

원지특성에 따른 Microflute의 골 성형성(제2보)

—Microflute 골 성형성에 영향을 주는 스티프니스와 섬유간 결합의 중요성 비교—

민경은 · 박종문[†]

(2004년 11월 24일 접수: 2005년 5월 20일 채택)

Effect of Corrugating Medium's Properties on Microflute Formation (Part2)

—Relative importance of stiffness and fiber bonding on microflute formation—

Kyung-Eun Min and Jong-Moon Park[†]

(Received on November 24, 2004: Accepted on May 20, 2005)

ABSTRACT

Suitability of corrugating medium for microflute shape formation was analyzed in terms of fiber bonding strength and paper stiffness. Cationic starch and oxidized starch were applied to corrugating medium's surface by bar coater in order to compare the relative importance of stiffness and fiber bonding on microflute formation. It was found that cationic starch was beneficial for better stiffness and oxidized starch was beneficial for better fiber bonding. The results of the decreasing ratio of length by flute formation, the calculated conditioning effect, and the flute height before and after conditioning treatment were obtained. For better microflute shape formation and its preservation it was found that fiber bonding strength should be increased, proper stiffness was required, and resistance to water absorption from surroundings should be increased.

Keywords : microflute formation, bonding strength, stiffness, water resistance

• 본 연구는 한국생산기술연구원의 청정생산기술사업의 지원에 의해 수행되었음.
• 충북대학교 농과대학 산림과학부(School of Forest Resources, College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea)

[†] 주저자(Corresponding author): E-mail: jmpark@cbu.ac.kr

1. 서론

지류 포장재 중 골판지는 다양한 용도와 기능은 물론 폐기처리에 있어서 여러 가지 장점을 가지고 있어 산업전반에서 널리 이용되고 있다. 최근에는 골 높이 1.2 mm 이하의 “마이크로플루트(Microflute)” 골판지를 생산하여 백상지나 마닐라 판지 대신에 사용하려 하고 있다. 미세한 골의 형태로 성형하여야 하기 때문에, 일반적인 형태의 골을 갖는 골판지보다 골이 찌지거나, 종이구조 내부에서 층간 분리가 쉽게 일어날 수 있다. 일반 골판지에 사용되는 골심지는 골을 유지하기 위해 뽀뽀한 성질인 스티프니스가 요구되고, 압축강도를 개선해야하고,¹⁾ 골판지의 섬유층 분리 현상을 최소화하기 위하여 섬유 층간 결합강도 또한 요구된다. 보통 종이의 스티프니스 향상을 위하여 1960년대 이후 초지기 전의 지료조성 단계에서 전분을 투입하거나 초지기에서 형성된 지필의 표면에 전분을 스며들게 하는 방법을 이용하였다.²⁾ 안³⁾은 종이의 표면사이즈제로 가격이 저렴하고 널리 사용되고 있는 산화전분을 골판지 구성원지에 코팅하여 산화전분 코팅에 따른 골판지 구성원지와 골판지의 물성변화를 분석하였다. Kroeschell⁴⁾에 따르면 골판지를 구성하는 라이너지와 골심지로 생산된 상자의 압축강도는 섬유 결합과 섬유자체강도에 영향을 받는다고 하였다. 압축강도의 증가는 부수적으로 인쇄적성과 같이 섬유결합력으로 개선 가능한 가공성에 좋은 영향을 미치게 된다고 분석하였다.⁵⁾

마이크로 플루트용 골심지 특성에 영향을 미치는 인자를 알아보기 위하여, 점도가 높아 표면에 잔류량이 많고,⁶⁾ 필름형성이 빠른 양성전분과 표면의 잔류보다는 원지 내부로 침투하여 섬유 간 결합을 증가시키는 산화전분으로 원지에 사이징을 하여 최종 골심지 특성을 분석하였다. 본 연구에서의 사이징

처리는 현장적용의 목적을 위한 것이 아니라 단지 골성형에 영향을 미치는 인자 즉, 스티프니스와 섬유 간 결합의 중요성을 판단하기 위해 특성이 서로 다른 두 전분을 이용한 것이다. 항온항습 전후 골의 변화를 비교하여 수분에 의한 영향을 최소화하기 위해, 항온항습 전후의 골의 형태에 영향을 미치는 인자를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

표면 사이징 전분으로는 시판중인 D사의 양성전분 (C-starch)과 산화전분 (O-starch)을 사용하였다. 표면 사이징용 원지는 120 g/m²의 평량의 것을 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 전분의 호화와 표면 사이징

표면 사이즈용 전분을 항온 수조에서 95℃에서 30 분간 호화한 후 Brookfield 저전단 점도계를 이용하여 호화 후 점도를 측정 한 후, 평량 120 g/m²의 원지에 호화한 전분을 hand coater를 이용하여 bar number 0, 3, 6을 이용하여 표면 코팅하였다. 본 실험에서 사용한 호화한 전분의 특성을 Table 1에 나타내었다.

2.2.2 원지의 물성

TAPPI standard T 410 om-93, T 411 om-93과 T-547 pm-88에 의거 평량, 두께, 투기도를 측정하였다. 지합은 2D-F sensor를 이용하여 측정하였으며, SCAN-P 67에 의거하여 인장 특성을 측정하였다.

Table 1. Gelatinization properties of starches

	Gelatinization temperature (°C)	Concentration (%)	Viscosity (cPs)
C-starch*	60	10.2	6.6
O-starch**	60	11.0	8.7

* C-starch : Cationic starch, **O-starch : Oxidized starch.

2.2.3 골성형

한국골판지포장협동조합에 설치되어 있는 골성형기(corrugator)로 평량 120 g/m²의 원지를 G골로 성형하였다. 이때의 골성형기의 온도를 120℃, 180℃, 성형속도를 6 rpm으로 하여 MD, CD의 골심지 원지에 골을 성형하였다.

2.2.4 항온항습 처리

골을 성형시킨 후 골의 성형성 즉 골형태의 유지성 평가를 위해, 마이크로플루트 골심지를 25℃, RH 50%에서 항온항습처리 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 물성 실험

3.1.1 구조적 특성

Table 2는 원지에 표면 사이징 처리를 했을 때 표면 사이징 전분 및 도공량에 따른 구조적 특성을 나타낸 것이다. 양성전분은 일반적으로 표면 잔류량이 산화 전분에 비해 높다고 알려져 있는데, 실험 결과에서 역시 양성전분이 산화 전분에 비해 대체적으로 bulk가 높게 나타났다. 이는 양성전분이 원지 표면에 필름을 형성함으로 인해 중량 대비 두께를 높이기 때문으로 판단된다. 바 넘버(bar number)가 증가하면 도공량이 증가하는데, 이에 의해 도공량에 따른 편차는 양성전분의 경우 거의 나타나지 않았다. 산화전분의 경우 양성전분에 비해 내부 침투가 많다고 알려져 있다. 그러한 이유로 도공량이 증가 할수록 bulk가 감소하는 경향을 나타내었고, 투기도 역시 도공량이 증가 할수록 투기되는 시간

이 길게 나타남을 보아, 내부 침투가 양성 전분에 비해 많았을 것으로 판단된다.

3.1.2 강도적 특성

Table 3은 사이징처리 된 원지의 강도적 특성을 나타낸 것이다. Page식에 의해 섬유간 결합 강도를 계산하기 위하여 인장강도를 열단장으로 나타내었다.⁷⁾

MD의 경우 전분의 종류에 따른 강도적 차이를 거의 나타내지 않음을 알 수 있고, 도포량이 증가함에 따라 약간의 증가 경향을 보이지만 역시 큰 차이는 나타내지 않음을 알 수 있다. CD의 경우 양성전분이 산화전분에 비해 강도가 약간 높은 경향을 나타내었고, 도공량에 의한 편차는 거의 없는 것으로 나타났으나, 산화전분의 경우 도포량이 증가함에 따라 강도가 저하되는 경향을 나타내었다. 산화전분의 경우 양성 전분에 비해 원지 내부로의 침투가 상대적으로 많기 때문에 액상의 전분이 침투된 후 다시 건조되는 과정에 의해서 원지 강도의 차이가 발생한 것으로 판단된다. 본 실험에서는 한번 사이징 처리된 원지를 사용하였기 때문에 재코팅 및 과도한 수분 이동에 의한 물성 저하가 나타난 것으로 판단되었다. 섬유 자체 강도는 전분의 종류와 도포량에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다. 결합 강도는 MD와 CD가 약간 다른 경향을 나타내었는데, 이는 섬유의 배향에 따른 결과로 판단된다. MD의 경우 전분의 종류에 따른 결합강도는 유사한 경향을 나타내었고, 도포량에 따라 결합 강도가 증가하는 경향을 나타내었다. CD의 경우 양성전분은 도포량에 대해 일정한 결합 강도를 나타낸 반면, 산화전분의 경우 도포량이 증가함에 따라 결합강도가 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 2. Structural properties of microflute base papers after bar coating

Bar number	Bulk (cm ³ /g)		Air permeability (sec.)	
	C-starch	O-starch	C-starch	O-starch
0	1.353	1.347	370.3	505.8
3	1.338	1.351	634.6	1582.3
6	1.354	1.326	285.7	2873

Table 3. Strength properties of microflute base papers (unit : km)

		Breaking length		Zero-span tensile strength	Bonding strength
MD	C-starch	0	6.09	10.11	15.30
		3	6.16	9.96	16.12
		6	6.02	9.69	15.85
	O-starch	0	6.01	10.51	14.32
		3	6.17	10.07	15.90
		6	5.98	9.89	15.11
CD	C-starch	0	3.51	8.49	5.98
		3	3.53	8.41	6.09
		6	3.61	8.41	6.33
	O-starch	0	3.55	8.39	6.16
		3	3.31	8.47	5.44
		6	3.42	8.02	5.95

3.2 골 성형 특성

3.2.1 항온항습 전 길이 변화율

일반적으로 골심지의 원래 길이를 골을 성형한 후 짧아진 길이로 나누어 골조율(T-factor)을 계산함으로써 소요되는 골심지 원지의 길이를 예측하는데에 사용한다. A, B, C, D, E, F, G골의 골조율은 각각 1.5-1.6, 1.3-1.4, 1.4-1.5, 1.3-1.4, 1.2-1.3, 1.1-1.2, 1.1로 알려져 있다. 마이크로플루트의 골조율은 1.1에서 1.2로 매우 낮으며, 골심지 원지로 보았을 때 아주 미세한 인장력에 의한 미세한 신장처리를 해주어야 하므로, 특수한 골심지 원지 생산기술과 골성형 기술, 그리고 접착기술이 요구된다. 따라서 단순한 골조율을 계산하는 것보다 항온항습 전, 후의 길이변화율과 항온항습 처리효과를 분석하여 미세한 골을 성형할 수 있어야 한다고 판단된다.

Fig. 1은 골을 성형한 후 항온항습 처리를 하기 전에 길이 변화율을 나타낸 그림이다. 원지와 같은 방법으로 표면 사이징된 원지로 마이크로플루트 골을 성형하였다. MD와 CD, 성형온도에 따른 차이만 나타날 뿐 도공량이나 전분의 종류에 따른 차이는 거의 없었다.

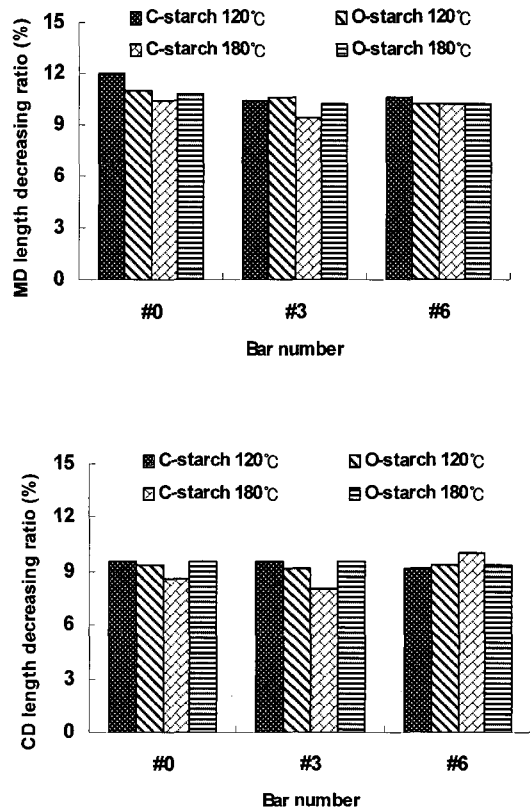


Fig. 1. Length decreasing ratio of microflute base papers.

3.2.2 향온항습 전 골 높이

골의 성형이 잘 이루어지려면, 골조율을 나타내는 길이방향뿐만 아니라 골의 높이 측면에서도 분석이 필요하다. 따라서 골 성형 직후의 골 높이를 측정하여 Fig. 2에 나타내었다. 골의 높이 또한 길이와 마찬가지로 향온항습 전에는 전분 종류나 도공량에 따른 차이를 보이지 않았다. 하지만 높이의 성형은 MD와 CD가 모두 같은 경향을 보였다.

3.2.3 향온항습 후의 길이 변화 및 영향

Fig. 3은 향온항습 후의 마이크로 플루트 골심지의 길이 변화를 나타낸 그림이다. 향온항습 전에는 전분종류와 도공량에 따른 경향이 없었던 반면, 향온항습 후에는 MD와 CD 모두 산화전분이 양성전분 보다 더 높은 길이 변화를 보였고, 120℃에서 성형한 원지가 180℃에서 성형한 원지 보다 변화율이 더 컸다. 침투하는 산화전분이 표면 잔류가 많은 양성전분에 비해 수분의 저항이 커 골을 유지하는 능력이 더 높다는 결과를 얻었다.

Fig. 4는 향온항습 후에 마이크로 플루트 골이

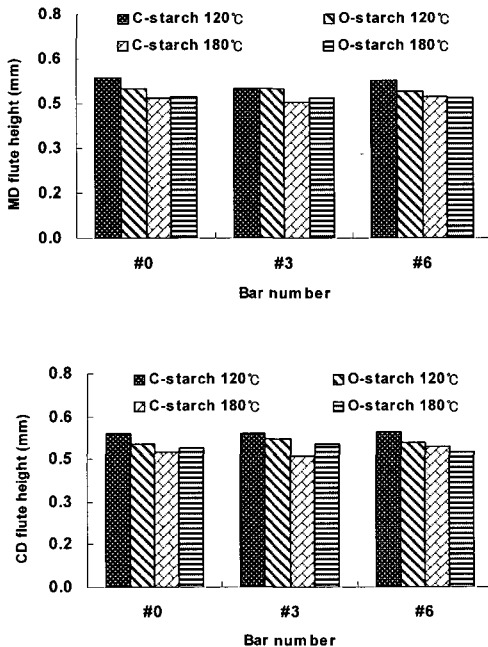


Fig. 2. Flute height of microflute base papers after flute formation before conditioning.

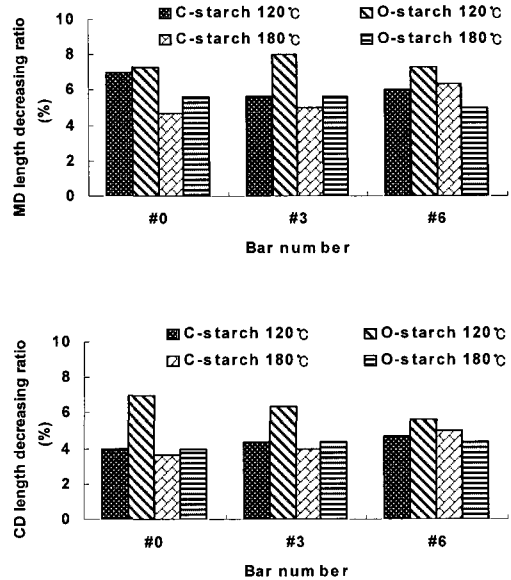


Fig. 3. Decreasing ratio of length after conditioning.

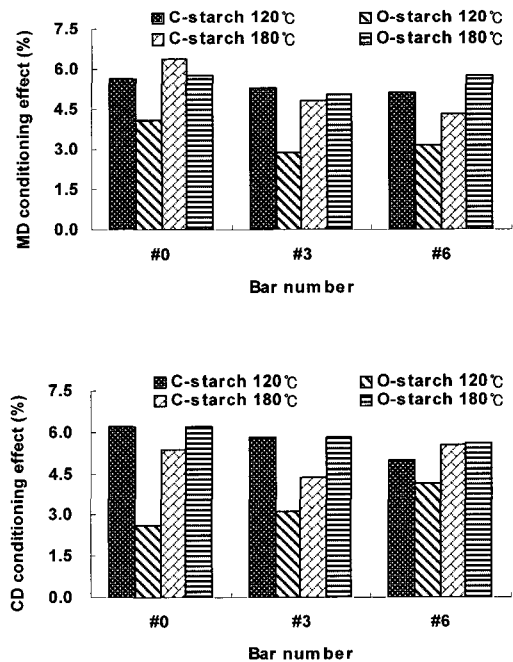


Fig. 4. Conditioning effect of microflute base papers depending on starch type and fluting temperature.

받은 영향을 비교한 그림이다. 양성전분이 산화전분에 비해 더 큰 영향을 받았음을 알 수 있었다. 또한 180°C에서 골을 성형한 원지가 120°C에서 골을 성형한 원지보다 더 큰 영향을 받았는데, 이는 열에 의한 작용이 크기 때문에 전분종류에 의한 영향보다 크게 작용했다고 판단되었다. 이와 같은 결과로 앞서도 언급했듯이 산화전분은 침투하는 특성을 갖는 전분으로 내부에 침투하여 섬유간 결합력을 높임과 동시에 수분에 의한 영향을 줄인 반면, 양성전분은 표면에 잔류하여 bulk의 결과에서도 보았듯이 필름형성은 하였지만 수분에 의한 영향은 산화전분보다 크다는 것을 알 수 있었다.

마이크로플루트의 골을 우수하게 성형시켜주기 위해서는 스티프니스보다 섬유간 결합력의 영향이 더 큰 것으로 판단되며, 수분에 의한 영향을 적게 받는 것이 유리하다. 그렇지만 그렇게 처리하는 공정이 골심지에 접착제를 발라줄 때 접착제 침투가 저하되는 현상을 일으킬 수도 있기 때문에 동시에 고려해야 하므로 차후에 추가적인 연구가 더 필요한 분야이다.

4. 결론

양성전분으로 사이징 처리한 원지는 스티프니스는 향상되었지만, 마이크로플루트 골성형을 하였을 때에는 산화전분으로 사이징한 원지가 골을 더 잘 유지하였다. 이는 표면에 전분의 잔류량이 많아 필름형성이 우수한 특성이 있다고 알려진 양성전분은 스티프니스가 향상되는 결과가 나타났지만, 수분에

의한 영향은 내부 침투로 섬유 간 결합력을 증대시키는 산화전분이 더 낮기 때문이라고 판단되었다. 산화전분으로 사이징 처리한 원지는 섬유층간 결합력이 높아져 수분에 대한 저항도가 높아질 뿐만 아니라 섬유층간 분리현상을 줄이는 결과를 가져왔다. 미세한 G골의 성형에서는 수분에 대한 저항성 크게 요구되었다. 상대적으로 섬유간 결합력이 강한 마이크로플루트 원지가 항온항습의 영향을 적게 받았고, 골의 형태를 유지하는 특성 또한 우수하였으므로 G골 성형에 영향을 주는 중요한 인자는 섬유간 결합력이라는 결론을 얻을 수 있었다.

인용문헌

1. Koning, J. W. Jr., A short column crush test of corrugating fiberboard, *Tappi J.* 47(3):134-137 (1964).
2. 조병묵 역, 우수성의 추구를 통한 골판지 포장산업의 이미지 제고(3), *Corrugating Packaging & Logistics*, pp.104-110 (2003).
3. 안병국, 골판지 원지의 산화전분 코팅이 골판지 및 골판지 상자의 물성에 미치는 영향, 서울대학교, 박사학위논문 (1998).
4. Kroeschell, W. O., Corrugating specifications : time for a change, *Tappi J.* 66(10):11 (1983).
5. Kroeschell, W. O., Rule 41, *Tappi J.* 73(11):25 (1990).
6. 이학래 외, 제지과학, 광일문화사, pp.234-239 (1996).
7. Ji, K. R., The effect of flotation conditions on the efficiency of KOCC fractionation and principles of fines fractionation, *Korea Tappi J.* 32(4):18 (2000).