

덕 다운의 악취 냄새물질 제거를 위한 항균소취 가공

Antibacterial and Deodorant Processing to Remove Odor Substances from Duck Down

*Corresponding author

Hang Sung Cho
(hscho@kitech.re.kr)

이범훈, 조항성^{1*}

신한대학교 섬유소재공학과, ¹한국생산기술연구원 섬유융합연구부문

Bum Hoon Lee and Hang Sung Cho^{1*}

Department of Textile Materials Engineering, Shinhan University, Dongducheon, Korea

¹Advanced Textile R&D Department, Korea Institute of Industrial Technology, Ansan, Korea

Received_November 13, 2020

Revised_November 30, 2020

Accepted_December 01, 2020

Textile Coloration and Finishing

TCF 32-4/2020-12/232-238

© 2020 The Korean Society of
Dyers and Finishers

Abstract Duck down is a feather of waterfowl and is used as an accessory for bedding products such as evil, pillow and outdoor sleeping bags due to its soft and bulky characteristics. Down is used mainly for winter outdoor such as padding and jumpers because of its excellent thermal insulation effect. Down wear is known as a product with high added value. Down is processed and sanitized because a large amount of oil and fat, bacteria, dust, insects, and soil are mixed. In particular, if the proper amount of oil and fat is not removed, it may cause odor or bacteria, and since the fishy smell peculiar to down and harmful VOCs (toluene, benzene, etc.) are released, there is a need to suppress the occurrence of bacteria through the provision of antibacterial function. In this study, we investigated the substances that cause the fishy odor of down, and confirmed the effect on the deodorization and antibacterial properties of down according to processing agents and processing conditions in order to impart deodorant and antibacterial properties to down.

Keywords duck down, deodorant, antibacterial, washing, zeolite

1. 서 론

다운(Down & Feather)은 수조류(Waterfowl)의 깃털(Feather)에서 유래된 이름으로 1900년대 미국, 중국, 대만, 동유럽, 프랑스, 이태리 지역에서 식품제조 과정의 부산물에서 얻어진 것으로, 부드럽고 벌키한 특성으로 이불, 베개, 야외용 침낭 등과 같은 침구용 제품의 부속물로 사용되고 있다. 다운은 보온 효과가 우수하여 패딩과 점퍼 등 겨울철 아우터에 중심으로 용도가 전개되고 있으며, 중저가 다운 의류제품의 가격은 150,000~200,000원대, 고가 다운 의류제품의 가격은 500,000~1,000,000 원으로 타 의류 제품에 비하여 고부가가치 제품으로 알려져 있다. 또한 보온력, 흡습성, 배수성, 터치감, 분포 균일화와 벌키성이 우수하고 경량성과 복원력이 빠르고 원상에 가깝게 회복되는 장점으로 캐주얼, 골프, 신사/숙녀복, 정장류와 같은 다양

한 의류제품과 실내 인테리어용 제품의 원료로서 적용 제품군이 증가되고 있으며 용도의 확대가 진행되고 있다.

오리털 다운은 3~6%의 유지분과 세균, 먼지, 충, 흙 등이 혼입되기 때문에 가공과 위생처리 공정이 필요하다. 특히 적정량의 유지분을 제거하지 않으면, 악취나 박테리아 등의 발생 원인이 되며, 다운 특유의 비릿한 냄새 및 유해 VOCs(톨루엔, 벤젠 등)가 방출되기 때문에 항균기능 부여를 통한 박테리아 발생을 억제할 필요성이 있다¹⁻³⁾. 또한 다운은 겉감이 방수천으로 되어 있고 내부 충전재인 오리털을 싸고 있는 소재도 고밀도 천으로 세탁 후 탈수를 해도 물이 완전히 빠져나오기 힘들기 때문에 습도가 높은 날 건조 시 불쾌한 냄새가 발생하는 문제가 있으며 이러한 냄새를 해결하기 위한 연구개발이 진행되고 있다⁴⁾.

본 연구에서는 다운의 비릿한 냄새 원인 물질을 확인하고, 다운에 소취성과 항균성을 부여하기 위하여 가공제 및 공정조

건에 따른 다운의 소취성과 항균성에 대한 영향을 확인하였다.

2. 실험

2.1 시약 및 재료

다운은 WDD(White duck down) 80/20(Down 80%/Feather 20%)과 50/50(Down 50%/Feather 50%)을 사용하였다. 다운의 냄새제거를 위하여 풍림유화공업(주) 제올라이트 타입의 소취제(HEXA ANTI ZC, Korea)를 사용하였고, 항균 기능을 부여하기 위하여 풍림유화공업(주) Micro AgCl계 항균제(HEXA ANTI AGZ, Korea), Nano AgCl계 항균제(HEXA ANTI M400, Korea), Sulfon계 항균제(HEXA ANTI NF50N, Korea)를 사용하였다. 다운의 세정 공정을 위하여 풍림유화공업(주) 비이온 정련제(HEXA NOL TW1009, Korea)와 현대씨엔텍사(주) NaOH를 사용하였다.

2.2 가공 공정

Table 1에서는 일반적인 현장 다운 세정공정을 나타내었다. 다운 100~200kg 투입 후 액비를 1:13~1:15으로 맞추어 3단계로 가공을 진행한다. 1차 가공은 정련제 0.44g/l, NaOH 0.4g/l, 소취제 1.0% o.w.f. 투입하고 40~60°C의 온도로 15~20분간 수세 후 상온에서 45분 행굼 공정을 진행한다. 2차 가공은 정련제 0.24g/l, 소취제 1.0% o.w.f. 투입하고 40~60°C의 온도로 15~20분간 수세 후 상온에서 90분 행굼 공정을 진행한다. 3차 가공은 소취제 2.0% o.w.f. 투입하고 40~60°C의 온도로 15~20분간 수세 후 상온에서 15분 행굼 공정 후 건조기에서 60°C, 60분 동안 건조한다. 다운 세정(Washing) 공정에서와 최대한 유사한 결과를 얻기 위하여 LG 세탁기(TS 16VQ, LG, Korea)를 활용하여 농도, 온도, 시간 등의 가공 조건을 현장 조건과 맞추면서 실험을 진행하였다.

2.2.1 소취 가공

다운 3kg 투입 후 액비를 1:13.3으로 맞추어 3단계로 실험을

진행하였다. 1차 가공은 정련제(HEXA NOL TW1009) 0.44g/l, NaOH 0.4g/l, 소취제(HEXA ANTI ZC) 1.0% o.w.f. 투입하고 상온, 40°C, 60°C의 온도로 17분간 수세 후, 상온에서 45분 행굼을 진행하였다. 2차 가공은 정련제 0.24g/l, 소취제 1.0% o.w.f. 투입하고 상온, 40°C, 60°C의 온도로 17분간 수세 후, 상온에서 90분 행굼을 진행하였다. 3차 가공은 소취제 2.0% o.w.f. 투입하고 상온, 40°C, 60°C의 온도로 17분간 수세 후, 상온에서 15분간 행굼을 진행하였고, Dry oven에서 60°C, 60분간 건조하였다.

2.2.2 항균소취 가공

다운 3kg 투입 후 액비를 1:13.3으로 맞추어 3단계로 실험을 진행하였다. 1차 가공은 정련제(HEXA NOL TW1009) 0.44g/l, NaOH 0.4g/l, 소취제(HEXA ANTI ZC) 1.0% o.w.f. 투입하고 상온, 40°C, 60°C의 온도로 17분간 수세 후, 상온에서 45분 행굼을 진행하였다. 2차 가공은 정련제 0.24g/l, 소취제 1.0% o.w.f. 투입하고 상온, 40°C, 60°C의 온도로 17분간 수세 후, 상온에서 45분 행굼을 진행하였다. 3차 가공은 항균제 1.0~2.0% o.w.f. 투입하고 상온, 40°C, 60°C의 온도로 17분간 수세 후, 상온에서 45분 행굼을 진행하였고, Dry oven에서 60°C, 60분간 건조하였다.

2.3 평가

2.3.1 소취성 평가

중량 11.3g의 다운 샘플을 준비하고, 10 L Tedler Bag에 다운 샘플을 투입 및 밀봉 후 고순도 질소가스 1L를 주입하였다. Dry oven에서 65°C, 60분간 가열 후 상온에서 30분 방냉하였다. 전처리 된 Tedler Bag에 고순도 질소가스 2L 주입 후 GC/MS, GC/PFPD, HPLC를 이용하여 악취 성분을 확인하였다.

2.3.2 항균성 측정

가공 처리된 다운 샘플을 KS K 0693 : 2016의 방법으로 항균성을 평가하였다.

Table 1. Finish process for duck down of deodorant properties

1 st Step finishing		2 nd Step finishing		3 rd Step finishing	
Washing	Rinsing	Washing	Rinsing	Washing	Rinsing
Scouring agent 0.44g/l	45min at room temp.	Scouring agent 0.24g/l	90min at room temp.	Deodorant 2.0% o.w.f.	15min at room temp.
NaOH 0.4g/l		Deodorant agent 1.0% o.w.f.			
Deodorant agent 1.0% o.w.f.					
40~60°C X 20min		40~60°C X 20min		40~60°C X 20min	

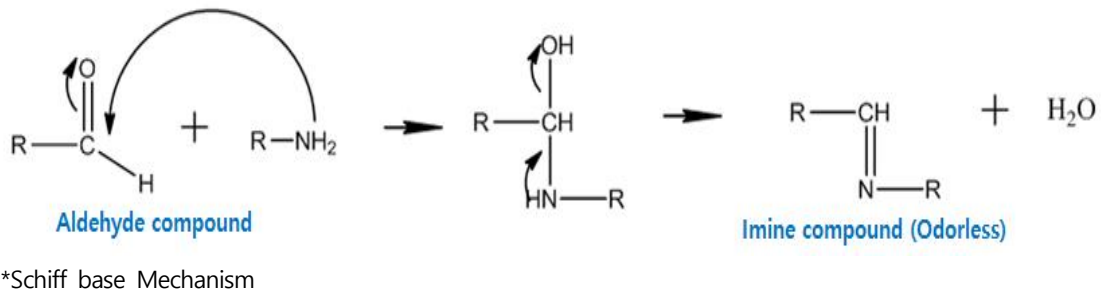


Figure 1. Aldehyde compound removal mechanism.

3. 결과 및 고찰

3.1 다운의 소취성능 부여

3.1.1 다운 주요 냄새 성분 분석

다운 특유의 비릿한 약취의 원인 물질을 알아보기 위하여 다운(WDD 50/50, WDD 80/20)에 대한 GC/MS 및 HPLC 기기로 분석하였고, Table 2에 검출된 물질과 농도를 나타냈다. WDD 50/50, WDD 80/20 다운은 Acetaldehyde 등의 알데히드 화합물과 Toluene 등의 용제 물질이 검출되었다. 알데히드 화합물은 자극적이고 새콤하고 타는 듯한 냄새 물질로 알려져 있으며, 다운의 주요 약취 원인 물질은 알데히드 화합물 중에 농도가 높은 Acetaldehyde, Nonanal, Decanal 등으로 판단

된다^{5,6)}.

WDD 80/20 다운의 검출 물질과 농도는 Acetaldehyde 776ug/m³, Heptanal 133ug/m³, Nonanal 263ug/m³, Decanal 171ug/m³로 WDD 50/50 다운의 검출 물질과 농도 Acetaldehyde 624ug/m³, Heptanal 147ug/m³, Nonanal 251ug/m³, Decanal 120ug/m³ 보다 Acetaldehyde, Nonanal, Decanal 물질에 대한 농도가 높게 나타났다.

본 연구에서는 다운의 소취 성능을 알아보기 위하여 비교적 높은 농도의 약취 원인 물질이 검출되는 WDD 80/20을 대상으로 Acetaldehyde, Nonanal, Decanal의 농도를 측정하였다.

3.1.2 다운의 소취 가공

Figure 1은 알데히드 화합물 제거 메커니즘으로 다운의 주요

Table 2. Analysis of odor component for duck down

Detected material	Concentration(ug/m ³)		Division
	WDD 50/50	WDD 80/20	
Formaldehyde	112	162	Aldehydes
Acetaldehyde	624	776	
Propionaldehyde	20	12	
Butyraldehyde	58	57	
Valeraldehyde	64	51	
Hexanal	33	27	
Heptanal	147	133	
Octanal	100	127	
Nonanal	251	263	
Decanal	120	171	
Acetone	131	127	
Toluene	1,096	1,065	
Ethylbenzene	60	54	
Xylene	75	73	

Table 3. Finish process of duck down for deodorant properties

1 st Step finishing		2 nd Step finishing		3 rd Step finishing	
Washing	Rinsing	Washing	Rinsing	Washing	Rinsing
HEXA NOL TW1009 0.44g/l NaOH 0.4g/l HEXA NOL ZC 1.0% o.w.f.	45min at room temp.	HEXA NOL TW1009 0.24g/l HEXA NOL ZC 1.0% o.w.f.	90min at room temp.	HEXA NOL ZC 2.0% o.w.f.	15min at room temp.
60°C X 17min		60°C X 17min		60°C X 17min	

* 80/20 Duck Down 3kg, Liquid ratio 1 : 13.3

악취 원인 물질로 확인된 Acetaldehyde, Nonanal, Decanal 등 알데히드 화합물을 제거하기 위하여 제올라이트와 같은 다공성 무기지지체에 알데히드 화합물과 화학적으로 반응하여 다른 무취의 성분으로 전환시켜 다운의 악취 저감효율을 극대화하는 연구를 진행하였다^{7,8)}.

다운의 주요 악취 대상인 알데히드 화합물의 Critical diameter가 약 3.0 ~ 10.9Å이므로 이들을 효과적으로 흡착하기 위해서는 무기지지체의 기공사이즈가 이 보다 커야만 흡착이 가능하지만, 기공이 너무 크면 기공으로 성분들이 들어갔다 다시 빠져나오기 때문에 흡착효과가 떨어지게 된다⁹⁾. 그래서 기공사이즈 15Å 이하이고, 포집능력 증진을 위한 비표면적이 800m²/g 이상인 무기지지체 제올라이트 기반의 소취제를 선정하여 다운의 악취 절감 실험을 진행하였다¹⁰⁾.

일반적으로 다운의 생산 공정은 투입 → 제진(Redusting) → 세정(Washing) → 탈수(Hydro extraction) → 건조(Drying) → 냉각/제진(Cooling with dusting) → 선별(Sorting) → 집납(Bag cases) → 혼합(Mixing) → 포장(Packing) → 살균(Sanitizing) 공정으로 진행되며, 다운의 소취 성능 부여는 세정(Washing) 공정에서 가공 처리된다.

현장에서와 최대한 유사한 결과를 얻기 위하여 LG 세탁기 (TS 16VQ, LG, Korea)를 활용하여 농도, 온도, 시간 등의 가공 조건을 현장 조건과 맞추면서 실험을 진행하였고, Table 3에 나타내었다.

3.1.3 가공 온도에 따른 다운의 소취성 및 항균성

일반적으로 현장에서 다운의 세정은 상온에서 60°C의 온도 범위에서 가공 처리된다. 세정가공 온도를 상온, 40°C, 60°C로 변화하여 가공 처리된 다운의 소취성과 항균성의 변화를 비교하였다.

Figure 2는 다운용 소취제(제올라이트 타입, HEXA ANTIZC)로 세정가공 처리된 다운의 냄새물질 검출 농도를 나타내었다. 다운용 소취제로 세정가공 처리된 다운의 Acetaldehyde 농도

는 Blank 776ug/m³ 대비 상온에서 처리된 다운 492ug/m³로 36.5%, 40°C에서 처리된 다운 292ug/m³로 62.3%, 60°C에서 처리된 다운 302ug/m³로 61.0%의 감소 효과를 보였다. Heptanal 농도는 Blank 133ug/m³ 대비 상온에서 처리된 다운 41ug/m³로 69.1%, 40°C와 60°C에서 처리된 다운 22ug/m³로 83.4% 감소된 결과를 얻었다. Nonanal 농도는 Blank 263ug/m³, 상온에서 처리된 다운 312ug/m³, 40°C에서 처리된 다운 291ug/m³, 60°C에서 처리된 다운 285ug/m³로 효과가 없는 것으로 나타났다. Decanal 농도는 Blank 171ug/m³, 상온, 40°C, 60°C에서 처리된 다운은 0ug/m³으로 우수한 성능을 보였다. 세정가공 처리된 다운의 냄새물질의 감소율은 40°C 이상에서 처리해야 효과적인 것을 알 수 있었다.

Table 4는 다운용 소취제로 세정가공 처리된 다운의 정균 감소율을 나타내었다. 다운용 소취제로 세정가공 처리된 다운의 황색포도상구균에 대한 정균 감소율은 상온에서 처리된 다

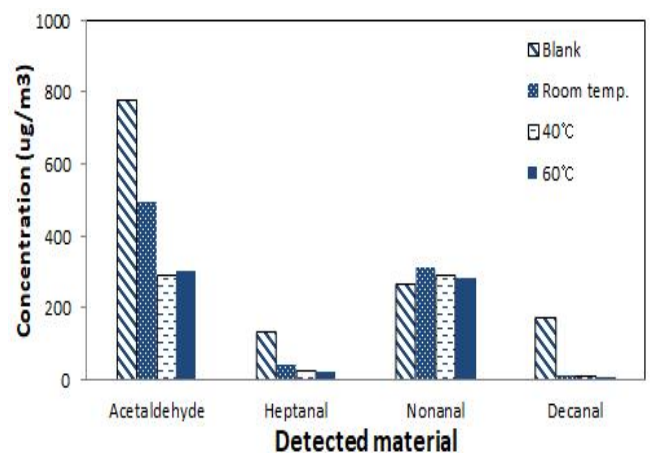


Figure 2. Concentration of odor substances for duck down according to finishing temperature.

Table 4. Antibacterial activity for duck down according to finishing temperature

Test microorganisms	Antibacterial activity(%)		
	Room temp.	40°C	60°C
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0	10.7
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	0	0	11.5

온과 40°C에서 처리된 다운 0%, 60°C에서 처리된 다운 10.7%의 항균성을 보였다. 폐렴균에 대한 정균 감소율은 상온에서 처리된 다운과 40°C에서 처리된 다운 0%, 60°C에서 처리된 다운 11.5%로 가공 온도가 올라감에 따라서 정균 감소율이 상승하는 것으로 나타났다.

3.2 다운의 항균성능 부여

제올라이트 타입의 다운용 소취제로 세정가공 처리된 다운은 알데히드 냄새물질을 감소시키는 소취성능은 있으나, 항균성이 부족한 단점을 확인하였다. 최근 바이러스성 전염병의 영향으로 항균성에 대한 시장의 요구가 증가하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 다운의 항균성을 향상시킬 수 있는 가공제와 적용공정에 대한 실험을 진행하였다.

3.2.1 항균제에 따른 다운의 항균성

소수성인 다운은 가공제가 표면에 부착이 어렵기 때문에 일반적인 섬유 가공제를 적용하여 기능을 부여하기 어렵다. 다운에 항균성을 향상시키기 위하여 Micro와 Nano 사이즈의

Table 6. Antibacterial activity for duck down according to the type of antibacterial agent

Test microorganisms	Antibacterial activity(%)		
	AgCl (Micro)	AgCl (Nano)	Sulfon type (NF)
<i>Staphylococcus aureus</i>	21.2	30.8	99.9
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	20.0	14.3	99.9

AgCl(은염)과 NF(항균제)를 선정하여 Table 5와 같이 다운의 세정공정에 가공처리한 후 항균성과 소취성을 비교하였다^{11,12)}.

Table 6은 항균제 타입별로 가공 처리된 다운에 대한 정균 감소율을 나타내었다. AgCl(Micro) 2.0% o.w.f.로 세정가공 처리된 다운의 황색포도상구균에 대한 정균 감소율은 21.2%, 폐렴균에 대한 정균 감소율은 20.0%, AgCl(Nano) 2.0% o.w.f.로 세정가공 처리된 다운의 황색포도상구균에 대한 정균 감소율은 30.8%, 폐렴균에 대한 정균 감소율은 14.3%의 항균 성능을 보였다. NF 1.0% o.w.f.로 세정가공 처리된 다운의 황색포도상구균과 폐렴균에 대한 정균 감소율은 99.9%로 우수한 항균성을 나타냈다.

3.2.2 항균제 농도에 따른 다운의 항균성 및 소취성

NF 1.0% o.w.f.를 다운의 세정공정에 적용하여 황색포도상구균과 폐렴균에 대한 정균 감소율 99.9%의 항균성을 부여할 수 있었다. 현장에서의 생산 단가를 낮추고 항균제 농도를 0.03~1.0% o.w.f.로 다운의 세정공정에 적용하여 항균성과 소취성을 비교하였다.

Table 5. Finish process of down for antibacterial properties

1 st Step finishing		2 nd Step finishing		3 rd Step finishing	
Washing	Rinsing	Washing	Rinsing	Washing	Rinsing
HEXA NOL TW1009 0.44g/l		HEXA NOL TW1009 0.24g/l		Antibacterial agent 1.0~2.0% o.w.f.	
NaOH 0.4g/l	45min	HEXA NOL ZC	90min		15min
HEXA NOL ZC 1.0% o.w.f.	at room temp.	1.0% o.w.f.	at room temp.		at room temp.
60°C X 17min		60°C X 17min		60°C X 17min	

* 80/20 Duck Down 3kg, Liquid ratio 1 : 13.3

Table 7. Antibacterial activity for duck down according to antibacterial(NF) concentration

Test microorganisms	Antibacterial activity(%)				
	0.03%	0.3%	0.5%	0.7%	1.0%
<i>Staphylococcus aureus</i>	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	15.7	17.6	74.5	99.9	99.9

Table 7은 항균제 NF를 0.03%, 0.3%, 0.5%, 0.7%, 1.0% 농도별로 가공 처리한 다운의 정균 감소율을 나타내었다. 황색 포도상구균에 대한 정균 감소율은 0.03%~1.0% o.w.f. 농도에서 99.9%로 우수한 항균성을 보였다. 폐렴균에 대한 정균 감소율은 농도가 높아질수록 향상되는 경향을 보였고, 0.7% o.w.f. 이상의 농도에서 99.9%의 우수한 항균성을 보였다.

Figure 3은 항균제 NF를 0.7%, 1.0% 농도로 가공 처리한 다운의 냄새물질 농도를 나타내었다. NF 0.7%로 세정가공 처리된 다운의 Acetaldehyde 농도는 Blank 776ug/m³ 대비 281ug/m³로 63.7% 감소, Heptanal 농도는 Blank 133ug/m³ 대비 28ug/m³로 77.4% 감소, Nonanal 농도는 Blank 263ug/m³ 대비 173ug/m³로 34.2% 감소하는 성능을 보였다. NF 1.0%로 세정가공 처리된 다운의 Acetaldehyde 농도는 Blank 776ug/m³ 대비 283ug/m³로 63.5% 감소, Heptanal 농도는 Blank 133ug/m³ 대비 35ug/m³로 73.6% 감소, Nonanal 농도는 Blank 263ug/m³ 대비 186ug/m³로 29.2% 감소하는 성능을 보였다. Decanal 농도는 Blank 171ug/m³, NF 0.7%, 1.0% o.w.f.의 농도로 처리된 다운은 0ug/m³으로

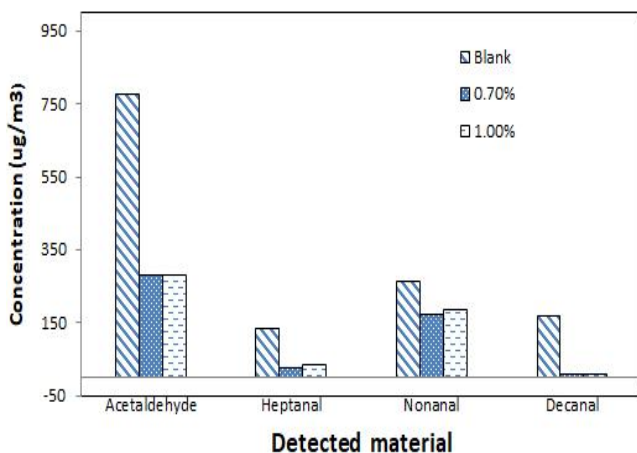


Figure 3. Concentration of odor substances for down according to antibacterial(NF) concentration.

우수한 소취 성능을 보였다.

4. 결 론

본 연구에서는 다운의 비릿한 냄새 원인 물질을 알아보고, 다운에 소취성과 항균성을 부여하기 위하여 가공제 및 공정조에 따른 다운의 소취성과 항균성에 대한 영향을 확인하였다.

다운에 소취성을 부여하기 위하여 기기 분석을 통하여 알데하이드 화합물 중에 농도가 높은 Acetaldehyde, Nonanal, Decanal 등 다운의 주요 악취 원인 물질인 것을 알았고, 다공성 무기지지체 기반의 소취제를 선정하여 다운 현장과 최대한 근접한 가공 조건을 맞추면서 세정가공 온도별(상온, 40°C, 60°C)로 가공 후 다운의 소취성과 항균성을 비교하였다. 세정 온도 40°C에서 가공 처리된 다운의 냄새물질 검출 농도는 Blank 대비 Acetaldehyde 62.3% 감소, Heptanal 83.4% 감소, Decanal 100% 감소 효과를 보였고, 세정 온도 60°C에서 가공 처리된 다운의 항균성은 황색포도상구균 10.7%, 폐렴균 11.5%로 항균성이 거의 없는 것을 확인하였다.

소수성인 다운에 항균성과 소취성을 부여하기 위하여 Micro와 Nano 사이즈의 AgCl(은염)과 NF(항균제)를 선정하여 세정공정에 적용 가공처리한 후 항균성과 소취성을 비교하였다. NF로 가공처리된 다운은 은염으로 가공처리된 다운보다 높은 항균 성능을 보였으며, 0.7% o.w.f. 이상의 농도로 가공 처리된 다운의 황색포도상구균과 폐렴균에 대한 정균 감소율은 99.9%로 우수한 항균성을 확인하였다.

References

1. J. S. Jung, K. H. Song, and S. H. Kim, Study on Natural Dyeing and Deodorizing/Antibacterial Finishing of Cellulose-Blend Towels, *Textile Science and Engineering*, **54**(2), 131(2017).
2. F. Thevenet, L. Olivier, F. Batault, L. Sivachandiran, and N. Locoge, Acetaldehyde Adsorption on TiO₂ : Influence of NO₂ Preliminary Adsorption, *Chemical Engineering Journal*, **281**, 126(2015).
3. D. Dobslaw, A. Schulz, S. Helbich, C. Dobslaw, and K. H. Engesser, VOC Removal and Odor Abatement by a Low-cost Plasma Enhanced Biotrickling Filter Process, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **5**(6), 5501(2017).
4. S. Y. Kim, E. N. Kim, and Y. M. Park, Changes in Thermal Insulation and Morphology of Outdoor Sportswear Filling Materials by Repeated Laundry and Dry Cleaning, *International Journal of Clothing Science and Technology*, **30**(3), 428(2016).
5. C. N. Choi and S. H. Hong, The Principle of Deodorizing Function and Its Application to Fiber, *Textile Science and Engineering*, **33**(12), 1164(1996).
6. M. Kim, K. Sowndhararajan, H. J. Choi, S. J. Park, and S.

- Kim, Olfactory Stimulation Effect of Aldehydes, Nonanal, and Decanal on the Human Electroencephalographic Activity, *Nostril Variation Biomedicines*, **7**(3), 57(2019).
7. M. R. Jacobs, C. P. Andrews, R. M. Ramirez, and R. L. Jacobs, Frequency of Goose and Duck Down Causation of Hypersensitivity Pneumonitis within an 80-patient Cohort, *Annals of Allergy*, **123**(2), 201(2019).
8. Y. H. Bae, D. E. Kim, H. J. Lee, E. H. Kim, Y. S. Jeong, Y. K. Hong, and S. G. Lee, Antimicrobial and Deodorization Finishing of Soybean/Cotton Blended Fiber and Chitosan Finishing with Glyoxal, *Textile Science and Engineering*, **45**(2), 104(2008).
9. K. K. Song, Y. J. Yoo, H. S. Kim, and K. Ha, Binding of Zeolites to Inorganic Fiber using Covalent Linkers, *Korean Chemical Engineering Research*, **44**(3), 254(2006).
10. M. W. Cho, D. C. Ahn, B. B. Yim, K. Ohlen, S. K. Lee, H. J. Lee, and Y. J. Yoo, Toluene Adsorption Characteristics of Zeolite Depending on Temperature and Relative Humidity, *Korean Society of Odor Research and Engineering*, **15**(4), 368(2016).
11. D. Tichit, D. Lutic, B. Coq, R. Durand, and R. Teissier, The Aldol Condensation of Acetaldehyde and Heptanal on Hydrotalcite-type Catalysts, *Journal of Catalysis*, **219**(1), 167(2003).
12. M. Zhao, X. Hou, L. LV, Y. Wang, C. Li, and A. Meng, Synthesis of Ag/AgCl Modified Anhydrous Basic Bismuth Nitrate from BiOCl and the Antibacterial Activity, *Materials Science and Engineering*, **98**, 83(2019).

Authors

이범훈 신한대학교 섬유소재공학과 교수

조항성 한국생산기술연구원 섬유융합연구부문 연구원