

輸入코르크와 國産코르크의 物理·機械的 性質에 關한 研究*1

金 炳 魯*2

Studies on the Physical and Mechanical Properties of Imported and Domestic Corks*1

Byung-Ro Kim*2

ABSTRACT

This study examines the differences in structures, physical and mechanical properties between domestic(*Quercus variabilis* Blume) and foreign(*Quercus suber* L.) corks. The results obtained are as follows :

1. The cork tissue consists of cork cells, lenticels, sclereids and dark-brown zone. There was a significant difference in ratio of cork cells between foreign cork(93 %) and domestic cork(87 %). The ring width and width of late cork of the foreign cork were wider than those of domestic cork. But the percentage of late cork of domestic cork was richer than that of foreign cork. The size of cork cell of foreign cork was larger by about two times than that of domestic cork.
2. The density was slightly higher in domestic cork(0.22 g/cm^3) than in foreign cork(0.19 g/cm^3). During first 24 hours, the amount of water absorption of the foreign cork was greater than that of domestic cork. However, after 24 hours, the tendency was reversed. The level of EMC was higher in domestic cork than in foreign cork. Total shrinkage in the radial and tangential directions was larger in domestic cork than in foreign cork. In the longitudinal direction, the tendency was reversed. There was no difference in total swelling in three woody directions between the two corks.
3. The modulus of elasticity in compression in the longitudinal and tangential directions was higher in domestic cork than in foreign cork, but the tendency was reversed in the radial direction. Both corks showed 95 % of recovery rate after 24 hours when they were compressed by 0.5. There were no differences in tension strength and Brinell's hardness between domestic and foreign corks.

Keywords : *Quercus variabilis* Blume, *Quercus suber* L., cork

*1 接受 1993年 9月 2日 Received September 2, 1993

본 연구는 1991년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공보(지방대학육성) 과제 학술연구조성비에 의하여 수행되었음

*2 忠北大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea

1. 緒 論

코르크를 이용하기 시작한 것은 기원전 4백년경부터이며 15세기에 병마개로 처음 이용된 이래 수공업적인 제조는 18세기 중엽 스페인에서 시작되었다. 그후 19세기 초에 영국에서 코르크의 제조기술이 개발되어 코르크의 용도와 제품이 다양해지면서 코르크는 단독으로 이용되기도 하고 다른 재료와 복합하여 응용되기도 하고 제품의 부분품으로 활용되는 등 다양하게 이용되어 왔으나, 최근 코르크가 쓰여지던 곳에는 값이 싸고 대량생산할 수 있는 대체재료가 이용되고 있어 코르크의 용도는 축소되었다.

그러나 코르크는 탄력성이 있고 가벼우며 열과 소리에 우수한 절연물이며 마찰계수가 높으며 또한 물이 스며들지 않고 화학적으로 안정되어 있고 불에도 강한 우수한 성질을 가지고 있을 뿐만 아니라 공예적 가치도 좋아 아직도 매년 전세계적으로 약 50만톤이 요구되고 있다.

처음 코르크라는 재료는 지중해 연안에서 자생하는 코르크참나무(*Quercus suber* L.)의 외피를 말했으나, 이 나무는 지중해 연안에서만 자생하므로 생산량에 한도가 있어 세계 각국에서 이 나무의 증식에 노력했으나 기후관계로 성공하지 못해, 우리나라를 비롯해 미국, 일본등 많은 나라에서는 대용원료 획득에 노력한 결과 대용원료로서 굴참나무, 황벽나무, 살구나무등 여러수종의 외피가 거론됐으나 품질, 산출량 등으로 보아 굴참나무 수피가 가장 우수해 이 나무의 외피도 코르크재료로서 이용되어 왔다.

그러나 굴참나무의 코르크는 코르크참나무의 코르크에 비해 두께가 얇고 품질이 떨어져 경제성이 가장 좋은 병마개, 개스킷 등으로 이용되지 않고, 주로 분말로 만들어 탄화코르크판, 신축이음채움재 및 코르크판 등의 원료로 주로 이용되고 있다.

우리나라의 굴참나무코르크의 생산량은 매년 약 50 톤정도 생산하고 있으나 앞에서 언급한 바와 같이 주로 탄화코르크 등의 원료로만 이용되기 때문에 코르크참나무의 코르크를 포르투갈 및 스페인에서 매년 약 330 톤 수입해 가공성형품 및 탄화코르크 등의 원료로 쓰고 있는 실정이다¹⁾.

그러나 코르크참나무와 굴참나무의 코르크가 조직, 구조적으로 같기 때문에 우리나라산 굴참나무의 코르크도 수익성이 가장 좋은 병마개나 개스킷 등에서의 이용이 가능하다고 생각된다. 따라서 굴참나무의 코르크도 코르크참나무의 코르크와 같이 경제성이 좋은 원피 그대로의 가공 이용 가능성을

알아보기 위해서는 우선 코르크참나무와 굴참나무 코르크의 기초적 성질조사가 되어야 한다고 생각하는 바 본 연구는 코르크참나무와 굴참나무 코르크의 조직구조, 물리적 및 기계적 성질을 조사, 비교, 검토하였다.

2. 材料 및 方法

2. 1 재료

실험에 사용한 국산코르크는 충북대학교 농과대학 부속연습림(충북 제원군 한수면 송계리)에서 자생하는 굴참나무(*Quercus variabilis* Blume)의 재피(reproduction cork) 10 본을 흉고직경부위에서 길이 60 cm로 벗겨내 공시목으로 사용했고, 수입코르크는 지중해 연안산 코르크참나무(*Quercus suber* L.)의 재피 10 본을 경북 김천 소재 김천코르크에서 분양받아 공시목으로 하였다.

2. 2 방법

2. 2. 1 구조

두 코르크조직의 횡단면상에서의 구성요소의 비율 및 특징, 연륜폭 및 만코르크율을 조사하기 위해 횡단면을 절편하여 관찰 조사하였다.

2. 2. 2 물리적 성질

물리적 및 기계적 성질의 시험은 재료가 수피인 관계로 한국공업규격의 크기로 채취할 수 없어 아래와 같은 크기로 채취하여 실험하였다.

2. 2. 2. 1 밀도

전건밀도는 10(r)×20(t)×5(l) mm, 기건밀도는 10(r)×20(t)×30(l) mm 크기의 시험편을 제작하여 조사하였다.

2. 2. 2. 2 흡수량

흡수량은 10(r)×20(t)×30(l) mm 크기의 시험편을 만들어 물속에 담그어 3단면별로 1, 2, 3, 5, 7, 24 및 48 시간 후의 흡수량을 조사하였다. 또 전면에서의 6, 12, 18, 24 및 48 시간 후의 흡수량도 조사하였다. 코르크는 와인 등의 병마개에 사용되고 있기 때문에 알코올 흡착량도 조사하였다.

2. 2. 2. 3 수축율, 팽윤율, 흡습율

수축율, 팽윤율은 접선방향과 방사방향은 10(r)×20(t)×5(l) mm, 섬유방향은 10(r)×5(t)×30(l) mm 크기의 시험편을 사용하였다. 또한 팽윤율, 수축율 조사시 흡습율(탈습율)도 같이 조사하였다.

2. 2. 3 기계적 성질

2. 2. 3. 1 압축시험

압축시험은 10(r)×10(t)×10(l) mm 크기의 시

시험편을 제작하여 3방향으로 조사하였다. 영율은 응력-변형곡선도의 초기의 압축 0.25 이하에서 관찰되는 직선부분의 기울기부터 구하였다. 또한, 압축시험과 같은 크기의 시험편을 3방향별로 제작하여 하중 제거후 변형의 회복율을 측정했다. 즉 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5를 압축한 다음 하중 제거직후, 1시간후, 24시간후의 회복율을 3방향에 대해 측정하였다.

2. 2. 3. 2 인장시험 및 경도시험

인장시험은 접선방향과 방사방향에서는 한국공업규격의 시험체를 채취할 수 없어 섬유방향만 조사하였다. 경도시험은 횡단면 측정용 시험편이 10(r)×20(t)×15(l) mm, 방사단면 측정용 시험편이 10(r)×15(t)×30(l) mm, 접선단면 측정용 시험편이 10(r)×20(t)×30(l) mm로 하고 브리넬경도로 측정하였다.

3. 結果 및 考察

3. 1 조직구조

모든 수목은 수피에 얇은 코르크층을 가지고 있는데 그 기능은 코르크세포벽이 포화지방산과 불포화지방산의 얇은층으로 덮혀있어 외부의 열 및 수분이동을 차단하며, 산이나 알칼리에도 강해 물리, 화학적 외상을 방지해 수체를 보호한다. 그중 굴참나무와 코르크참나무등은 외피 전체가 두꺼운 코르크층으로 되어있어 옛부터 채취하여 코르크라 명하여 다방면에 이용하였다. 그런데 코르크의 코르크조직에는 Gibson²⁾, Kim³⁾에 의하면 코르크세포외에 피목(Lenticel), 스크레레이드 및 암갈색부분이 존재한다고 하고, 이들 양의 크고, 작음은 코르크의 미관과 물리, 기계적 성질에 크게 영향을 미친다고 하였다. 특히 피목은 코르크의 다공성에 영향을 주기 때문에 코르크의 품질과 밀접한 관계가 있다고 하였다.

피목은 주피가 특수화된 부분이고, 스크레레이드는 세포벽이 두껍고 원형질체가 없는 강고세포

로서 수체에서는 기계적 지지를 담당하는 요소이나 코르크조직내에 존재하는 스크레레이드의 양이 많으면 탄력성이 떨어져 코르크의 품질을 떨어뜨린다. 암갈색부분은 Kim³⁾에 의하면 정상적인 코르크세포와는 달리 주름이 많고 불규칙하게 배열한다고 하였다. 사진. 1은 정상적인 코르크세포, 스크레레이드 및 암갈색부분의 SEM 관찰이다.

굴참나무 및 코르크참나무의 코르크조직 횡단면 상에서의 이들의 구성비율을 Table 1에 나타냈다. Table에서 보는 바와 같이 코르크세포는 코르크참나무 코르크 93 %, 굴참나무 코르크 87.2 %로 코르크참나무의 것이 비율이 높았고, 상대적으로 피목은 굴참나무 코르크 9 %, 코르크참나무 코르크 4.6 %로 굴참나무의 것이 높았고 스크레레이드 및

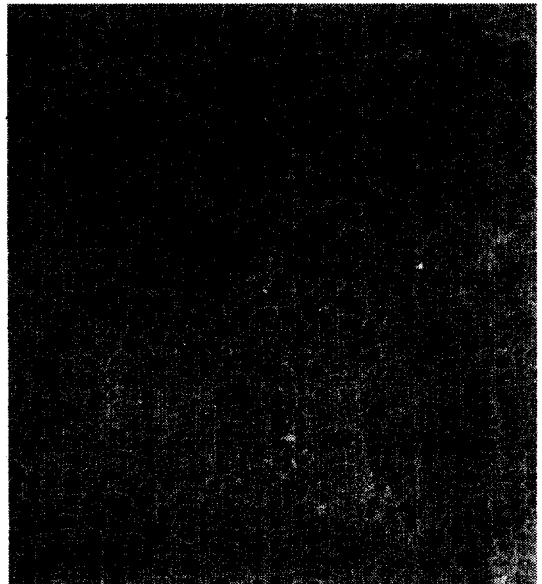


Photo 1. Cork cell, sclereid and dark brown zone in cross section of cork tissue
A : Cork cell
B : Sclereid
C : Dark brown zone

Table 1. Composition of elements of outer bark(cork tissue) in cross section.

Element of cork tissue	<i>Q. variabilis</i> B.		<i>Q. suber</i> L.		Level of significance
	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)	
Cork cell	87.2	—	93.0	—	*1
Lenticel	9.0	(2.5)	4.6	(0.1)	*1
Sclereid	0.8	(0.6)	0.6	(0.3)	n. s.*2
Dark brown zone	3.0	(1.9)	1.8	(0.4)	n. s.*2

*1 Significant difference at 95 % level

*2 n. s. : Not significant difference at 95 % level

Table 2. Ring width and percentage of late cork for cork.

(unit : mm)

Cork	<i>Q. variabilis</i> B.		<i>Q. suber</i> L.		Level of significance
	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)	
Ring width	0.82	(0.24)	2.06	(0.83)	*1
Width of late cork	0.11	(0.02)	0.18	(0.08)	*1
Percentage of late Cork	14.00	(4.00)	10.60	(7.90)	*1

*1 Significant difference at 99 % level

Table 3. Dimensions of cork cell.

(unit : μm)

Cork	<i>Q. variabilis</i> B. (early cork)		<i>Q. suber</i> L. (early cork)		Level of significance
	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)	
Prism height	26.3	(3.3)	44.2	(3.6)	*1
Prism edge-length	13.8	(2.6)	20.5	(1.7)	*1
Cell wall thickness	0.6	(0.1)	1.0	(1.2)	*1

Cork	<i>Q. variabilis</i> B. (late cork)		<i>Q. suber</i> L. (late cork)		Level of significance
	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)	
Prism height	6.9	(1.7)	10.6	(1.8)	*1
Prism edge-length	13.9	(1.2)	20.5	(3.2)	*1
Cell wall thickness	1.0	(0.1)	1.8	(0.1)	n. s.*2

*1 Significant difference at 99 % level

*2 n. s. : Not significant difference at 95 % level

압갈색부분도 굴참나무 코르크가 높은 경향을 나타냈다.

코르크의 구성요소 비율로 보아서는 위에서 언급했던 Gibson²¹, Kim²³의 발표에 따르면 코르크참나무의 코르크가 굴참나무의 코르크보다 더 좋은 코르크성질을 지니고 있는 것으로 조직구조적 측면에서 생각할 수 있을 것 같다.

Table 2는 코르크의 평균연륜폭, 만코르크폭 및 만코르크율을 나타낸 것이다. 강도적 성질에 영향을 주는 평균연륜폭 및 만코르크폭은 평균연륜폭이 코르크참나무 코르크 2.06 mm 굴참나무 코르크 0.82 mm, 만코르크폭이 코르크참나무 코르크 0.18 mm 굴참나무 코르크 0.11 mm로 연륜폭이 두배 이상, 만코르크폭이 두배가 안 되게 코르크참나무 코르크가 굴참나무 코르크보다 크게 나타났다. 만코르크율은 위의 결과에 따라 굴참나무 코르크가 14%, 코르크참나무 코르크가 10.6%로 굴참나무 코르크의 만코르크율이 높게 나타났다.

목재의 강도에 영향을 끼치는 여러가지 인자중 평균연륜폭 및 만재율은 평균연륜폭이 좁고 만재율이 클수록 강도가 증가 하듯이 코르크도 평균연륜폭이 좁고 만코르크율이 큰 굴참나무의 코르크

가 코르크참나무의 코르크보다 클 것으로 생각된다.

굴참나무와 코르크참나무의 코르크세포의 형상은 접선단면에서는 다각형으로 변의 수는 대개 5~8개로 대부분 6개 이고, 횡단면과 방사단면에서는 변의 수가 4개로 코르크세포를 전체적으로 보면 6각기둥 모양으로 두 종류의 코르크세포의 형상은 같다. 그러나 세포의 치수에는 두 수종간 차가 있었다. 즉 Table 3에 나타난 바와 같이 세포의 길이가 조코르크에서 코르크참나무 것이 44.2 μm 굴참나무 것이 26.3 μm , 만코르크에서 코르크참나무 것이 10.6 μm 굴참나무 것이 6.9 μm , 접선단면에서 6각형의 1변의 길이는 조, 만코르크에서 코르크참나무 것이 20.5 μm 굴참나무 것이 13.8 μm 로 같은 값을 나타냈고, 세포벽두께는 조코르크에서 코르크참나무 것이 1.0 μm 굴참나무 것이 0.6 μm 만코르크에서 코르크참나무 것이 1.8 μm 굴참나무 것이 1.0 μm 으로 세포길이, 6각형 1변의 길이, 세포벽두께의 치수는 코르크참나무 것이 굴참나무 것의 약 두배가 되는 것으로 나타났다. 코르크참나무, 굴참나무 코르크 각각의 조, 만코르크를 비교하면 두코르크 모두 6각형 1변의 길이는 같고 세포

길이는 조코르크가 만코르크의 약 4배, 세포벽두께는 만코르크가 조코르크의 약 2배이다.

Pereira⁴⁾는 코르크참나무 코르크의 조직구조에 관한 연구에서 봄에 형성된 세포를 조코르크(early cork), 가을에 형성된 세포를 만코르크(late cork)라 하고 조코르크가 만코르크보다 세포가 크고 세포벽이 얇다고 하였다. 그 보고에서 세포의 치수는 조코르크가 세포길이 30~40 μm , 육각형 1변의 길이 13~15 μm , 세포벽두께 11~1.5 μm 이고 만코르크는 세포길이에서 약 10 μm 정도 작고, 세포벽두께에서 약 두배정도 두껍고, 육각형 1변의 길이는 비슷한 것으로 보고하였다.

3. 2 물리적 성질

3. 2. 1 밀도

Table 4는 두 코르크의 전건밀도와 기건밀도를 조사한 것으로서 굴참나무, 코르크참나무의 코르크 각각의 전건밀도가 0.21, 0.18 기건밀도가 0.22, 0.19(g/cm^3)로 목재의 0.3~0.8 g/cm^3 보다 낮다.

코르크가 널리 이용되고 특이한 물질로서 취급되어 온 이유중에 하나가 밀도가 낮다는 것인데 이것은 코르크 세포벽이 0.5~1 μm ⁴⁾로 박층이며, 슈베린을 34.1%⁵⁾ 함유하고 있어 수분흡착이 어렵기 때문과, 또한 코르크세포벽에는 벽공이 없기 때문에 코르크세포 내강에는 공기로 충만되어 있어 단위 체적당 중량이 가벼워 밀도가 낮은 것으로 생각된다.

코르크참나무 코르크의 기건밀도가 굴참나무 코르크의 기건밀도보다 낮은 값을 나타내는 것은 코

르크참나무의 코르크세포가 굴참나무의 것보다 약 8 배 정도 커서 단위체적당 코르크세포실질량이 적고, 공기의 양이 많아 더 낮은 밀도를 보이고 있는 것으로 생각된다.

3. 2. 2 흡수량

Table 5는 두코르크의 24시간후의 각단면과 전면에서의 흡수량 및 전면으로부터의 알콜 흡착량을 조사한 것이고 Fig 1은 경과 곡선을 나타낸 것이다. Table 5에 나타난 바와 같이 두 코르크간의 24시간후의 흡수량은 횡단면에서 코르크참나무 코르크 0.53, 굴참나무 코르크 0.44($\times 10^{-2}\text{g}/\text{cm}^2$)로 코르크참나무의 코르크가 굴참나무의 것보다 많았고, 방사단면, 접선단면 및 전면으로 부터의 흡수량은 통계적으로 유의하지는 않았지만 횡단면과 같이 굴참나무 코르크보다 코르크참나무 코르크의 흡수량이 크게 나타났다. 그러나 Fig 1에 나타난 바와 같이 각단면에서 1, 2, 3, 5, 7시간대 및 위에서 설명한 24시간대를 포함해 코르크참나무의 코르크의 흡수량이 굴참나무의 것보다 크게 나타났으나 48시간에서는 굴참나무 코르크가 코르크참나무의 것보다 높게 나타났다.

코르크의 흡수량은 코르크 특징의 하나인 물의 불침투성 때문에 목재에 비하면 상당히 적다. 즉 가문비나무와 비교하면 횡단면은 약 1/50, 방사단면 약 1/10, 접선단면 1/6정도 밖에 안된다³⁾. 코르크의 흡수상태는 목재의 경우와 다르고, Table 5에 나타난 바와 같이 흡수단면에 의한 차가 적다. 이러한 현상은 코르크세포는 벽공이 없고, 세포벽

Table 4. Density in oven-dry and air-dry of cork.

(Unit : g/cm^3)

Density	<i>Q. variabilis</i> B.		<i>Q. suber</i> L.		Level of significance
	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)	
Oven-ry density	0.21	(0.02)	0.18	(0.11)	*1
Air-dry density	0.22	(0.04)	0.19	(0.11)	*1

*1 Significant difference at 99 % level

Table 5. Amount of water absorption of cork.*1

Element of cork tissue	<i>Q. variabilis</i> Bl.		<i>Q. suber</i> L.		Level of significance
	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)	
Cross section	0.44	(0.09)	0.53	(0.51)	*2
Radial section	0.47	(0.21)	0.49	(0.31)	n. s.*3
Tangential section	0.69	(0.17)	1.00	(0.04)	n. s.*3
No sealed	2.56	(0.62)	2.58	(0.66)	n. s.*3
Alcohol, no sealed	11.62	(0.93)	9.72	(0.51)	n. s.*3

*1 Amount of water absorption after 24 hours ($\times 10^{-2}\text{g}/\text{cm}^2$)

*2 Significant difference at 95 % level

*3 n. s. : Not significant difference at 95 % level

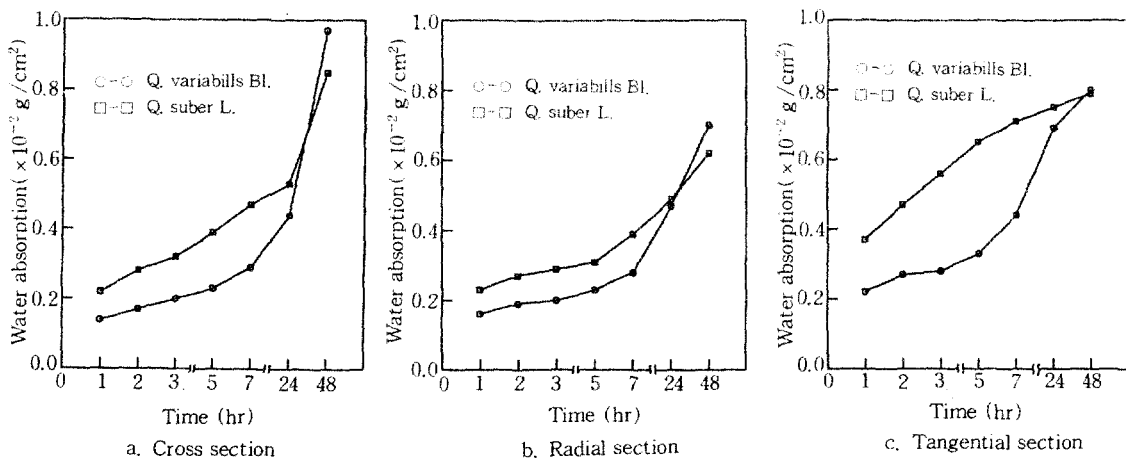


Fig. 1. Relationship between water absorption and time

에는 슈베린이라 하는 지방산의 박층으로 덮혀있 어⁶⁾ 세포내강 및 세포벽내 수분의 유동 및 확산이 어렵기 때문이라고 생각 하고, 또한 흡수이방성이 적은 것은 조직구조에서 설명한 것과 같이 코르크 세포의 형상에 의한 것으로 생각된다. 따라서 Kim³⁾은 코르크의 흡수량의 대소는 피목의 함유량에 의해 영향받는다 고 하였다. 즉 피목의 함유량과 흡수량은 정의 상관관계를 보인다 하였다.

그러나 두 코르크간에는 Table 1에 나타난 바와 같이 피목의 함유량이 코르크참나무의 코르크가 4.6%, 굴참나무의 것이 9.0%로 흡수량에 영향하는 피목의 양은 굴참나무의 것이 많았으나 1~24시간대까지 코르크참나무 코르크의 흡수량이 각단면에서 많은 경향을 나타낸 것은 코르크참나무의 코르크세포의 내강이 Table 3에서 설명한 바와 같이

굴참나무의 것보다 세포내강이 커 코르크 표면에 흡수될 수 있는 양이 많아 코르크참나무 코르크의 흡수량이 많은 것으로 생각된다. 그리고 48시간에서 굴참나무의 코르크가 코르크참나무의 것보다 높은 것은 초기의 세포내강의 영향이 끝나고 결국 마지막에 Kim³⁾의 설명과 같이 피목의 영향을 받아 피목의 함유량이 많은 굴참나무의 것이 높게 나타난 것으로 생각된다. 그리고 시간이 갈수록 굴참나무의 코르크의 흡수량이 코르크참나무의 것보다 더 많아질 것으로 생각된다.

3. 2. 3 흡수량

Table 6은 두코르크의 온도 20℃, 관계습도 20%, 65%, 80% 및 100%에서의 흡착과 탈착시의 평형함수율의 결과를 나타낸 것이다. 코르크의 평형함수율은 온도 20℃, 상대습도 65%일때의 탈

Table 6. Equilibrium moisture content in cork(%).

Kind of cork	20℃ RH20%* ¹		20℃ R20%* ²		20℃ RH65%* ¹	
	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)
<i>Q. variabilis</i> B.	4.4	(0.2)	3.6	(6.8)	8.5	(0.8)
<i>Q. suber</i> L.	4.0	(0.9)	3.5	(0.5)	7.7	(1.4)
Level of significance	* ³		n. s.* ⁴		* ³	
Kind of cork	20℃ RH65%* ²		20℃ R80%* ²		20℃ RH100%* ¹	
	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)
<i>Q. variabilis</i> Bl.	6.8	(0.4)	10.7	(0.5)	16.2	(1.3)
<i>Q. suber</i> L.	7.1	(0.5)	9.5	(0.7)	14.3	(1.3)
Level of significance	n. s.* ⁴		* ³		* ³	

*¹ Desorption

*² Adsorption

*³ Significant difference at 99% level

*⁴ n. s. : Not significant difference at 95% level

착시 굴참나무의 코르크가 8.5 %, 코르크참나무의 것이 7.7 %로 목재의 위 조건하에서의 평형함수율 12 %보다 약 3~5 % 낮게 나타났다. 이는 Kim²⁾이 설명한 것과 같이 수분의 흡착점인 홀로셀룰로오스의 양이 목재가 약 70 %인 반면 코르크는 홀로셀룰로오스의 양이 코르크참나무 코르크 26 %³⁾, 굴참나무코르크 45 %³⁾로 흡탈착에 관여하는 -OH기가 적고, 그리고 코르크세포벽에 수분의 불침투성의 성질을 가지고 있는 슈베린을 굴참나무 코르크 약 34 %³⁾, 코르크참나무 코르크 약 45 %³⁾을 함유하고 있기 때문이라고 생각한다.

두코르크간의 흡습량은 20 °C, 관계습도 65 %의 흡착시에만 유의성이 없었고 나머지 조건에서는 차가 있는 것으로 나타났는데, 그 경향은 굴참나무 코르크가 코르크참나무 코르크보다 높은 흡습량을 나타냈다. 이는 앞에서 설명한 것과 같이 수분 흡착에 관계하는 홀로셀룰로오스의 양이 많고, 슈베린 양이 적은 굴참나무 코르크가 코르크참나무 코르크보다 높게 나타난 것으로 생각한다.

3. 2. 4 수축율 및 팽윤율

Table 7은 전수축율, Table 8은 전팽윤율을 조사한 것이다. Table에 나타난 바와 같이 섬유, 방사, 접선방향의 수축 및 팽윤율이 굴참나무 코르크가 각각 3.2, 5.7, 4.7(%) 및 3.5, 3.6, 3.2(%), 코르크참나무 코르크가 각각 4.0, 2.9, 3.0(%) 및 3.2, 2.5, 3.7(%)로서 3방향의 차가 적게 나타나 거의 등방성을 보이고 있다.

일반적으로 목재는 세포배열의 방향성 및 세포벽의 이방성에 의해 세포3방향(접선방향, 방사방

향, 섬유방향)에 따라 수축, 팽윤 이방성을 보이는 데 그 이방성에 대한 3방향의 비는 10:5:1~0.5로서 접선방향이 제일 높은 3.5~15 %, 방사방향 2.4~11.0 %, 섬유방향에서 0.1~0.9 %정도로서 가장 낮게 알려져 있다⁷⁾. 그러나, 코르크는 위의 설명과 같이 3방향의 차가 적게 나타나 거의 수축, 팽윤의 등방성을 보이고 있다. 이와같이 코르크가 수축, 팽윤의 등방성을 보이는 것은 코르크세포의 형상에 의해, 세포배열에서 방향성이 없기 때문이라고 생각한다. 즉, 목재는 길이와 폭의 비가 약 100:1인 가도관이 길이방향으로 배열하여 배열의 방향성이 크지만, 코르크세포는 길이와 폭의 비가 거의 1:1로서 세포의 배열에 의한 방향성이 없게 되는 것으로 생각한다.

두코르크간에는 수축율이 세방향에서 유의 차를 보였으나 팽윤율은 유의 차가 없는 것으로 나타났다. 수축율에서 방사방향과 접선방향에서는 굴참나무 코르크가 코르크참나무 코르크보다 크게 나타났으며 섬유방향에서는 그와 반대로 나타났다.

방향간에서는 굴참나무 코르크는 방사방향이 섬유방향과 접선방향보다 수축율과 팽윤율이 컸으며 코르크참나무 코르크는 반대로 방사방향이 나머지 두방향보다 작은 값을 나타내는 특징을 보였다. 이는 코르크세포벽에서 셀룰로오스마이크로휘브릴의 방향성에 의한 것이 아닌가 생각이 된다. 즉 Kim¹⁾은 코르크의 X선에 의한 회절에서 셀룰로오스마이크로휘브릴의 존재는 나타나지 않았지만 그 존재를 부정할 수는 없다고 하였다. 따라서 마이크로휘브릴의 배향이 굴참나무 코르크는 코르크세포

Table 7. Shrinkage from green to oven-dry of cork(%).

Direction of cork	<i>Q. variabilis</i> Bl.		<i>Q. suber</i> L.		Level of significance
	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)	
Longitudinal direction	3.2	(0.1)	4.0	(0.2)	*1
Radial direction	5.7	(1.2)	2.9	(1.4)	*2
Tangential direction	4.7	(0.7)	3.0	(0.6)	*1

*1 Significant difference at 95 % level

*2 Significant difference at 99 % level

Table 8. Maximum swelling of cork(%).

Direction of cork	<i>Q. variabilis</i> Bl.		<i>Q. suber</i> L.		Level of significance
	Average	(S. D.)	Average	(S. D.)	
Longitudinal direction	3.5	(0.1)	3.2	(0.3)	n. s.*1
Radial direction	3.6	(1.1)	2.5	(0.2)	n. s.
Tangential direction	3.2	(0.1)	3.7	(0.7)	n. s.

*1 n. s. : Not significant difference at 95 % level

Table 9. Young's modulus in compression of cork.

(unit : kgf /cm²)

Direction of cork	<i>Q. variabilis</i> Bl.				<i>Q. suber</i> L.				Level of significance
	AV.	(S. D.	D	MC)	AV.	(S. D.	D	MC)	
Longitudinal direction	372	(82	0.21	7.41)	282	(18	0.17	5.76)	* ¹
Radial direction	148	(63	0.23	7.73)	484	(62	0.22	7.32)	* ²
Tangential direction	383	(58	0.22	7.50)	326	(128	0.20	6.29)	n. s.* ³

*¹ Significant difference at 95 % level*² Significant difference at 99 % level*³ n. s. : Not significant difference at 95 % level

Table 10. Strength in tension of cork.

(unit : kgf /cm²)

Direction of cork	<i>Q. variabilis</i> Bl.				<i>Q. suber</i> L.				Level of significance
	AV.	(S. D.	D	MC)	AV.	(S. D.	D	MC)	
Longitudinal direction	13	(2.4	0.2	8.5)	15	(3.2	0.2	7.9)	n. s.* ¹

*¹ n. s. : Not significant difference at 95 % level

의 폭방향으로, 코르크참나무 코르크는 코르크세포의 길이방향으로 배향하고 있지 않나 생각되므로 위와 같은 결과가 나타난 것으로 사료된다.

3. 3 기계적 성질

3. 3. 1 압축영율

코르크의 압축시험은 최대하중을 구할 수가 없어서 응력-변형곡선도의 초기(변형 약 0~0.25)에 관찰되는 직선부분의 기울기로 부터 압축영율을 구했다. Table 9는 두 코르크의 압축영율을 나타낸 것이다.

두 코르크간의 압축영율치는 굴참나무 코르크가 섬유방향 372 kgf/cm² 접선방향 383 kgf/cm²으로 코르크참나무 코르크 각각 282 kgf/cm², 326 kgf/cm² 보다 크게 나타났으며 방사방향은 반대로 코르크참나무 코르크가 484 kgf/cm²으로 굴참나무 코르크 148 kgf/cm²보다 크게 나타났다. 굴참나무 코르크의 섬유방향과 접선단면이 코르크참나무 코르크의 섬유, 접선방향보다 큰 것은 평균연륜폭과 만코르크율이 의한 것으로 생각한다. 즉 평균연륜폭과 강도와는 부의상관, 만재율과 강도와는 정의상관관계가 있어, Table 2에 나타난 바와 같이 굴참나무의 코르크가 코르크참나무의 코르크보다 연륜폭이 좁고 만코르크율이 커 압축 영율이 큰 것으로 생각 된다. 또한 방사방향에서 코르크참나무 코르크가 굴참나무 코르크보다 큰 값을 나타낸 것은 세포벽두께가 Table 3에 나타난 바와 같이 굴참나무 코르크가 조코르크 0.6 μm, 만코르크 1.0 μm으로 코르크참나무 코르크 각각 1.0 μm, 1.8 μm보다 얇아 작은 압축 영율 값을 보이는 것으로 생

각한다.

방향간에서는 굴참나무코르크는 방사방향이 섬유방향과 접선방향보다 작고, 코르크참나무 코르크는 반대로 방사방향이 나머지 두방향보다 큰 값을 나타내는 특징으로 수축율과는 반대로 나타났다. 수축율과 압축영율에서 방향간 이런 특징을 보이는 것은 수축율에서 설명한 바와 같이 두코르크간 코르크세포벽의 셀룰로오스마이크로피브릴의 배향의 차이에 의한 것으로 생각한다.

3. 3. 2 압축변형의 회복률

Fig. 2는 두 코르크의 3방향에 따른 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 압축후의 하중제거직후, 1, 24시간후 압축률과 변형의 회복률과의 관계를 나타낸 것이다. 0, 1, 24시간후의 방향별, 두코르크간 회복률은 거의 차가 없었다. 즉 세방향 모두 0.1 압축했을 때는 제하직후 거의 처음의 치수까지 회복하였고, 0.5 압축했을 때는 제하직후 약 80 %까지 회복하였으며 24시간 후에는 약 95 %의 회복률로 약 5 %의 잔류변형이 남는 것으로 나타났다.

3. 3. 3 인장강도

Table 10은 두코르크의 섬유방향의 인장시험을 나타낸 것이다. 접선방향과 방사방향에서는 한국공업규격의 시험체를 채취할 수 없어 섬유방향만 조사하였다. 인장강도는 굴참나무 코르크가 13 kgf/cm², 코르크참나무 코르크가 15 kgf/cm²으로 통계적 유의차는 없었지만 코르크참나무 코르크가 굴참나무 코르크보다 큰 값을 나타냈다. 이는 조직이 약한 피목의 영향으로 생각한다. 즉 피목의 함유량이 Table 1에 나타난 바와 같이 굴참나무 코르크 9 %, 코르크참나무 코르크 4.6 %로 굴

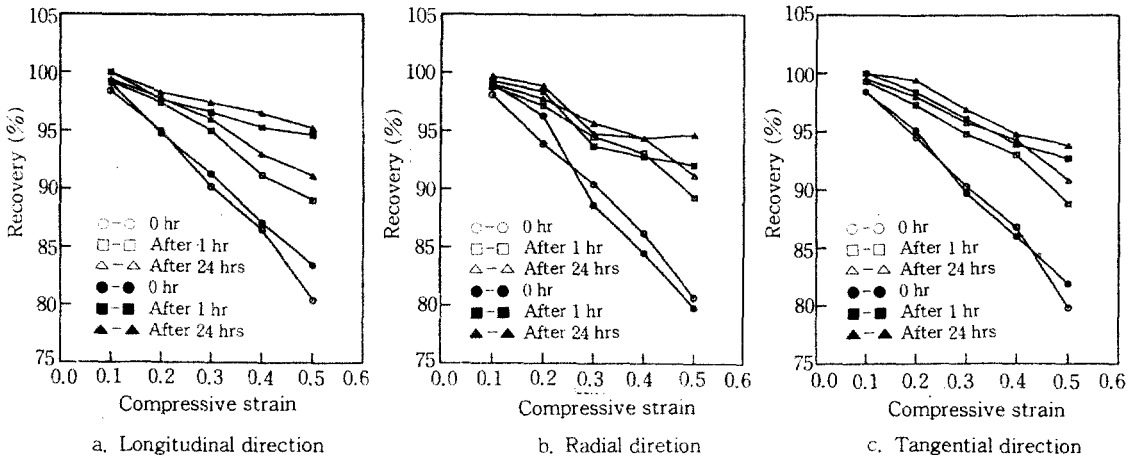


Fig. 2. Relationship between compression and recovery Legend) White : *Q. variabilis* Bl.
Black : *Q. suber* L.

Table 11. Brinell's hardness of cork.

(unit : kgf/cm²)

Section of cork	<i>Q. variabilis</i> Bl.				<i>Q. suber</i> L.				Level of significance
	AV.	(S. D.	D	MC)	AV.	(S. D.	D	MC)	
Cross section	0.14	(0.11	0.21	8.4)	0.10	(0.09	0.18	7.7)	n.s.* ¹
Radial section	0.17	(0.03	0.22	9.3)	0.12	(0.05	0.17	7.9)	n.s.
Tangential section	0.11	(0.04	0.21	9.8)	0.18	(0.06	0.18	8.3)	n.s.

*¹ n. s. : Not significant difference at 95 % level

3. 3. 4 브리넬경도

Table 11은 두 코르크의 브리넬경도를 나타낸 참나무 코르크의 피목 함유량이 많기 때문이라고 생각한다.

것이다. 굴참나무 코르크가 횡단면 0.14, 방사단면 0.17, 접선단면 0.11(kgf/cm²) 코르크참나무 코르크가 각각 0.10, 0.12, 0.18(kgf/cm²)으로 접선단면을 1로 하여 접선단면:방사단면:횡단면의 비를 보면 1:1.8:1.7로 목재(가문비나무)의 7.7:6.7:33.93)보다 방향에 의한 차이가 적은 것을 알 수 있다. 그리고 압축영률의 값과 똑같은 경향으로 굴참나무 코르크는 접선단면이 다른 두단면보다 적었고, 코르크참나무 코르크는 그와 반대로 접선단면이 다른 두단면보다 크게 나타났다. 이 이유에 대해서는 수축, 팽윤률과 압축영률에서의 기술한 것으로 설명할 수 있다.

두 코르크간은 각방향에서 통계적 유의 차는 없었지만 평균치로만은 압축영률과 같이 횡단면과 방사단면은 굴참나무 코르크가 코르크참나무 코르크보다 컸으며 접선단면은 그와 반대로 나타났다. 이 이유에 대해서도 압축영률에서 기술한 것으로

설명할 수 있다.

4. 結 論

굴참나무 코르크도 코르크참나무 코르크와 같이 수익성이 가장 좋은 가공성형품(병마개, 개스킷)으로의 이용 가능성을 조사하기 위해 굴참나무 코르크와 코르크참나무 코르크의 조직구조, 물리적 및 기계적 성질을 비교, 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 코르크의 구성요소인 코르크세포, 피목, 스크레라이드, 암갈색부분의 비율은 코르크세포가 코르크참나무 코르크 93%, 굴참나무 코르크 87%로 코르크참나무 것이 높았고, 상대적으로 나머지 요소는 굴참나무 것이 높았다.

평균연륜폭, 만코르크폭은 코르크참나무 코르크가 굴참나무 코르크의 약 2 배로 나타났고, 만코르크율은 굴참나무 코르크 14%, 코르크참나무 코르크 10.6%로 굴참나무 코르크가 높게 나타났다.

두코르크간 세포의 크기는 조, 만코르크의 각각에서의 세포길이, 6각형 1변의 길이, 세포벽두께가

코르크참나무 코르크가 굴참나무 코르크의 약 2 배로 나타났다. 조, 만코르크의 비교는 두코르크 모두 6각형 1변의 길이는 같고, 세포길이는 조코르크가 만코르크의 약 4 배, 세포벽두께는 만코르크가 조코르크의 약 2 배이다.

2. 전전밀도와 기전밀도는 굴참나무코르크가 0.21, 0.22 코르크참나무 코르크 0.18, 0.19(g/cm^3)로 굴참나무 것이 높게 나타났다. 흡수량은 1~24시간까지는 코르크참나무 코르크가 굴참나무 코르크보다 많은 경향을 나타냈지만, 24시간후부터는 굴참나무 코르크가 많은 경향을 나타냈다.

흡수량은 코르크참나무 코르크보다 홀로셀룰로오스 양이 많고, 슈베린 양이 적은 굴참나무 코르크가 대부분의 조건하에서 많게 나타났다.

수축율은 방사방향과 접선방향에서는 굴참나무 코르크가 코르크참나무 코르크보다 크게 나타났으며 섬유방향에서는 그와 반대로 나타났다. 그러나 팽윤율은 세방향 모두 차가 없는 것으로 나타났다. 방향간에서는 굴참나무 코르크는 방사방향이 섬유방향과 접선방향보다 수축율과 팽윤율이 컸으며 코르크참나무 코르크는 반대로 방사방향이 나머지 두방향보다 작은 값을 나타내는 특징을 보였다.

3. 압축영을 값은 굴참나무 코르크가 섬유방향과 접선방향에서 코르크참나무 코르크보다 높은 값을 나타냈고, 방사방향에서는 반대로 나타났다. 방향간에서는 굴참나무코르크는 방사방향이 섬유방향과 접선방향보다 작고, 코르크참나무 코르크는 반대로 방사방향이 나머지 두방향보다 큰 값을 나타냈다.

압축변형의 회복율은 두코르크간, 세방향별 모두 0.1 압축했을 때는 제하직후 거의 처음의 치수까지 회복하였고, 0.5 압축했을 때는 제하직후 약 80%까지 회복하였으며 24시간 후에는 약 95%의 회복율로 약 5%의 잔류변형으로 차가 없었다.

인장강도는 두코르크간 유의차는 없었지만 조직이 약한 피목의 영향으로 피목의 함유량이 많은 굴

참나무 코르크가 약한 경향을 나타냈다.

브리넬경도는 두 코르크간은 각방향에서 통계적 유의 차는 없었지만 평균치로 만든 압축영율과 같이 횡단면과 방사단면은 굴참나무 코르크가 코르크참나무 코르크보다 컸으며 접선단면은 그와 반대로 나타났고, 방향간은 압축영율의 값과 똑같은 경향으로 굴참나무 코르크는 접선단면이 다른 두 단면보다 적었고, 코르크참나무 코르크는 그와 반대로 접선단면이 다른 두단면보다 크게 나타났다.

參 考 文 獻

1. 조재명. 1988. 한국의 목재자원 및 수급과 임산업 현황. 임업연구원
2. Gibson, L. J., K. E. Easterling and M. F. Ashby. 1981. The Structure and mechanics of cork. Proc. R. Soc. London A 377 : 99~117
3. Kim, B. R., Mishiro, A., Sugiyama, J. and Okano, T. 1990. The physical properties of virgin and reproduction corks of *Quercus variabilis* Blume. Bull. Tokyo Univ. For., 82 : 199~217
4. Pereira, H., M. E. Rosa, and M. A. Fortes. 1987. The cellular structure of cork from *Quercus Suber* L. IAWA Bull 8 : 213~218
5. Pereira, H. 1982. Studies on the chemical composition of virgin and reproduction cork of *Quercus suber* L. Anais Inst. Sup. Agron 40 : 17~25
6. Rowe, J. W. and I. A. Pearl. 1961. Progress in chemical conversion. Forest. Prod. J. 11 (2) : 85~107
7. 이화형, 위훈, 이원용, 홍병화, 박상진. 1989. 목재물리 및 역학. 향문사. 서울