

# 주요국산재의 pH 및 Buffering Potential이 요소수지접착제의 Gel시간에 미치는 영향\*1

권진헌 · 한태형 · 류경산\*2

Effect of pH and Buffering Potential of Important Domestic  
Woods on the Gelation Time of Urea-Formaldehyde Resin\*1

Jin Heon Kwon · Tae Hyung Han and Kyung San Ryu\*2

## ABSTRACT

---

The pH and buffering potential for water extract of seven hardwoods and three softwoods were determined. The pH values ranged from 3.81 to 5.51 for hardwoods and 4.08 to 5.49 for softwoods. The gelation time for a urea-formaldehyde resin for each wood was determined and found to be a range of one minute thirty seven seconds to two minutes thirty nine seconds. Results shows that gelation time of a urea-formaldehyde resin was directly correlated to the pH and inversely correlated with acid buffering potential for seven hardwoods and three softwoods aqueous extracts

*Keywords* : gelation time, acid and base buffering potential, urea formaldehyde resin

---

\*1 본 논문은 1998년도 강원대학교 기성회연구비에 의하여 연구 되었음.

\*2 강원대학교 산림과학대학 임산공학과, Department of Wood Science & Technology, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon, 200-702, Korea

## 1. 緒 論

목재를 효율적으로 가공하여 사용하기 위해서는 접착제와 도료를 사용한다. 즉 집성재, 합판, 파티클보드 중밀도 섬유판등을 제조할 때는 엄청난 양의 접착제가 필요하며 가구등을 제조할 때는 많은 양의 도료가 사용된다. 그런데 목재용 접착제나 도료는 목재를 접착시키거나 도장공정시 각 수종에 따라 다른 목재의 pH 및 buffer 상태에 매우 민감하다. 따라서 목재를 효율적으로 접착시키고 도장을 잘하기 위해서는 목재의 pH와 buffering potential을 아는 것이 매우 중요하다.

Campbell과 Bryant(1941), Ingruber(1958), Stamm(1961) 및 Gray(1968) 등은 목재의 pH를 측정하는 방법을 연구하였다. Maloney(1993) 및 Foster(1967)는 목재의 접착공정을 가장 잘 이해하기 위해서는 목재의 pH 및 buffering potential을 알아야 한다고 보고하였다. 즉 목재의 pH값이 극단적인 경우는 접착이 잘 안되는 것으로 보고되고 있다. English oak는 RF(Resorcinol Formaldehyde) 수지나 RPF(Resorcinol/Phenol Formaldehyde) 공축합수지에는 접착이 잘되지 않고 요소수지에는 접착이 잘된다. 그 이유는 oak의 산도가 RF수지의 겔시간 및 경화시간을 지연시키는 것으로 보고되고 있다. 국내에서는 권(1990, 1994)이 수입활엽수재의 pH 및 buffering potential이 요소수지접착제의 겔시간에 미치는 영향을 연구하고 플레이크의 두께와 buffering capacity가 보드의 성질에 미치는 영향을 연구하였는데 각 수종의 pH 및 buffering potential에 따라서 보드의 성질에 영향을 주었으며 석탄산수지보다는 MDI가 더 민감하게 반응하고 있음을 보고하고 있다.

그러므로 목재의 pH와 buffering potential은 접착제의 경화시간과 접착력에 영향을 줄 수 있다. 요소수지는 우리나라의 파티클보드, MDF 및 합판산업에 가장 많이 사용되는 접착제이지만 국내산 수종에 따라 pH 및 buffering potential을 요소수지접착제의 겔시간과 관련시켜서 연구한 논문은 찾아볼 수 없다.

따라서 본 연구의 목적은 국내산 주요수종의 pH 및 buffering potential을 측정하고 그 결과를

요소수지의 겔시간과 비교분석 하고자 한다.

## 2. 材料 및 方法

### 2.1. 실험재료

본 실험에 사용한 수종은 춘천시 봉명리 소재 강원대학교 산림과학대학 부속 학술림내에 있는 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.), 잣나무(*Pinus koraiensis* S. et Z.), 잎갈나무(*Larix gmelini* var. *principisruprechtii* (M<sub>AYR</sub>) P<sub>ILGER</sub>), 굴참나무(*Quercus variabilis* B.L.), 신갈나무(*Quercus mongolica* F<sub>ISCH</sub>), 떡갈나무(*Quercus dentata* Thunberg.), 산뽕나무(*Morus bombycis* K<sub>OLDZ</sub>), 왕버들(*Salix glandulosa* Seem.), 오리나무(*Alnus japonica* (Thunb.) Steud.), 물박달(*Betula davurica* Pallas.) 등 침엽수 3수종과 활엽수 7수종을 사용하였다. 각 수종의 연륜과 가슴높이에서의 직경은 Table 1과 같다.

요소수지는 formaldehyde와 요소의 몰 비율을 1.4 : 1로 하여 실험실에서 제조하였고 제조한 요소수지의 수지율은 60%였다.

Table 1. Annual ring and diameter at breast height of each species

Species	Annual ring	DBH(cm)
Hardwoods		
<i>Quercus variabilis</i> B.L.	19	8.77
<i>Quercus mongolica</i> F <sub>ISCH</sub>	20	6.35
<i>Quercus dentata</i> Thunberg.	22	6.37
<i>Morus bombycis</i> K <sub>OLDZ</sub> .	18	6.37
<i>Salix glandulosa</i> Seem.	19	7.96
<i>Alnus japonica</i> (Thunb.) Steud.	23	6.18
<i>Betula davurica</i> Pallas.	12	6.69
Softwoods		
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	29	13.54
<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z.	12	7.33
<i>Larix gmelini</i> var. <i>principisruprechtii</i> (M <sub>AYR</sub> ) P <sub>ILGER</sub>	16	7.04

## 2.2. 목분제조

각 원목은 수종별로 심재와 변재를 구분하여 휴대용 전기대패를 이용하여 칩의 형태로 제조하여 건조시켰다. 건조된 칩은 율리분쇄기를 이용하여 40메쉬에 통과되도록 분쇄하였다. 분쇄된 목분은 실험할 때까지 각 수종별로 비닐봉지에 담아서 저장하였다.

## 2.3. pH 및 buffering potential 측정

증류수 250g에 기건목분 25g을 20분동안 refluxing하였다. 여과지를 이용하여 여과 시킨후 실온에서 냉각시켰다. 모든 pH 및 buffering potential측정은 Lambuth(1967)방법에 준하여 Model DP 135M pH meter로 측정하였다. pH meter는 측정전에 표준액을 이용하여 pH 7로 정확하게 조정하였다. 추출액 50ml를 150ml 비이커에 담은후 pH meter로 pH를 측정하였으며 buffering potential은 0.025 N NaOH 및 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액으로 pH 3 및 7로 적정하면서 측정하였다. Acid buffering potential은 목재 추출물의 pH를 pH 7로 올리는데 필요한 NaOH의 ml양 x NaOH의 규정농도로 계산하였다.

## 2.4. 요소수지의 겔시간 측정

13 x 100mm 테스트 튜브에 4ml 접착제를 넣고 0.5% NH<sub>4</sub>CL 용액 5방울과 0.7g의 목분을 넣은후 끓는 물에 튜브를 넣고 스테인레스봉으로 휘저으면 갑자기 유동성이 없어지게 되는데 이때의 시간을 측정하였다.

# 3. 結果 및 考察

## 3.1. 각 수종의 pH

각 수종의 pH는 Table 2 와 같다. 실험결과 각 수종의 pH는 3.81에서 5.51범위다. 이중 침엽수재의 값은 4.08에서 5.49의 범위로 측정되었고 활엽수재는 3.81에서 5.51로 측정되어 침엽수보다는 활엽수의 pH값의 범위가 더 크다. 수종별 pH값은 떡갈나무 심재부의 값이 3.81로 가장 낮았고 산뽕나무 심재부의 값이 5.51로 가장 높았다. Stamm

(1964)에 의하면 목재의 pH값은 일반적으로 3.0에서 5.5의 범위라고 보고하였는데 본 실험에서도 비슷한 결과를 나타내고 있다.

각 수종의 심재와 변재간의 pH값을 비교해보면 동일수종이라도 심재와 변재간에 pH값은 차이를 나타내고 있다. 활엽수에서 심재와 변재간의 차이가 가장 작은 것은 오리나무로 오리나무의 심재는 4.90이고 변재는 5.02로 그 차이는 0.12다. 그러나 떡갈나무의 경우는 심재가 3.81이고 변재는 4.73으로 그 차이는 0.92로 오리나무에 비해서 크다. 침엽수에서 심재와 변재간의 차이가 가장 적은 것은 소나무로 소나무의 심재는 4.61이고 변재는 4.71로 그 차이는 0.10으로 활엽수의 오리나무보다 더 적다. 잣나무의 경우는 심재가 5.49이고 변재가 4.08로 그 차이가 1.41로 활엽수의 떡갈나무보다 더 크다.

권(1990)의 연구에서 카포, 라왕, 미송 및 햄록으로 연구한 결과에 의하면 pH값이 가장적이고 buffering potential 그래프가 가장 차이가 많이 나는 카포로 제조한 플라이크보드의 접착력이 나머지 수종과 비교하여 가장 적었다. 특히 석탄산접착제보다는 MDI접착제가 더 민감하게 반응하여 더 적은 접착력을 나타냈다.

## 3.2. Buffering potential

Buffering potential은 acid buffering potential과 base buffering potential 그리고 total buffering potential이 있다. 결과는 Table 2 와 같다. Acid buffering potential은 떡갈나무의 심재가 0.300으로 가장 큰 값을 나타내고 오리나무 변재와 잣나무 심재가 각각 0.014, 0.018로 가장 작은 값을 나타내고 있다. 재미있는 사실은 Acid buffering potential이 가장 큰 떡갈나무의 pH는 3.81로 모든 수종 중 pH값이 가장 적었다. Acid buffering potential이 가장 적은 오리나무 변재의 pH는 5.02로 비교적 큰 편에 속하고 있다. 이러한 현상은 권(1994)이 연구한 수입 활엽수재의 pH 및 buffering potential이 요소수지접착제의 Gel시간에 미치는 영향에서 동일한 경향을 나타내고 있다. 그러나 base buffering potential은 acid buffering potential의 결과와 다르다. 즉 base buffering

potential값이 가장 큰 수종은 산뽕나무 심변재로 각각 0.308, 0.265이며 가장 작은 수종은 잎갈나무 심재로 0.085다. Total buffering potential은 acid와 base buffering potential이 가장 큰 떡갈나무 심재와 산뽕나무 심재가 각각 0.396, 0.329이고 가장 적은 수종은 오리나무 변재와 잣나무 심재로 각각 0.109, 0.112다. 따라서 pH와 base 및 total buffering potential과의 관계는 일정한 경향을 찾아 볼 수 없다.

각 수종별 buffering potential은 Fig. 1, 2, 3 과 같다. Fig. 2 와 Table 2에 보면 떡갈나무 심재는 신갈나무 및 오리나무 심변재, 떡갈나무 변재와

buffering potential이 다른 경향을 보여주고 있다. Fig. 1과 Table 2을 보면 Fig.2의 떡갈나무 심재보다는 크지 않지만 역시 buffering potential이 차이가 있음을 보여주고 있다. Fig. 3은 모든 수종의 acid buffering potential은 비슷한 경향을 보여주고 있다. 이러한 경우는 접착제의 겔시간과 접착력에 차이가 있으리라 생각된다. 권(1990)은 플라이크의 두께와 buffering capacity가 보오드의 성질에 미치는 영향에서 buffering capacity가 차이가 나는 카포가 다른 수종에 비하여 접착력이 현저하게 저조함을 보고하였다. 특히 석탄산 접착제보다는 MDI접착제가 더 저조하였다.

Table 2. The pH and buffering potential of three softwoods and seven hardwoods

Species	HW/SW	pH	Buffering Potential		
			Acid	Base	Total
Hardwood					
<i>Quercus variabilis</i> B.L.	Heartwood	5.40	0.043	0.241	0.284
	Sapwood	4.89	0.037	0.158	0.195
<i>Quercus mongolica</i> FISCH	Heartwood	4.66	0.067	0.113	0.180
	Sapwood	4.81	0.044	0.173	0.217
<i>Quercus dentata</i> Thunberg	Heartwood	3.81	0.300	0.096	0.396
	Sapwood	4.73	0.060	0.199	0.259
<i>Morus bombycis</i> K.OLDZ.	Heartwood	5.51	0.021	0.308	0.329
	Sapwood	5.23	0.025	0.265	0.290
<i>Salix glandulosa</i> Seem.	Heartwood	4.94	0.029	0.109	0.138
	Sapwood	4.54	0.052	0.128	0.180
<i>Alnus japonica</i> (Thunb.) Steud.	Heartwood	4.67	0.036	0.096	0.132
	Sapwood	5.03	0.022	0.143	0.165
<i>Betula davurica</i> Pallas.	Heartwood	4.90	0.035	0.126	0.161
	Sapwood	5.02	0.014	0.095	0.109
Softwood					
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	Heartwood	4.61	0.039	0.111	0.150
	Sapwood	4.71	0.026	0.091	0.117
<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z.	Heartwood	5.49	0.018	0.094	0.112
	Sapwood	4.08	0.068	0.113	0.181
<i>Larix gmelini</i> var. <i>principisruprechtii</i> (MAYR) PILGER	Heartwood	5.25	0.046	0.085	0.131
	Sapwood	4.80	0.039	0.166	0.205

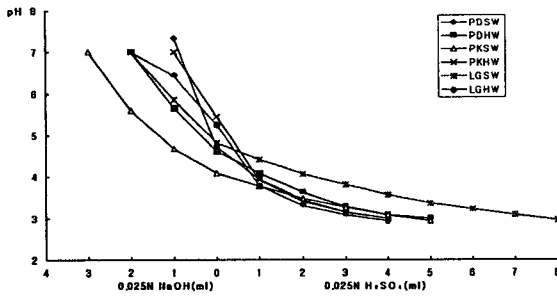


Fig. 1 The pH and buffering potential of three softwoods.

PDSW : *Pinus densiflora* S. et Z, Sapwood,  
 PKSW : *Pinus koraiensis* S. et Z Sapwood,  
 PDHW : *Pinus densiflora* S. et Z Heartwood,  
 PKHW : *Pinus koraiensis* S. et Z Heartwood,  
 LGSW : *Larix gmelini* var. *principisruprechtii* (MAYR) PILGER Sapwood,  
 LGHW : *Larix gmelini* var. *principisruprechtii* (MAYR) PILGER Heartwood

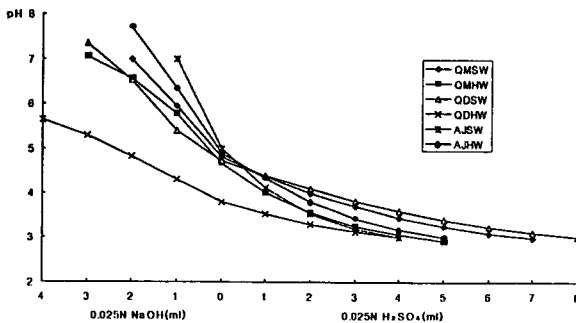


Fig. 2 The pH and buffering potential of three hardwoods.

QMSW : *Quercus mongolica* FISCH Sapwood,  
 QDSW : *Quercus dentata* Thunberg Sapwood,  
 QMHW : *Quercus mongolica* FISCH Heartwood,  
 QDHW : *Quercus dentata* Thunberg Heartwood,  
 AJSW : *Alnus japonica* (Thunb.) Steud. Sapwood,  
 AJHW : *Alnus japonica* (Thunb.) Steud. Heartwood

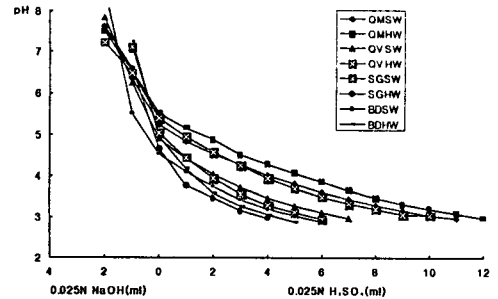


Fig. 3 The pH and buffering potential of four hardwoods.

QMSW : *Quercus mongolica* FISCH Sapwood,  
 QVSW : *Quercus variabilis* BL. Sapwood,  
 QMHW : *Quercus mongolica* FISCH Heartwood,  
 QVHW : *Quercus variabilis* BL. Heartwood,  
 SGSW : *Salix glandulosa* Seem. Sapwood,  
 SGHW : *Salix glandulosa* Seem. Heartwood,  
 BDSW : *Betula davurica* Pallas. Sapwood,  
 BDHW : *Betula davurica* Pallas. Heartwood

### 3.3. 요소수지의 겔 시간

요소수지의 겔 시간은 Table 3 과 같다. 겔 시간이 비교적 긴 수종은 잣나무 심재 > 산뽕나무 변심재 > 잎갈나무 심재 순이며 겔 시간이 짧은 수종은 물박달, 떡갈나무 및 신갈나무 심재로 각각 1분 37초, 1분 39초순이다. 흥미로운 것은 요소수지 겔 시간이 긴 수종은 pH값이 크고 겔 시간이 비교적 짧은 수종은 대체로 pH값이 작다. 따라서 요소수지의 겔 시간은 acid buffering potential과 반대의 경향이 있음을 알 수 있다. 이러한 경향은 권(1994)의 결과와 같은 경향을 나타내고 있다. 다만 국내산 수종의 겔시간은 1분37초에서 2분39초사이인데 수입활엽수재는 이보다 대체로 시간이 길다.

## 4. 結 論

국내산 수종중 침엽수 3수종, 활엽수 7수종을 선정하여 pH, acid 및 base buffering potential, 요소수지의 겔 시간을 측정 한 결과는 다음과 같다.

Table 3. The buffering potential and gelation time of three softwoods and seven hardwoods

Species	HW/SW	Gelation time (min.,sec.)	Buffering Potential		
			Acid	Base	Total
Hardwood					
<i>Quercus variabilis</i> B.L.	Heartwood	2.01	0.043	0.241	0.284
	Sapwood	2.11	0.037	0.158	0.195
<i>Quercus mongolica</i> FISCH	Heartwood	1.39	0.067	0.113	0.180
	Sapwood	2.02	0.044	0.173	0.217
<i>Quercus dentata</i> Thunberg	Heartwood	1.39	0.300	0.096	0.396
	Sapwood	1.49	0.060	0.199	0.259
<i>Morus bombycis</i> KOLDZ.	Heartwood	2.24	0.021	0.308	0.329
	Sapwood	2.35	0.025	0.265	0.290
<i>Salix glandulosa</i> Seem.	Heartwood	1.44	0.029	0.109	0.138
	Sapwood	1.37	0.052	0.128	0.180
<i>Alnus japonica</i> (Thunb.) Steud.	Heartwood	1.51	0.036	0.096	0.132
	Sapwood	1.57	0.022	0.143	0.165
<i>Betula davurica</i> Pallas.	Heartwood	1.49	0.035	0.126	0.161
	Sapwood	1.53	0.014	0.095	0.109
Softwood					
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	Heartwood	1.55	0.039	0.111	0.150
	Sapwood	1.57	0.026	0.091	0.117
<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z.	Heartwood	2.39	0.018	0.094	0.112
	Sapwood	1.51	0.068	0.113	0.181
<i>Larix gmelini</i> var. <i>principisruprechtii</i> (M <sub>AYR</sub> ) P <sub>ILGER</sub>	Heartwood	2.12	0.046	0.085	0.131
	Sapwood	2.26	0.039	0.166	0.205

1. 각 수종의 pH는 3.81에서 5.51의 범위다.
2. pH와 acid buffering potential의 관계는 부의 상관관계가 있다.
3. pH와 겔 시간과의 관계는 정의 상관관계가 있다.
4. 겔 시간과 acid buffering potential과는 대체로 부의 상관관계가 있다.
5. 겔 시간의 범위는 1분 37초에서 2분 39초다.

### 참고 문헌

1. Campbell, G. and S. A. Bryant. 1941. Determination of pH in wood. Nature 147 : 357.
2. Foster, William G. 1967. Species variation: Proceedings of the First Annual Particleboard Symposium, pp. 13 - 22.

3. Gray, V. R. 1958. The acidity of wood. *J. Inst. Wood Sci.* 1 : 58 - 64.
4. Ingruber, O. V. 1958. The behavior of wood and wood constituents as acid-buffering systems. *Pulp Paper Mag. Can. Nov.* 59 : 135 - 141.
5. Kwon, J. H. 1990. Effect of flake thickness and buffering capacity on flakeboard properties. Unpublished report.
6. Kwon, J. H. 1990. Effect of flake thickness and buffering capacity on flakeboard properties. *J Korea Forestry Energy* 10(1) : 14 - 21.
7. Kwon, J. H. 1994. Impact of pH and buffering potential of imported hardwood on the gelation time of urea-formaldehyde resin. *Furniture* 5(2) : 31 - 35.
8. Lambuth, A. L. 1967. Procedure for determining the pH and buffering capacity of wood. Lab. Test Method No. 142, Monsanto Company Seattle Research.
9. Maloney, T. M. 1993. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Publication, San Francisco.
10. Rayner, C. A. A. 1965. Synthetic organic adhesives, pp. 186-352. In : Houwink, R. and Salomon eds. *Adhesive and adhesives*, Vol. 1. Elsevier Publishing Company.