

智異山産 潤葉樹材 AcBr(acetyl bromide) Lignin의 UV Spectrum에 對한 考察*¹

李東一*² · 文昌國*²

Studies on the UV Spectrum of AcBr Lignin from Hardwood Grown in Mt. Jiri*¹

Dong IL Lee*² · Chang Kuck Moon*²

Abstract

These experiments were carried out to determine the ultraviolet absorption spectra of AcBr lignins(acetyl bromide lignin) from 10 hardwood species grown in Mt. Jiri.

1. There were 3 peak positions, at 249nm(max. peak), at 262--266nm(shallow min. peak) and at 270--280nm(lower max. peak). The Björkman lignin and lignin sulfonatic acid spectra had shoulders, but the AcBr lignin didn't.
 2. Average absorbances of the AcBr lignin at peak positions were 0.457 ± 0.0077 at 249nm, 0.297 ± 0.0029 at 262--266nm and 0.309 ± 0.0067 at 270--280nm.
 3. Average absorptivities of the AcBr lignin at peak positions were 25.005 ± 0.3825 at 249nm, 16.264 ± 0.2347 at 262--266nm and 16.863 ± 0.3444 at 270--280nm.
 4. AcBr lignin absorptivities in each species were as follows:
 16.939 ± 0.3735 in *Acer pseudo-sieboldianum* var. *koreanum*, 17.411 ± 0.2937 in *Carpinus laxiflora*, 16.579 ± 0.4348 in *Cornus controversa*, 16.385 ± 0.4140 in *Fraxinus rhynchophylla*, 16.287 ± 0.4156 in *Meliosma myriantha*, 16.492 ± 0.1432 in *Platycarya strobilacea*, 16.343 ± 0.3177 in *Prunus sargentii*, 17.549 ± 0.3253 in *Sophora japonica*, 18.400 ± 0.2925 in *Stewartia koreana*, 16.245 ± 0.4339 in *Styrax obassia*.
 5. As the spectra of AcBr lignin from hardwood showed the unpromounced peak from 270nm to 280nm, it was supposed that the hardwood lignins were the guaiacyl-syringyl copolymers.
- Key words: Ultraviolet absorption spectra, AcBr lignin, hardwood, absorbance, absorptivity.

1. 緒 論

리그닌의 UV spectrum에 對한 研究는 1936年 A.J. Bailey⁵⁾에 依해 提示되었는데 그는 protolignin의 UV spectrum은 205nm 附近과 270-280nm

附近에서 特徴적인 吸收帶를 가진다고 하였다.

그후 R.F. Patterson²⁵⁾, G. Aulin-Erdtman¹⁾ 등은 lignin의 各種 芳香核은 UV spectrum 上에서 各各 다른 吸光度를 보인다고 하였으며, R.L. Browning⁸⁾은 리그닌의 모델 化合物에 對하여

*1. 接受 8月 20日 Received Aug. 20, 1986.

*2. 慶尙大學校 農科大學 College of Agriculture, Gyeongsang National University, Jinju 620, Korea.

UV spectrum의 特徵을 調査하였고, J.C. Pew²⁶⁾, F.E. Brauns⁷⁾ 등은 各種 溶媒에 녹은 soluble lignin에 對하여 UV spectrum上에서 定量 可能한 吸收帶를 調査 開發하였다.

이와 같이 리그닌의 定量에 있어서도 各種 리그닌의 分光學的 特性에 따라 spectrum上에서 推定하고자 하는 方法이 많이 研究되었는데, 그중 특히 D.B. Johnson²⁰⁾ 등은 리그닌 定量의 새로운 方法을 開發하였는데, 그들은 木粉이 acetyl bromide에 완전히 녹는 것을 觀察하고 木粉과 acetyl bromide의 混合溶液을 acetic acid로 稀釋하여 UV spectrum上에서 特徵을 分析하고, 280nm에서 吸光度를 測定하여 리그닌을 定量하는 새로운 方法을 發表하였다. 이 方法의 特徵은 在來의 in vitro method보다 微量의 試料를 使用하여 迅速히 定量할 수 있다는데 있었고, 以後의 研究者들은 이 方法을 AcBr method라 하고, 이 方法으로 定量되는 리그닌을 J. Marton은 AcBr lignin이라 하였다.

以後 이 AcBr lignin에 對해서는 많은 研究가 있었는데, Y.T. Wu와 J.W. Wilson³³⁾은 캐나다 産 5樹種의 針葉樹材 리그닌을 UV를 利用하여 分光學的으로 定量을 시도하였으며, J. Marton²²⁾은 AcBr method로써 펄프와 종이中의 리그닌을 定量하여 Kappa number와의 關係를 調査發表하였다. 또 M.O. Bagby⁴¹⁾ 등은 kenaf材 纖維素에 對하여 klason lignin과 AcBr lignin의 含量值間의 關係를 調査하였는데, acetic acid 대신에 alcohol로 稀釋하여 吸收度를 測定한 것이, Johnson method와 다른 점이다. 또 Y. Musha와 D.A.I. Goring²⁴⁾은 guaiacyl lignin, Syringyl lignin 및 guaiacyl-syringyl lignin에 對한 UV spectrum의 特徵을 研究發表하였고, J.D. Vanzyl³²⁾은 acetyl bromide 處理時間과 水分含量이 UV 吸光度에 미치는 影響을 調査하였으며, S. Saka, D.A.I. Goring¹⁵⁾ 등은 이와같은 lignin spectrum의 特性을 利用하여 木材組織, 木纖維, 假導管, 放射組織內의 리그닌 特性을 調査하였는데, 특히 潤葉樹材의 導管에 存在하는 리그닌은 guaiacyl lignin이고, 木纖維와 放射組織內에 存在하는 리그닌은 syringyl 리그닌이라 하였다.

國內에서는 黃¹⁷⁾, 尹³⁴⁾ 등이 各種 리그닌 모델 化合物의 UV spectrum에 對하여 研究發表한 바 있고, 趙¹⁰⁾는 자작나무의 木粉 및 펄프 試料中의 리그닌 含量을 AcBr method로써 推定報告한 바

있다. 趙¹³⁾, 成³¹⁾ 등은 智異山産 針葉樹材 및 참나무材에 對한 AcBr lignin의 UV spectrum의 特徵을 調査發表한 바 있다.

近來에 와서 리그닌의 光學的 研究는 더욱 發展하여 S. Saka²⁸⁾ 등은 UV와 EDXA法(Energy Dispersive X-ray Analysis)을 利用하여 protolignin의 性質을 在來의 化學分析法을 쓰지 않고 調査發表한 바 있다.

著者は 智異山에 自生하는 10個 樹種의 潤葉樹材의 AcBr lignin과 그 UV spectrum의 特徵을 調査하고 그 吸光係數를 決定하여 潤葉樹材 AcBr lignin 含量推定의 基礎資本을 얻고져 本研究를 試圖하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 供試木

智異山(경남 산청군 삼장면 대포리 해발 600m)의 天然生 混洮林에서 正常生長을하고 있는 10種의 潤葉樹材를 供試木으로 選定하여 試料를 採取하였다.

供試木의 樹齡과 規格은 Table. 1과 같다.

2.2 試料調製 및 分析方法

供試木은 樹高의 1/3附近에서 圓盤을 採取하여 化學分析用으로는 40-60메쉬 木粉, 分光分析用으로는 80 메쉬 木粉을 調製하여 試料로 使用하였다.

分光分析用 試料는 Johnson method에 따라 調製하였으며, 酸加水分解에 依한 리그닌의 定量은 JIS method(JIS p8008)¹⁸⁾에 따랐다.

2.3 UV Spectrum 측정 및 計算

測定器機는 UV-Vis Spectro photometer(Hitachi)로 photometric range: 1. Scan Speed: 240nm/min. 波長: 190-370nm에 固定하여 測定하였다. Spectrum의 吸光係數는 Beer-Lambert法則에 따라 計算하였다.

3. 結果 및 考察

Table 2에서 보는바와 같이 좁은잎단풍나무材는 Spectrum上的 最大頂點이 249nm에 있고 이때

Table 1. Locality, age, height and DBH of sample trees

Species	Locality	Age	Height(m)	DBH(cm)	Remark
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i> <i>var.koreanum</i>	Jangdang	30	9	6	
<i>Carpinus laxiflora</i>	"	25	11	8	
<i>Cornus controversa</i>	"	15	10	12	
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	"	25	12	10	
<i>Meliosma myriantha</i>	"	23	8	10	
<i>Platycarya strobilacea</i>	"	30	15	13	
<i>Prunus sargentii</i>	"	20	10	12	
<i>Sophora japonica</i>	"	30	11	9	
<i>Stewartia koreana</i>	"	20	10	7	
<i>Styrax obassia</i>	"	33	9	9	

Table 2. Absorbance of AcBr lignin

Species	Range of wave length (nm)	Absorbance			Remark
		Max. peak (249nm)	Lower peak (270~280nm)	max-Shallow min- peak (262-266nm)	
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i> <i>var. koreanum</i>	200-310	0.478±0.0061	0.340±0.0065	0.316±0.0054	Max. peak:Maximum peak
<i>Carpinus laxiflora</i>	"	0.432±0.0039	0.283±0.0048	0.280±0.0033	
<i>Cornus controversa</i>	"	0.502±0.0109	0.316±0.0084	0.314±0.0072	Lower max. peak: Lower maximum peak
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	"	0.411±0.0139	0.291±0.0081	0.276±0.0051	peak
<i>Meliosma myriantha</i>	"	0.488±0.0047	0.333±0.0091	0.308±0.0039	
<i>Platycarya strobilacea</i>	"	0.496±0.0083	0.307±0.0047	0.304±0.0040	Shallow min. peak: Shallow minimum peak
<i>Prunus sargentii</i>	"	0.474±0.0094	0.324±0.0067	0.311±0.0041	peak
<i>Sophora japonica</i>	"	0.435±0.0071	0.306±0.0057	0.299±0.0035	
<i>Stewartia koreana</i>	"	0.405±0.0037	0.281±0.0045	0.274±0.0047	
<i>Styrax obassia</i>	"	0.452±0.0087	0.304±0.0082	0.288±0.0039	
Mean	"	0.457±0.0077	0.309±0.0067	0.297±0.0029	

의 흡광도는 0.478 ± 0.0061 이고, 最小頂點은 262-266nm에서 나타나고 흡광도는 0.316 ± 0.0054 이며, 또 中間 頂點은 270-280nm에 있었으며 이때의 흡광도는 0.340 ± 0.0065 였다. 서어나무材는 Spectrum上에서 最大頂點, 最少頂點, 中間頂點 등 3個의 特徵의인 頂點이 各各 249nm, 262-

266nm, 270-280nm에 있었으며 이때의 흡광도는 各各 0.432 ± 0.0039 , 0.280 ± 0.0033 , 0.283 ± 0.0048 이었다.

충청나무材에서 이들 頂點의 흡광도를 보면 0.502 ± 0.0109 (249nm), 0.314 ± 0.0072 (262-266nm), 0.316 ± 0.0084 (270-280nm) 등이었고

물푸레나무材는 이들 頂點의 吸光度가 各各 0.411±0.0139(249nm), 0.276±0.0051(262-266nm), 0.291±0.0081(270-280nm) 등으로 나타났다.

나도밤나무材는 最大頂點의 吸光度가 0.488±0.0047(249nm), 最少頂點의 吸光度가 0.308±0.0039(262-266nm), 中間頂點의 吸光度가 0.333±0.0091(270-280nm)이었으며 굴피나무材는 最大頂點 249nm의 吸光度는 0.496±0.0083, 最少頂點 262-266nm의 吸光度는 0.304±0.0040, 中間頂點 270-280nm의 吸光度는 0.307±0.0047이었다.

산벚나무材를 보면 最大頂點은 249nm이며, 吸光度는 0.474±0.0094이고, 最少頂點은 262-266nm에 나타나서 吸光度는 0.311±0.0041이며 또 中間頂點은 270-280nm이며 吸光度는 0.324±0.0067을 보였고, 회화나무材는 各 頂點의 波長이 249nm, 262-266nm, 270-280nm였으며 이때의 吸光度는 各各 0.435±0.0071, 0.299±0.0035, 0.306±0.0057이었다.

노각나무材는 最大頂點이 249nm, 最少頂點이 262-266nm, 中間頂點이 270-280nm에 存在하였으며 이때의 吸光度는 各各 0.405±0.0037, 0.274±0.0047, 0.281±0.0045였었고 쪽동백나무材는 吸光度가 各各 0.452±0.0087(249nm), 0.288±0.0039(262-266nm), 0.304±0.0082(270-280nm)로 나타났다.

以上에서 고찰한바, 서어나무, 층층나무, 굴피나무, 노각나무 등의 材는 AcBr lignin의 Spectrum上에서 最少頂點과 中間頂點의 吸光度 數値는 비슷한 경향을 나타내며, 좁은잎단풍, 나도밤나무 등은 差異가 약간 보였으나 AcBr lignin 頂點의 波長을 보면 櫟葉樹 리그닌의 特徵을 보여주는 270-280nm에서 10個 樹種 모두 完만한 頂點을 보여주고 있는 點이 一致하고 있으며, 또 262-266nm에서 最少頂點이 나타나고, 249nm에서 最大頂點이 나타나는 點 역시 全材料에서 모두 一致하였다.

리그닌 UV Spectrum의 형태는 리그닌의 種類에 따라 多少 다르기는 하나 全體적으로 보면 250nm 最近의 最大 吸光度에서 260nm附近의 最少 吸光度까지 波長이 계속 增加함에 따라 吸光度가 減少하다가 280nm 附近에서 또하나의 中間 吸光度를 이루고, 이후는 300nm 附近에서 肩(Shoulder)를 보일 뿐 繼續 減少하는것이 가장

一般的인 리그닌의 UV Spectrum이라고 보고 있으나, 本 研究의 AcBr lignin의 UV Spectrum에서는 Fig.1에서 보는 바와 같이 249nm以下의 短波長에서는 전혀 커브(Curve)가 없고, 249nm부근의 最大頂點에서 漸次減少하여 262-266nm에서 最少頂點을 보이다가 다시 增加하여 270-280nm에서 中間頂點을 이루고, 그 以後 波長의 增加에 따라 吸光度는 繼續 減少하는 傾向을 보였으며, Fig.2의 Björkman lignin이나 lignin sulfonic acid 등이 보여주는 肩(Shoulder)을 보이지 않는 것이 다른 리그닌의 UV Spectrum과 差異點이라 할수 있다. 그리고 262-266nm의 最少頂點과 270-280nm의 中間頂點은 대체적으로 구별이 뚜렷하지 않는것이 特徵이다.

Fig.3에서 보는바와 같이 Aulin-Erdtman,²⁵ Pew²⁶, Lang²¹)에 依하면 guaiacyl lignin은 正確히 280nm에서 獨特한 吸光度 頂點을 이루고 syringyl lignin은 270nm부근에서 또 guaiacyl-syringyl lignin은 270-280nm에서, P-hydroxy系 리그닌 유도체는 250-260nm에서 吸光度 最大頂點이 나타나며, 最少頂點은 guaiacyl lignin.

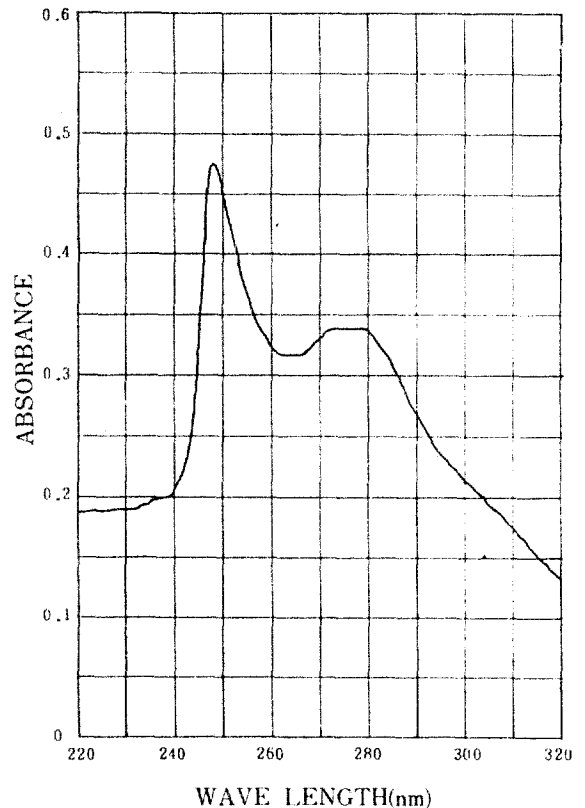


Fig. 1. UV spectrum of lignin in *AcBr pseudo-sieboldianum var. koreanum*.

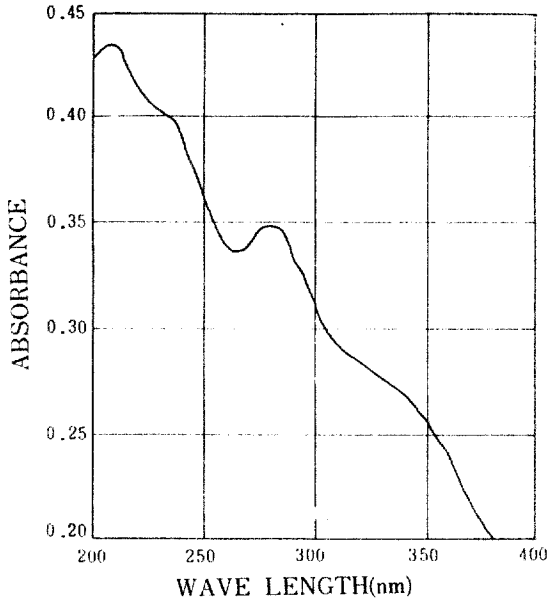


Fig. 2. Ultraviolet absorption of lignin sulfonic acid(A. Björkman et al 1947).

syringyl lignin 別로 各各 250nm 부근, 250-260nm 부근에 存在하는데 대조적으로 P-hydroxy系 lignin 유도체는 最少 頂點이 나타나지 않는다고 報告하였다.

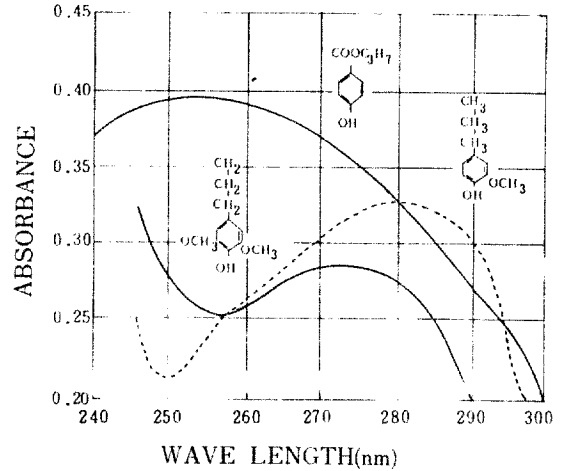


Fig. 3. Spectra of guaiacyl [Aulin-Erdtman 1953], syringyl [Pew 1962] and p-hydroxy[Lang 1963] model compounds.

本 實驗의 研究結果로는 最少 頂點이 Aulin-Erdtman 등이 提示한 Spectrum과 같은 波長에서 나타나지 않고 262-266nm에 나타났으나, 中間 最大 吸光度를 보이는 위치가 모두 270-280nm이므로 Vanzyl³²⁾의 研究結果에 依하면 250nm 부근의 最大 頂點을 보이는 것은 모든 AcBr lignin의 特

Table 3. Absorptivity of AcBr lignin calculated by Beer-Lambert's law

Species	Absorptivity(K)			b	c	Remark
	Max.peak (249 nm)	Lower Max.peak (270-280 nm)	Shallow min. peak (262-266 nm)			
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i> <i>var. koreanum</i>	23.814±0.2572	16.939±0.3735	15.743±0.2424	1	26.710	Beer-Lambert's law
<i>Carpinus laxiflora</i>	26.578±0.2417	17.411±0.2937	17.226±0.2017	1	22.733	K=ab ⁻¹ c ⁻¹
<i>Cornus controversa</i>	26.338±0.4039	16.579±0.4348	16.474±0.3693	1	25.329	K:Absorptivity
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	23.281±0.7463	16.385±0.4140	15.633±0.2909	1	23.539	(Mean±SE)
<i>Meliosma myriantha</i>	23.868±0.2218	16.287±0.4156	15.064±0.1269	1	27.189	b:Cell thick-
<i>Platycarya strobilacea</i>	26.646±0.4062	16.492±0.1432	16.331±0.2123	1	24.639	ness(cm)
<i>Prunus sargentii</i>	23.909±0.4375	16.343±0.3177	15.687±0.1959	1	26.469	c:Lignin
<i>Sophora japonica</i>	24.947±0.4083	17.549±0.3253	17.147±0.1984	1	23.004	content(%)by
<i>Stewartia koreana</i>	26.520±0.2396	18.400±0.2925	17.942±0.3042	1	20.362	JIS Method
<i>Styrax obassia</i>	24.153±0.4625	16.245±0.4339	15.390±0.2049	1	24.952	
Mean	25.005±0.3825	16.863±0.3444	16.264±0.2347	1	24.493	

微이라 하였고, 또 Browning⁸⁾에 依하면 針葉樹材 리그닌은 guaiacyl系 單一系라고, 潤葉樹材 리그닌은 guaiacyl系과 syringyl系이 無作爲로 共重合된 리그닌이라고 報告하였으므로 本實驗에서 얻은 潤葉樹材 AcBr lignin도 guaiacyl-syringyl複合 리그닌으로 思料되는데, 이 問題에 對해서는 앞으로 더욱 많은 研究가 期待된다.

또 UV Spectrophotometer를 利用한 리그닌의 間接定量을 위하여 吸光係數를 推定한바 Table 3에서 보는 바와 같이 波長 270-280nm에서의 各各의 吸光係數는 좁은잎단풍나무材는 16.939 ± 0.3735 , 서어나무材 17.411 ± 0.2937 , 층층나무材 16.579 ± 0.4348 , 물푸레나무材 16.385 ± 0.4140 , 나도밤나무材 16.287 ± 0.4156 , 굴피나무材 16.492 ± 0.1432 , 산벚나무材 16.343 ± 0.3177 , 회화나무材 17.549 ± 0.3253 노각나무材 18.400 ± 0.2925 , 쪽동백나무材 16.245 ± 0.4339 였는데 全樹種의 平均 吸光係數는 16.863 ± 0.3444 였다.

4. 摘要

智異山の 10種 潤葉樹材에 對한 AcBr(acetyl bromide)lignin의 UV spectrum을 調査한바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 各樹種 모두 spectrum curve의 最大頂點은 249nm에, 最少 頂點은 262-266nm에, 또 中間頂點은 270-280nm에 있었으며, Björkman lignin이나 lignin sulfonic acid 등의 UV spectrum上에서 볼수 있는 肩(Shoulder)은 本 研究의 潤葉樹材 AcBr lignin의 spectrum에서는 볼수 없었다.

2. 10個 樹種 各 頂點의 平均吸光度는 249nm에서 0.457 ± 0.0077 , 262-266nm에서 0.297 ± 0.0029 , 280nm에서 0.309 ± 0.0067 이었다.

3. 10個 樹種 各 頂點의 平均吸光係數는 249nm에서 25.005 ± 0.3825 , 262-266nm에서 16.264 ± 0.2347 , 280nm에서 16.863 ± 0.3444 였다.

4. 리그닌의 定量을 爲한 270-280nm에서의 各 樹種別 리그닌의 吸光係數는 다음과 같았다.

좁은잎단풍나무材 16.939 ± 0.3735 , 서어나무材 17.411 ± 0.2937 , 층층나무材 16.579 ± 0.4348 , 물푸레나무材 16.385 ± 0.4140 , 나도밤나무材 16.287 ± 0.4156 , 굴피나무材 16.492 ± 0.1432 , 산벚나무材 16.343 ± 0.3177 , 회화나무材 17.549 ± 0.3253 , 노각나무材 18.400 ± 0.2925 , 쪽동백

16.245 ± 0.4339 였다.

5. 270-280nm에서 完만한 吸光度 頂點을 나타내는 것으로 보아 本 리그닌은 guaiacyl-syringyl lignin인 것으로 思料된다.

引 用 文 獻

1. Aulin-Erdtman, G. 1944. Spectrographic contributions to lignin chemistry. Svensk Papperstid. 47:91-99.
2. Aulin-Erdtman, G. 1953. Spectrographic contributions to lignin chemistry III. Investigations on model compounds. Svensk Papperstid. 56:91-101.
3. Aulin-Erdtman, G. & Hegbom, L. 1957. Spectrographic contributions to lignin chemistry VI. Svensk Papperstid. 60:671-681.
4. Bagby, M. O., Cunningham, R.L. & Maloney, R. L. 1973. Ultraviolet spectral determination of lignin. Tappi 56(4):162-163.
5. Bailey, A.J. 1936. Lignin in Douglas-fir, composition of the middle lamella. Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. 8:52.
6. Björkman, A. 1956. Svensk Papperstid. 59:477
7. Brauns, F.E. & Brauns, D. A. 1960. The chemistry of lignin. Suppl. Academic press, New York. 199-219.
8. Browning, B. L. & Bublitz, L. O. 1953. The absorptivity values for lignin and carbohydrate. Tappi 36(10):452-458.
9. Browning, B. L. 1967. Methods of wood chemistry. By John Wiley & Sons, Inc. 798-799.
10. Cho, N. C. 1984. The spectrophotometric determination of lignin in woody samples. Journal of TAPPIK 16(1):3-9.
11. Fergus, B. J., Procter, A. R. & Scott, J. A. N. 1969. The distribution for lignin in spruce wood as determined by ultraviolet microscopy. Wood Sci. Tech. 3:117-138.
12. Fergus, B. J. & Goring, D. A. I. 1970. The location of guaiacyl and syringyl lignins in birch xylem tissue. Holzforschung 24:113-117.

13. Fergus, B. J. & Goring, D. A. I. 1970. The distribution of lignin in birch wood as determined by ultraviolet microscopy. *Holzforschung* 24:118-124.
14. Goring D. A. I. & Wood, J. R. 1971. The distribution of lignin in stem wood and branch wood of Douglas-fir. *Pulp & Paper Mag. Can.* 72:95-102.
15. Goring D. A. I. & Yang, J. M. 1980. The phenolic hydroxyl content of lignin in spruce wood. *Can. J. Chem.* 58:2411-2414.
16. Hess, C. L. 1952. An investigation of the homogeneity of isolated native blank spruce lignin. *Tappi* 35(7):312-320.
17. Hwang, B. H. 1981. UV Spectroscopy of lignin compounds. *Mogjae-Goahak*. Dept. of Forest Product & Tech. Kangweon Natl. Univ. 5:35-41.
18. JIS standard P. 8008.
19. Jo, J. S. & Moon, C. K. 1984. On the UV spectra of AcBr lignin from softwoods grown in Mt. Jiri. *Korean society of Wood Sci. & Tech.* 12(3):35-40.
20. Johnson, D. B., Moore, W. E. & Zank, L. C. 1961. The spectrophotometric determination of lignin in small wood small wood sample. *Tappi* 44(11):793-798.
21. Lang, L. 1963. Absorption spectra on the ultraviolet and visible regions. Academic press, New York. 4:84.
22. Marton, J. 1967. Determination of lignin in small pulp and paper samples using the acetyl bromide method. *Tappi* 50(7):335-337.
23. Musha, Y. & Goring, D. A. I. 1974. Klason and acid-soluble lignin content of hardwoods. *Wood Science* 8:133-134.
24. Musha, Y. & Goring, D. A. I. 1975. Distribution of syringyl and guaiacyl moieties in hardwoods as indicated by ultraviolet microscopy. *Wood Sci. Tech.* 9:45-58.
25. Patterson, R. F. 1943. Spectra of a large number of lignin preparation and lignin model compounds. *J. Am. Chem. Soc.* 65:1862.
26. Pew, J. C. 1957. The absorption maxima of 14 unconjugated guaiacyl and 3, 4-dimethoxyphenyl model compounds. *Tappi* 40(7):553-558.
27. Saka, S. 1982. Evaluation of the quantitative assay of lignin distribution by SEM-EDXA-Technique. *Wood Sci. Tech.* 16:1-18.
28. Saka, S., Whiting, P., Fukazawa, K. & Goring, D. A. I. 1982. Comparative studies on lignin distribution by UV microscopy and bromination combined with EDXA. *Wood Sci. Tech.* 16:269-277.
29. Sarkanen, K. V., Chang, H.M. & Allan, G. G. 1967. Species variation in lignin II. Conifer lignins. *Tappi* 50:583-587.
30. Sarkanen, K. V. & Ludwig, C. H. 1971. Lignins. Ultraviolet spectra. By John Wiley & Sons. Inc. 241-266.
31. Seung, S. Y. & Moon, C. H. 1984. On the UV absorptivities of AcBr lignins from oaks grown in Mt. Jiri. *J. of Gyeongsang Natl. Univ.* 23(2):165-170.
32. Van Zyl, J. D. 1978. Notes on the spectrophotometric determination of lignin in wood samples. *Wood Sci. Tech.* 12:251-259.
33. Wu, Y. T. & Wilson, J. W. 1967. Lignification within coniferous growth zones. *Pulp & Paper Mag. Can.* 68(4):159-164.
34. Yoon, B. H. 1982. Studies of fractionation from purified kraft lignin. *Mogjae-Goahak*. Dept. of Forest Product & Tech. Kangweon Natl. Univ. 5:17-25.