

홍조류 종이의 인쇄적성에 관한 연구

임수만, 이영세, 유재현, 윤종태

부경대학교 공과대학 화상정보공학부

A study on the printability of the paper prepared from red algae pulp(RAP)

Soo-Man Lim, Young-Se Lee, Jae-Hyun Yoo, Jong-Tae Youn

Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University

Abstract

Properties of newly developed paper from Red Algae Pulp (RAP) were examined. The paper samples were prepared according to mixing RAP fiber with wood fibers, HwBKP and SwBKP, to form a paper with 60 g/m² in weight. It was prepared in three to four different levels of refining degree and pressure so that it can reveal different bulk level in order to clearly compare the opacity at equivalent bulk for each furnish compositions. printability of RAP fiber revealed superior effect on print through repression and initial ink absorption. Those properties are expected to improve further if printability improvement effect due to smoothness improvement is added.

1. 서 론

지구의 온난화가 가속화되어 북극과 남극의 빙하가 빠르게 녹아내리고 있으며 탄산가스의 배출이 갈수록 심각해지고 있다. 그러나 글로벌 경제성장과 국민 생활수준의 향상으로 종이의 수요가 급격히 증대하고 있는 추세이다. 이에 따라 종이의 원료인 펄프를 제조하기 위해 매년 막대한 양의 목재가 소비되고 있다. 2003년도 세계 펄프생산량은 1억8천5백만 톤에 이르며, 종이생산량은 3억4천만 톤에 이른다. 전 세계적으로 펄프원료의 부족으로 고지 섬유나 비 목재펄프의 활용이 늘어나고 있는 추세이다. 더욱이 중국,

인도, 동남아시아 여러 국가들의 비약적인 경제성장과 생활수준의 향상은 전 세계적으로 펄프의 부족을 더욱 심화시킬 것이다. 또한 각종 환경규제로 펄프공장의 건설에 막대한 자금이 소요되고 공정수의 절감을 통한 폐쇄화 시스템에 따라 펄프의 품질은 저하되며 목재펄프의 가격상승으로 인해 재생펄프 사용량이 꾸준히 상승할 것으로 예상된다.¹⁾²⁾

이 어려움에 대처하기 위하여 부족한 목재펄프를 대체하고 친환경적인 방법으로 단기간에 섬유자원을 대체 생산할 수 있는 경제성 있는 비목재 펄프 개발의 필요성이 절실히 요구된다. 비목재 펄프로는 현재 벚짚, 옥수수 대, 황마, 목화, 아마, 아바카 섬유들이 있는데 일부는 그 질이 목재펄프에 비해 열악하고 높은 가격으로 말미암아 크게 활성화되지 못한 형편이다. 또한 비목재 펄프들은 특히 계절에 크게 영향을 받는다. 우리나라에서는 벚짚이나 옥수수 대가 일 년에 한번만 생산되며, 온대지방 대부분이 일 년에 한 두 번 수확에 그친다. 많이 생산되더라도 그 생산지역이 매우 광범위하게 펼쳐져 있으므로 수집에 어려움이 따른다.

비목재 펄프로 새로 개발된 홍조류를 원료로 펄프화한 홍조류 펄프의 경제성을 다른 비목재 펄프와 비교해 보면, 홍조류는 성장하는 곳이 육지가 아닌 바다라는 장점을 가지며 수온이 일정한 열대지방에서는 연중 생산이 가능하고 놀랄만한 성장속도를 지닌 수종도 있다. 예를 들면, 인도네시아에서 양식중인 홍조류는 년 6회 채취가 가능하며 일부는 30일 만에 20배로 성장한다고 한다. 대부분의 해조류는 인공양식이 가능하며 뿌리를 해저에 심지 않아도 생장이 잘 되므로 대량으로 생산이 가능하고 열대지방일 경우는 값싼 노동력 동원이 가능할 것이다. 따라서 홍조류 펄프는 목재펄프와 경제적 경쟁력이 있을 것으로 보인다.³⁾⁴⁾

본 연구에서는 홍조류의 일종인 우뚝가사리를 펄프화한 용지를 사용하였는데 홍조류 섬유의 비율을 10~30%로 증가시키며 침엽수와 활엽수 각각의 뒤비침, 최적 인쇄농도, 침투속도등의 인쇄적성을 검토하여 산업에 응용하고자 하였다.

2. 실 험

2-1. 실험 재료

2-1-1. 섬유 원료

섬유원료는 HwBKP, SwBKP, 홍조류 섬유(Red Algae Pulp; 이하 RAP로 적음)를 사용하였다. 다음은 각각의 물성값이다.

Table 9. Basic Properties of Pulp Type

Item	Pulp Type		
	RAP	HwBKP	SwBKP
Ash (%)	0.6	0.1	0.2
Brightness (%)	87	86	85
Refining Degree (°SR)	70	15	15

2-1-2. 수초지 제조 및 물성 분석

각각의 지료에 최종 농도 0.5% 정도로 희석한 후 PAE 0.3%를 투입하고 교반하여 준 다음 0.5% 정도로 희석하여 TAPPI T205 방법으로 원형 수초지를 제조 하였다.

Table 10. Fiber Composition for Hand Sheet Forming (%)

Pulp Type	RAP Content	RAP(%)				
		0	10	20	30	100
HwBKP		100	90	80	70	0
SwBKP		100	90	80	70	0

2-2. 실험 방법

2-2-1. 인쇄적성 평가

2-2-1-1. 인쇄적성 실험

인쇄적성 실험은 Fig. 1과 같이 인쇄적성 실험기 (IGT printability tester, Model 2260, Sticking Instiut. Voor Grafixdhe Techniek 제조. Netherlands)를 사용하여 solid 인쇄를 실시하였다.

IGT 인쇄적성 실험의 조건은 35 mm 넓이의 rubber disc를 사용하였으며, 시료 전면 에 solid 인쇄를 하였다. 인쇄 속도는 0.3 m/sec, 인쇄 압력은 200 Newton 으로 하였다. 인쇄실의 환경은 20.7 °C, 습도 17.6%였다. 잉크의 양을 정량적으로 증가시키면서 측정 하였으며, 잉크 공급 마이크로 피펫을 사용하였다. 잉크 공급 마이크로 피펫은 IGT에서 제작된 것을 사용하였는데, 0.3 cc 단위로 잉크를 공급하여 30 sec. 동안 연속 시킨 후 디스크에 15 sec. 동안 잉크를 전이시켜 인쇄하였다. 단, 잉크 양이 증가할 경우에 잉크 연속 롤러 및 디스크의 잉크는 모두 제거하고 다시 필요량의 잉크를 올려 사용하였다.

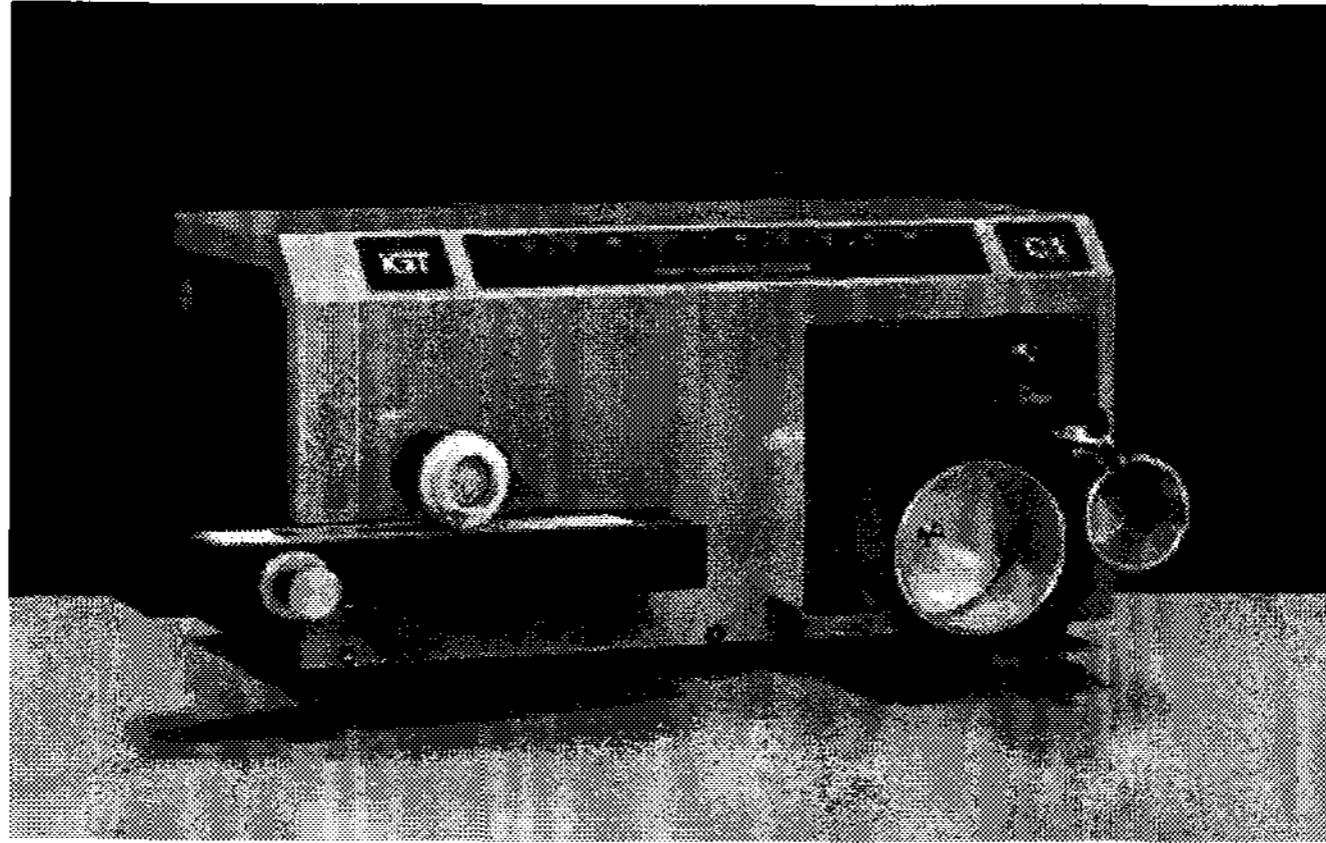


Fig. 1. IGT printability tester.

2-2-1-2. 잉크

본 실험에 사용된 잉크는 현재 국내에서 사용되는 5개 회사의 평판 오프셋 잉크 먹색을 수집하여 표준 잉크를 만들어 사용하였다. 표준 잉크는 각 오프셋 잉크의 물리적 특성을 구한 후, 그 평균값을 구하여 그에 맞는 잉크를 제작 하였다.

2-2-1-3. 농도의 측정

최대 농도 값을 알기위한 측정방법은 반사 농도계(모델 X-Rite 418, USA)로 각 단계별(10단계의 각기 다른 잉크 공급량)샘플을 인쇄한 후 각각에 대해 20회씩 농도를 측정하여 평균값으로 계산하였다. 그 계산식은 다음과 같다.

$$D = \frac{1}{\log R} \quad (2)$$

위 식에서 D 는 인쇄농도 R 은 reference 반사율 과 잉크 반사율의 비율이다.

2-2-1-4. 뒤비침 측정

뒤비침 (print through, PT)과 인쇄 농도는 인쇄물의 여러 가지 위치에서 반사 계수 (reflectance factor)에 의한 농도계 측정법(예 : SCAN-P 8:63)을 사용하였다. 따라서 Weber-Fechner의 법칙에 의해 뒤비침 계산식은 다음과 같다.⁵⁾

$$\text{Print through(PT)} = \log \frac{R_p}{R_s} \quad (3)$$

위의 식으로 나타낼 수 있는데, 여기서 R_p 는 종이의 뒷면에서 측정한 화선부의 반사 계수이며, R_s 는 종이의 뒷면(rev)에서 측정한 비화선부의 반사 계수이다. 각 샘플에서 R_p 와 R_s 를 측정하여 위 계산식에 대입하여 계산하였다.

2-2-1-5. 잉크침투속도 측정실험

시료측정방법은 매 10초마다 X-Rite 428 반사 농도계를 사용하였으며, 시간에 대한 인쇄 뒤비침 농도의 변화를 측정하였다. 이를 그래프로 전환하여 그 기울기를 잉크침투속도로 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 뒤비침

RAP의 뒤비침 인쇄적성에 관한 실험을 하였다. 결과는 IGT 인쇄적성기를 사용하여 RAP를 10%부터 30%까지 첨가하면서 각각에 잉크 공급량에 따른 뒤비침 농도 변화를 나타낸다.

Table 3. Density of PT according to Amount of Ink (Arb.unit)

Sample Ink(cc)	H100	H90R10	H80R20	H70R30	R100	S100	S90R100	S80R20	S70R30
0.2	0.19	0.15	0.12	0.1	0.06	0.27	0.24	0.19	0.14
0.5	0.22	0.19	0.12	0.15	0.12	0.3	0.37	0.24	0.14
0.8	0.24	0.19	0.12	0.15	0.12	0.36	0.41	0.27	0.2
1.1	0.24	0.22	0.12	0.19	0.12	0.38	0.41	0.3	0.2
1.4	0.27	0.24	0.19	0.19	0.12	0.39	0.41	0.32	0.2
1.7	0.3	0.24	0.19	0.19	0.17	0.39	0.41	0.32	0.2
2.0	0.36	0.24	0.19	0.19	0.17	0.39	0.41	0.32	0.2

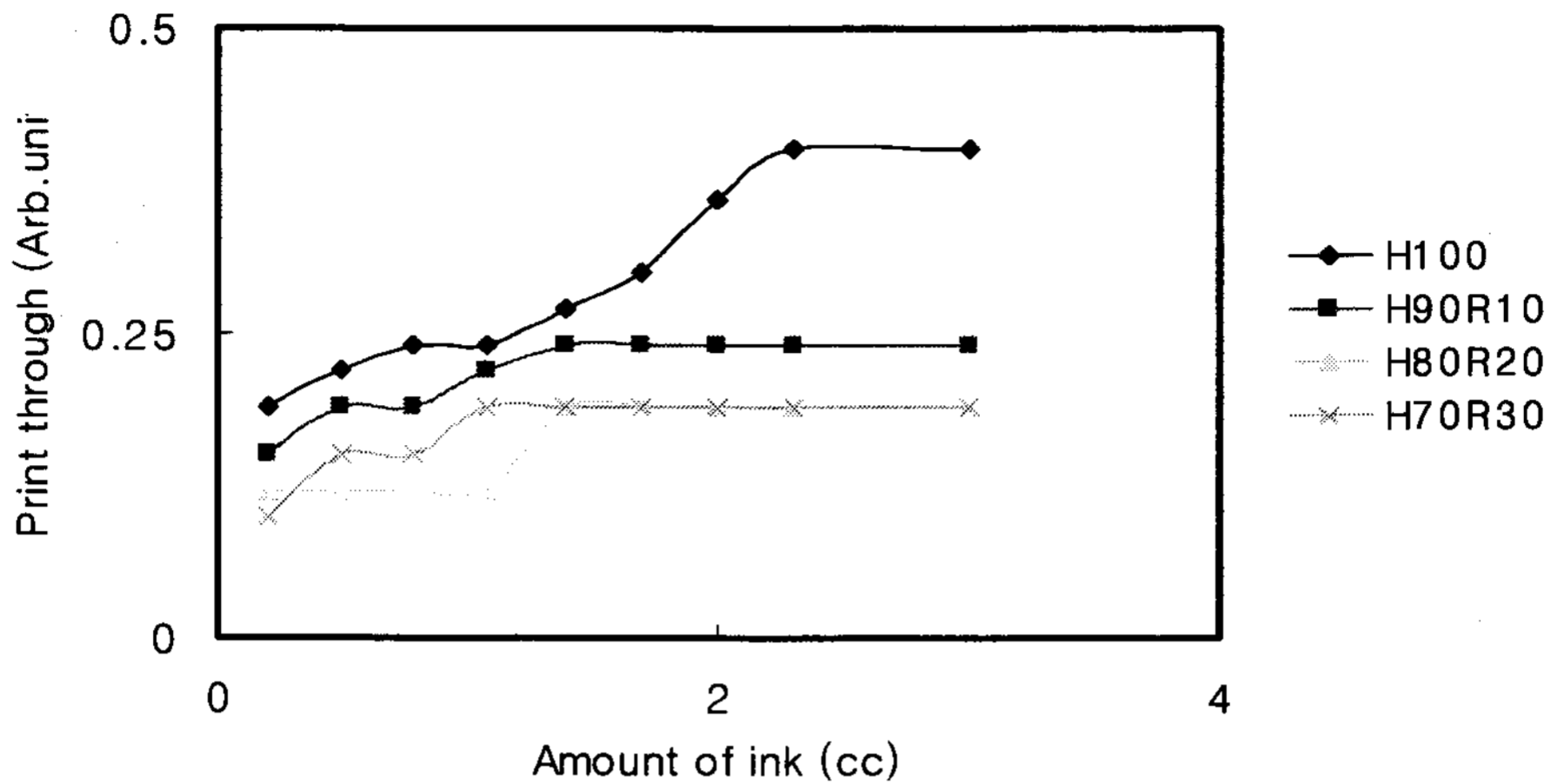


Fig. 2. The result of PT according to adding RAP.

먼저 HwBKP, SwBKP, RAP 함유가 각 100%조성일 때 최종 뒤비침 값을 비교해 보면 RAP, HwBKP, SwBKP 순으로 뒤비침이 증가함을 볼 수 있다. 원인으로서는 각 섬유의 불투명도라고 사료되며, 특히 RAP의 경우 SwBKP 보다 낮은 뒤비침을 보이는 HwBKP와 비교하여 섬유 길이가 약 0.25배 짧고 단위 면적당 섬유분포도는 약 2.3배높게 나타난다.⁶⁾⁷⁾ 이러한 조성은 높은 불투명도를 유지하는 원인이 될 것이다. 한편, HwBKP에 RAP함유를 10~30%까지 점차적으로 혼합하였을 때, 뒤비침 값은 점점 낮아짐을 볼 수 있다. 이것은 RAP의 미세섬유가 타 섬유와 결합하여 광학적 특성에 영향을 주었다고 생각되며 RAP 섬유의 증가로 인한 뒤비침 감소로 바야 적정 혼합 비율이 있을 것이라고 예상된다. 또한 RAP를 첨가 할수록 낮은 잉크공급량에서 최종 뒤비침 값이 나타남을 볼 수 있다. 이것은 RAP와 HwBKP를 표면적이 같은 무게에서 비교하였을 때, RAP가 12.5배가 넓으므로 잉크 흡수성이 점차 증가되기 때문이라고 사료된다.⁸⁾

한 편, SwBKP에 RAP를 10~30%까지 혼합하였을 경우 HwBKP와 마찬가지로 뒤비침값이 감소되는 현상을 볼 수 있다. 초기 100%의 SwBKP는 HwBKP와 비교하였을 때, 상대적으로 긴 섬유 길이와 넓은 폭으로 인해 뒤비침값이 컸으나 RAP를 첨가할 수록 그 편차가 줄어들음을 볼 수 있다. 이러한 현상은 RAP 함유가 SwBKP의 섬유공간을 메꾸어 나가는 과정에서 불투명도를 높였을 것이라고 사료된다. 하지만 초기 0.2cc부분에서와는 달리 이후로는 SwBpk90%+RAP10%(S90R10)의 뒤비침이 SwBpk100%보다 크다는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상은 다음 2가지로 생각해 볼 수 있는데 우선 실험중에 습도나 온도의 변화로 농도값이 변화되었을 가능성이 있고 한편으로는 적정 RAP 첨가량이 있을 수 있다고 예측할 수 있겠다.

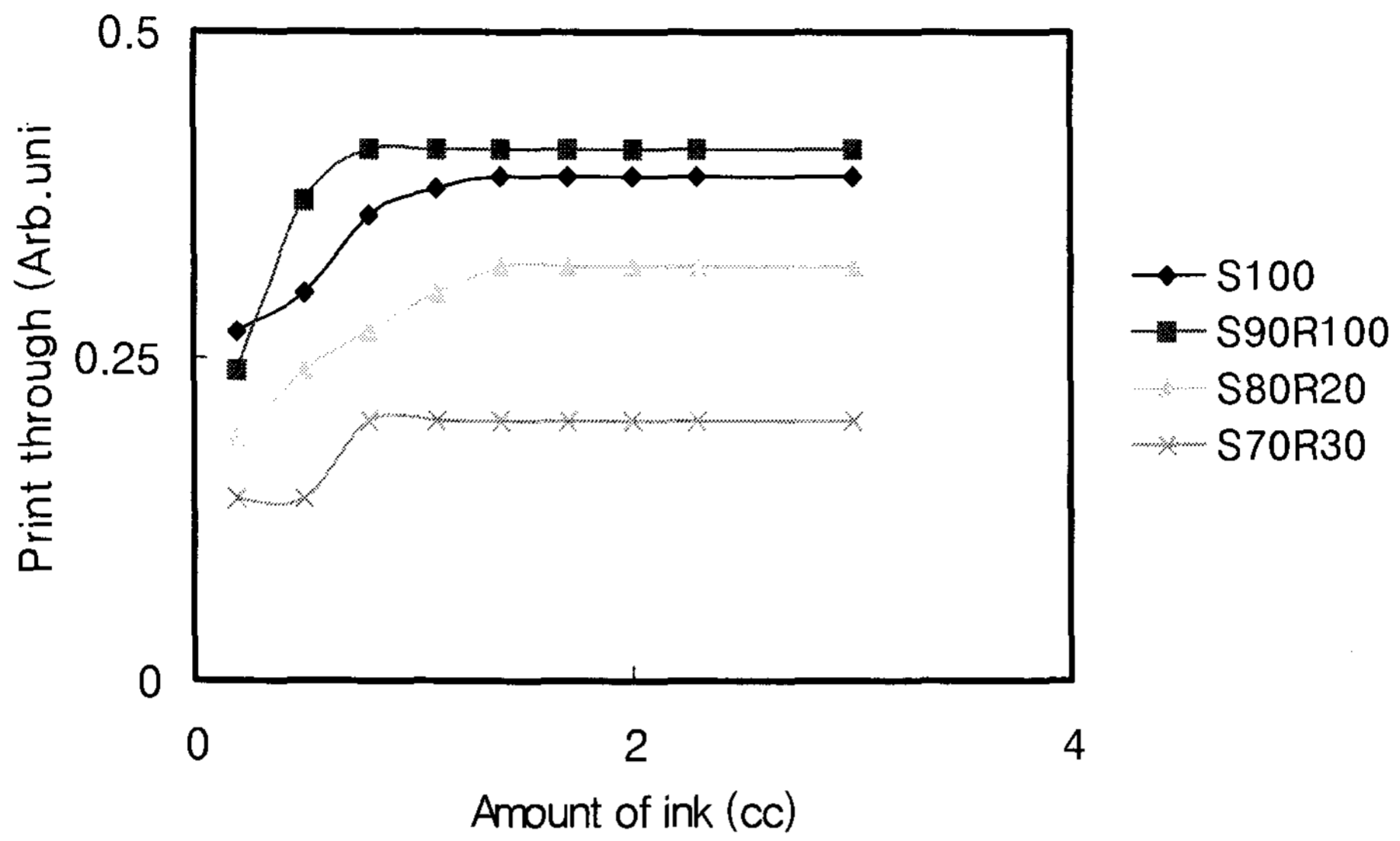


Fig. 3. The result of PT according to adding RAP.

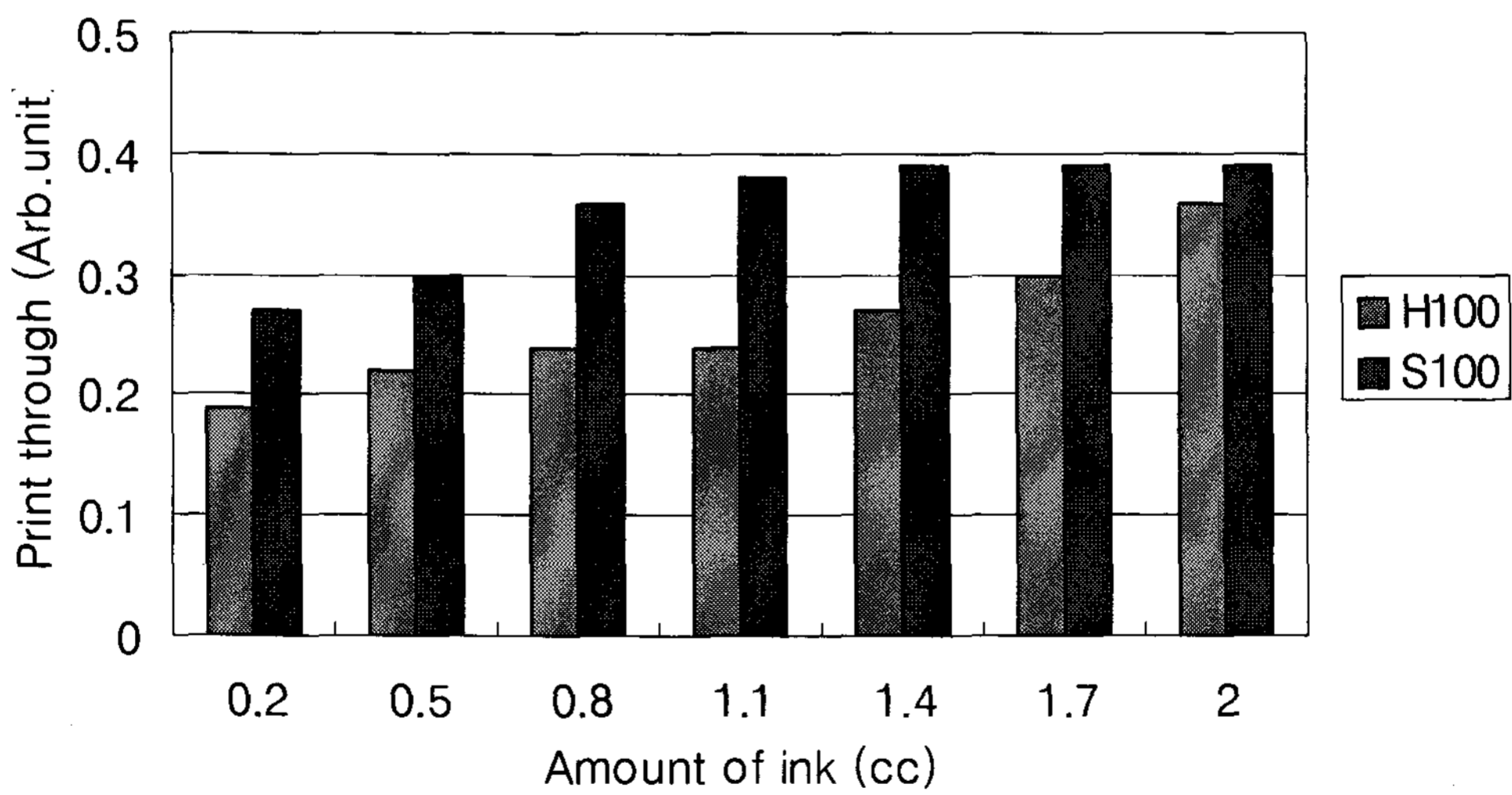


Fig. 4. The result of PT in original SwBKP and HwBKP.

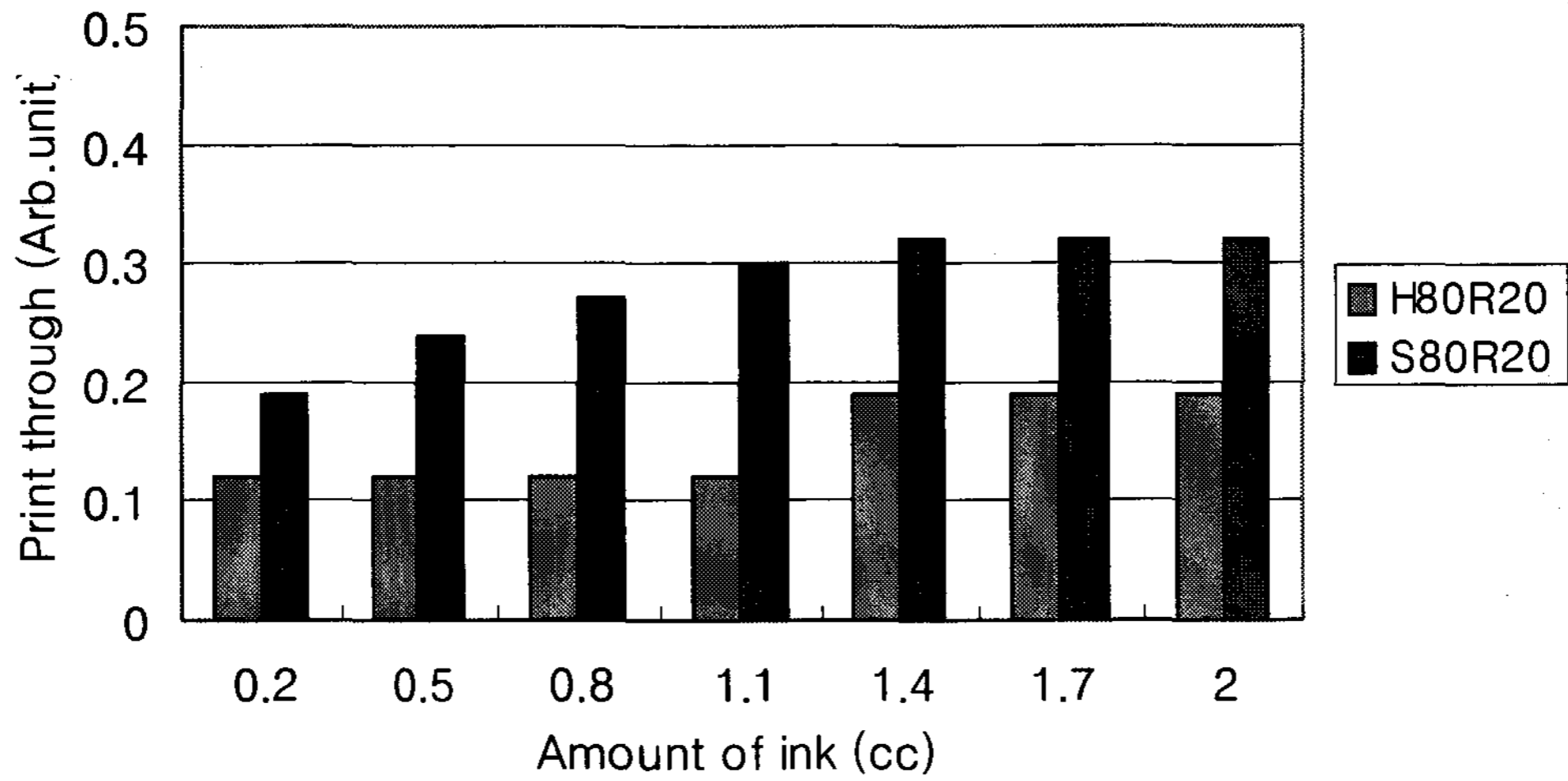


Fig. 5. The result of PT added RAP 20%.

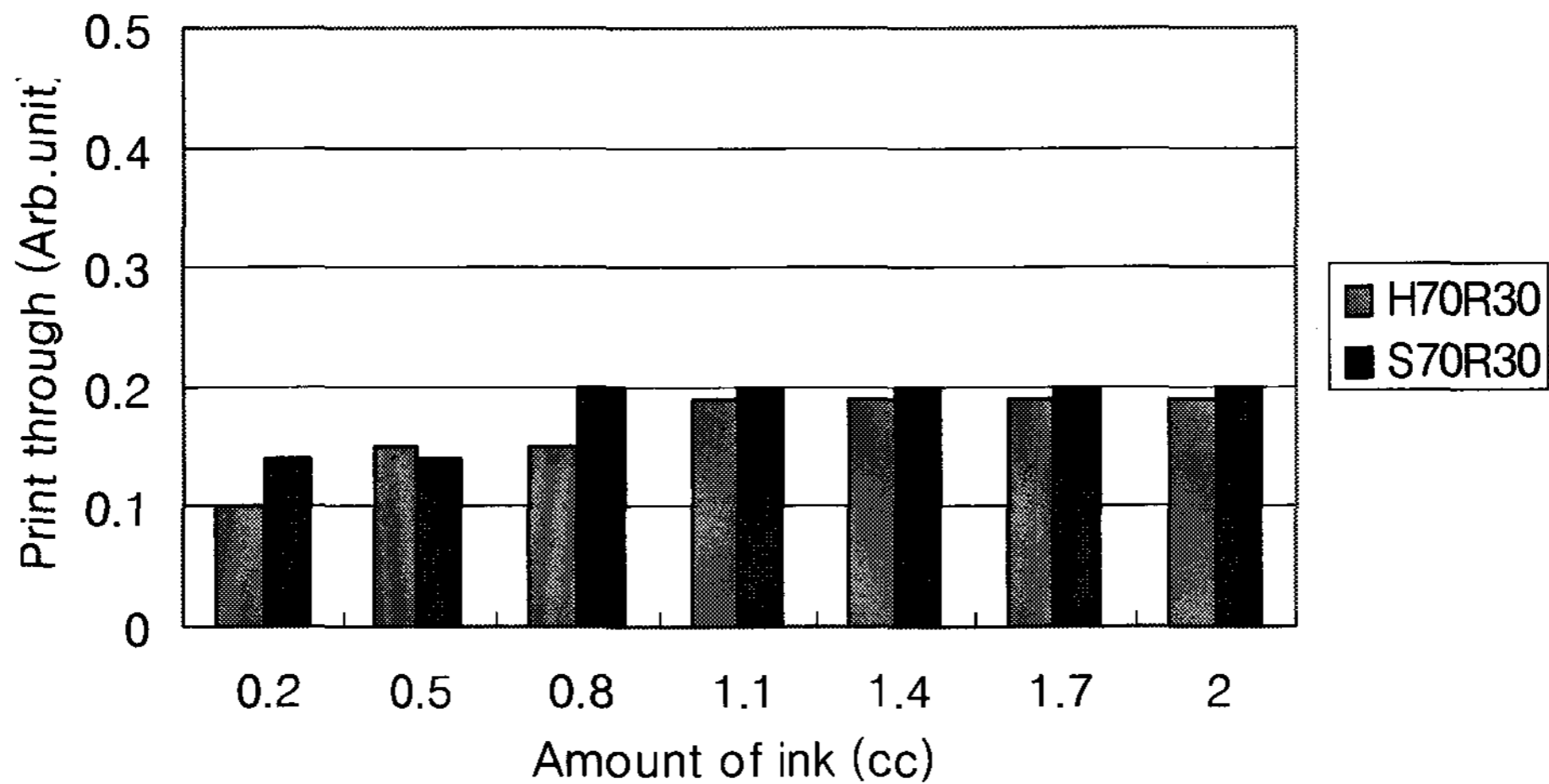


Fig. 6. The result of PT added RAP 30%.

Fig. 5~7은 RAP를 첨가함에 따른 뒤비침의 농도변화를 나타낸다. 결과에서 보듯이 RAP가 첨가될수록 뒤비침 값이 저하되고 최대 50%까지 뒤비침 값이 떨어지는 결과를 보인다. HwBKP와 SwBKP의 조성이 100%인 경우를 비교하였을 때, SwBKP가 뒤비침이 심하고 최대 0.41까지 값을 나타내고 있다. 원인은 짧은 섬유 길이로 인해 조직의 조합이 다소 엉성하여 잉크 침투가 용이하였을 것이라고 생각된다.

Fig 7.은 RAP를 30% 혼합하였을 경우 뒤비침 결과값을 나타낸다, 각각은 뒤비침 값이 0.2이하로 감소하였고 특히 SwBKP는 0.5cc일 경우 HwBKP보다 0.01감소하는 결과를 나타내고 있다. 이는 RAP의 미세섬유가 각 섬유속으로 침투한 것이 뒤비침 값을 줄인 가장 큰 원인이고¹⁰⁾ 특히 SwBKP에서 그 영향을 상대적으로 크게 미친 이유는 섬유 굵기가 굵은 SwBKP사이로 얇은 RAP 섬유가 혼합되기 쉬웠기 때문이라고 사료된다.

3-2. 최적 인쇄농도

RAP의 최적인쇄농도 측정 실험을 하였다. 결과는 IGT 인쇄적성기를 사용하여 RAP를 10%부터 30%까지 첨가하면서 각각에 잉크 공급량에 따른 농도 변화를 나타낸다.

Table 4. The result of print density according to adding RAP from 10% to 30%

Sample ink (cc)	H100	H90R10	H80R20	H70R30	R100	S100	S90R100	S80R20	S70R30
0.2	1.13	1.1	1.03	1.14	1.17	0.96	1.15	1.15	1.14
0.5	1.23	1.38	1.37	1.39	1.39	1.38	1.35	1.38	1.41
0.8	1.42	1.47	1.43	1.44	1.43	1.5	1.46	1.44	1.52
1.1	1.53	1.5	1.45	1.47	1.47	1.61	1.52	1.48	1.6
1.4	1.56	1.5	1.46	1.49	1.48	1.63	1.56	1.5	1.63
1.7	1.57	1.51	1.46	1.49	1.49	1.63	1.61	1.59	1.63
2.0	1.57	1.51	1.46	1.49	1.49	1.63	1.61	1.59	1.63

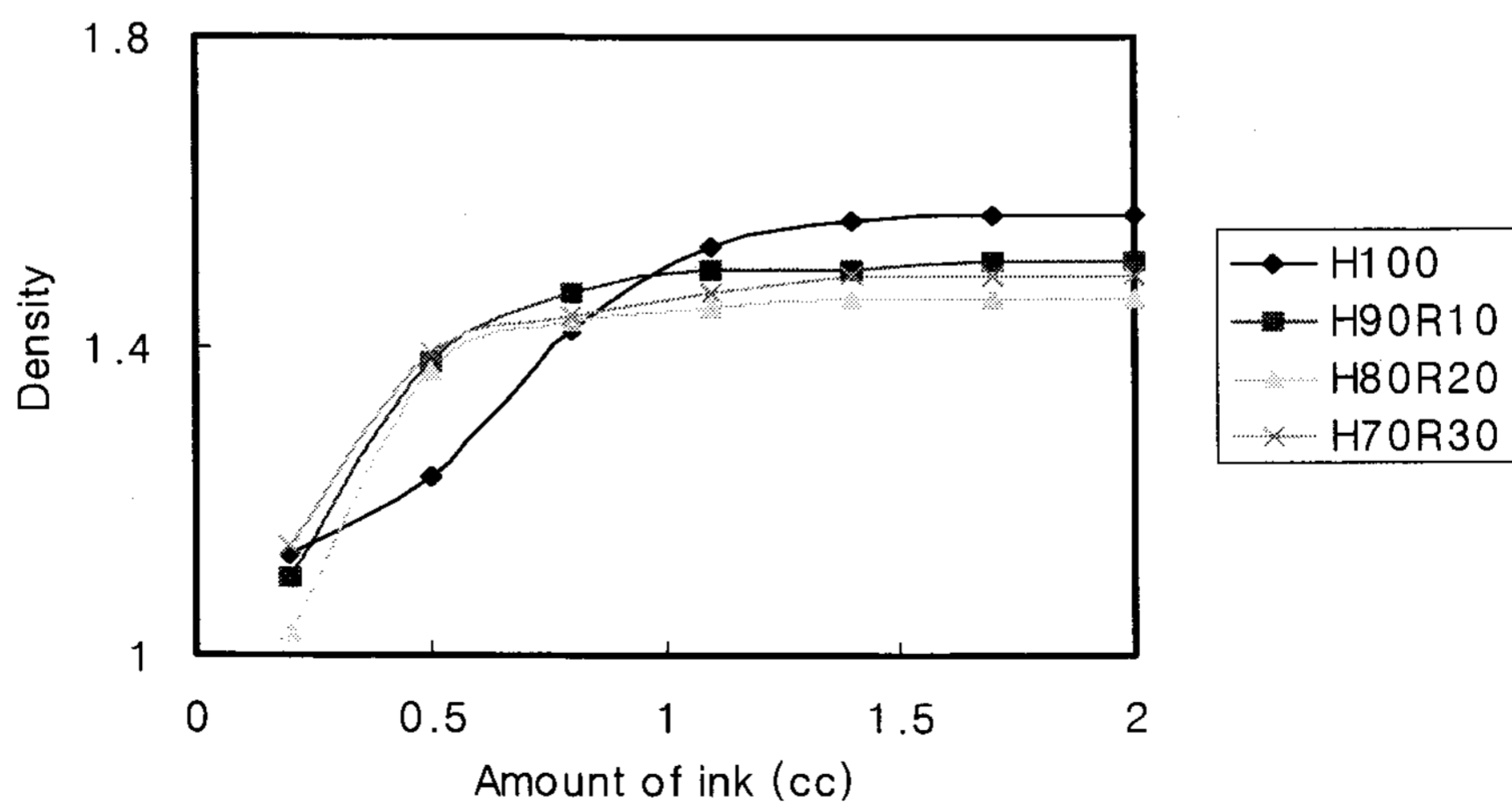


Fig. 7. The result of print density of HwBKP according to adding RAP.

초기 0.3~0.8cc까지 RAP를 첨가하면 홍조가 미세하여 평활도가 높아지기 때문에 인쇄적성 값은 우수해진다. 잉크량 0.2~1cc까지는 RAP가 첨가된 시료의 최대 농도값이 높다. 그러나 잉크량이 충분히 많을 때(1.1~이상)는 순수 HwBKP가 높게 나타난다. 즉, RAP를 첨가하면 평활도가 증가하여 초기 잉크의 흡착이 용이하지만 일정 이상의 잉크량이 공급되면 잉크피복력이 일정수준으로 유지되고 있다. 이러한 현상은 전술했듯이 RAP의 섬유특성으로 인해 섬유간의 공백이 메워짐에 따라 잉크 수용력이 포화에 이르렀다고 추측되므로 인쇄농도의 최대 인쇄적성을 구현하기 위해서는 RAP 섬유 자체의 정제나 기타 후처리를 통해 잉크 수용성을 늘리는 방법과 인쇄농도의 인쇄적성만을 고려한 특수 용지 생산을 목적으로 하는 실험으로 통하여 적정 RAP 혼용비율을 찾는 방법을 모색할 수 있다.

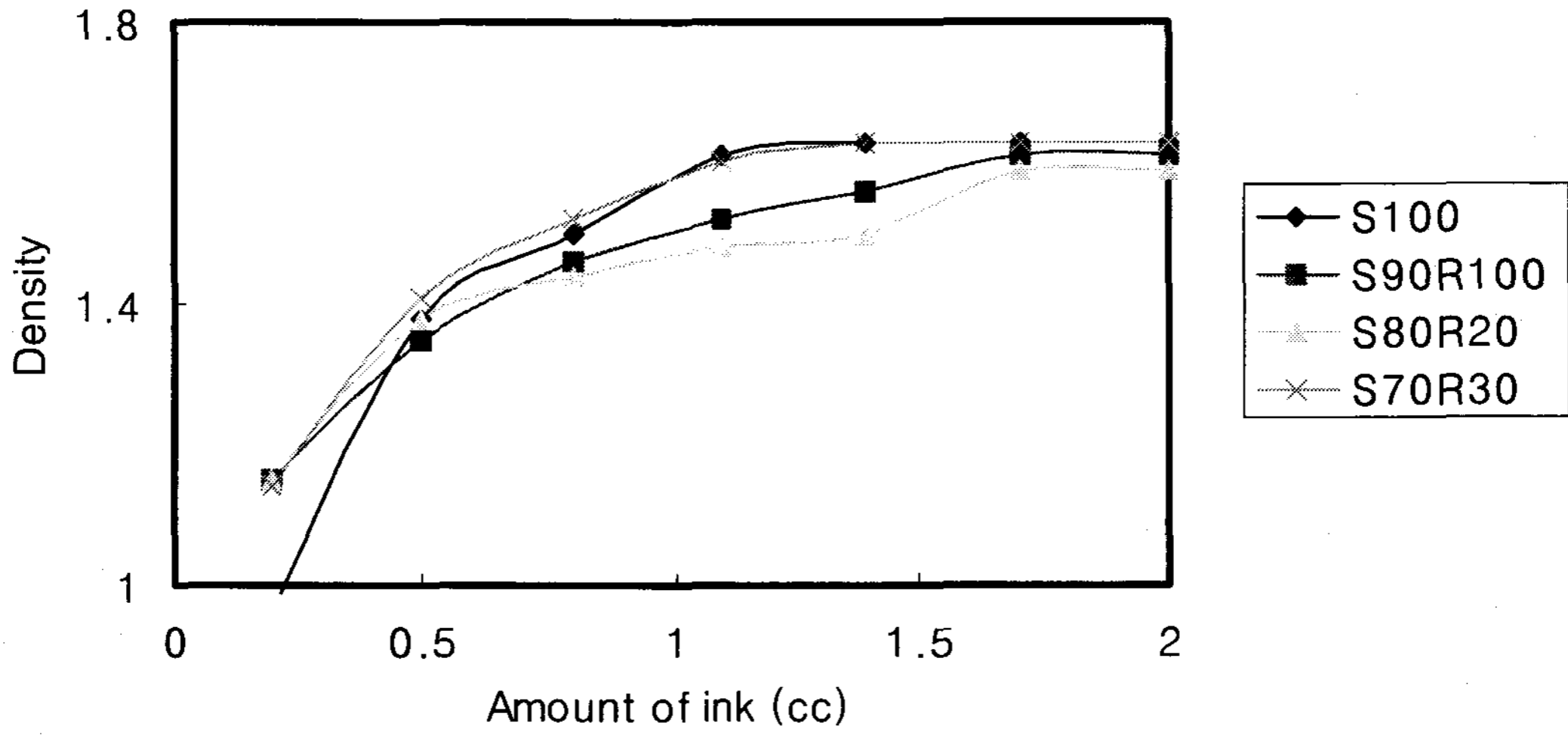


Fig. 8. The result of print density of SwBKP according to adding RAP.

초기 0.2~0.5까지는 RAP 섬유가 첨가된 시료의 인쇄농도의 인쇄적성이 RAP섬유의 특성으로 인해 SwBKP100%보다 양호하다. HwBKP와 비교하였을 때, 최대 인쇄농도는 RAP30%가 첨가된 시료로 나타나 RAP의 영향을 상대적으로 많이 받는다는 것을 알 수 있다. 초기 인쇄농도로부터 최대 잉크공급량(2cc)까지의 인쇄농도를 살펴보면 초기 0.2cc~1cc까지 RAP10~20%까지 첨가된 시료보다 인쇄농도가 양호하며 최대 2cc에서도 HwBKP에서와 달리 SwBKP100%보다 우수한 인쇄적성을 나타내고 있다. 따라서 SwBKP는 HwBKP보다 RAP섬유의 특성이 효과적으로 나타난다고 볼 수 있으며 특히 RAP로 인한 백색도의 증가와 평활도의 증가가 인쇄농도를 높이는 주 원인이 될 것이다. 또한 잉크 피복력 측면에서도 우수함에 따라 SwBKP의 홍조류 사용이 최적의 인쇄농도를 나타내는데 효과적이라고 생각된다.

3-3. 뒤비침 농도변화에 의한 침투속도 측정

인쇄실의 온도와 습도 및 잉크량을 2.0cc, 인쇄속도는 0.3m/s, 인쇄압력을 200N으로 고정시킨 후 각 시료의 뒤비침 농도를 측정하였다. 잉크가 용지에 인쇄되면 먼저 인쇄 압력에 의해 잉크중의 일부 성분은 급격히 용지 속으로 침투되어 들어간다. 그러나 시간이 경과할수록 잉크의 침투 속도는 완화되고 약 30분정도 경과하면 침투는 더 이상 일어나지 않는 결과를 보였다. Fig 9는 시간이 경과함에 따라 뒤비침 농도가 증가하는 일반적인 결과를 나타낸 것이다.¹¹⁾

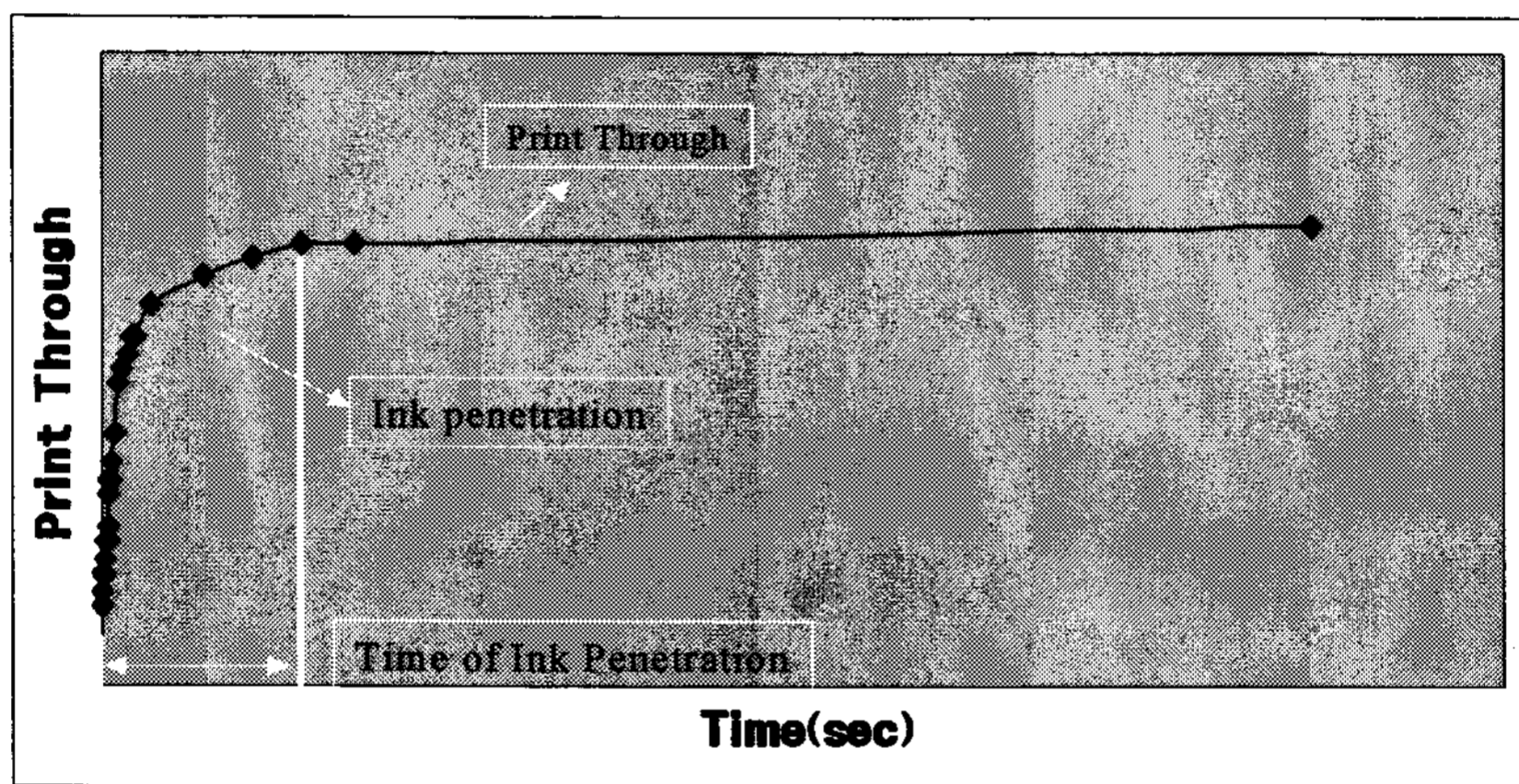


Fig. 9. Print through change according to the rate of ink penetration.

아래 결과는 HwBpk 100%와 HwBpk 70% + RAP 30%의 비교값을 축출하여 나타낸 것이다. 결과에서 보는 바와 같이 일반적인 신문용지나 아트지등에 나타나는 침투 현상은 나타나지 않으며 특히 RAP가 첨가된 종이는 속도가 0에 가깝다. SwBpk도 이와 같은 현상을 보였다.

본 실험에서는 농도값을 실제 인식 가능한 소수점 이하 둘째자리까지 유효 숫자로 두고 실험하였다. 이 값은 일반 신문용지나 아트지의 유효 실험데이터를 참고하여 정한 범위이다. 만약, 소수점 이하 셋째자리까지 농도를 측정하였다면 일반적인 침투모형을 나타낼 수 있었을 것이라 예측된다. RAP를 첨가하지 않은 SwBKP 100%나 HwBKP 100%의 경우 0.01~0.02의 미세한 농도변화를 나타내었으나 RAP가 10~30%까지 첨가된 종이의 농도값은 변화되지 않음을 알 수 있었다. 이것으로 볼 때, 인쇄직후 잉크는 일반 용지와 비교하여 약 10 배이상의 속도로 침투가 이루어짐을 알 수 있으며 이 현상은 뒤비침 특성 과도 연관되어 박엽지 같은 얇은 피인쇄체에 대응할 수 있으리라 생각된다. 원인으로서는 미세섬유가 종이의 평활도를 높이고 공극을 좁혀 잉크의 침투를 차단시키는 것이라고 사료된다.

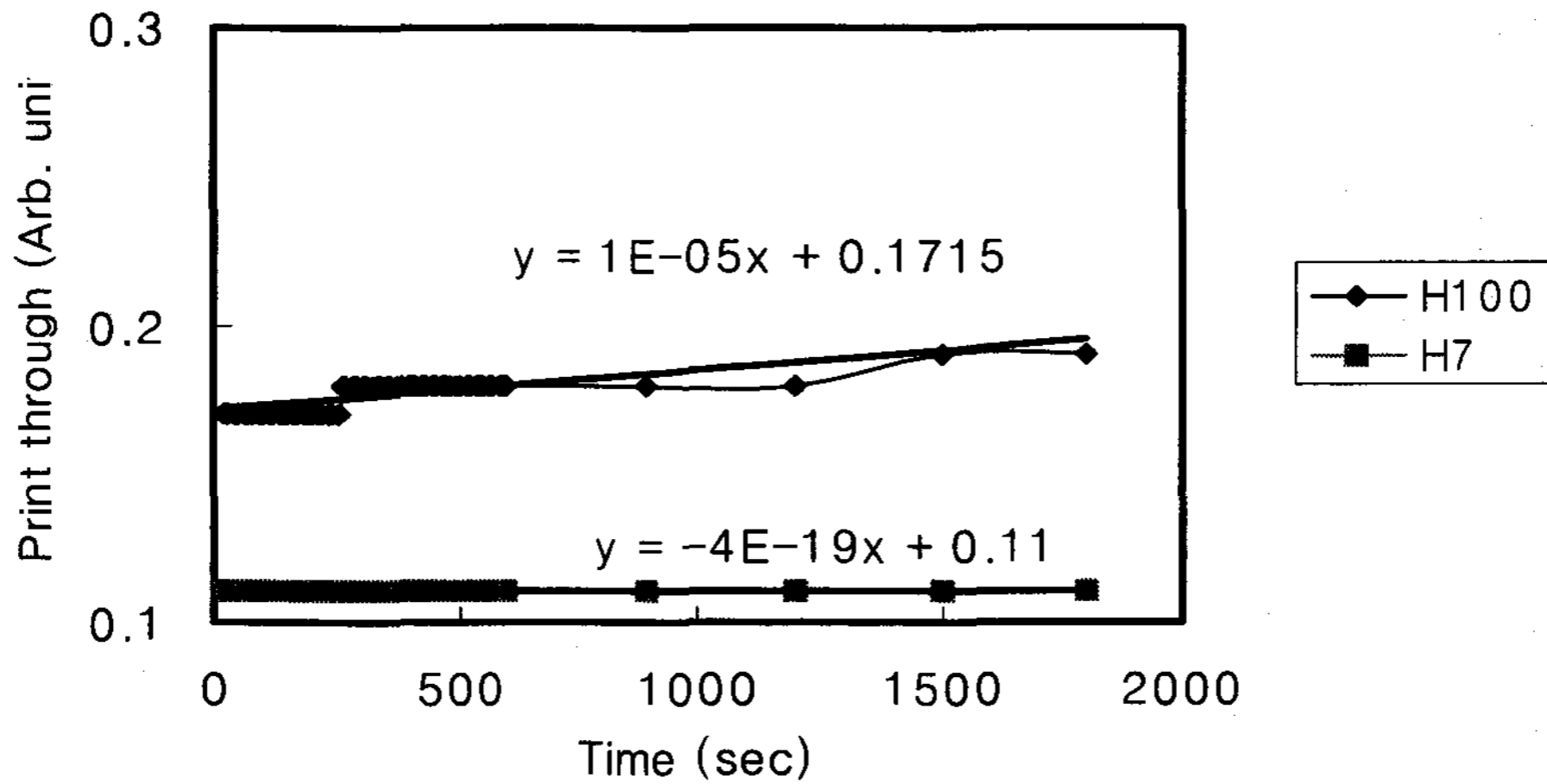


Fig. 10. Ink penetration according to the PT.

4. 결 론

RAP 섬유로 제작된 종이의 인쇄적성 실험의 결론은 다음과 같다.

1. RAP, HwBKP와 SwBKP의 뒤비침을 비교하였을 때, 고해 전의 단계에서 RAP의 뒤비침 값이 가장 낮았고, HwBKP, SwBKP순으로 나타났다. 이는 RAP 섬유의 길이 및 단위 면적당 분포특성에 기인한다고 사료된다.
2. RAP를 10~ 30%까지 HwBKP와 SwBKP에 첨가시킨 결과, 점차 뒤비침 농도가 낮아짐을 알 수 있고 특히 SwBKP는 초기 HwBKP와 비교하였을 때 점차 RAP 섬유투여 비율이 높아질수록 뒤비침 값이 현저하게 낮아졌다. 이는 RAP 섬유의 침투효과를 SwBKP가 가장 많이 받는다고 사료된다.
3. 잉크 공급량에 따른 인쇄농도를 고려하였을 때, 최대 공급량 2.0cc이상의 경우 더 이상 농도가 증가하지 않았으며 특히 SwBKP70%+RAP30%값에서 최고 농도를 나타내므로 인쇄적성을 높일 적정 비율이 있으리라 생각된다.
4. RAP 섬유의 침투속도를 고려하면, RAP를 첨가한 종이의 뒤비침 농도변화가 거의 없으므로 정확한 속도 측정이 용이하지 않았으나 일반용지보다 침투속도가 빠름을 알 수 있었다.

따라서, 홍조류를 이용하면 뒤비침, 인쇄농도 등의 인쇄적성이 우수하여 인쇄분야에 활용도가 높다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) 이영세, 홍조류 섬유를 이용한 특수용지 제조 및 품질특성 연구, 박사학위논문, 충남대학교 (2007).
- 2) 서영범, 이춘한, 이운우, 대체섬유 개발에 관한 연구, KTAPPI 추계 학술발표 논문집, p.94-102, (2005).
- 3) 이유경, 이홍금, 해조류(Algae)의 산업적 이용, 생물 산업, 15(2) (2002).
- 4) Y. S. Lee, D. S. Kim, B. H. Ryu, and S. H. Lee, Antitumor and immuno-modulating effects of seaweeds toward Sarcoma-180 cell, J. Korean Soc., Food Nutr., 21(5), 544-550 (1992).
- 5) K. J. Cho, Y. S. Lee, and B. H. Ryu, Antitumor effect and immunology activity of seaweeds toward Sarcoma-180, Bull. Korean Fish. Soc., 23(5), 345-352 (1990).
- 6) I. Sachie, Dietary fiber and function of digestion and absorbtion, 日本 營養學雜誌, 51(5), 251-258 (1993).
- 7) D. S. Kim, D. S. Lee, D. M. Cho, H. R. Kim, and J. H. Pyeun, Trace components and functional saccharides in marine algae 2. Dietary fiber content and distribution of the algal polysaccharides, J. Korean Fish. Soc., 28(3), 270-278 (1995).
- 8) D. M. Cho, D. S. Kim, D. S. Lee, H.R. Kim, and J. H. Pyeun, Trace components and functional saccharides in seaweed-1. Changes in proximate composition and trace elements according to the harvest season and places, Bull. Korean Fish. Soc., 28(1), 49-59 (1995).
- 9) J. R. Do, Y. J. Nam, J. H. Park, and J. H. Jo, Studies on Chemical Composition of Red Algae, J. Korean Fish. Soc., 30(3), 428-431 (1997).
- 10) Barnum, S.R., Biotechnology, Thomson Learning, Singapole, (1998).
- 11) J. K. Kim, Studies on the rate of ink penetration of Korean Newspapers, 석사학위 논문, 부경대학교 (2006).