

조선왕조실록 밀랍본 복원기술연구(제2보)

– 실록의 복원용지 탐색을 위한 전통한지의 열화특성 평가 –

정선화[†] · 정소영 · 서진호

(2008년 2월 14일 접수:2008년 5월 22일 채택)

The Study of Restoration Technique of Wax-Treated Volume for the Annals of the Joseon Dynasty(II)

– Evaluation of aging characteristics of Korean traditional paper,
Hanji as the restoration material of the annals –

Seon-Hwa Jeong[†], So-Young Jeong, and Jin-Ho Seo

(Received February 14, 2008: Accepted May 22, 2008)

ABSTRACT

The purpose of the experiment was to evaluate the material stability of the paper of the annals of Joseon Dynasty for the conservation purpose and the categories were as listed below : 1. Procuring traditional Hanji and semi-Hanji from different regional hanji paper mill. 2. Artificial accelerated aging treatment to examination its stability (UV irradiation, dry heat) 3. Analysis of optical, physical characteristic. The suitable Hanji for categories would be used as a reconstruction material for the waxel paper in the papers of the annals of Joseon Dynasty.

Keywords : *the Annals of the Joseon Dynasty, artificial aging treatment. UV irradiation, dry heat treatment, optical characteristic, physical characteristic*

1. 서론

국보151호로 지정된 조선왕조실록은 총 1,229책으로 되어 있으며 이 중 475책이 밀랍처리 되어있다.¹⁾ 밀

랍처리된 실록의 경우 생지본과는 달리 갈변, 백변, 흑변 등의 색변화뿐만 아니라 밀랍의 경화와 함께 종이의 갈라짐, 부스러짐 현상이 보고된 바 있으며, 생지본보다 밀랍본의 손상이 심각한 점을 고려하였을 때 밀랍의

• 국립문화재연구소 보존과학연구실(Division of Conservation Science, National Research Institute of Cultural Heritage)

† 주저자(Corresponding author) : E-mail: jeongsh@empal.com

경화 및 산화로 인하여 종이의 갈라짐과 부스러짐 및 색 변화가 일어난 것으로 보고되어 있다.²⁾ 이와 같이 조선 왕조실록 복원연구는 국립문화재연구소 보존과학연구실에서 2006년 3월부터 1차년도 연구가 시작되어 2008년 현재 3차년도 연구가 진행되고 있다. 그동안의 연구결과를 살펴보면 실록의 생지본은 평균 두께 0.102 mm, 평균평량 61.3 g/m²이며 비교적 고른 두께와 평량 분포를 보였다. 반면, 밀랍본의 경우 평균 두께 0.150 mm, 평균 평량 114.7 g/m²로 밀랍처리에 의해 두께가 약 24 μm(편면) 증가되고 밀랍이 전체 중량의 약 46%를 차지하는 것으로 확인되었다.²⁾ 그 중 세종실록 원지의 섬유 관찰, 정색반응, SEM 및 CLSM 분석을 통하여 닥 인피섬유의 이용, 표면에 전분을 이용한 도침처리 그리고 전통방식에 의한 흘림뜨기 물질을 한 후 홀지 2장을 합쳐 2합지를 만들어 사용한 것으로 확인되었다.³⁾ 또한 복원용 전통한지의 열화거동평가를 통하여 「世宗實錄」 생지본과 「成宗實錄」 생지본은 열화에 의한 화학적 변화가 적어 상당히 우수한 보존 상태에 있었으나 「世宗實錄」 손상 밀랍본의 분자량은 중량평균 분자량이 133,000 정도로 전통한지의 약 11%, 정상 밀랍본의 약 38% 수준에 불과하며 카르보닐기 함량도 정상 밀랍본보다 약 2배 정도 높은 수준으로 그 손상 상태가 심각함을 확인하였다.⁴⁾ 따라서, 본 연구에서는 적절한 실록 복원 용지를 선정하기 위하여 다양한 한지의 온도 및 자외선에 의한 열화 거동을 평가하고자 하였다. 이를 토대로 종이에 손상을 줄 수 있는 온도 및 자외선에 의한 열화거동을 확인하고, 이러한 연구결과를 토대로

선정된 복원용 한지는 실록의 시제품제작에 사용하여 다양한 복원기술 연구개발 등에 적극 활용하고 더 나아가 열화 방지를 위한 보존관리체계를 확립하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

분석용 한지시료는 우리나라의 강원도, 경기도, 충청도, 경상도, 전라도 지방에서 현재 전통한지제조업에 종사하는 업체로부터 직접 주문제작하여 분석용 시료로 사용하였다.

각각의 한지의 특징은 Table 1.과 같다.

2.2 실험방법

2.2.1 원지섬유의 특성파악⁵⁾

2.2.1.1 한지섬유의 정색반응 관찰

1) 염색시약 제조

A용액 : AlCl₃·6H₂O 40 g을 증류수 100 ml에 용해하여 28℃에서 비중 1.15의 용액 제조

B용액 : CaCl₂ 100 g을 증류수 150 ml에 용해하여 28℃에서 비중 1.36의 용액 제조

C용액 : ZnCl₂ 50 g을 증류수 25 ml에 용해하여 28℃에서 비중 1.80의 용액 제조

D용액 : KI 0.90 g과 I₂ 0.65 g을 증류수 50ml에 용해하여 요오드 요오드화칼륨 용액 제조

A용액 20ml, B용액 10ml 및 C용액 10ml를 잘 혼합하

Table 1. Properties of Hanjis to use experiment

Sample Item	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
한지 산지	경상도 1-1	경상도 2	경기도 1-1	경기도2	경상도 1-2	경상도 3	충청도	전라도	강원도	경기도 1-2
닥나무 산지	의성, 예천	경주	상주	가평	예천	자체 재배닥	자체 재배닥	전주, 태국	원주	예천
초지법	쌍발식	외발식	외발식	외발식	쌍발식	외발식	외발식	외발식	외발식	외발식
갯물	메밀대	가성소다	메밀대	메밀대	메밀대	메밀대	가성소다, 콩대	가성소다	가성소다, 고추대	메밀대
닥풀	황족규	PAM	황족규	황족규	황족규	황족규	황족규	황족규	황족규	황족규
건조방식	열판	열판	열판	열판	열판	열판	열판	열판	열판	열판
도침여부	×	×	×	○	○	○	○	×	×	○
전분처리	×	×	×	○	○	○	○	×	×	×
홀·겹지	홀지	겹지	홀지	겹지	겹지	겹지	겹지	겹지	겹지	겹지

여 혼합액을 만든 다음, D용액 12.5 ml를 가하고, 12~24 시간 방치 후 상등액을 채취하여 C stain을 제조하였다.

2) 섬유유 정색반응

한지샘플은 슬라이드글라스 위에 올려놓고 C stain 염색액을 2~3방울 떨어뜨린 다음, 커버글라스를 덮고 1~2분간 방치한 후 실체현미경(ZEISS 사, Stemi 2000-C)을 사용하여 한지시트의 정색상태를 측정하였다.

2.2.1.2 한지의 섬유식별

1) 분석용 한지시료

위의 공시재료를 물에 30초간 침지시켜 분리하고, 분리된 시료를 각각 250 ml의 비커에 잘게 찢어 넣은 후 100℃의 물로 30분간 끓여 해리하였다.

2) 섬유관찰

해리된 섬유를 safranin 용액(농질산과 물을 부피비로 1 : 1 혼합한 후 약 35% 질산용액 100 ml에 염소산 칼륨 6 g을 녹인다.)으로 염색한 후 광학현미경을 이용하여 섬유의 형태적 특징을 관찰하였다.

2.2.2 인공촉진열화실험(Artificial Accelerated Aging Treatment)

인공촉진열화시험법은 종이의 품질을 평가하는 항목 중의 하나로써 종이의 장기보존에 따른 열화를 측정하기 위해 시료를 가온 및 자외선 조사에 의해 강제적으로 열화시켰다. 물질을 적당한 환경 등에 장시간 방치함으로써 화학적, 물리적 변화가 발생되도록 유도하며

Table 2. Physical & optical properties of raw paper

Item \ Sample	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Basis weight, g/m ²	24.1	60.7	30.6	52.7	53.4	40.4	74.4	60.75	43.16	47.14	
Thickness, mm	0.088	0.209	0.090	0.092	0.131	0.129	0.228	0.241	0.141	0.173	
Density, g/cm ³	0.27	0.29	0.34	0.58	0.41	0.35	0.35	0.24	0.31	0.26	
Fiber length, mm	8.03	7.79	6.96	6.99	6.57	6.54	6.54	7.46	7.64	8.88	
Formation, Lt	73.5	89.8	88.3	116.9	115.0	145.1	209.1	226.0	79.1	139.3	
Brightness, %	56.63	77.08	55.43	52.86	76.54	41.98	55.92	85.05	88.18	58.71	
Opacity, %	49.63	79.40	71.23	84.03	79.77	84.21	87.28	74.36	74.49	78.81	
Whiteness, %	7.10	52.68	5.44	2.80	53.54	-21.94	10.23	70.26	23.75	20.96	
Color	L*	83.61	92.74	82.73	80.82	92.11	73.82	82.18	96.38	88.18	86.45
	a*	-1.47	-1.14	-0.42	0.11	-0.64	0.51	-0.94	-1.05	-0.32	-0.34
	b*	11.56	7.06	11.49	11.21	6.61	12.27	10.45	4.53	9.88	9.56
Scattering coefficient	22.98	36.84	35.00	30.49	41.19	29.92	27.59	34.99	30.18	32.54	
Absorption coefficient	1.54	0.48	2.63	2.71	0.64	5.70	2.16	0.16	1.60	2.30	
Folding endurance, time	209	48	78	1232	148	788	2151	92	914	195	
Tensile index, Nm/g	64.37	37.35	66.61	92.5	76.79	132.21	96.80	29.56	46.58	43.44	
Tear index, mNm ² /g	24.0	21.1	19.0	42.8	13.9	45.9	14.1	28.0	22.2	50.07	
Burst index, kPa·m ² /g	3.21	2.98	3.30	10.74	3.91	8.53	8.38	2.42	5.09	2.98	
Zero-span tensile strength, kgf/mm ²	20.7	26.8	20.5	39.5	36.0	40.4	25.1	25.1	31.8	28.13	
pH	5.46	5.87	7.36	6.50	6.83	6.17	6.29	6.91	7.24	6.31	

자연현상을 모방하여 단기간에 그 열화거동을 파악하여 보존수명을 예측하는 수단으로 활용하고자 하였다.

2.2.2.1 시료준비

건열조건은 준비된 한지(Table 1)를 15×15 cm의 크기로 절단하고 조건별 반복실험은 10회를 진행시킬 수 있도록 시료를 준비하였다. 자외선처리는 UV 2000 열화촉진시험기내에 부착된 판넬 size에 맞게 시료를 준비하였다.(예; 가로×세로=21×8 cm) 모든 처리기간은 단기간(6일)·장기간(60일)에 걸쳐 실시하였다.

2.2.2.2 건열처리

건열처리는 KS M ISO 5630-1에 의거 105℃의 고온에서 열화처리를 실시하였다.

2.2.2.3 자외선처리

자외선처리 UV-irradiation 340 nm, 80℃의 고온에서 열화시험을 실시하였다.

2.2.3 종이의 물성측정⁶⁾

각각의 열화처리 전후의 물성 측정용 시료는 온도 23±1℃, 상대습도 50±2%로 조절된 항온 항습실에서

24시간 이상 조습처리 하였다. 측정평가 항목은 basic weight (평량), thickness (두께), density (밀도)를 기본적으로 측정하고, 광학적 특징은 color (L^* , a^* , b^*), brightness (백색도), whiteness (백감도), opacity (불투명도)를 측정하였으며, 기계적 성질은 tensile index (인장지수), tear index (인열지수), burst index (파열지수), zero-span tensile strength (제로스팬 인장강도), folding endurance (내절도) 등을 측정하였다. 각각의 측정 항목은 KS M ISO Type에 의거 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 원지의 특성

Table 1의 각 산지별 한지의 특성을 구명하기 위한 광학적·물리적 특성을 Table 2와 Fig. 1에 나타내었다. 특히 섬유장 분석 결과 모든 한지시료가 6.54~8.88 mm로 국산단의 섬유장인 3.0~16.5 mm의 범위 안에 모두 속하였다. 이 중 경상도 예천군으로 초지한 한지 A(경상도1-1, 개량홀지)와 한지 J(경기도1-2, 전통이합도

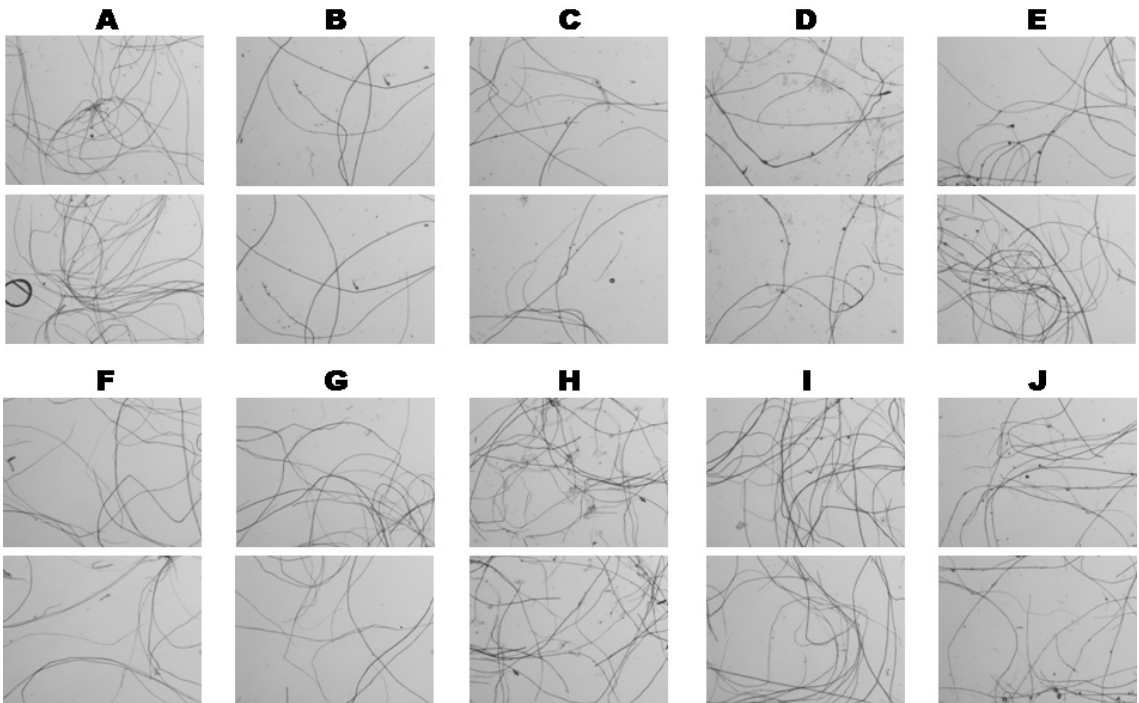


Fig. 1. Coloration of paper-mulberry bast fiber by stains.

Table 3. Optical properties on dry-heat accelerated ageing treatment during 6days

Sample		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Item											
L*	원지	83.61	92.74	82.73	82.82	92.11	73.82	82.18	96.38	88.08	86.45
	1	83.54	90.68	83.41	82.24	90.51	73.57	84.09	95.18	88.92	86.21
	2	83.38	90.45	83.4	81.24	90.17	73.46	83.68	94.79	89.12	86.39
	3	83.54	90.18	83.36	81.44	90.11	73.58	83.81	94.69	89.09	86.25
	4	83.27	89.74	83.72	81.5	89.68	74.07	84.15	94.51	89.32	86.19
	5	83.25	89.21	83.25	81.43	89.21	74.09	83.89	94.16	89.4	86.26
	6	83.13	89.21	83.25	81.91	89.06	73.71	83.93	94.21	89.3	86.12
Redution ratio, %		0.57	3.81	-0.63	1.10	3.31	0.15	-2.13	2.25	-1.39	0.38
a*	원지	-1.47	-1.14	-0.42	0.11	-0.64	0.51	-0.94	-1.05	-0.32	-0.34
	1	-1.63	-1.64	-0.35	-0.09	-1.3	0.5	-0.71	-1.41	-0.35	-0.51
	2	-1.68	-1.47	-0.36	0.08	-1.16	0.51	-0.86	-1.62	-0.37	-0.19
	3	-1.62	-1.47	-0.39	0.07	-1.26	0.49	-0.83	-1.63	-0.46	-0.15
	4	-1.71	-1.49	-0.4	0.06	-1.11	0.47	-0.84	-1.72	-0.47	-0.08
	5	-1.49	-1.37	-0.35	0.05	-1.13	0.47	-0.84	-1.79	-0.49	-0.22
	6	-1.62	-1.43	-0.37	0.02	-1.11	0.48	-0.91	-1.78	-0.46	-0.16
Redution ratio, %		-10.20	-25.44	11.90	81.82	-73.44	5.88	3.19	-69.52	-43.75	52.94
b*	원지	11.56	7.06	11.49	11.21	6.61	12.27	10.45	4.53	9.88	9.56
	1	12.33	10.67	12.07	12.8	8.9	13.08	10.56	5.24	9.33	10.61
	2	12.59	11.26	12.46	13.11	10.14	13.42	11.31	6.3	9.33	10.45
	3	12.4	11.56	12.61	13.2	10.43	13.46	11.34	6.4	9.87	11.18
	4	13.1	12.04	12.91	13.5	11.13	13.62	11.36	7.32	9.75	10.94
	5	11.89	12.66	13.35	13.86	11.74	14.14	11.8	7.66	9.79	11.2
	6	13.29	12.59	13.39	13.81	12.16	14.09	12.28	8.51	9.89	11.46
Redution ratio, %		-14.97	-78.33	-16.54	-23.19	-83.96	-14.83	-17.51	-87.86	-0.10	-19.87
Brightness, %	원지	56.53	77.08	55.43	52.86	76.54	41.98	55.92	85.05	61.56	58.71
	1	55.54	69	55.74	53.12	70.92	40.8	58.59	81.46	63.56	57.21
	2	55	67.85	55.28	51.3	68.78	40.33	57.11	79.29	63.95	57.68
	3	55.48	67.02	55.04	51.47	68.31	40.43	57.26	78.95	63.33	56.7
	4	54.25	65.7	55.22	51.24	66.71	40.9	57.75	77.42	63.88	56.82
	5	55.61	64.07	54	50.71	65.19	40.38	56.83	76.24	63.7	56.71
	6	53.83	64.16	53.96	51.47	64.42	39.94	56.33	75.31	64	56.19
Redution ratio, %		4.78	16.76	2.65	2.63	15.83	4.86	-0.73	11.45	-3.96	4.29
Opacity, %	원지	49.63	79.4	71.23	84.03	79.77	84.21	87.28	74.36	74.49	78.81
	1	52.18	79.67	71.62	78.13	75.7	85.64	88.21	75.87	70.84	86.26
	2	49.33	80.55	69.86	80.16	80.78	86.7	88.19	76.1	72.16	79.32
	3	50.28	81.2	69.26	80.65	78.56	86.88	90.47	73.15	72.74	83.66
	4	48.6	79.01	70.08	80.27	81.53	85.86	87.71	74.19	68.73	81.52
	5	50.08	78.87	70.95	81.16	81.33	85.93	88.9	73.7	72.48	79.4
	6	48.36	78.03	70.22	81.03	81.11	86.07	85.7	74.92	72.99	84.04
Redution ratio, %		2.56	1.73	1.42	3.57	-1.68	-2.21	1.81	-0.75	2.01	-6.64
Whiteness, %	원지	7.1	52.68	5.44	2.8	53.54	-21.94	10.23	70.26	23.75	20.96
	1	2.39	29.46	3.73	-3.56	38.3	-28.21	14.16	63.86	28.33	15.1
	2	0.41	25.73	1.42	-8.07	31.04	-30.83	8.83	57.93	28.84	16.36
	3	1.96	23.45	0.44	-8.12	29.33	-30.82	8.94	57.19	26.14	12.35
	4	-2.96	19.77	-0.43	-9.78	24.59	-30.57	9.7	52.43	27.32	13.38
	5	4.27	15.02	-4.32	-12.21	20.1	-34.14	6.46	49.88	26.59	12.28
	6	4.43	15.42	-4.52	-10.6	17.41	-34.9	3.74	46.05	27.33	10.6
Redution ratio, %		37.61	70.73	183.09	478.57	67.48	-59.07	63.44	34.46	-15.07	49.43

Table 4. Physical properties on dry-heat accelerated ageing treatment during 6days

Sample		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Item											
Zero-span tensile strength, kgf/mm ²	원지	20.67	23.40	19.25	40.04	35.78	40.43	46.14	28.15	31.76	34.10
	1	16.48	24.57	17.68	36.46	28.76	38.47	46.89	21.76	29.54	31.12
	2	16.62	25.94	19.72	35.90	30.74	39.57	44.70	22.76	28.96	24.38
	3	16.99	24.04	18.87	34.34	30.89	33.67	49.99	25.60	27.04	28.28
	4	16.21	21.66	17.58	36.55	31.90	33.86	39.44	22.42	26.60	25.01
	5	16.40	21.60	17.71	34.88	30.75	35.80	42.60	25.46	26.04	22.48
	6	16.25	21.46	18.54	38.53	29.79	38.59	38.75	23.88	27.75	27.06
Redution ratio, %		21.37	8.29	3.69	3.77	16.74	4.56	16.02	15.17	12.63	20.65
Folding endurance, time	원지	183	43	82	3488	149	2449	4113	92	914	195
	1	89	36	75	3388	155	4493	4759	83	655	67
	2	69	34	66	2396	123	2303	3224	83	701	98
	3	47	24	79	2730	96	2105	4543	66	530	54
	4	44	21	69	3478	81	1901	2694	63	1083	60
	5	56	20	43	2168	62	1973	2571	61	565	32
	6	32	15	53	2327	26	1832	2292	48	790	58
Redution ratio, %		82.53	66.05	34.76	33.29	82.32	25.19	44.26	47.91	13.49	70.42
Tensile index, Nm/g	원지	64.37	37.35	66.61	97.96	90.32	137.19	116.55	35.51	62.65	53.02
	1	49.38	35.09	67.86	114.76	98.96	147.86	106.67	29.12	40.37	49.51
	2	46.68	41.01	65.97	102.87	94.25	133.64	98.99	30.94	42.93	45.60
	3	49.73	35.89	66.13	94.21	87.79	108.80	133.74	31.45	59.27	44.62
	4	47.93	32.45	59.92	95.61	84.08	112.15	96.45	27.42	42.27	41.58
	5	49.31	29.82	61.43	90.45	87.65	121.03	101.98	28.13	61.11	43.22
	6	45.38	26.83	68.22	114.83	84.61	140.00	80.01	25.97	64.69	47.65
Redution ratio, %		29.50	28.17	-2.42	-17.22	6.32	-2.05	31.35	26.87	-3.26	10.13
Burst index, kPa·m ² /g	원지	3.28	2.97	3.22	11.00	3.98	8.46	11.38	2.42	5.91	3.79
	1	2.84	3.01	3.69	8.67	3.37	8.05	11.48	1.92	4.62	3.68
	2	2.36	2.57	2.93	8.56	4.73	8.23	11.45	2.19	4.57	2.94
	3	2.20	2.99	3.18	8.57	3.49	7.49	11.59	2.23	4.73	3.58
	4	2.15	2.21	3.05	8.08	3.94	6.95	8.52	2.08	4.94	3.10
	5	1.83	2.41	2.91	9.58	4.11	8.10	11.74	1.62	4.44	3.04
	6	1.83	2.27	2.56	8.79	2.92	8.29	6.11	2.22	5.28	3.46
Redution ratio, %		44.09	23.69	20.53	20.14	26.58	1.99	46.33	8.05	10.54	8.62
Tear index, mN·m ² /g	원지	28.13	51.02	47.86	67.05	29.57	66.13	40.00	41.65	71.13	50.07
	1	19.86	29.06	14.42	45.83	7.53	22.71	25.92	23.38	55.61	33.10
	2	41.37	30.71	12.46	37.12	7.53	46.31	27.04	24.69	44.02	23.76
	3	21.51	28.73	9.18	35.23	6.40	41.42	30.14	19.75	51.44	22.49
	4	21.51	23.45	14.42	40.15	6.78	33.40	22.54	23.38	43.10	26.73
	5	19.03	22.46	12.46	36.36	6.40	35.18	22.25	24.03	42.17	22.06
	6	18.20	26.09	11.31	28.98	6.69	39.97	18.45	29.05	48.08	16.97
Redution ratio, %		35.29	48.87	76.37	56.78	77.39	39.56	53.87	30.24	32.41	66.10

침지)의 섬유장이 8.03, 8.88로 가장 섬유장이 길었으며, 자체 재배닥으로 초지한 한지 F(경상도3, 전통이합전분도침지)와 한지 G(충청도, 개량이합전분도침지)

의 섬유장이 6.54 mm로 가장 짧은 섬유장이 측정되었다. 또한 basis weight, density, color 등은 사용된 원료 및 제조공정에 따라서 상이한 결과를 나타낸 반면 물리적

Table 5. Optical properties on dry-heat accelerated ageing treatment during 60days

Sample		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Item											
L*	원지	83.61	92.74	82.73	82.82	92.11	73.82	82.18	96.38	88.18	86.45
	10	85.98	91.08	86.68	85.33	90.91	79.25	87.24	94.07	89.43	85.94
	30	85.41	89.29	85.88	84.78	89.07	80.1	86.86	91.24	89.38	85.17
	60	85.43	88.29	85.08	83.98	88.0	79.7	85.94	89.74	88.47	83.66
	Redution ratio, %	-2.18	4.80	-2.84	-1.40	4.46	-7.97	-4.58	6.89	-0.33	3.23
a*	원지	-1.47	-1.14	-0.42	0.11	-0.64	0.51	-0.94	-1.05	-0.32	-0.34
	10	-0.89	-1.16	-0.35	-0.03	-1.04	0.54	-0.92	0.31	-0.57	-0.05
	30	-0.99	-0.56	0.23	0.27	-0.57	0.84	-0.59	-0.83	-0.83	0.15
	60	-1.21	-0.33	0.43	0.65	-0.47	1.17	-0.22	-0.33	-1.03	0.42
	Redution ratio, %	17.69	71.05	202.38	-490.91	26.56	-129.41	76.60	68.57	-221.88	223.53
b*	원지	11.56	7.06	11.49	11.21	6.61	12.27	10.45	4.53	9.88	9.56
	10	9.09	14.68	15.27	16.33	13.8	17.09	13.9	10.61	10.41	11.82
	30	17.33	16.7	17.9	18.64	16.79	19.09	15.94	14.65	10.89	13.15
	60	17.71	17.97	19.62	20.63	18.38	20.84	18.94	17.3	13.03	15.5
	Redution ratio, %	-53.20	-154.53	-70.76	-84.03	-178.06	-69.85	-81.24	-281.90	-31.88	-62.13
Brightness, %	원지	56.53	77.08	55.43	52.86	76.54	41.98	55.92	85.05	61.56	58.71
	10	63.13	85.98	61.97	53.46	50.22	62.58	40.29	73.44	63.4	55.5
	30	49.36	56.59	49.81	47.22	56.12	39.87	53.18	62.31	62.8	52.9
	60	49.07	53.6	46.82	44.24	52.72	37.94	48.84	56.78	58.87	48.25
	Redution ratio, %	13.197	30.462	15.533	16.307	31.121	9.624	12.661	33.239	4.370	17.816
Opacity, %	원지	49.63	79.4	71.23	84.03	79.77	84.21	87.28	74.36	74.49	78.81
	10	48.4	82.48	69.48	79.48	80.97	83.93	88.9	79.62	72.84	81.09
	30	50.73	84.71	70.36	80.58	83.73	86.09	91.57	83.04	73.0	83.91
	60	51.74	85.55	70.42	82.98	84.13	85.26	91.46	85.19	74.97	85.37
	Redution ratio, %	-4.25	-7.75	1.14	1.25	-5.47	-1.25	-4.79	-14.56	-0.64	-8.32
Whiteness, %	원지	7.1	52.68	5.44	2.8	53.54	-21.94	10.23	70.26	23.75	20.96
	10	26.89	8.11	-7.09	-16.10	11.87	-36.64	1.24	39.52	24.37	8.31
	30	-21.12	-6.76	-22.13	-29.32	-7.83	-44.9	-9.96	9.0	21.87	-0.40
	60	-23.03	-15.86	-33.39	-41.7	-18.76	-55.25	-27.56	-8.32	8.88	-16.39
	Redution ratio, %	424.37	130.11	713.79	1589.29	135.04	-151.82	369.40	111.84	62.61	178.20

특성은 한지 D (경기도2, 전통이합전분도침지), F (경상도3, 전통이합전분도침지), G (충청도, 개량이합전분도침지) 등 전통이합전분도침지의 강도가 매우 높게 나타났으며 특히 경상도 지방의 한지 F (경상도3, 전통이합전분도침지)의 강도가 우수하였다. Fig. 1은 한지 원지섬유인 닥나무 인피섬유의 정색반응을 나타낸 것이다. 육안적인 관찰로서 색상을 분석한 결과 모든 한지시료들이 자색에서 회색으로의 전형적인 닥나무섬유의 정색을 나타냈다.⁵⁾

3.2 건열처리 인공축진열화에 따른 한지의

물성 변화

6일 동안의 단기간 건열처리에 따른 지종별 종이 물성을 Table 3과 Table 4에 나타내었다.

Table 3에서와 같이 단기간 건열처리 인공축진열화 시험결과 광학적 특성은 시간이 경과함에 따라서 큰 변화가 나타나지 않았다. 그러나 한지 B (경상도2, 개량겹지), E (경상도1-2, 개량겹지), H (전라도-개량겹지)의 경우 광학적인 변화율이 다른 지종에 비해 다소 크게 나타났는데 이는 초기공정 중 화학자속제(NaOH) 및 PAM을 사용함으로써 섬유자체에 손상을 주고 아울러 건열열화처리 시 더욱 가속화되어 색도의 변화율에 영

Table 6. Physical properties on dry-heat accelerated ageing treatment during 60 days

Samples		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Item											
Zero-span, tensile strength, kgf/mm ²	원지	20.67	23.40	19.25	40.00	35.80	40.43	46.14	28.20	31.76	34.10
	10	16.31	21.03	17.32	35.37	26.87	37.98	41.12	28.64	24.28	22.92
	30	11.92	16.81	14.43	29.34	23.56	33.44	45.46	19.80	26.90	23.80
	60	10.78	13.15	12.71	29.43	16.98	31.56	43.82	17.28	22.46	21.16
Redution ratio, %		47.86	43.80	33.97	26.43	52.58	21.95	5.03	38.72	29.29	37.95
Folding endurance, Time	원지	183	43	82	3488	149	2449	4113	92	914	195
	10	36	13	26	1765	13	2560	2384	85	408	17
	30	3	4	7	711	2	939	991	12	447	25
	60	2	1	2	155	1	273	407	6	60	5
Redution ratio, %		99.18	97.09	97.07	95.54	99.33	88.86	90.09	93.04	93.46	97.54
Tensile index, Nm/g	원지	64.37	37.35	66.61	97.96	90.32	137.19	116.55	35.51	62.65	53.02
	10	50.00	33.02	61.76	103.12	69.83	129.00	91.18	33.93	57.52	45.90
	30	37.35	31.49	45.41	89.71	64.99	115.46	107.63	32.44	75.22	48.30
	60	38.49	26.55	44.88	81.11	59.38	115.69	104.22	26.22	60.09	39.38
Redution ratio, %		40.21	28.92	32.62	17.20	34.26	15.67	10.58	26.16	4.09	25.73
Burst index, kPa·m ² /g	원지	3.28	2.97	3.22	11.00	3.98	8.46	11.38	2.42	5.91	3.79
	10	2.39	2.33	2.48	8.32	2.72	7.55	9.03	2.00	5.00	3.25
	30	1.80	1.68	1.83	6.29	2.02	6.24	7.94	2.05	5.39	2.92
	60	1.76	1.38	1.65	4.88	1.71	5.06	6.50	1.61	4.18	2.30
Redution ratio, %		46.27	53.70	48.63	55.66	57.07	40.16	42.90	33.53	29.19	39.36
Tear index, mN·m ² /g	원지	28.13	51.02	47.86	67.05	29.57	66.13	40.00	41.65	71.13	50.07
	10	22.34	21.47	9.83	28.41	5.27	36.52	16.90	27.00	48.19	26.31
	30	9.93	12.22	6.56	14.39	3.39	16.03	14.93	14.32	33.83	11.88
	60	2.48	4.62	2.62	8.71	1.32	11.13	12.96	5.43	10.89	4.24
Redution ratio, %		91.18	90.94	94.52	87.01	95.54	83.16	67.60	86.96	84.69	91.53

향을 미친 것으로 생각된다. Table 4에서 나타내고 있는 단기간 건열처리에 따른 물리적 변화에 있어서 단섬유강도의 지표인 zero-span tensile strength는 열화시간에 따른 차이는 크게 나타나지 않았고, 이합도침지들이 높은 강도를 유지하였는데 특히 한지 C(경기도1-1, 전통홀지), D(경기도2, 전통이합전분도침지), F(경상도3, 전통이합전분도침지)가 각각 3.69%, 3.77%, 4.56%의 감소율로 다른 한지들에 비해 안정적이었다. Folding endurance는 이합전분 도침지와 그 외의 한지들간의 구분이 명확하게 나타났으며 시간에 따른 변화는 소폭 감소하였는데, 한지 F(경상도3, 전통이합전분도침지)와 한지 I(강원도, 개량이합지)의 강도감소율이 각각 25.19%, 13.49%를 안정적이었다. Tensile index의 변화율은 한지 C(경기도1-1, 전통외발홀지), D(경기도2, 전통이합전분도침지), F(경상도3, 전통이합전분도침지)가 열화시간이 경과함에 따라 오히려 소

폭 증가하는 경향을 나타내었는데 이는 열화시간을 좀 더 연장시킴으로써 그 추이를 좀 더 살펴보아야 할 것으로 판단되어진다. Burst index의 강도 감소율 변화는 다른 지종들에 비해 한지 F(경상도3, 전통이합전분도침지)가 1.99%로 가장 안정적인 경향을 나타내었다. Tear index의 강도감소율은 한지 H(전라도, 개량겹지)가 30.24%로 다른 한지들에 비해 다소 안정적이었다.

Table 5 및 Table 6은 60일 동안의 건열처리에 공시된 지종별 종이 물성을 나타낸 결과이다. Table 5에서 나타낸 바와 같이 장기간 건열처리 인공축진열화시험 결과 광학적 특징에 있어 열화시간 경과에 따라 L*값은 감소하고 a*와 b*값은 증가하는 전형적인 열화의 경향을 나타내었다. brightness와 whiteness는 전체적으로 소폭 감소하였으나 opacity는 거의 변화가 없었다. 특히 Color L*값과 brightness에 있어서 한지 B(경상도2, 개량겹지), E(경상도1-2, 개량겹지), H(전라도, 개량

Table 7. Optical properties on UV-irradiation accelerated ageing treatment during 6days

Sample		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Item											
L*	원지	83.61	92.74	82.73	82.82	92.11	73.82	82.18	96.38	88.18	86.45
	1	85.07	88.7	84.62	81.64	88.11	77.13	83.26	90.79	88.8	85
	2	86.04	88.97	84.74	82.49	89.45	77.43	84.09	91.22	89.72	86.17
	3	86.65	88.58	85	83.86	88.31	78.49	84.56	91.91	88.87	86.58
	4	86.78	87.59	85.13	82.54	89.19	79.28	87.66	92.16	89.01	87.26
	5	86.55	88.89	84.8	83.27	88.71	78.62	87.35	92.34	89.9	87.56
	6	86.46	87.34	85.02	83.32	88.4	78.15	87.79	91.57	89.15	87.77
Reduction ratio, %		-3.41	5.82	-2.77	-0.60	4.03	-5.87	-6.83	4.99	-1.10	-1.53
a*	원지	-1.47	-1.14	-0.42	0.11	-0.64	0.51	-0.94	-1.05	-0.32	-0.34
	1	-0.98	-0.84	-0.02	0.01	-0.66	0.76	-0.17	-0.77	-0.74	0.05
	2	-1.03	-0.73	0.06	-0.32	-0.87	0.64	-0.3	-0.6	-0.89	-0.28
	3	-1	-0.6	0.13	-0.67	-0.54	0.27	-0.51	-0.62	-1.34	-0.29
	4	-1.02	0.25	0.21	-0.35	-0.63	0.23	-0.45	-0.3	-1.28	-0.26
	5	-0.74	-0.56	0.4	-0.52	-0.45	0.55	-0.66	-0.27	-0.78	-0.57
	6	-0.53	0.11	0.31	-0.4	-0.33	0.8	-0.52	-0.44	-1.16	-0.59
Reduction ratio, %		63.95	109.65	173.81	463.64	48.44	-56.86	44.68	58.10	-262.50	-73.53
b*	원지	11.56	7.06	11.49	11.21	6.61	12.27	10.45	4.53	9.88	9.56
	1	13.29	11.16	12.93	15.36	10.47	15.54	14.02	14.43	12.7	12.42
	2	11.5	10.42	12.21	14.95	10.25	15.8	13.45	12.62	11.06	10.74
	3	10.79	10.7	11.29	14.09	10.9	15.69	12.86	11.47	8.95	9.63
	4	12.21	10.32	10.58	15.06	9.99	15.78	14.28	11.71	8.58	8.63
	5	9.37	9.62	9.95	14.58	10.37	16.24	13.64	11.33	10.19	7.39
	6	8.97	9.59	9.84	14.21	9.94	16.63	13.96	10.49	7.38	7.18
Reduction ratio, %		22.40	-35.84	14.36	-26.76	-50.38	-35.53	-33.59	-131.57	25.30	24.90
Brightness, %	원지	56.53	77.08	55.43	52.86	76.54	41.98	55.92	85.05	61.56	58.71
	1	56.67	65.03	56.44	49.28	64.89	42.82	53.17	61.62	59.76	53.28
	2	60.31	66.36	57.46	50.96	67.38	42.84	55.08	64.55	63.2	56.96
	3	62.13	65.36	58.94	53.99	64.67	44.48	56.48	66.96	63.88	58.82
	4	63.04	64.2	59.97	50.9	67.22	45.45	56.08	97.14	64.54	61.09
	5	63.68	67.19	60.17	52.53	65.97	44.02	56.2	67.91	64.47	63.37
	6	64.01	64.7	60.65	53.02	65.97	42.96	56.62	67.34	66.12	63.61
Reduction ratio, %		-13.23	16.06	-9.42	-0.30	13.81	-2.33	-1.25	20.82	-7.41	-8.35
Opacity, %	원지	49.63	79.4	71.23	84.03	79.77	84.21	87.28	74.36	74.49	78.81
	1	56.65	81.58	70.93	78.04	80.72	83.43	92.39	75.91	71.18	88.51
	2	53.98	80.94	69.39	77.19	80.88	82.16	90.08	79.08	71.62	84.33
	3	55.9	80.95	69.19	77.22	81.69	79.96	88.01	77.32	74.46	82.4
	4	54.42	80.77	68.68	77.49	80.48	80.23	84.57	76.1	74.37	82.6
	5	54.22	79.25	68.93	76.5	84.71	78.31	82.71	77.53	70.45	79.44
	6	53.88	85.31	68.7	77.78	82.59	81.83	87.05	77.38	73.35	76.75
Reduction ratio, %		-8.56	-7.44	3.55	7.44	-3.54	2.83	0.26	-4.06	1.53	2.61
Whiteness, %	원지	7.10	52.68	5.44	2.80	53.54	-21.94	10.23	70.26	23.75	20.96
	1	10.72	22.03	1.80	-21.05	24.36	-35.03	-8.32	8.55	11.46	2.85
	2	13.52	26.68	6.36	-16.21	28.78	-36.53	-2.68	18.78	21.92	14.33
	3	19.05	24.24	12.28	-7.2	22.53	-32.21	2.03	25.86	30.01	20.96
	4	22.57	23.95	16.63	-16.74	29.53	-30.52	0.55	25.45	32.18	27.66
	5	26.68	30.77	19.42	-11.76	26.33	-35.49	2.85	27.74	26.68	35.03
	6	28.66	27.44	20.53	-9.37	27.89	-39.43	2.48	29.66	38.37	36.07
Reduction ratio, %		-303.66	47.91	-277.39	434.64	47.91	-79.72	75.76	57.79	-61.56	-72.09

Table 8. Physical properties on UV-irradiation accelerated ageing treatment during 6days.

Sample		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Item											
Zero-span tensile strength, kgf/mm ²	원지	20.67	23.40	19.25	40.04	35.78	40.43	46.14	28.15	31.76	34.10
	1	18.07	26.10	19.33	38.83	33.60	35.40	51.48	21.30	29.60	35.15
	2	15.30	24.90	18.37	34.10	32.80	39.43	48.68	22.20	24.98	27.65
	3	18.53	20.33	16.43	38.63	33.13	33.77	43.58	22.24	24.38	30.58
	4	19.67	19.50	13.53	30.70	25.03	34.10	45.28	19.16	22.20	18.18
	5	12.70	22.27	12.87	30.70	30.50	38.67	31.80	17.48	17.80	19.38
	6	11.07	16.93	13.53	31.83	25.37	31.20	30.83	12.95	15.18	23.90
Reduction ratio, %		46.45	27.64	29.70	20.50	29.10	22.84	33.19	54.00	52.22	29.91
Burst index, kPa·m ² /g	원지	3.28	2.97	3.22	11.00	3.98	8.46	8.38	2.42	5.09	2.98
	1	2.92	2.52	2.17	9.37	4.53	6.09	9.16	1.89	3.05	4.08
	2	2.70	2.00	2.15	6.69	3.39	7.13	9.80	1.62	2.69	2.13
	3	2.49	1.60	1.82	4.91	2.49	6.02	4.97	1.37	2.12	1.65
	4	2.00	1.16	1.62	4.48	1.88	5.26	3.35	1.14	1.88	1.48
	5	0.00	1.22	0.95	3.96	2.25	4.33	2.87	0.87	1.11	0.00
	6	0.00	1.11	1.22	2.97	2.22	3.51	5.08	0.57	1.05	0.00
Reduction ratio, %		100.0	62.7	62.1	73.0	44.2	58.5	39.3	76.4	79.4	100.0

접지)의 color 감소율이 다른 한지들에 비해 매우 높게 나타났는데 이는 단기간 건열처리 시험의 광학적 특성과 마찬가지로 화학처리 공정으로 인한 섬유 손상에 기인된 것으로 생각되어진다. Table 6의 물리적 특성 변화에 있어 열화시간이 경과함에 따라 모든 물질들이 감소하였는데 그 중 이합전분도침지들은 높은 강도를 나타냈다. Zero-span tensile strength는 한지 G (충청도, 개량이합전분도침지)가 5.03%의 낮은 강도 감소율을 나타냈고 그 다음으로 한지 F (경상도3, 전통이합전분도침지)가 21.95%의 낮은 강도감소율을 나타냈다. Folding endurance는 한지 F (경상도3, 전통이합전분도침지)의 강도감소율이 88.86%이었으며 전 지종에서 90% 이상의 매우 높은 강도감소율을 나타냈다. Tensile index는 한지 I (강원도, 개량접지)가 4.09%, 다음으로 한지 F (경상도3, 전통이합전분도침지)가 15.67% 순으로 낮은 강도감소율을 나타내었다. Burst index의 변화는 한지 I (강원도, 개량접지)가 29.19%의 가장 낮은 강도감소율을 나타냈는데, 다른 지종들과 비교할 때 큰 차이를 보이지 않았다. Tear index는 한지 G (충청도, 개량이합전분도침지)가 67.60%로 가장 낮은 강도감소율을 나타냈고 그 외 지종들은 80% 이상의 높은 강도감소율을 나타냈다.

3.3 UV조사 인공축진열화에 따른 한지의 물성 변화

Table 7 및 Table 8은 6일 동안 (단기간)의 자외선조사 처리에 공시된 지종별 한지의 광학적·물리적 특성을 나타낸 결과이다. Table 7에서 나타내고 있는 단기간 자외선조사 처리 후 광학적 특성의 변화는 앞서의 건열 단기간 처리와 유사한 경향을 나타냈다. Color L*값과 brightness 변화에 있어 한지 B (경상도2, 개량접지), E (경상도1-2, 개량이합전분도침), H (전라도, 개량접지)는 1일 경과 후 소폭 감소하였으나 그 이후로는 거의 변화가 없었다. Color b*값은 전체적으로 1일 열화시간 경과 후 color 감소율이 소폭 증가하다가 그 이후로는 거의 변화가 없음을 확인하였다. 1일 열화시간 경과후 변화율에서는 한지 H (전라도, 개량접지)의 변화율이 가장 크게 나타났다. Whiteness의 경우 color b*값과 반대의 경향으로 전체적으로 1일 열화시간 경과 후 색도감소율이 소폭 감소하다가 그 이후로는 거의 변화가 없음을 확인함으로써 한지 H (전라도, 개량접지)의 변화율이 가장 크게 나타남을 알 수 있었다. Table 8에서의 물리적 특성 측정 결과 zero-span tensile strength와 burst index는 전체적으로 열화 시간이 경과함에 따라서 소

Table 9. Optical properties on UV-irradiation accelerated ageing treatment during 60days.

Samples		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Item											
L*	원지	83.61	92.74	82.73	82.82	92.11	73.82	82.18	96.38	88.18	86.45
	10	85.98	87.67		83.04	86.84	75.82	87.7	91.99	88.51	87.96
	30	84.14	86.91		82.56	88.87	75.83	88.44	90.89	82.49	87.22
	60	측정불가	85.43		77.54	86.02	76.67	83.31	86.5	81.73	측정불가
	Reduction ratio, %	측정불가	7.88	측정불가	6.38	6.61	-3.86	-1.38	10.25	7.31	측정불가
a*	원지	-1.47	-1.14	-0.42	0.11	-0.64	0.51	-0.94	-1.05	-0.32	-0.34
	10	-0.89	0.08		-0.17	-0.2	1	-0.13	0.31	-0.13	-0.51
	30	0.13	0.12		1.01	-0.01	2.29	-0.14	-0.11	-0.8	-0.02
	60	측정불가	0.45		0.96	0.17	1.11	0.69	0.25	0.28	측정불가
	Reduction ratio, %	측정불가	139.47	측정불가	-772.73	126.56	-117.65	173.40	123.81	187.50	측정불가
b*	원지	11.56	7.06	11.49	11.21	6.61	12.27	10.45	4.53	9.88	9.56
	10	9.09	8.79		13.97	11	17.06	13.81	10.61	7.54	6.53
	30	12.14	11.39		18.34	12.4	21.89	11.72	10.6	9.36	10.42
	60	측정불가	15.66		17.84	14.14	19.46	17.31	11	16.3	측정불가
	Reduction ratio, %	측정불가	-121.81	측정불가	-59.14	-113.92	-58.60	-65.65	-142.83	-64.98	측정불가
Brightness, %	원지	56.53	77.08	55.43	52.86	76.54	41.98	55.92	85.05	61.56	58.71
	10	63.13	66.19		52.88	62.2	39.45	56.58	68	64.66	64.66
	30	52.06	57.59		43.98	60.11	32.13	60.05	65.85	52	74.13
	60	측정불가	50.9		32.27	53.32	35.67	46.03	57.28	44.53	측정불가
	Reduction ratio, %	측정불가	33.96	측정불가	38.95	30.34	15.03	17.69	32.65	27.66	측정불가
Opacity, %	원지	49.63	79.40	71.23	84.03	79.77	84.21	87.28	74.36	74.49	78.81
	10	49.63	79.40		84.03	79.77	84.21	87.28	74.36	74.49	78.81
	30	48.40	85.22		79.44	79.19	79.22	90.43	76.06	72.44	75.99
	60	측정불가	87.19		75.07	80.71	81.4	87.32	77.53	64.08	측정불가
	Reduction ratio, %	측정불가	-9.81	측정불가	10.66	-1.18	3.34	-0.05	-4.26	13.98	측정불가
Whiteness, %	원지	7.1	52.68	5.44	2.8	53.54	-21.94	10.23	70.26	23.75	20.96
	10	7.1	52.68		2.8	53.54	-21.94	10.23	70.26	23.75	20.96
	30	26.89	32.43		-8.68	18.4	-49.61	3.01	30.27	36	39.76
	60	측정불가	12.09		-34.01	13.16	-71.92	15.35	27.32	14.07	측정불가
	Reduction ratio, %	측정불가	12.38	측정불가	-45.29	-3.12	-56.51	-26.62	13.92	-25.86	측정불가

폭 감소함을 알 수 있었는데 그 변화율은 burst index가 더 크게 나타났다. 특히 burst index에서 한지 A(경상도 1-1, 개량홀지)와 J(경기도1-2, 전통이합도침지)는 6일간 열화 후 100%의 높은 강도 감소율을 나타냈다. 또한 이합전분도침지들, 특히 한지 D, E, F가 높은 강도값을 유지함을 알 수 있었다.

Table 9 및 Table 10은 60일 동안 자외선조사 인공촉진열화처리에 공시된 지중별 한지의 광학적 및 물리적 특성을 나타낸 결과이다. Table 9의 장기간 자외선조사

처리 후 광학적 특징을 분석한 결과 한지 A(경상도1-1, 개량홀지), C(경기도1-1, 전통홀지), J(경기도1-2, 전통겹지)는 60일 열화 후 측정이 불가할 정도로 섬유가 열화 붕괴되었다. Color a*와 Color b*는 측정이 불가능한 한지 A(경상도1-1, 개량홀지), C(경기도1-1, 전통홀지), J(경기도1-2, 전통겹지)를 제외하고 전 시료 소폭 증가하는 열화의 경향을 나타냈고, brightness와 whiteness는 열화시간이 증가함에 따라서 소폭 감소하는 경향을 나타냈으며 한지 B(경상도2, 개량겹지), E

Table 10. Physical properties on UV-irradiation accelerated ageing treatment during 60days.

Samples		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Item											
zero-span tensile strength, kgf/mm ²	원지	20.67	23.40	19.25	40.00	35.80	40.43	46.10	28.20	31.76	34.10
	10	12.95	13.70		29.87	13.83	24.40	48.08	9.30	14.55	9.58
	30	5.15	8.35		5.65	9.68	10.30	19.53	4.95	5.15	측정불가
	60	측정불가	5.53		5.90	5.18	6.30	7.48	5.90	5.90	측정불가
Reduction ratio, %	원지	76.37		측정불가	85.25	85.54	84.42	83.79	79.08	81.42	측정불가
		3.27	2.98	3.23	10.98	4.00	7.61	8.78	2.42	5.09	2.85
Burst index, kPa.m ² /g	10	측정불가	2.98		4.31	0.99	1.58	2.77	0.36	측정불가	측정불가
	30	측정불가	0.37		0.39	0.34	0.36	0.84	측정불가	측정불가	측정불가
	60	측정불가	측정불가		측정불가	측정불가	0.31	측정불가	측정불가	측정불가	측정불가
Reduction ratio, %		측정불가	측정불가	측정불가	측정불가	측정불가	44.91	측정불가	측정불가	측정불가	측정불가

(경상도1-2, 개량전통겹지), H (전라도, 개량겹지)의 변화율이 가장 크게 나타났다. opacity는 한지 I를 제외하고는 거의 변화가 나타나지 않았다. Table 10의 장기간 자외선조사 처리 후 물리적 특징을 분석 결과 zero-span tensile strength는 측정이 불가할 정도로 섬유가 열화 붕괴된 한지 A(경상도1-1, 개량홀지), C(경기도1-1, 전통홀지), J(경기도1-2, 전통겹지)를 제외하고 전 지종에서 76.37~85.54%의 높은 강도 감소율을 나타냈다. 또한 burst index 변화율에서는 한지 F(경상도3, 전통이합전분도침지)의 강도감소율 44.91%를 제외하고 전 한지시료들의 열화붕괴로 측정이 불가하였다.

3.4 장기간 열화처리에 따른 물성 감소율의 변화

장기간 열화처리에 따른 광학적·물리적 성질의 감소율을 Table 11 및 Table 12에 나타내었다. Table 11의 장기간 인공열화처리결과 광학적 특징에 있어서 자외선 조사에 따른 영향이 건열처리에 비해 높게 나타났다. 또한 한지 F와 G 등의 전통이합전분도침지들이 열화에 안정함을 확인할 수 있었다. Table 12의 물리적 특성을 관찰한 결과 시편제조에 따른 물성측정의 제한으로 인하여 건열처리와 자외선조사 특성을 비교할 수 있는 zero-span tensile strength와 burst index의 감소율변화는 각각 한지 G, E, F, I가 열화에 안정화된 경향을 나타

Table 11. Reduction rate of optical properties on accelerated ageing(dry-heat, uv irradiation) treatment during 60days (Unit:%)

Samples		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Item											
L*	dry-heat	-2.18	4.80	-2.84	-1.40	4.46	-7.97	-4.58	6.89	-0.33	3.23
	UV	측정불가	7.88	측정불가	6.38	6.61	-3.86	-1.38	10.25	7.31	측정불가
a*	dry-heat	17.69	71.05	202.38	-490.91	26.56	-129.41	76.60	68.57	-221.88	223.53
	UV	측정불가	139.47	측정불가	-772.73	126.56	-117.65	173.40	123.81	187.50	측정불가
b*	dry-heat	-53.20	-154.53	-70.76	-84.03	-178.06	-69.85	-81.24	-281.90	-31.88	-62.13
	UV	측정불가	-121.81	측정불가	-59.14	-113.92	-58.60	-65.65	-142.83	-64.98	측정불가
Brightness	dry-heat	13.20	30.46	15.53	16.31	31.12	9.62	12.66	33.24	4.37	17.82
	UV	측정불가	33.96	측정불가	38.95	30.34	15.03	17.69	32.65	27.66	측정불가
Whiteness	dry-heat	424.37	130.11	713.79	1589.29	135.04	-151.82	369.40	111.84	62.61	178.20
	UV	측정불가	123.50	측정불가	1717.50	105.83	-157.57	360.22	80.19	208.88	측정불가
Opacity	dry-heat	-4.25	-7.75	1.14	1.25	-5.47	-1.25	-4.79	-14.56	-0.64	-8.32
	UV	측정불가	39.25	측정불가	41.88	57.68	28.38	10.51	43.21	72.57	측정불가

Table 12. Reduction rate of physical properties on accelerated ageing(dry-heat, UV irradiation) treatment during 60days (Unit:%)

Samples		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Zero-span tensile strength	dry-heat	47.86	43.80	33.97	26.43	52.58	21.95	5.03	38.72	29.29	37.95
	UV	100	76.37	100	85.25	85.54	84.42	83.79	79.08	81.42	100
Folding endurance	dry-heat	99.18	97.09	97.07	95.54	99.33	64.10	90.09	93.04	93.46	97.54
Tensile index	dry-heat	40.21	28.92	32.62	17.20	34.26	15.67	10.58	26.16	4.09	25.73
	dry-heat	46.27	53.70	48.63	55.66	57.07	40.16	22.42	33.53	17.72	22.96
Burst index	dry-heat	100	100	100	100	100	95.91	100	100	100	100
	UV	100	100	100	100	100	95.91	100	100	100	100
Tear index	dry-heat	91.18	90.94	94.52	87.01	95.54	83.16	67.60	86.96	84.69	91.53

냈으며, 열화조건별로는 자외선 조사처리 시에 76.37~100%의 매우 높은 감소율을 나타냈다. 이러한 이유는 장시간 섬유가 자외선에 노출되면서 열화 붕괴되어 섬유 간 결합력을 떨어뜨려 강도의 감소를 초래한 것으로 생각된다. 건열처리에 비해 자외선 열화처리는 섬유강도의 현저한 감소와 섬유간 결합강도의 저하를 초래하였다. 또한 건열처리에 의한 folding endurance, tensile index, tear index의 감소율 변화는 각각 한지 F, 한지 I, 한지 G가 열화에 다소 안정적이었으며, 특히 단 섬유 강도의 지표로 나타내는 folding endurance의 경우 한지 F의 강도감소율 64.10%를 제외한 모든 한지의 감소율이 90%이상의 높은 감소율을 나타내었다. 전체적으로 살펴볼 때 전통-전분-이합-도침지인 한지 F가 재질별 안정성평가에서 가장 우수한 한지로 판명되므로 이후 실록의 복원용 한지로 사용하기에 적합하다고 판단되어진다.

4. 결론

실록원지 복원연구의 일환으로 위해 원료 및 초지공정에 따라 다양하게 제조된 한지의 보존수명을 예측하기 위하여 인공축진열화방법을 실시하였다. 인공열화의 목적은 비교적 짧은 시간에 자연에서 일어날 수 있는 환경적 변화를 단시간에 부여하여 종이에서 일어나는 물리적 및 화학적 특성을 파악하고, 이를 모방하여 자연열화현상을 구명함으로써 보존성이 우수한 종이의 선별에 기여하고 이로부터 얻어진 자료를 토대로 종이의 보존성 및 열화 된 종이의 복원연구에 중요한 자료로 활용하고자 한다. 본 연구에서는 열화 방법으로서 건열

처리, 자외선처리가 다양한 한지의 열화 특성에 미치는 영향을 규명하고 실록 밀랍본 복원연구의 기초 자료를 얻고자 하였다. 전국 5개 지역 8개 수록한지업체 10종류의 다양한 한지에 대한 인공축진열화시험 후 광학적·물리적 특성을 분석한 결과 전통 이합-전분-도침지인 한지시료 F가 열화에 가장 안정함을 나타냈다. 특히 한지시료 F는 모든 물성에서 가장 우수한 강도를 나타냈고, 단-장기간 열화처리에 대한 강도감소율 변화에서 가장 작은 감소율을 나타냄으로써 보존성이 우수한 한지로 향후 실록의 복원용으로 사용하기에 적합함을 알 수 있었다.

사 사

본 연구는 국립문화재연구소에서 지원한 동산문화재 복원기술개발 중 전통제작기술 표준화에 관한 연구의 일환으로 진행되었습니다.

인용문헌

1. 정소영 외, 조선왕조실록 밀랍본의 보존상태 조사, 국립문화재연구소 보존과학연구 25, pp.119~132 (2004).
2. 조병목 외, 조선왕조실록 밀랍본 복원기술 연구, 국립문화재연구소 전통제작기술 표준화연구 1차년도 보고서, 국립문화재연구소 (2006).
3. 조병목, 조선실록 밀랍본 복원에 관한 연구, 종이문화재의 보존 및 복원을 위한 한·중·일 국제포럼 발표논문집, pp 3-10 (2006)

4. 조병목 외, 조선왕조실록 밀랍본 복원기술 연구, 국립문화재연구소 전통제작기술 표준화연구 2차년도 보고서, 국립문화재연구소 (2006).
5. 이상현, 고문헌 출전 한지의 원료 섬유 식별, 충북대학교 대학원 석사학위논문 (2006).
6. 윤병호 외, 펄프 · 종이시험법, (사)한국펄프 · 종이 공학회 (2006).