cleaning conditions may adjust over 80°C alkaline solution. In conclusion, it is needed to select the high-washing fastness dye and reduction cleaning using sulphinic acid derivatives or glucose organic chemicals at 98°C alkaline solutions for removal unfixed dyes.

Keywords: reusable, surgical gown, laundering, sterilization, fading

1. 서 론

수술가운은 환자 및 의료진이 오염된 피, 체액 등에 의해 병원균이 전염되는 것을 방지하기 위한 제품으로, 미국, 유럽 등의 선진국에서 Human Immunodeficiency Virus(HIV), Hepatitis B Virus(HBV) 등 감염성 병원균에 의한 의료진 및 환자의 2차 감염 문제가 심각하게 대두됨에 따라 1980년대 후반부터 전통적인 cotton 소재의 제품 대신 병원균 차단성이 극대화된 소재의 제품들이 사용되기 시작하여, 현재는 reusable barrier 제품 또는 1회용 부직포 barrier 제품을 사용하고 있다. Reusable 제품은 polyester filament 고밀도 직물을 주로 사용하고, 매우 높은 차단성능을 요구하는 제품은 polyurethane 또는 e-polytetrafluoroethylene(e-PTFE) membrane을 적용한 제

품을 사용하고 있다. Reusable 제품은 사용 후 다수(75회 이상)의 고온(70°C 이상) 세탁 및 autoclave(120°C 이상) 멸균공정을 실시하여 재사용하므로, 단순히 membrane을 적용한 기술만으로는 지속적 성능을 유지하기 어렵기 때문에 일정수준 이상의 내구성 유지를 위한 가공기술이 요구된다. 따라서 다수의 고온 세탁 및 멸균공정에서도 염색견뢰도, 내수압, 발수도, 병원균 차단성이 유지되어야 하고, 오염물의 제거가 용이하며, 치수안정성을 가져야 한다¹⁻³⁾.

이전의 연구에서는 우수한 염색견뢰도를 가지는 염료를 선정하기 위하여 해외 염료제조사 3곳의 고세탁 견뢰도용 S타입 분산염료로 염색한 후 고온세탁과 멸균 반복을 가정한 가속시험을 실시하였고, 그 결과 C사 염료 4종의 변퇴색과 오염이 가장 우수한 결과를 나타내었다⁴⁾.

한편, 본 연구의 최종 용도인 reusable 수술가운

[†]Corresponding author: Jeong Hyun Yeum (jhyeum@knu.ac.kr)
Tel.: +82-53-950-5739 Fax.: +82-53-950-6744
©2013 KSDF 1229-0033/2013-09/215-222

에 적용하는 혹독한 조건의 세탁과 멸균에 대한 색상변화를 최소화하기 위해서는, 분산염료 염색 후 환원세정을 통해 미고착 염료의 탈락조건도 함께 최적화할 필요가 있다.

50~80℃ 고온의 알칼리욕에서 환원력을 가져서 분산염료의 발색단을 무색으로 바꾸는 Sodium Dithionite(Sodium Hydrosulfite; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)가 가장 대표적인 환원세정용 환원제이며, 일반 의류용 염색공정에서는 이 과정을 통해 변퇴색이나 염색견뢰도 향상효과를 얻을 수 있다. 최근의 연구동향을 살펴보면, 염색폐수 문제나 수 차례의 수세가 유발하는 생산비 저감을 위한 물리화학적인 대체방법이 제안되고 있으며, 이 중 실험실 규모에서 현장 규모까지 상용화 가능한 환원세정제는 전통적인 Sodium Dithionite와 Sulphinic Acid 유도체, Glucose 기반의 유기 화합물 3가지를 들 수 있고, 모두 온도 80℃와 alkaline solution 상태일 때 환원력을 가진다⁵⁻¹⁰⁾.

본 연구에서는 reusable 수술가운용으로 (주)효성에서 개발한 30데니어 recycle polyester 항균원사를 dewspo조직으로 제직한 생지를 이용하여 C사의 분산염료로 염색한 다음, 상기 3종의 환원세정제로 각각 환원세정하여 고온 세탁과 멸균 반복시험에 따른 변퇴색 측정을 통해 우수한 염색견뢰도를 가지는 세정조건을 확립하고자 하였다.

2. 실험

2.1 실험재료

수술가운용 원단으로 (주)효성에서 개발한 30D/24F의 recycle polyester 항균원사를 dewspo조직으로 제직한 생지를 사용하였고, Clariant사의 고세탁견뢰도용 S타입 분산염료 Foron Br. Yellow S-WF, Foron Red S-WF, Foron Blue S-WF, Foron Blue S-RWF를 사용하였다. 환원세정을 위한 환원제로는 Sodium Hydrosulfite($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, 이하 Hydrosulfite) 시약1급, M. Dohmen사의 Sulphinic Acid 유도체(Doxalin MSA, 이하 MSA), Dystar사의 Glucose 기반의 유기 화합물(Seracon P-RCN, 이하 Seracon) 3가지를 사용하였다. 정련제와 분산제는 Nicca Korea사에서 시판하는 Sunmorl SS-30와 Sunsolt RM 340을 각각 사용하였으며, pH 조정용으로는 Sodium Hydroxide(NaOH)와 Sodium Carbonate(Na_2CO_3), Acetic Acid(CH_3COOH) 시약 1급을 사용하였다.

세탁에 사용된 세제는 ECE Standard Soap, WOB (James H. Heal, UK)이고, 다섬교직포는 동사에서 제작한 ISO 105-F10 Multifiber Adjacent Fabric DW이며, 용수는 2번 정제된 2차 증류수를 사용하였다.

2.2 염색 후 환원세정, 세탁 및 멸균 반복시험

2.2.1 정련 및 염색

Recycle polyester 항균 dewspo 생지를 정련제 Sunmorl SS-30 0.3 wt.%, Sodium Hydroxide 0.2 wt.% 처리액에 투입하여 95℃에서 50분간 처리한 다음, Acetic Acid 0.05 wt.% 용액에서 25℃, 5분간 산수세하고, 냉수세 1회를 거쳐 항온건조기(DN610, EYELA)에서 60℃ 건조하여 정련하였다. 다음으로 4가지 컬러의 분산염료 각각을 2% o.w.f 농도로 적외선염색기(BFA-12, Mathis)를 이용하여 단색염색하였다. 염색은 정련한 원단에 염료와 분산제 Sunsolt RM 340 0.3% o.w.f를 욕비 1:20이 되도록 용수와 함께 투입하여 Acetic Acid로 pH 4.5로 조정한 다음, 승온속도 2℃/min으로 130℃까지 승온하여 40분간 온도를 유지한 후 5℃/min으로 냉각하여 25℃가 되었을 때 염색원단을 꺼내었다.

2.2.2 환원세정

세 가지 타입별 환원세정제와 병용하는 알칼리의 사용농도는 각각 제품의 추천처방을 기준으로 하여, MSA 0.06 wt.%와 Sodium Hydroxide 0.1 wt.%, Seracon 4mL/L와 Sodium Hydroxide 0.3 wt.%, Hydrosulfite 0.2 wt.%와 Sodium Hydroxide 0.1 wt.% 세 가지 조건으로 조합하였다. 온도는 80℃와 98℃로 나누어 각 20분간 처리한 다음, Acetic Acid 0.05 wt.% 용액에서 25℃, 5분간 산수세하고 냉수세 1회 처리하였다. 수세 후에는 항온건조기(DN 610, EYELA)로 60℃에서 건조한 다음, 180℃에서 30초간 Lab. tenter(LTE, Mathis)로 열처리하였다.

2.2.3 세탁, 멸균 반복시험

세탁은 KS K ISO 105-C06 시험법을 준용되 수술가운용 세탁, 멸균 반복공정을 실험실에서 가속 진행하기 위하여 변형 시험하였다. 환원세정을 거친 염색물을 다섬교직포와 함께 한 번을 봉합하여 준비하고, ECE표준세제를 0.4 wt.% 농도로 150mL 조액한 후 pH를 9.6±0.1이 되도록 Sodium Carbonate로 조절한다. 세제액과 봉합 시험편을 세탁견뢰도 시험용 마개병에 넣고 쇠구슬 25개를 투입하여 Launder

-O-meter(LP2, ATLAS)장비에 넣어 75℃로 회전교반하여 세탁을 실시한다. 세탁시간은 90분을 1 cycle로 지정하고 총 5 cycle을 진행하였으며, 매 회마다 표준세제를 교체하고 봉합 시험편을 꺼내어 냉수세후 건조하였다.

1-5회 세탁을 거친 봉합 시험편 중 염색물만 따로 절취하여 새로운 다섬교직포로 봉합 시험편을 준비한 다음, ISO 11607에 규정된 멸균 필름(SMFR-122, Sigma Medical Supplies Corp.)에 투입하여 양 변을 180~210℃로 ironing하여 sealing함으로써 멸균백 형태로 준비하였다. 각각의 멸균백을 122.5℃로 설정한 고압멸균기(DF-60A, 두리과학)에 투입하여 멸균시간을 1 cycle당 30분으로 하고, 세탁횟수 즉 시간별로 멸균시간도 30분씩 증가하도록 조정하였다. 따라서 세탁시간 90분인 봉합 시험편은 멸균시간이 30분이고, 가장 긴 세탁시간 450분인 봉합 시험편은 150분간 멸균하였다.

2.3 특성분석

염색 원단, 환원세정 원단, 세탁 시간별 원단, 멸균 시간별 원단 각각의 변퇴색의 정도를 알아보기 위하여 Computer Color Matching System(Data color SF600, USA)을 이용하여 D65광원 하에서 색차값 dE(Color Difference Values)를 측정하였다.

세탁처리 시 환원세정제의 종류별, 세탁 시간별 이염의 정도를 알아보기 위해서는 다섬교직포에 오염된 정도를 ISO 105-A03에 의거한 Grey Scale for Assessing Staining(James H. Heal, UK)로 육안판정하여 1~5등급으로 나누어 나타내었는데, 5급으로 갈수록 이염이 일어나지 않아 우수함을 의미한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 세탁, 멸균 전 환원세정 조건별 세정력 평가

Table 1은 세탁과 멸균 반복시험 전에 염색 직후의 원단 대비 염료별, 환원세정제 종류별, 환원세정 온도별 변퇴색의 변화를 측색 데이터 dE로 나타낸 것이다. 세탁/멸균 공정에서 변퇴색을 최소화하려면 초기 환원세정 시 미고착 염료를 가장 많이 세정할 수 있는 환원세정제와 온도 조건을 가장 우수한 것으로 상정하였다. 따라서 표에 나타난 결과값 중에서 dE가 가장 큰 것을 알아보면 염료 컬러에 따라 차이는 약간 있으나 대체적으로 Seracon의 환원세정력이 가장 우수하였다. 온도별로는 80℃보다 98℃로 높은 온도에서의 환원세정력이 상대적으로 우수하였다. 단, 본 결과는 모든 염료에 대한 일반적 특성을 나타내지 않으며 본 연구에 사용된 염료인 Clariant사의 고세탁 견뢰도용 분산염료 Foron S-WF타입에 한정된다.

Table 1. Color difference values(dE) of reduction cleaning treated fabrics various agents and temperature

Dyestuff	Reduction Cleaning Agent	dE Values of Reduction Cleaning Treated Fabrics	
		Reduction Cleaning at 80℃	Reduction Cleaning at 98℃
Foron Br. Yellow S-WF	Doxalin MSA	1.31	1.74
	Seracon P-RCN	1.47	2.05
	Sodium Hydrosulfite	1.62	1.17
Foron Red S-WF	Doxalin MSA	2.16	2.59
	Seracon P-RCN	2.24	2.61
	Sodium Hydrosulfite	2.23	2.56
Foron Blue S-WF	Doxalin MSA	0.99	1.34
	Seracon P-RCN	1.67	1.51
	Sodium Hydrosulfite	1.69	1.45
Foron Blue S-RWF	Doxalin MSA	1.54	1.75
	Seracon P-RCN	0.95	1.12
	Sodium Hydrosulfite	1.28	0.94

3.2 반복세탁에 의한 환원세정 조건별 오염 평가

Figure 1은 세탁 횟수(시간)변화에 따라 환원세정제의 종류별, 환원세정 온도별로 함께 봉합된 다섬교직포에 염료가 이염된 정도를 육안판정하여 등급으로 나타낸 결과이다. 등급은 다섬교직포의 배열 순서인 아세테이트/면/나일론/폴리에스테르/아크릴/양모 중 가장 낮은 등급을 나타낸 nylon에 오염된 정도를 나타내었으나, Foron Blue S-RWF염료는 가장 낮은 등급을 나타낸 polyester의 오염을 나타내었다. 평가결과, 염료의 종류에 따라 약간의 차이는 있으나 세탁 횟수가 증가하여도 오염의 등급은 4급 이상으로 나타나 환원세정제의 종류나 온도에 상관없이 우수한 결과를 나타내었다. 반면에 환원세정 전 염색물은 1.5~3급으로 환원세정을 통해 오염성이 개선됨을 확인하였다. 이것은 이전의 연구에서 도출한 고세탁견뢰도용 염료와 환원세정제와의 조합이 적절함을 의미한다.

3.3 반복세탁에 의한 환원세정 조건별 변퇴색 평가

Figure 2는 반복세탁에 의한 환원세정제의 종류별, 환원세정 온도별 변퇴색의 정도를 dE값 그래프

로 나타낸 것이다.

세탁횟수가 반복되어 세탁시간이 증가할수록 색차값 dE의 변화가 적은 것이 우수한 환원세정조건이라 할 수 있으며, dE 0.5~1.0범위 내의 결과값이 육안으로 볼 때 변퇴색의 변화가 없다고 판정한다. 따라서 그래프의 dE값이 1.0 이하인 염료별 최적 환원세정 조건을 정리해 보면, Foron Br. Yellow S-WF는 80℃ 이상에서 MSA 또는 Seracon 처리, Foron Red S-WF와 Foron Blue S-WF는 80℃ 이상에서 세 가지 환원제 모두 처리해도 무방하였다. Foron Blue S-RWF는 MSA 또는 Seracon을 처리하되 98℃의 고온 환원세정을 요하였다. 세탁시간이 증가할수록 dE값이 감소하는 것은 세탁횟수 초기에는 미고착염료가 많이 탈락되다가 더 이상 탈락될 염료의 수가 줄어들어 dE값이 낮아진 것으로 사료된다. 또한 98℃에서 환원세정하게 되면 80℃에서보다 탈락되는 미고착 염료의 양이 더 많기 때문에 그 이후의 세탁처리에서는 탈락되는 염료가 적으므로 퇴색의 정도도 적은 것으로 생각된다.

3.4 반복세탁 후 반복멸균에 의한 환원세정 조건별 변퇴색 평가

Figure 3은 반복세탁한 염색물을 다시 멸균을 반복

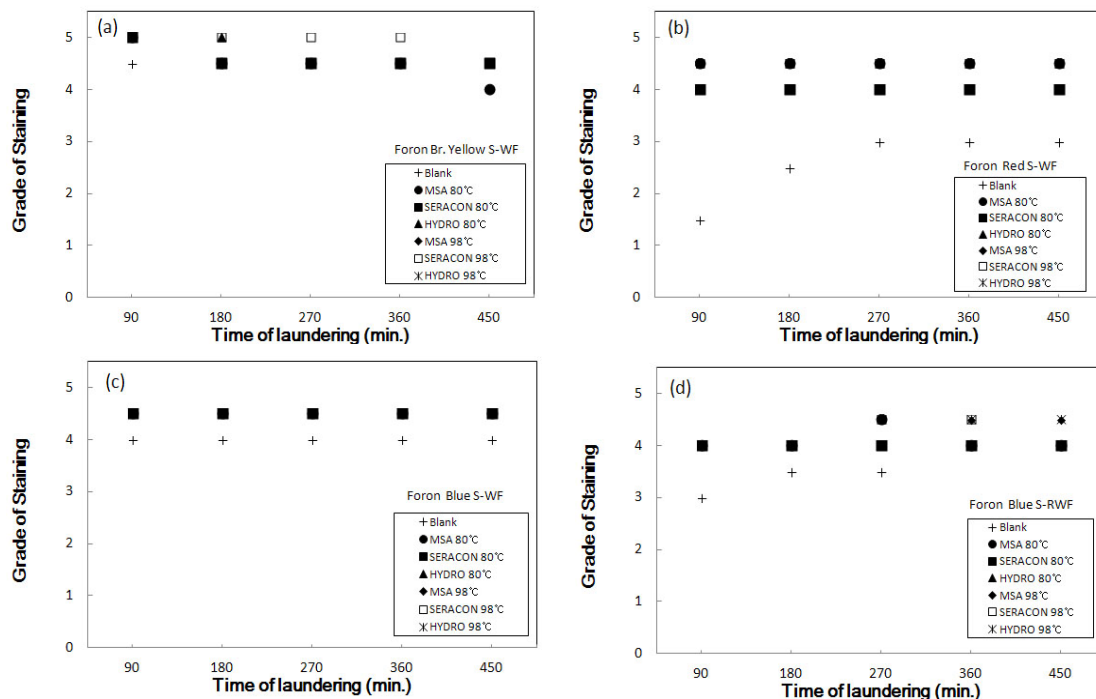


Figure 1. Grade of stained multifiber laundering fabrics repeated by reduction cleaning treated various reduction cleaning agents, temperature and dyestuffs of (a) Foron Br. Yellow S-WF, (b) Foron Red S-WF, (c) Foron Blue S-WF, (d) Foron Blue S-RWF.

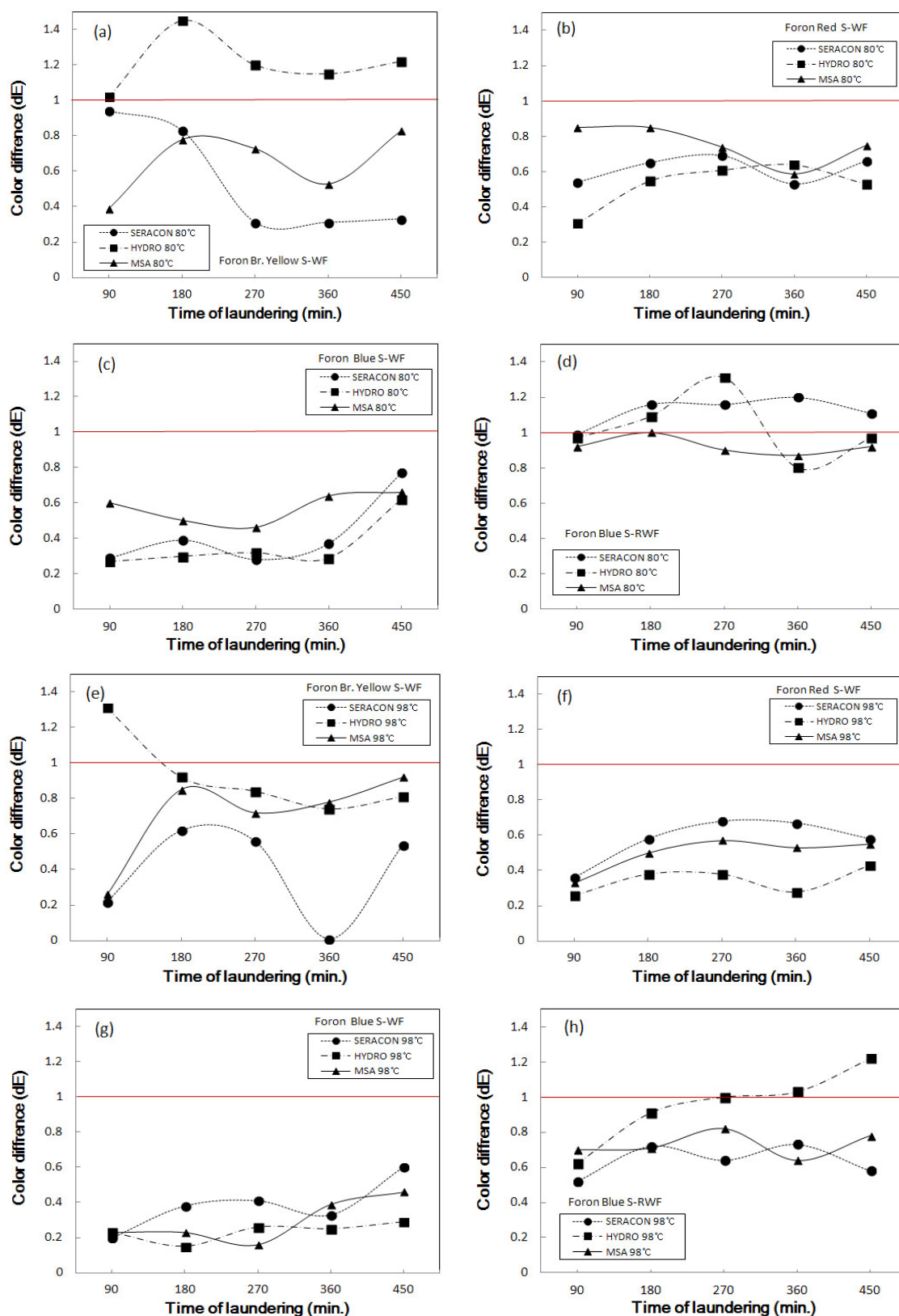


Figure 2. Color difference values of laundering fabrics repeated by reduction cleaning various agents, temperature and dyestuffs of (a) Foron Br. Yellow S-WF 80°C, (b) Foron Red S-WF 80°C, (c) Foron Blue S-WF 80°C, (d) Foron Blue S-RWF 80°C, (e) Foron Br. Yellow S-WF 98°C, (f) Foron Red S-WF 98°C, (g) Foron Blue S-WF 98°C, (h) Foron Blue S-RWF 98°C.

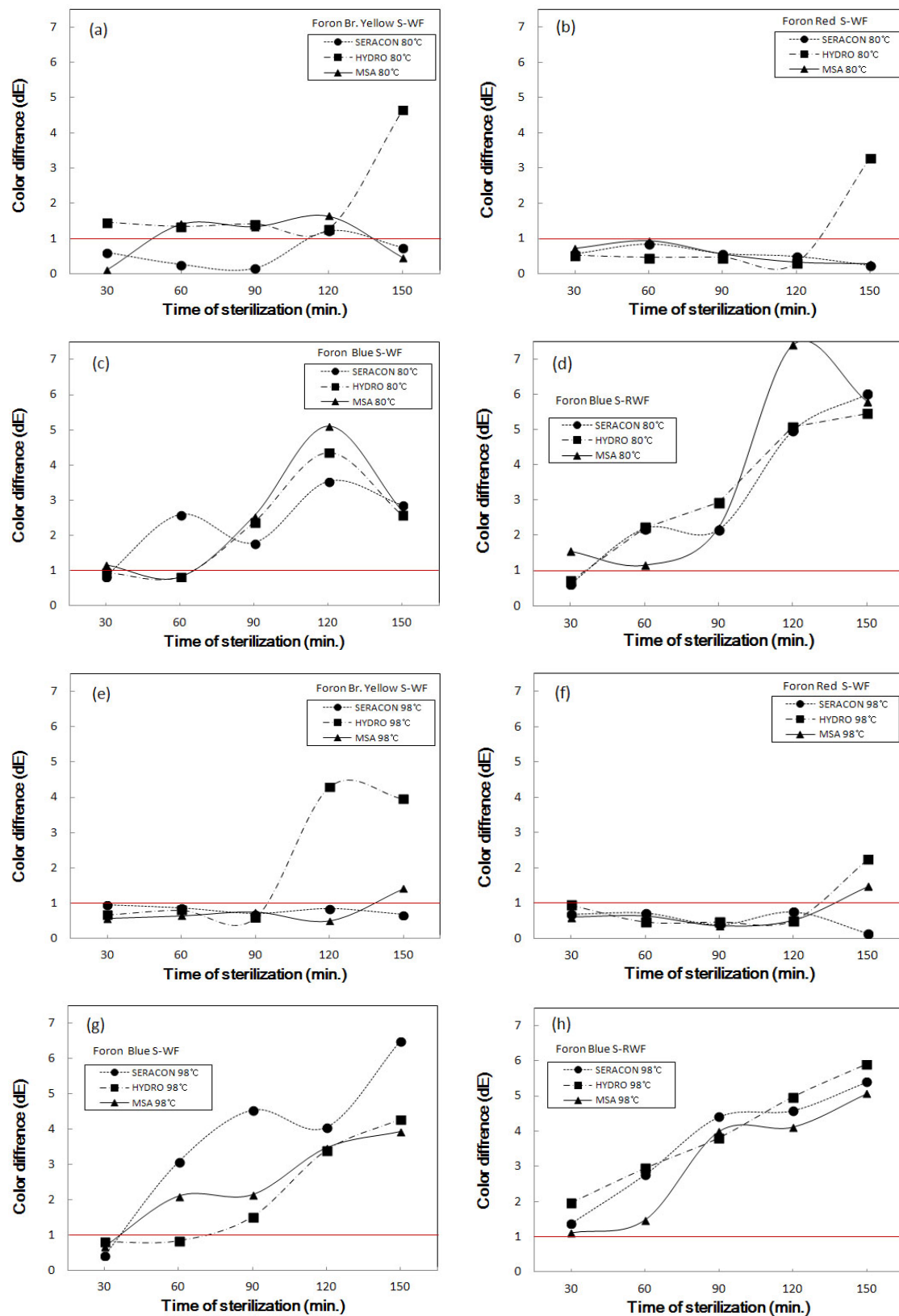


Figure 3. Color difference values of sterilizing fabrics after laundering repeated by reduction cleaning various agents, temperature and dyestuffs of (a) Foron Br. Yellow S-WF 80°C, (b) Foron Red S-WF 80°C, (c) Foron Blue S-WF 80°C, (d) Foron Blue S-RWF 80°C, (e) Foron Br. Yellow S-WF 98°C, (f) Foron Red S-WF 98°C, (g) Foron Blue S-WF 98°C, (h) Foron Blue S-RWF 98°C.

하면서 환원세정제의 종류별, 환원세정 온도별 변퇴색의 정도를 dE값 그래프로 나타낸 것이다.

전체적으로 고온멸균 시간이 증가할수록 dE값이 1.0을 벗어나 육안으로 인식가능한 퇴색이 진행됨을 알 수 있었고 이 현상은 blue계열 컬러에서 두드러졌다. 반복세탁에서는 98℃와 80℃ 환원세정 온도별 퇴색 차이가 없던 염료가 반복멸균에서는 98℃ 환원세정하여야 dE값 1.0이하의 범위에 들어갔다. 염료별로 정리하면, Foron Br. Yellow S-WF와 Foron Blue S-RWF는 MSA 또는 Seracon으로 98℃, Foron Red S-WF는 80℃ 이상이어야 한다. 단, Foron Blue S-WF는 98℃보다는 오히려 80℃에서 안정적이며, 환원세정제 종류의 차이는 없었다.

반복세탁에서는 퇴색 변화가 육안기준으로 거의 없다가 반복멸균 처리를 통해 눈에 띄는 퇴색이 일어나는 것은, 미고착 되어 있던 분산염료가 환원세정 시 이미 제거되어 반복세탁에서는 퇴색되지 않다가 멸균조건이 122.5℃인 비수계 기상 중의 고온에 노출되므로 polyester의 비결정 영역에 고착되어 있던 분산염료의 움직임에 기인한 것으로 추측된다.

4. 결 론

본 연구에서는 (주)효성에서 개발한 reusable 수술가운용 30데니어 recycle polyester 항균원사를 이용하여 dewspo조직으로 제작한 생지를 분산염료로 염색한 다음, 3종의 환원세정제로 각각 환원세정하여 고온 세탁과 멸균 반복시험에 따른 변퇴색 변화가 가장 작은 세정조건을 확립하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. Reusable 수술가운 특유의 고온 세탁과 멸균 반복시험의 변퇴색을 최소화하기 위하여 미고착 염료를 가장 많이 탈락시킬 수 있는 환원세정제는 Glucose 기반의 유기 화합물(Seracon P-RCN)이며, 환원세정 온도는 80℃보다 98℃가 15% 정도 상대적으로 우수하였다.
2. 반복세탁 시 이염의 정도를 평가한 결과, 환원세정 전에는 오염이 1.5~3급이었으나 환원세정 후에는 세탁 횟수가 증가하여도 4급 이상으로 나타나 이염이 육안으로 확인되지 않았으며, 환원세정제의 종류나 온도에 관계없이 모두 우수하였다.
3. Reusable 수술가운용 고온 세탁 반복시험결과, dE값이 1.0 이하의 범위를 만족하는 환원세정제

는 Sulphinic Acid 유도체(Doxalin MSA) 또는 Glucose 기반의 유기 화합물(Seracon P-RCN)이며, 환원세정 온도는 80℃ 이상으로 나타났다.

4. Reusable 수술가운용 고온 세탁 후 멸균 반복시험 결과, yellow 및 red 염료는 Doxalin MSA 또는 Seracon P-RCN으로 98℃ 환원세정 시 dE값 1.0 이하의 범위를 만족하였다. 한편, blue계열 염료 2종은 멸균시간 60분까지는 변퇴색이 양호하나 그 이후의 시간에서는 dE값이 최대 5.0~6.0까지 퇴색이 진행되어 환원세정 조건이 우수하여도 염료가 가진 고유의 구조를 고려할 필요가 있을 것으로 사료된다.
5. Reusable 수술가운용 원단이 반복되는 고온 세탁 후 멸균이라는 가혹한 환경 노출에서 최소의 퇴색과 오염을 달성하기 위해서는 입자 크기가 상대적으로 큰 고세탁견뢰도 염료의 선정과 Sulphinic Acid 유도체 또는 Glucose 기반의 유기 화합물을 이용한 98℃ 환원세정처리를 통해 미고착 염료의 철저한 제거가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 첨단메디컬신소재(섬유)개발사업(R0000661)의 지원으로 수행된 연구결과입니다.

References

1. K. K. Leonas, Effect of Laundering on the Barrier Properties of Reusable Surgical Gown Fabrics, *AJIC Am J. Infect Control*, **26**(5), 495 (1998).
2. K. K. Leonas and R. S. Jenkins, The Relationship of Selected Fabric Characteristics and the Barrier Effectiveness of Surgical Gown Fabrics, *AJIC Am J. Infect Control*, **25**(1), 16(1997).
3. J. Brasch, "Health Marketing Quarterly: Medical Textiles That Suit the User", Routledge Taylor & Francis Group, London, pp.162-176, 2013.
4. M. H. Min and J. Y. Kim, Dyeing Properties of Fabrics for Reusable Surgical Gowns, *Proceedings of the Korean Society of Dyers and Finishers Conference*, Daegu, Vol.25, p.115, 2013.
5. S. M. Burkinshaw, J. Howroyd, N. Kumar, and O. Kabambe, The Wash-off of Dyeings using Interstitial Water Part 3: Disperse Dyes on Polyester,

- Dyes and Pigments*, **91**, 340(2011).
6. M. Bozic and V. Kokol, Ecological Alternatives to the Reduction and Oxidation Processes in Dyeing with Vat and Sulphur Dyes, *Dyes and Pigments*, **76**, 299(2008).
 7. S. M. Burkinshaw and G. Salihu, The Wash-off of Dyeings using Interstitial Water Part 4: Disperse and Reactive Dyes on Polyester/Cotton Fabric, *Dyes and Pigments*, **99**, 548(2013).
 8. S. M. Burkinshaw and N. Kumar, The Reduction Clearing of Dyed Polyester Part 1: Colour Strength, *Dyes and Pigments*, **76**, 799(2008).
 9. S. M. Burkinshaw and D. S. Jeong, The Clearing of Poly(lactic acid) Fibres Dyed with Disperse Dyes using Ultrasound Part 1: Colorimetric Analysis, *Dyes and Pigments*, **77**, 171(2008).
 10. F. Govaert, E. Temmerman, and P. Kiekens, Development of Voltammetric Sensors for the Determination of Sodium Dithionite and Indanthrene/Indigo Dyes in Alkaline Solutions, *Analytica Chimica Acta*, **385**, 307(1999).
 11. D. S. Kwak and T. K. Kim, Synthesis of Diamino-anthraquinonoid Blue Disperse Dyes having Alkyl Substituents Longer than Pentyl Group and their Dyeability toward Pure Polypropylene Fibers, *Textile Coloration and Finishing(J. Korean Soc. Dye. and Finish.)*, **24**(2), 106(2012).
 12. J. H. Hwang and N. S. Yoon, Dyeability of Low-melting Hybrid Polyester at Low Temperature, *Textile Coloration and Finishing(J. Korean Soc. Dye. and Finish.)*, **24**(2), 113(2012).