

우무를 이용한 종이의 표면사이징

윤석기 · 서영범

충남대학교 농업생명과학대학 임산공학과

Use agar as surface sizing materials

S. K. Youn[†], Y. B. Seo

1. 서 론

표면사이징은 근대 제지기술에 없어서는 안 되는 중요공정으로 종이의 인쇄적성을 향상시키고, 종이의 표면성질을 변화시키며, 표면강도나 내부결합강도와 같은 물리적 특성을 향상시키기 위하여 실시된다¹⁾. 이런 표면사이징에 일반적으로 많이 사용되는 물질은 전분으로 전분은 옥수수, 타피오카, 감자 등의 주성분으로서 우리나라의 전분 국내 내수량은 2006년 기준으로 31만 2,650톤을 기록하고 있다²⁾.

우무는 홍조류의 세포벽 구성 성분인 점질성의 난소화성 복합 다당류로서 일종의 식이섬유원이며³⁾, agarose와 agaropectin이 종에 따라 일정한 비율로 혼합되어 있는 혼합물이다⁴⁾. 또한 온도의 변화에 따라서 가역적으로 sol과 gel로 변화하는 성질을 가지고 있으며, 이러한 특성을 이용한 식품첨가물이나 미생물의 배지, 전기영동의 지지체로서 널리 사용되고 있다⁵⁾.

우무의 온도변화에 따른 sol과 gel의 구조에 대한 많은 연구결과가 알려져 있으며⁶⁾, 고온에서는 agarose와 agaropectin의 직쇄상 분자 구조가 무질서하게 선형으로 늘어져 있고 그 사이에 다량의 물을 함유하고 있는 구조를 가지지만 온도가 내려가면 분자의 일부가 가교 결합을 형성하기 시작하여 규칙적인 입체 구조가 형성되어 밀도가 증가하고 가교결합이 이루어져 gel 구조를 형성하는 것으로 보고한바 있다⁷⁾.

본 실험은 이러한 특성을 가지고 있는 우무를 홍조류부터 추출시 무기산을 이용하여 산 가수분해를 실시한 후 표백과 점도 조정을 실시하고, 종이의 표면에 표면사이징을 한 후 산화전분(옥수수, 타피오카)과 그 특성을 비교하여 종이의 표면사이징액으로서 우무의 가능성에 대하여 알아보았다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 원지

표면사이징용 원지는 E사에서 제조된 사이징 처리가 되지 않은 평량 87g/m^2 를 사용하였으며, 특성은 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Properties of Basepaper

Item	Properties
Basis Weight (g/m^2)	87
Thickness (10^{-2}mm)	11
Density (g/cc)	0.74
Opacity (%)	90.93
Brightness (%)	88.26

2.1.2 표면 사이즈제

표면사이징에는 starch, tapioca와 산가수분해 된 우무를 사용하였으며, 그 특성은 table 2. 와 같다.

Table 2. Specification of Surface sizing materials

Properties	Agar	Corn	Tapioca
Appearance	Powder	Powder	Powder
Moisture (%)	12 ± 2	12 ± 2	12 ± 2
pH (10% sol.)	7 ± 0.5	7 ± 0.5	7 ± 0.5
Brookfield viscosity (at 50°C , 10% conc., cPs)	13 ± 2	8 ± 2	12 ± 3

2.2 실험방법

2.2.1 표면사이징

표면사이징액의 도포량은 $4\pm 1\text{ g/m}^2$ 가 되도록 조절하여 편면 도포하였다. 표면사이

징후 120℃의 Drum Dryer에서 건조하였으며, 건조된 시편을 TAPPI standard T402 om-88에 따라 23±1℃, RH 50±2%로 조절된 항온·항습 조건에서 24시간 이상 조습처리를 실시하였다.

2.2.2 종이 표면분석

표면사이징액의 종이표면에서 필름형성상태를 알아보기 위하여 Philips사의 주사전자현미경(XL30ESEM)으로 표면을 관찰하였다. 또한 Testing Machines., AMITYVILLE, N.Y.사의 Monitor/Print-surf를 이용하여 종이 표면의 유공도를 20psi에서 측정하였다.

2.2.3 물리적 특성

조습처리된 시편을 TAPPI standard에 의거하여 Tensile strength (U.T.M, TAPPI standard T 494 om-96), Bending Resistance (Taber-type, TAPPI standard T 566 om-97), Z-Direction Tensile strength (L&W, TAPPI standard T 541 om-99) 등을 측정하였다.

2.2.4 광학적 특성

조습처리된 시편을 TAPPI standard에 의거하여 Technidyne사의 Color-Touch를 이용해서 백색도(Brightness)와 불투명도(Opacity)를 측정하였다.

2.2.5 인쇄적성

인쇄적성은 L사의 RI-tester를 이용하여 Dry Pick, Wet Pick, Ink Set-Off, Ink Repellence, 2-Color Trapping을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 종이 표면분석

종이표면의 주사전자현미경 관찰결과는 Fig 1과 같다. 관찰결과 세 종류의 표면사이징액 모두 비슷한 필름형성상태를 보여주고 있으며, 코팅바의 숫자가 높을수록 사이징액의 표면 잔류량이 증가하면서 필름형성이 우수해 지는 것을 알 수 있다. starch의

경우 상대적으로 낮은 점도로 인하여 두께방향으로 침투가 많아져 원지 표면에서 필름 형성능력이 상대적으로 떨어지는 경향을 보이고 있다.

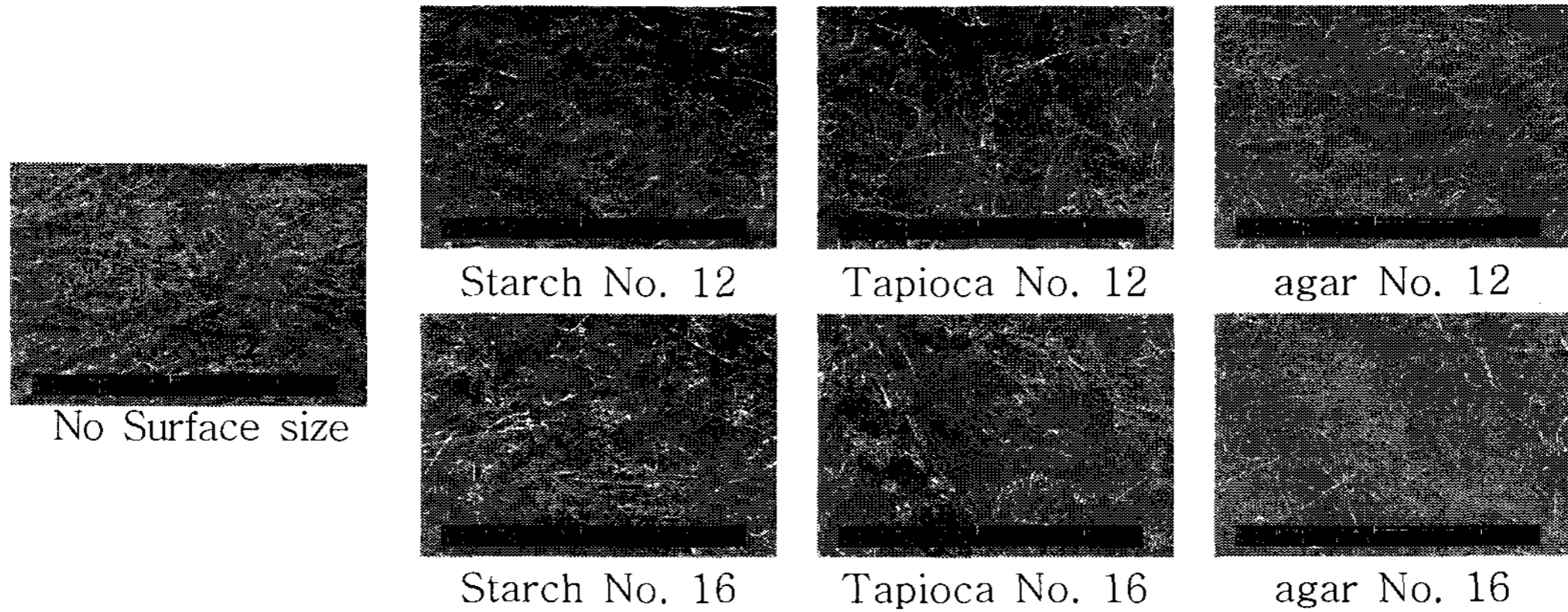


Fig 1. Surface of Surface sized paper by SEM

3.2. 물리적 특성

3.2.1. 인장강도

본 실험을 통하여 전분과 우무 모두 종이의 열단장을 증가시킨다는 것을 알 수 있으며, 그 원인은 표면사이징 액이 종이의 내부로 침투하여 섬유간의 결합을 증가시킨 결과로 생각된다.

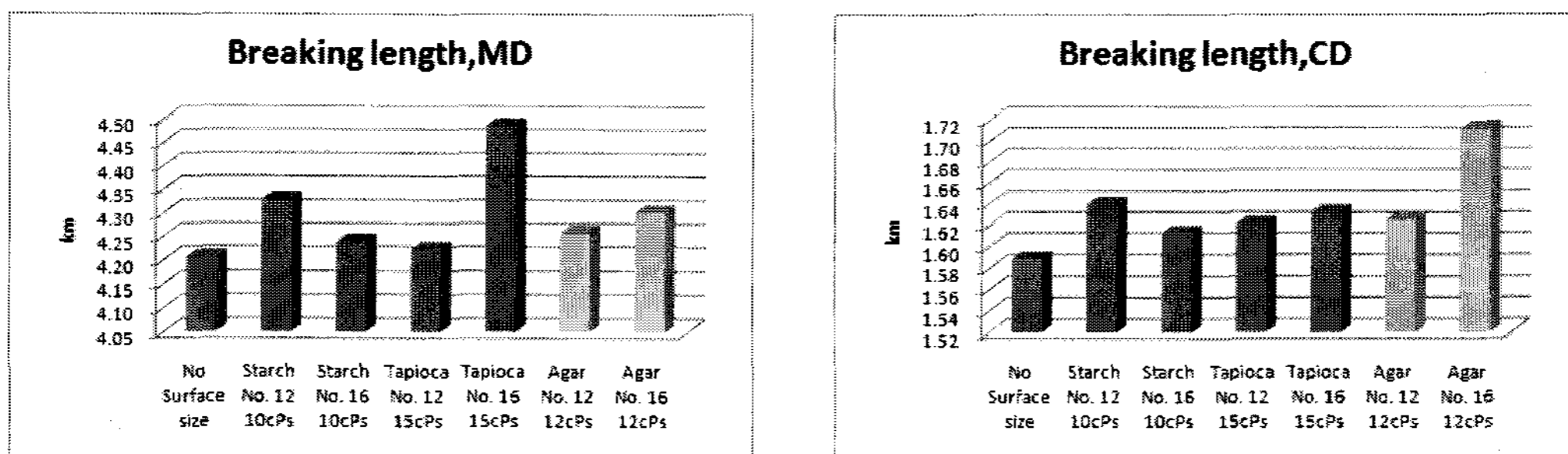


Fig 2. Influence of Surface sizing materials on the Breaking length of paper

3.2.2. Stiffness

본 실험을 통하여 starch, tapioca, 우무 모두 원지와 비교하여 MD/CD 두 방향 모두

Stiffness가 증가됨을 알 수 있다. Stiffness는 종이의 두께와 종이 표면의 상태에 따라 크게 영향을 받게 되는데, 코팅바의 번호가 높을수록 Stiffness가 우수한 것을 알 수 있다. 이 결과로 보아 Bending strength의 증가 원인은 표면사이징액의 필름상 잔류와, 종이의 두께방향으로 침투한 소량의 사이징 액이 섬유의 결합력을 높여 보강제 역할을 하고 있기 때문이라 사료된다.

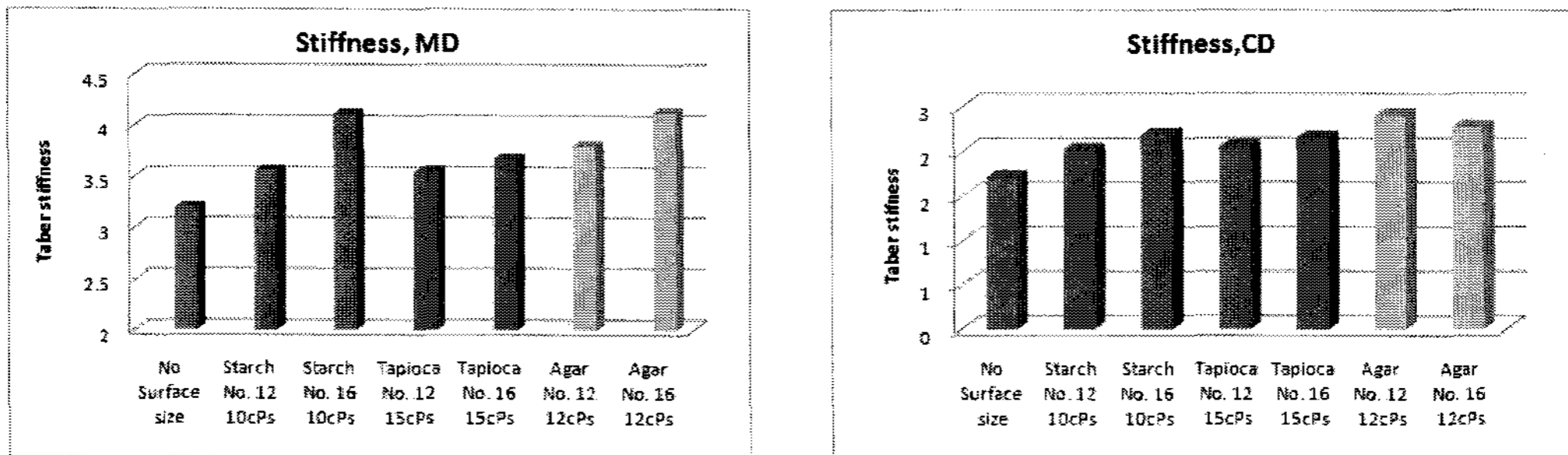


Fig 3. Influence of Surface sizing materials on the Taber-type Stiffness of paper

3.2.3. 내부결합강도 (Z-Direction Tensile strength)

종이의 내부결합강도를 통하여 표면사이징액의 두께방향으로의 침투에 대한 것을 상대적으로 알아볼 수 있으며, 본 실험에서 표면사이징을 한 시편들 모두 내부결합강도가 증가한 것을 알 수 있다. 특히 상대적으로 점도가 낮은 Starch의 경우 두께방향으로의 침투량이 많아 표면에서의 필름형성능력은 저하되지만 원지의 결합강도는 증가한다는 것을 알 수 있다.

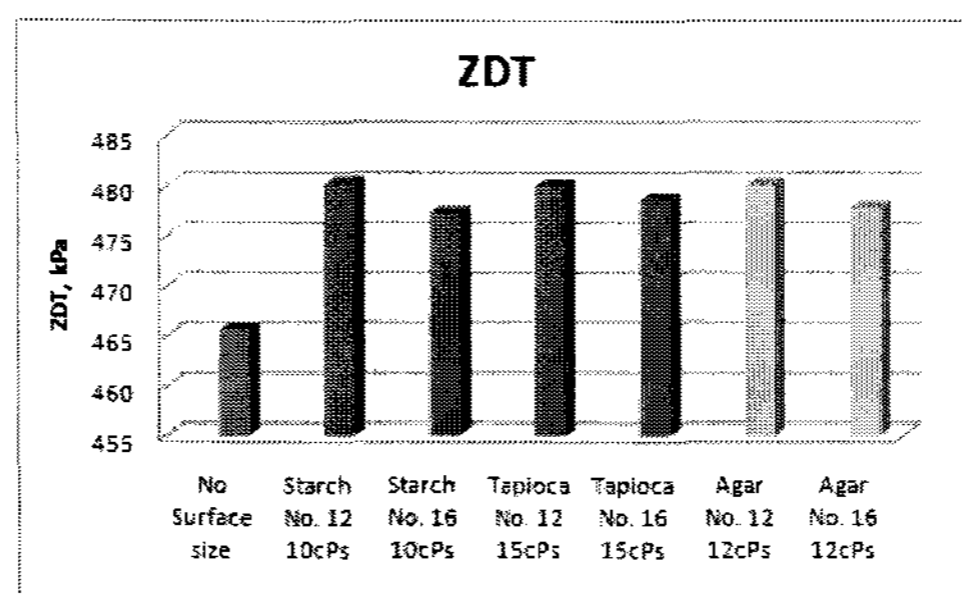


Fig 4. Influence of Surface sizing materials on the Z-Direction Tensile strength of paper

3.3 광학적 특성

본 실험 결과 표면사이징 처리를 한 샘플의 불투명도가 감소하는 것을 알 수 있으며, 그 원인은 표면 사이징제가 종이내의 공극을 메워서 Optical Contact를 일으켜 투명도를 향상시키기 때문이라 생각된다. 하지만 우무를 처리한 샘플의 경우 불투명도의 저하가 거의 나타나지 않았으며, 오히려 높아지는 경우도 보였는데 그 원인은 우무를 표백하는 과정에서 엽록소와 같은 유색의 물질들이 완벽히 제거되지 않았기 때문이라 사료된다.

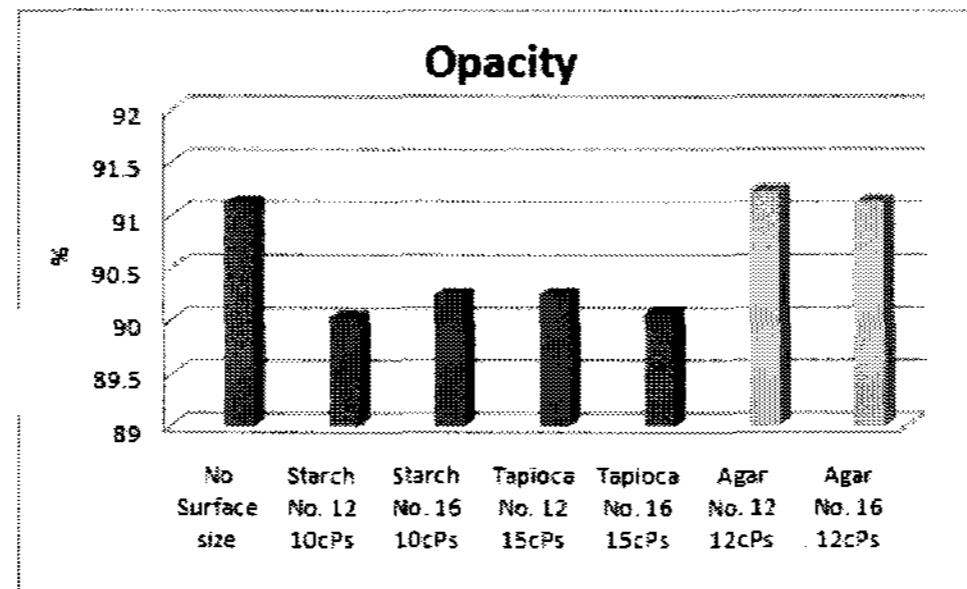
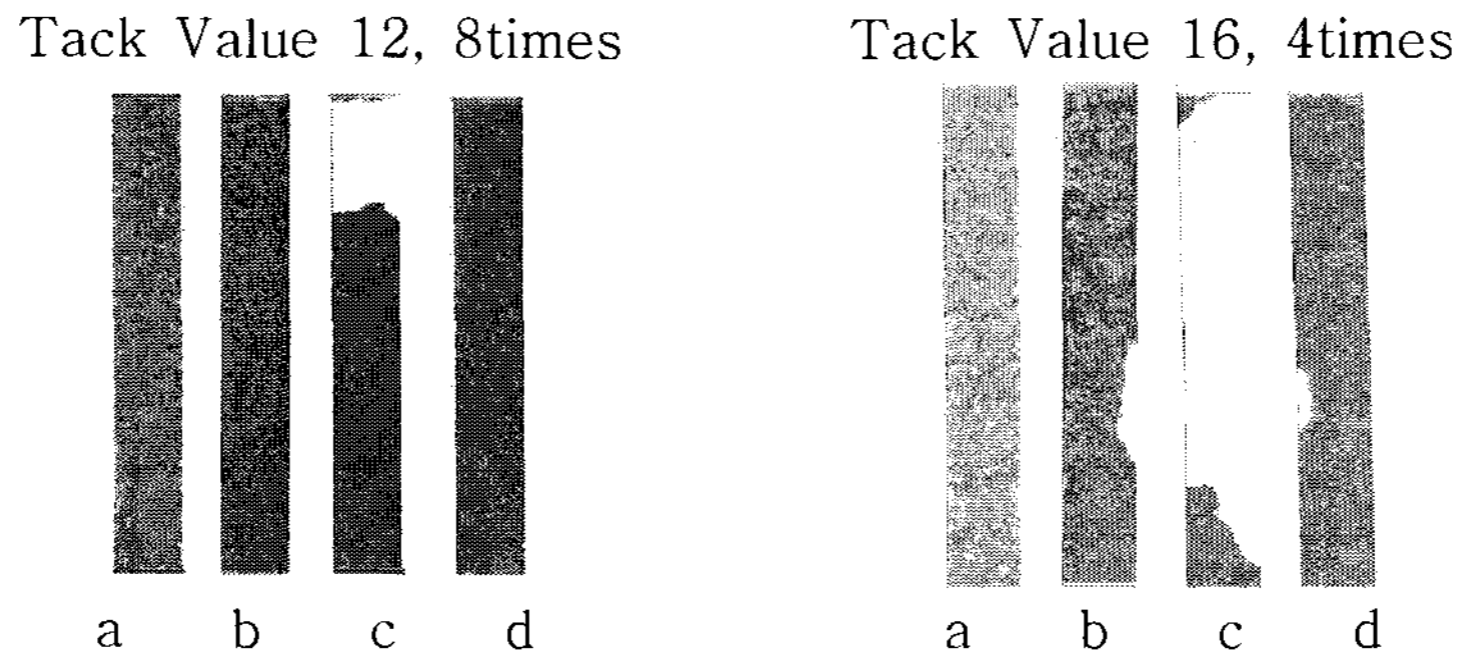


Fig 5. Influence of Surface sizing materials on the Opacity of paper

3.4 인쇄적성

3.4.1. Dry Pick

Dry Pick은 특정 Tack Value를 갖는 잉크를 사용하여 종이 표면의 뜯김을 알아보는 실험으로 실험에 사용된 잉크는 Tack Value 12와 16을 갖는 잉크를 이용하였다. 실험 결과 샘플 d가 b와 c에 비하여 Dry Pick에 우수한 특성을 나타내는 것으로 보아 우무를 이용한 표면사이징의 표면강도가 우수하다는 것을 알 수 있으며, 우무를 사용한 표면사이징지를 인쇄에 적용 시 잉크 tach에 의한 인쇄불량을 감소 할 수 있을 것이라 사료된다.

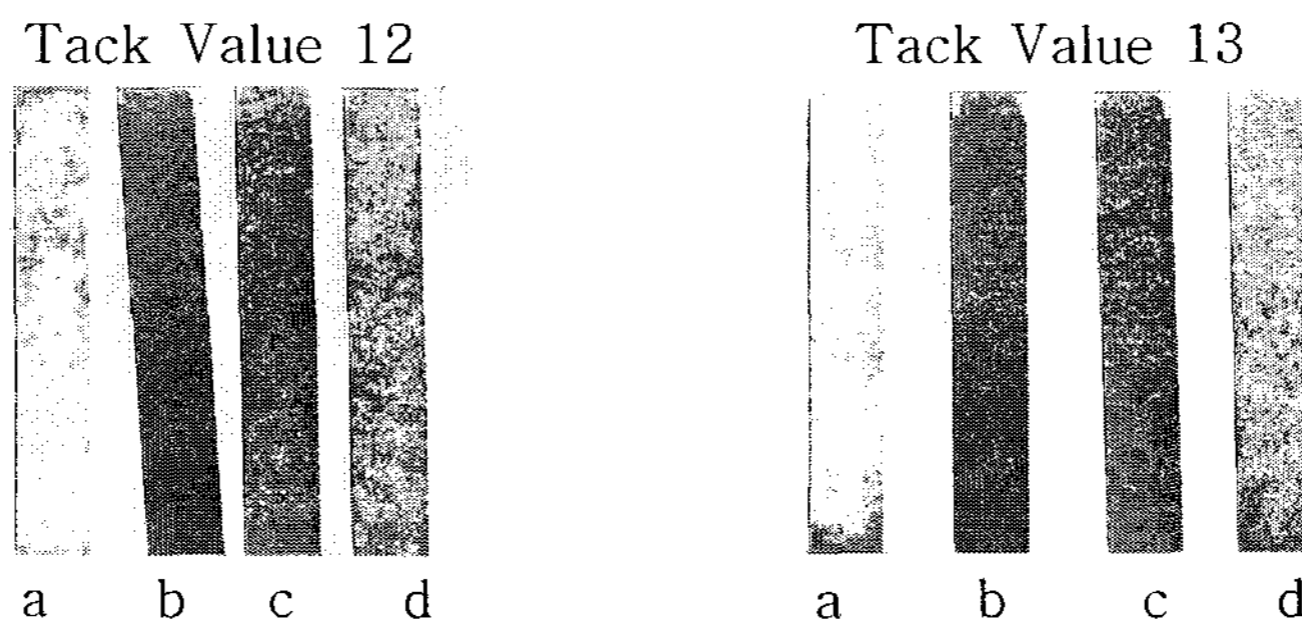


a: No surface size, b: starch, c: tapioca, d: agar

Fig 6. Influence of Surface sizing materials on the Dry Pick of paper

3.4.2 Wet Pick

Wet Pick은 표면에 일정량의 물을 도포 후 특정 Tack Value 를 갖는 잉크에 대한 뜯김 저항성을 알아보는 것으로 표면의 내수성과 관련이 깊다. Tack Value 12와 13을 갖는 잉크를 이용하여 실험한 결과 샘플 b나 c와 비교하여 샘플 d의 뜯김이 많이 발생한 것을 볼 수 있다. Wet Pick은 Offset 인쇄 시에 중요하게 중요한 성질로서 종이 표면 코팅층의 내수성이 약하면 인쇄 시 인쇄불량을 일으킬 가능성이 높기 때문에 우무를 이용한 표면사이징에서 보완해야할 중요한 문제라 사료된다.



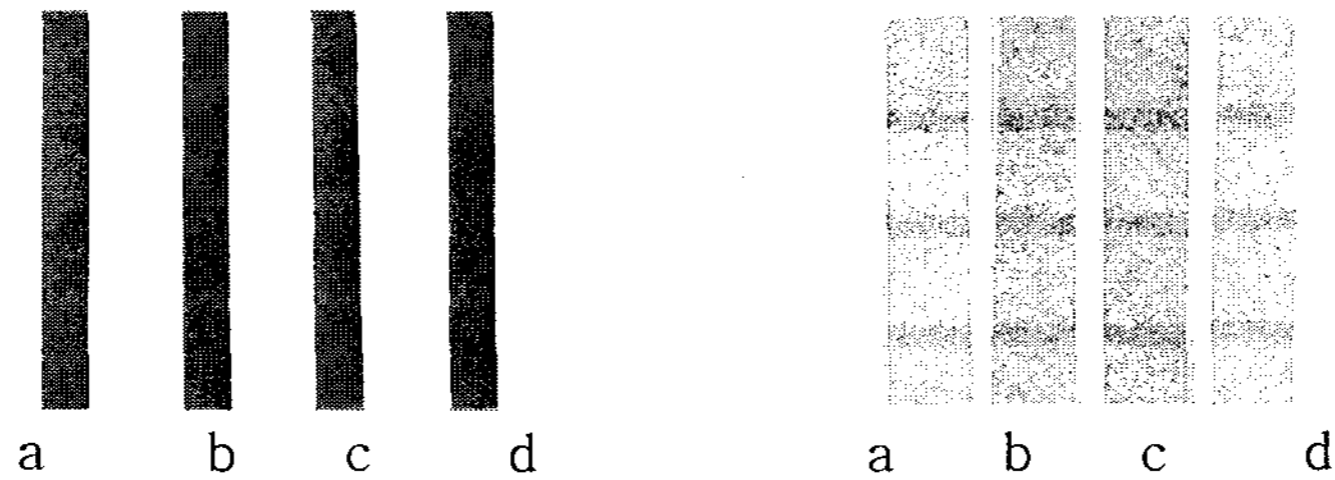
a: No surface size, b: starch, c: tapioca, d: agar

Fig 7. Influence of Surface sizing materials on the Wet Pick of paper

3.4.3 Ink Set-Off

Ink Set-Off 실험은 잉크의 경화속도를 알아보기 위한 실험이다. 본 실험을 통해서

샘플 d의 Ink Set-Off가 b나 c보다 우수하다는 것을 알 수 있다. 또한 이는 starch나 tapioca를 이용한 표면사이정보다 우무를 이용하는 것이 인쇄공정 상에서 뒤묻음과 같은 인쇄결함을 적게 일으킬 것이라 사료된다.

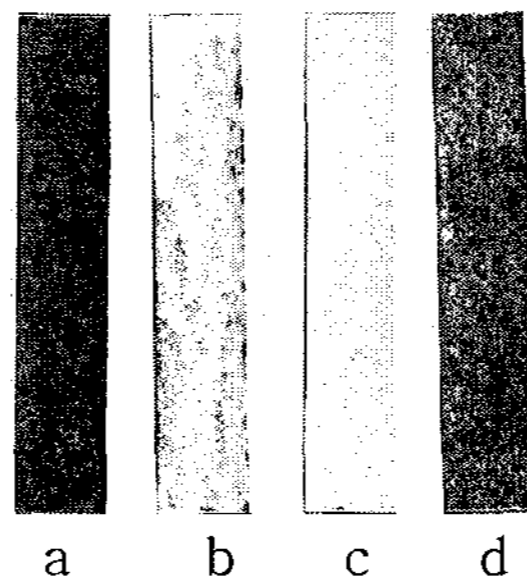


a: No surface size, b: starch, c: tapioca, d: agar

Fig 8. Influence of Surface sizing materials on the Ink Set-Off of paper

3.4.4. Ink Repellence

본 실험결과 샘플 d의 Ink Repellence가 샘플 b나 c에 비하여 우수한 것을 알 수 있으며, 인쇄 시 잉크가 판면에서 용지로의 전이가 용이하여 인쇄물의 화상재현성이 우수 할 것이라 사료된다.

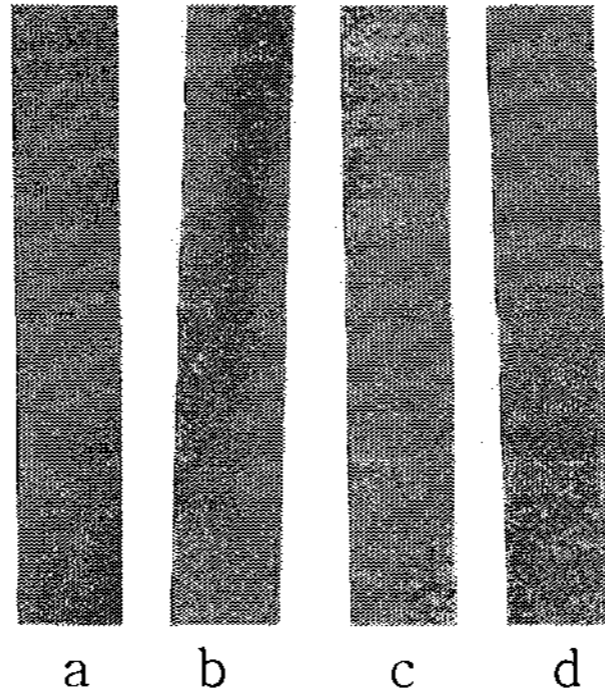


a: No surface size, b: starch, c: tapioca, d: agar

Fig 9. Influence of Surface sizing materials on the Ink Repellence of paper

3.4.5. 2-Color Trapping

실험을 통하여 샘플 d는 샘플 b나 c보다 녹색이 진하게 나타나는 것을 알 수 있으며, 이로 미루어보아 샘플 d의 잉크 수리성이 다른 샘플들 보다 우수하다는 것을 알 수 있다.



a: No surface size, b: starch, c: tapioca, d: agar

Fig 10. Influence of Surface sizing materials on the 2-Color Trapping of paper

4. 결 론

홍조류의 추출공정에서 추출된 우무를 물리화학적으로 처리하여 종이의 표면사이즈제로 사용해 본 결과 일반 산화전분을 대체할만한 우수한 특성이 있음을 확인하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 처리된 우무를 표면사이즈제로 사용한 결과 산화전분 즉 옥수수전분과 타피오카 전분과 열단장, stiffness, ZDT 의 증가에는 큰 차이가 없었다.
2. 우무는 투기도에서 다른 산화전분들과 비교시 투기도가 높은 것으로 나타났는데, 우무의 점도조절 및 필름형성 기능을 향상시킬 필요가 있었다.
3. 우무의 사용은 샘플종이의 강도증가와 함께 불투명도를 높이는 효과를 나타내었다. 이러한 현상은 매우 특이한 것이며 매우 유용한 성질로 판단되었다.
4. 우무로 표면사이징을 실시한 종이는 dry pick, ink set-off, ink repellence, 2-color trapping 모두에서 타피오카나 옥수수 산화전분보다 우수하였으며, wet pick 에서만 상대적으로 낮은 성질을 보였다. 전반적으로 우수한 인쇄적성을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. 이학래, 이복진, 신동소, 임기표, 서영범, 원종명, 손창만. 제지 과학. 광일문화사, 349-385 (2000)
2. 품목별 생산·출하·재고·내수·수출량. 통계청 (2006)
3. Matsushashi, T. Acid pretreatment of agarophytes provides improvement in agar extraction. *J.Food Sci.*, 42, 1396-1400 (1977)
4. Duckworth, M. and W. Yaphe. The structure agar. Part 1. The fractionation of a complex mixture of polysaccharides. *Carbohyde. Res.*, 16, 189-197 (1971)
5. Patil, N B. and N. R. Kale. A simple procedure for the preparation of agarose for gel electrophoresis. *Indian J. Biochem. Biophys.*, 10, 160-163 (1973)
6. Piculell, L, S. Nilson, C. Viebke abd W. Zhang. Gelation of seaweed polysaccharides (In food hydrocolloids; structure, properties, and fucntions, edited by K.Nishinari and E. Doi). Plenum press, New York, 35-44 (1994)
7. Zhang, W., L. Piculell and S. Nilsson. Effects of Specific anion binding on the helix-coil transition of lower charged carrageenans. *Macromolecules*, 25, 6165-6173 (1992)
8. 조현정, 윤병호, 전 양, 이학래. 펄프·제지공학. 선진문화사, 321-348 (2001)