

보리穀粒의 組織構造와 化學的 成分組成

최원상·최홍식*·권태완

한국과학기술원 생물공학부
* 부산대학교 가정대학 식품영양학과
(1983년 12월 1일 수리)

Histochemistry of Barley Kernel

Weon Sang Choi, Hong Sik Cheigh* and Tai Wan Kwon

Dept. Biological Engineering, Korea Advanced Institute of Science & Technology

** Dept. Food & Nutrition, Pusan National University*

(Received December 1, 1983)

Abstract

Barley is considered as one of the most important cereals for Korean in terms of production and utilization. In this review we concentrate mainly on the chemical structure of husk, aleurone layer, endosperm and embryo (especially endosperm). The relationships among the structure, characteristics and role of chemical components in barley kernel are also discussed. The nature of the fine-structure and minor components is not fully identified, however, a lot of investigation and progress in this area probably contributes the development of new technique for better utilization of barley in the future.

1. 서 언

보리는 오랫동안 우리 식생활에 널리 이용되어 온 쌀 다음 가는 중요한 식량으로서, 그 생산량으로 보아도 우리나라 제2의 농작물이라고 할 수 있다. 그리고 보리는 단보당 수확량이 높고 답리작으로 논을 효과적으로 이용할 수 있으며, 수확기가 빨라 밭에서 콩, 고구마 등과 1년 2작도 가능하므로 다른 곡물에 비해 유리한 점이 많다.

보리는 품종에 따라 다소 차이가 있으나 대략 이삭(穗)의 구조적인 차이에 따라 몇 가지로 대별할 수 있다.¹⁾ 즉, 자방벽에서 분리되는 점액에 의하여 성숙하여 수확 후에도 점질이 종실(種實)에 밀착하여 쉽게 분리되지 않는 겉보리(皮麥, covered barley)와 성숙 후에 점질이 종실에서 쉽게 분리되어 수확 후에 이미 점질이 제거되는 쌀보리(稞麥, naked

barley)의 두 종류로 크게 나눌 수 있다. 또한 이삭의 모양에 따라 여섯줄의 종실이 수축(穗軸; rachis)에 달려있는 것을 6조맥(6條麥)이라 하며 길쭉의 일부가 퇴화되어 이삭의 단면이 두줄의 종실로 이루어진 것을 2조맥(2條麥)이라 한다. 두줄과 여섯줄이 혼생하는 경우도 있는데 이를 부제종(不齊種)이라 한다.

보리는 쌀과 함께 섞어 직접 식용하는 것이 보통이나 최근 보리를 이용한 빵, 국수, 프레이크, 음료 등의 보리 가공품이 소량 생산되고 있다. 그러나 적극적으로 보리식물을 개발하고 보다 효과적인 가공을 위해서는 보리 곡립에 대한 기초적인 자료가 요구된다. 따라서 본 논문에서는 보리 곡립의 조직구조와 그 조직을 구성하고 있는 화학적 성분을 중심으로 고찰하고자 하며 이를 곡립, 피층(皮層), 종실 등으로 나누어 살펴보고자 한다.

2. 보리 곡립의 단면구조 및 일반 성분 조성

보리의 전체곡립의 단면구조를 살펴보면 Fig. 1. 및

Fig. 2.와 같다. 곡립은 크게 피층과 종실의 두 부분으로 나눌 수 있는데 이중 피층은 표피(epidermis)와 유조직(柔組織, parenchyma)등 여러층의 조직으로 구성되어 있으나 크게 외피(外皮, outer husk

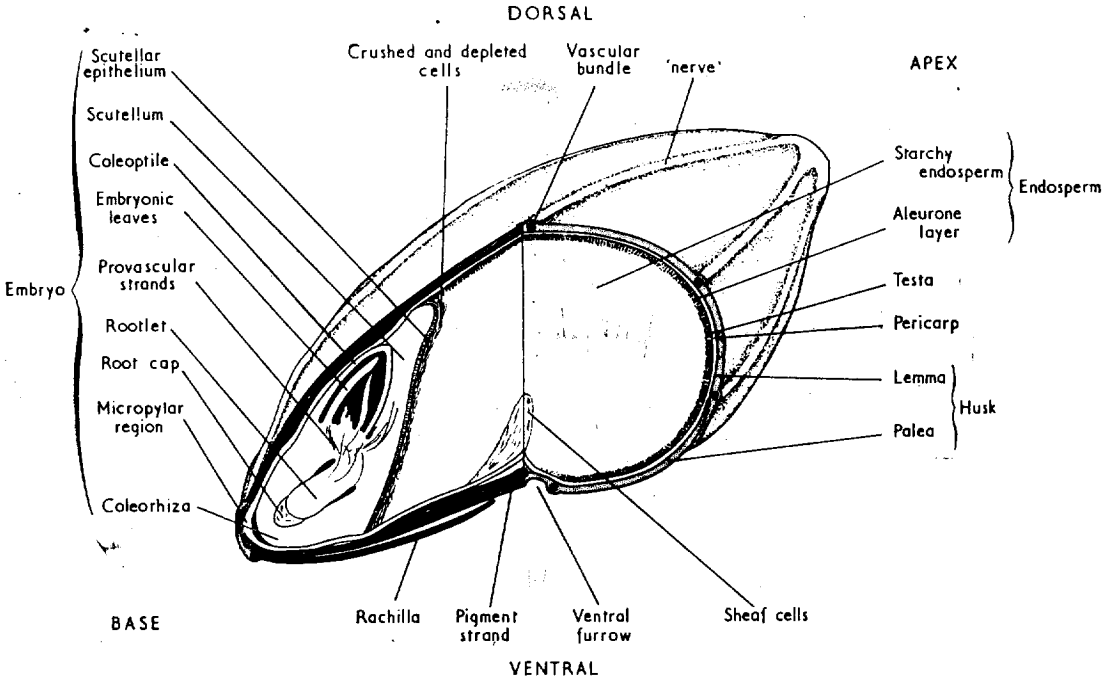


Fig. 1. Idealized diagram of barley grain, with a sector removed, to show the disposition of tissues.⁶⁾

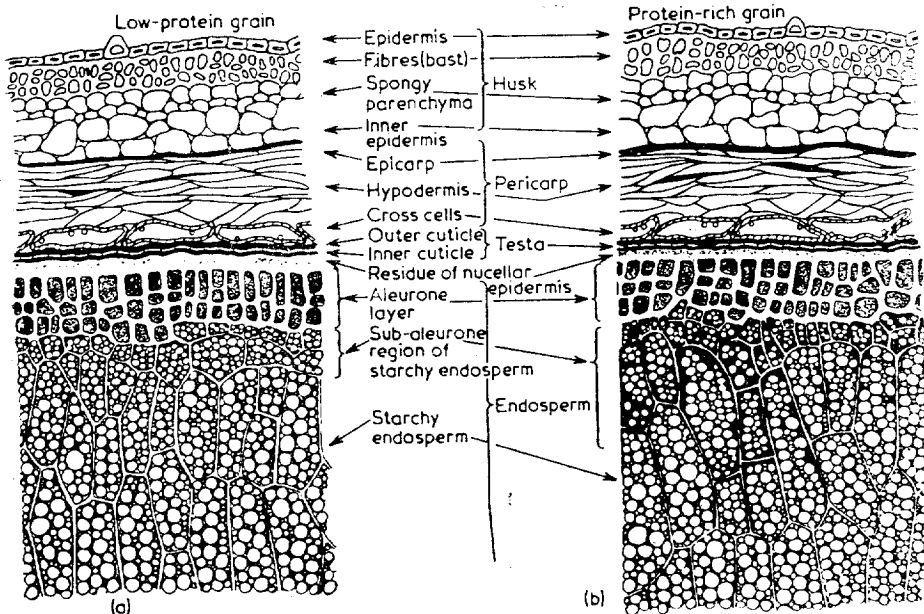


Fig. 2. Schematic transverse sections of the dorsal side of a barley grain, over the starchy endosperm, of a protein-poor grain (a) and a protein-rich grain(b)⁶⁾.

또는 husk)와 씨방벽이 자라서 된 과피(果皮, pericarp) 그리고 종피(種皮, testa)로 나눌 수 있다. 종실은 배유(胚乳, endosperm) 및 배아(胚芽, embryo)로 이루어져 있는데 배유는 호분층(糊粉層, aleurone layer)에 둘러 싸여 있으며 배아와 배유 및 호분층은 종피에 둘러 싸여 있다.

보리의 전반적인 성분분석은 Lüers²⁾ 및 Hopkins 와 Krause³⁾에 의해 일찍이 이루어졌는데 이를 정리하면 Table 1.과 같다. 즉, 전분을 주성분(전물의 63~65%)으로 하고 있으며 단백질(8~11%), 유지(2~3%), 무기질 성분(2%) 및 기타 성분(5~6%)으로 되어있고 다량의 다당류 화합물을 함유하고 있다. 즉, hemicellulose가 8~10%, cellulose가 4~5%, soluble gums 1~1.5% 이며 기타 당류를 약 1% 정도 함유하고 있다.

Table 1. Overall analysis of barley

Substance Analysed	Content(% dry weight)	
Starch	63~65	
Sucrose	1~2	
Reducing sugars	0.1~0.2	
Other sugars	1	
Soluble gums	1~1.5	
Hemicellulose	8~10	
Cellulose	4~5	
Lipids	2~3	
Protein (Nx 6.25)	8~11	
Salt-soluble	Albumin	0.5
	Globulin	3
Hordein	3~4	
Glutelins	3~4	
Amino acids, peptides, etc.	0.5	
Nucleic acid, etc.	0.2~0.3	
Mineral matter	2	
Phosphate	1.0	
Silicate	0.9	
Potash	0.7	
Magnesia	0.3	
Other materials	5~6	

3. 피 층

가. 외 피

외피의 기능은 종자의 보호로 생각되는데 일반적으로 외피는 곡립의 전물량의 약 10%에 해당되며⁴⁾ 주로 cellulose, hemicellulose, lignin과 소량의 단백질로 구성되어 있고 표면이 wax로 덮여 있는 상태이다.⁵⁾

외피는 곡립의 종축의 방향으로 곡립의 가운데에 위치하고 있는 종구(種溝, 골, furrow 또는 crease)를 기준으로 하여 골쪽 즉 배쪽(ventral side)의 것을 palea, 골의 반대쪽 즉 등쪽(dorsal side)의 것을 lemma로 구별해서 부르기도 한다.⁶⁾ 일반적으로 곡립의 배아부분이 다른 부분보다 외피가 두껍다. 쌀 보리의 경우에는 수확 후에 외피가 존재하지 않는 대신 과피가 겉보리보다 두껍게 발달되어 있다. 겉보리에서는 palea와 lemma가 과피에 결합되어 있고 가끔 기공(氣孔, air spaces)이 존재하기도 한다.⁶⁾ 도정에 의하여 피층과 종실의 일부를 제거하면 보리 쌀(pearl 또는 pearled barley)을 얻을 수 있다. 그리고 외피는 4가지 다른 형태의 죽은 세포로 이루어져 있으며 외피에 존재하는 죽은 세포의 퇴화된 세포질에는 물로 쉽게 추출되는 아미노산, 당, 유기산과 페놀 화합물 등이 함유되어 있다.⁶⁻⁷⁾

외피의 바깥세포는 lignin을 갖는 두터운 벽으로 되어있는 반면 안쪽세포는 얇은 cellulose로 된 벽을 갖는다.⁸⁾ 보리의 외피에 존재하는 hemicellulose는 다른 곡물의 straw에 존재하는 hemicellulose와 유사하다고 알려져 있다.⁸⁻¹²⁾

Aspinall과 Ferrier¹¹⁾에 의하면 외피에 존재하는 hemicellulose의 구조는 Fig. 3.과 같다고 하며 uronic acid가 존재하지 않는 것이 특징이다.

나. 과 피

과피는 성장하면서 파열되고 퇴화되는데, 쌀보리가 겉보리보다 그 조직이 덜 치밀하고 더 단단하며 lignin을 함유하지 않는다.⁶⁾

과피는 cellulose를 다량 함유하는 세포로 구성되어 얇은 wax층에 의해 외피와 분리되어 있다.¹³⁾ 과피에는 3가지 (드물게는 4가지)의 세포가 존재하는데 epicarp, hypodermis, cross cell(때로는 소량의 흠어진 tube cell이 존재)이 그것이다. Cross cell과 tube cell은 크고 편평하며 목질화된 세포로 이로부터 종피와 분리되어진다.^{6,13)} 이에 대하여 황산을 처리하면 외피의 cellulose 물질과 과피의 대부분은 녹으나 종피와 과피층의 목질화된 부분(cross cell과 tube cell)은 녹지 않는다.^{13,14)} 이와같은 과피는 이온을 띤 물질에 대해서는 반투과성을 보이고 있으며,¹⁵⁻¹⁷⁾ gibberellic acid에 대해 장벽으로 작용하고,^{13,18,19)} fungi에 대해 방어기능을 보인다고 한다.²⁰⁾

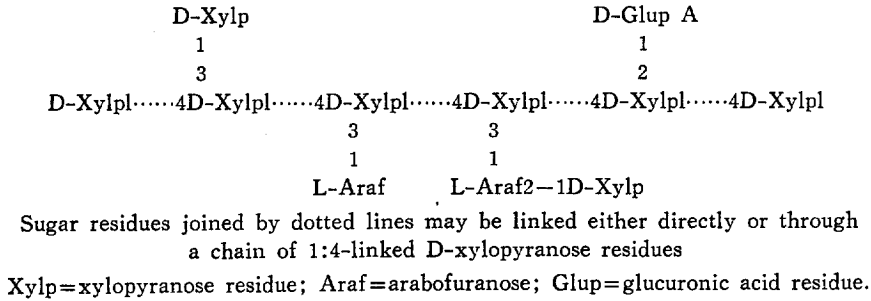


Fig. 3. Structure of hemicellulose of barley husk.

다. 종 피

종피는 지방과 wax로 된 2개의 표피층(cuticulated layer)사이에서 cellulose 막으로 된 퇴화된 세포가 끼어있는 상태로 되어 있으며 보통 바깥층이 안층보다 두껍다.^{6,20)}

종피는 wax물질을 다량 함유하고 있어 산소와 gibberellic acid의 장벽으로 작용하며,^{13,18,19)} 이는 일련의 n-alkane(C-11~C-36으로 구성되어 있으나 C-29와 C-31이 주성분)과 5-n-alkyl resorcinol을 주성분으로 하며 그의 미량성분으로 가지달린 alkane과 alkanol, sterol ester, 유리 sterol, 유리지방산 등이 있다.^{13,21)} 또한 종피는 반투성막으로 침지시에는 순수한 물과 약간의 이온 그리고 저분자의 화합물들만이 통과가 가능하다.^{17,20,22~24)} 그리고 종피에는 다량의 tannin이 존재하며 이는 물에 침지시키는 것 만으로는 완전하게 제거될 수 없으며, 뜨거운 물에는 녹는다.²⁵⁾ 또한 종피는 알칼리 용액이 보리로 부터 tannin을 제거하는 가장 효과적인 용제이며, 석회수나 gelatine을 처리하면 이는 다시 침전하게 된다.

4. 종 실

가. 호분층(aleurone layer)

호분층은 두께가 50~110 μ m로서 살아있는 입방형 세포로 되어있다. 이 세포들은 여러종류의 organell(rough endoplasmic reticulum, mitochondria, microbodies, proplastids, 지질을 함유한 수개의 spherosomes, aleurone grains)로 채워져 있으며 전분은 존재하지 않는다.^{6,27)}

호분층에 존재하는 세포들에 존재하는 단백질은 주로 hordein이며⁷⁵⁾ 세포벽은 85%의 arabinoxylan과 8%의 cellulose 그리고 6%의 단백질로 구성되어 있으며 일반적인 식물세포벽의 구성성분인 hydrox-

yproline과 uronic acid를 함유하고 있지 않으나 소량의 β -1,3-glucan을 함유하고 있다.^{28,29)} 또한 arabinoxylan은 직쇄형의 xylan을 뼈대로 하며 이중 33%정도가 2와(또는) 3의 위치에 arabinose가 측쇄결합을 하고 있으며 arabinoxylan과 cellulose간의 비공유결합이 세포벽의 구조를 유지시켜주는 힘이 되고있다.²⁹⁾ Jacobsen등³⁰⁾에 의하면 aleurone grain은; i)단백질, 지질, phytin으로 구성되어 있으며 membrane으로 싸여있지 않은 lipid bodies와 ii) 단백질과 탄수화물로된 protein-carbohydrate bodies를 갖는다고 한다. 그러나 같은해에 Buttrose³¹⁾에 의해 발표된 논문은 lipid bodies가 membrane에 싸여있고 발아 중에도 그 구조에는 변화가 없었다고 한다.

보리중의 지질은 호분층과 배아에 대부분 존재하며^{5,6)} 세포벽보다는 aleurone grain내에 상당히 많은 회분이 존재하며 그 중에서도 potassium-magnesium과 phytic acid의 인산염이 다량 존재하고 칼슘의 양은 비교적 낮다.³²⁾ 이상을 종합해서 살펴본 aleurone cell의 구조는 Fig. 4.와 같다.

나. 배 유

배유는 55~65%의 전분, 8~12%의 단백질, 8~10%의 다당류로 구성되어 있다.³³⁾ Fig. 5는 배유세포의 사진을 보여주고 있는데 저장단백질의 matrix (glutelin과 hordein으로 구성)에 전분입자가 embedded 되어있는 상태이다.^{34~37)}

또한 보리 배유부의 세포벽은 70~75%의 β -glucan, 20~25%의 arabinoxylan, 3~5%의 단백질과 약2%의 mannan으로 되어 있고 hydroxyproline과 pectin질은 없다.^{38,40)} 그리고 보리 배유부의 세포벽은 가는 섬유상의 물질(cellulose와 arabinoxylan 그리고 소량의 mannose를 포함한 다당류로 구성됨)이 β -glucan과 arabinoxylan, 소량의 단백질과 phenol

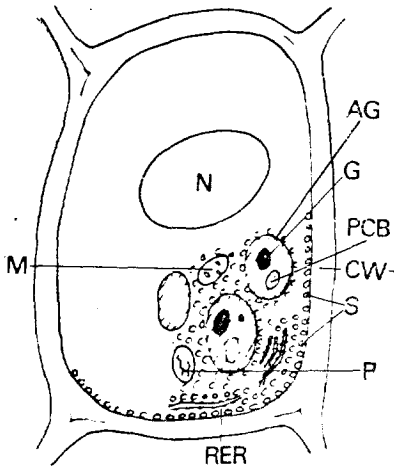


Fig. 4. Diagram of longitudinal section of barley aleurone cells.
 AG=aleurone grain; G=globoid; PCB=protein carbohydrate body; CW=cell wall; S=spherosome P=plastid; M=mitochondria; N=nucleus; RER=rough endoplasmic reticulum⁶⁾

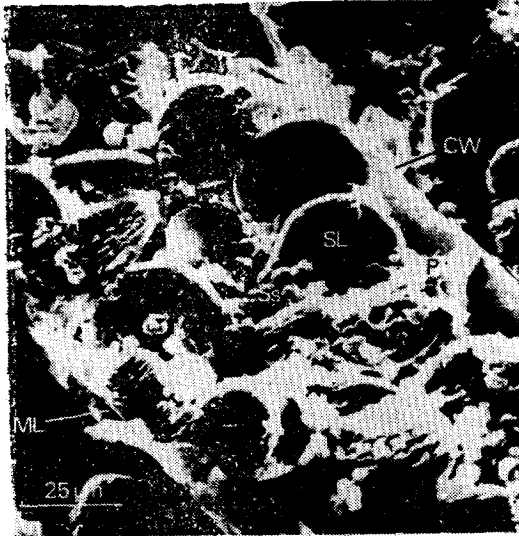


Fig. 5. Scanning electron micrograph of the endosperm of barley. CW=cell wall; SL=large starch granule; Ss=small starch granule; P=storage protein; ML=middle lamella between the cell walls of two endosperm cells.⁵⁾

로 구성된 용단모양의 구조에 싸여있는 형상을 지니고 있다.^{38,40)} 보리의 β -glucan은 분자량이 $\sim 4 \times 10^7$ dalton 정도로 단백질과 매우 단단히 결합되어 복합체를 이루고 있어 β -glucan을 깨기 위해서는 우선

단백질 부터 가수분해시켜야만 된다.^{41,42)} 따라서 β -glucan과 단백질(비록 소량이긴 하지만)이 배유부 세포벽을 구성하는 가장 중요한 구성성분이라고 할 수 있다, 보리의 경우 세포벽을 구성하는 β -glucan중 70%는 β -1,4-glucan이고 30%는 β -1,3-glucan이며 β -1,4와 β -1,3간의 배열은 규칙적으로 배열되어 있지 않고 임의로 분포되어 있다. 또한 보리의 배유세포의 벽에 존재하는 β -glucan의 중합도는 250~400 정도이다.^{38,40,43~51)} 그리고 배유세포 벽에 존재하는 arabinoxylan은 D-xylose가 β -1,4형으로 결합되어 있고, xylan 뼈대의 2와 3 위치에 또는 2혹은 3위치에 α -arabinofuranose가 일반적으로 존재하고 있으며^{11,33,52)} 그 구조는 Fig.6 과 같고 uronic acid는 존재하지 않는다.¹²⁾ 배유부에 존재하는 hemicellulose는 발아중 생기는 gum물질의 전구체로 작용하고 있다.¹²⁾

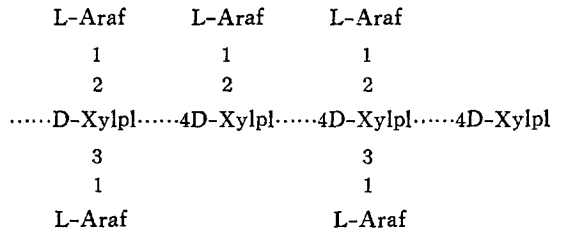


Fig. 6. The structure of water soluble arabinoxylan which exist in endosperm of barley(L-Araf=L-arabofuranose unit; D-Xylp=D-xylopyranose unit).

Palmer⁵³⁾는 맥아 제조과정 중 발아가 빨리되는 보리(Maris Otter와 Proctor 품종)와 발아가 늦은 보리(Julia 품종)의 배유부 세포벽에 비슷한 량의 β -glucan과 pentosan이 존재한다는 사실로부터, 배유부 세포벽이 효소의 공격을 받는 속도는 β -glucan과 pentosan의 양에 달려있는 것이 아니라, 그것이 어떤 형태로 존재하느냐에 달려있다고 하였다. 그리고 Palmer^{54,55)}는 배유분본 세포를 에워싸는 matrix물질이 일반적으로 다른 식물의 경우 pectin인데 비해 단백질이 middle lamella의 형태로 존재한다고 하였다.

배유세포내의 단백질은 물, 염 용액, 70% ethanol, 산 및 알칼리의 용해도에 따라 albumin, globulin, prolamine(hordein)과 glutelin의 4가지로 크게 나눌 수 있다. 화학적으로 hordein은 proline, glutamic acid, amide nitrogen등의 함량에 있어서 glutelin과 현저히 다르다. Adamic과 Thomas⁵⁶⁾에 의

하면 질소함량이 높은 보리는 질소함량이 낮은 보리에 비해 배유부 중앙부위에 현저히 많은 hordein을 함유하고 있다고 한다. Hordein은 여러 단백질의 복합체^{37,38,59)}라고 알려져 있고 물에 불용성이다. 최근 Baxter⁶⁰⁾가 hordein을 기질로 사용한 실험에 의하면 exopeptidase와 endopeptidase 모두가 냉동건조시킨 hordein fraction을 분해시켰다고 하며 이 중에서도 endopeptidase (hordeinase)가 보다 더 빨리 분해할 수 있다고 하였다. 비록 hordein과 glutelin이 배유부 내에서 정확히 어디에 위치하고 있는 지는 모르지만 glutelin 단백질은 주로 세포벽과 다른 탄수화물들과 함께 존재하고 있으며, hordein은 작은 전분입자와 함께 있다고 알려져 있다.³³⁾

배유세포 내의 전분은 blue value가 약 0.28~0.51이며 18~24%의 amylose(국내산 보리의 경우는 27~30% amylose)를 함유하고 있다.⁶¹⁻⁶⁵⁾ 보리 전분입자의 크기는 큰 입자는 10~20 μ m, 작은 입자는 1~2 μ m 정도로^{66,67)} cassava 전분입자와 비슷하고 밀이나 쌀 전분에 비해서는 입자가 큰 편이나 갑자기 yam 전분입자 보다는 다소작다.⁶⁸⁾ 보리 전분의 호화개시 온도는 51~59°C이며 58~64°C에서 종료된다.⁶³⁾ 보리의 amylose는 blue value가 약 1.3정도이며 약 1850개의 glucose residue (α -1:4-linked)로된 사슬모양으로 구성되며 보리의 amylopectin은 blue value가 약 0.067정도이며 단위 측쇄당 26여개의 glucose residue를 가지며 또 측쇄 부분의 86%가 1:6 glucosidic bond로 되어 있다.^{61,69-71)}

다. 배 아

배아의 구조는 Fig. 7과 같으며³³⁾ 외피, 껍피 그리고 종피에 의해 보호를 받고 있다. 그리고 발아할 때 영양원으로 이용되는 단백질, 지질, 전분과 다른 영양성분들이 배아의 세포속에 저장되어 있다. 배아에 존재하는 탄수화물의 분포를 보면 sucrose와 raffinose 및 hexose가 각각 14.0, 10.0 및 0.2% 이고 pentosan 0.4%, galactan 0.3%, crude cellulose 7%이며 이외에 소량의 uronic acid도 함유되어 있다. 그러나 mannan은 배아속에 존재하고 있지 않으나^{72,73)} 발아과정 중 단백질 합성에 관여하는 ribosome은 배아에 함유되어 있다.⁷⁴⁾

그리고 배유부와 직접 닿아있는 scutellum은 다량의 sucrose, raffinose, 단백질, lipid bodies를 함유하나 전분은 함유하지 않으며,³³⁾ gibberellin을 합성하여 배유로 분비하는 장소이기도 하다.³⁹⁾

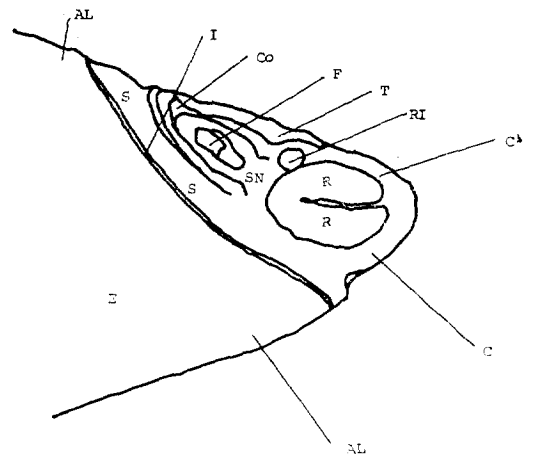


Fig. 7. Diagram of longitudinal section of embryo and proximal endosperm.³³⁾ (Al=aleurone layer; S=scutellum; I=intermediate layer of empty endosperm cells; Co=coleoptile; F=foliar shoot; T=testa; RI=root initial; R=young root C=coleorhiza; E=endosperm.)

5. 결 언

보리는 전통적으로 우리나라 제2의 식량으로서 중요한 위치에 있다. 보리의 효과적인 이용 및 식미개선을 위해서는 보리 곡립의 전반적인 조직구조와 이를 이루고 있는 구성성분에 대한 충분한 이해가 선행되어야 한다. 본 논문에서는 보리의 피층 그리고 종실부위인 호분층과 배유 및 배아의 조직구조를 살펴 보았고 또 이를 구성하는 화학적 성분들을 고찰 정리하였다. 이미 보리의 식용 증대를 위한 가공특성 및 보리단백질^{76,77)}에 대한 총설이 발표된바 있으며, 이와같이 정리된 내용이 보리에 대한 관심을 갖고 있는 모든 분들에게 중요한 기초자료가 되어 줄것을 기대한다.

참 고 문 헌

- 1) 조계영(편): 전작(田作), 향문사, 서울 (1978)
- 2) Lüers, H.: in "Barley and Malt" ed. by A. H. Cook, 434-435, Academic press, London and New York (1962)
- 3) Harris, G.: in "Barley and Malt" ed. by A. H. Cook, 435, Academic Press, London and New York (1962)

- 4) Harris, R.H. and Scott G.M. : *Cereal Chem.*, **24**, 475 (1947)
- 5) Palmer, G.H. and Bathgate, G.N. : in "Advances in Cereal Science and Technology", ed. by Y. Pomeranz, **1**, 237-324, American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota (1976)
- 6) Briggs, D.E. : "Barley", Chapman and Hall, London (1978)
- 7) Pollock, J.R.A. : in "Barley and Malt" ed. by A.H. Cook, 303-389, Academic Press, London and New York (1962)
- 8) Bishop, C.T. : *Canadian J. Chem.*, **31**, 793 (1953)
- 9) Aspinall, G.O. and Mahomed, R.S. : *J. Chem. Soc.*, 1731 (1954)
- 10) Chanda, S. K., Hirst, E.L., Jones, J.K.N., and Percival E.G.V. : *J. Chem. Soc.*, 1289 (1950)
- 11) Aspinall, G.O. and Ferrier, R.J. : *J. Chem. Soc.*, 4188 (1957)
- 12) Preece, I.A. and Hobkirk R. : *J. Inst. Brew.*, **60**, 490 (1954)
- 13) Palmer, G.H. : *J. Inst. Brew.*, **75**, 536 (1969)
- 14) Essery, R.E., Kirsop B.H. and Pollock J. R.A. : *J. Inst. Brew.*, **62**, 150 (1956)
- 15) Brown, A.J. : *Ann. Bot. Lond*, **21**, 79 (1907), cited in *J. Inst. Brew.*, **75**, 536 (1969)
- 16) Brown, R. : *Ann. Bot. Lond*, **46**, 571 (1932) cited in *J. Inst. Brew.*, **75**, 536 (1969)
- 17) Stevens R. : *J. Inst. Brew.*, **64**, 470 (1958)
- 18) Brown, C.R. : *J. Inst. Brew.*, **80**, 483(1974)
- 19) Brown, C.R. : *J. Inst. Brew.*, **80**, 471(1974)
- 20) Caldwell F. : *J. Sci. Food Agric.*, **12**, 169 (1961)
- 21) Briggs, D. E. : *Phytochemistry* **13**, 987(1974)
- 22) Adrian J. B. B. : *Proc. Royal Soc. B. (Jan)* **81**, 82 (1909)
- 23) Schuster, K. : in "Barley and Malt" ed. by A.H. Cook, 271-302, Academic Press, London & New York (1962)
- 24) Brown, A.J. and Tinker, F. : *Proc. Roy. Soc.* **89**, B, 373 (1916), cited in "Barley and Malt" ed. by A.H. Cook, Chap. 8, Academic Press, London & New York (1962)
- 25) Hall, R.D., Harris, G. and Ricketts, R.W. : *J. Inst. Brew.*, **65**, 247 (1959)
- 26) Lüers, H. and Stauber, J. : *Wschr. Brew.*, **48**, 93, 103, 117 (1931)
- 27) Paleg, L. and Hyde, B. : *Plant Physiology*, **37**, 673 (1964)
- 28) Lincoln, T. and Russel L. J. : *Planta (Berl.)* **92**, 73 (1970)
- 29) Michael, M., Peter A., Lincoln, T. and Russel, J.J. : *Plant Physiol.*, **55**, 64 (1975)
- 30) Jacobsen, J.V., Knox, R.B., and Pylotis, N.A. : *Planta (Berl.)*, **101**, 189 (1971)
- 31) Buttrose, M.S. : *Planta (Berl.)*, **96**, 13 (1971)
- 32) Pomeranz, Y. : *Cereal Chem.*, **50**, 504 (1973)
- 33) Palmer, G.H. in "Cereal for Food and Beverage, Recent Progress in Cereal Chemistry" ed. by George E. I. and Lars M., 301-338 Academic Press, New York (1980)
- 34) Palmer, G.H. : *J. Inst. Brew.*, **78**, 326 (1972)
- 35) Pomeranz, Y. : *Cereal Chem.*, **51**(5), 545 (1974)
- 36) Pomeranz, Y. : *Am. Soc. Brew. Chem. Proc.*, **24** (1972)
- 37) Pomeranz, Y. : *Cereal Chem.*, **49**(1), 1(1972)
- 38) Fincher, G.B. : *J. Inst. Brew.*, **81**, 116(1975)
- 39) Palmer, G.H. : *J. Inst. Brew.*, **80**, 13(1974).
- 40) Ballance, G.M. and Manners, D.J. : *Carbohydrate Research*, **61**, 107 (1978)
- 41) Forrest, I.S. and Wainwright, T. : *J. Inst. Brew.*, **83**(5), 279 (1977)

- 42) Forrest, I. S.: *Biochem. Soc. Trans.*, **5**(4), 1154 (1977)
- 43) Goldstein, I. J., Hay, G. W., Lewis, B. A., and Smith, F.: in "Barley and Malt" Chap. 10, ed. by A. H. Cook, Academic Press, London and New York (1962)
- 44) Preece, I. A., Garg, N. K., and Hoppan, J.: *J. Inst. Brew.*, **66**, 331 (1960)
- 45) Preece I. A., and Garg, N. K.: *J. Inst. Brew.*, **67**, 267 (1961)
- 46) Luchsinger, W. W., Cochrane, D. G., and Kneen, E.: *Cereal Chem.*, **37**, 525(1960)
- 47) Aspinall, G. O. and Greenwood, C. T.: *J. Inst. Brew.*, **68**, 167 (1962)
- 48) Luchsinger, W. W., Chen, S. S. and Richards, A. W.: *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **112**, 531 (1965)
- 49) Enkenlund, J.: *Process Biochemistry*, August 27 (1972)
- 50) Clarke, A. E. and Stone, B. A.: *Biochem. J.*, **99**, 582 (1966)
- 51) Bourne, D. T. and Pierce, J. S.: *Tech. Quart, Master, Brew. Assn. Am.*, **9**, 151 (1972)
- 52) Preece, I. A., and Mackenzie, K. G.: *J. Inst. Brew.*, **58**, 353 (1952)
- 53) Palmer, G. H.: *J. Inst. Brew.*, **80**, 506 (1974)
- 54) Palmer, G. H.: *Proc. Eur. Brew. Conv. (Estoril)*, 59 (1971)
- 55) Palmer, G. H.: *Amer. Soc. Brew. Chem. Proc.*, 174 (1975)
- 56) Adamic, E. B. and Thomas, R. E.: *Am. Soc. Brew. Chem. Proc.*, 148 (1970)
- 57) Harris, G.: In "Barley and Malt", ed. by A. H. Cook, Chap 10, Academic Press, London and New York (1962)
- 58) Pollock, J. R. A., Kirsop, B. H. and Poll, A. A.: *Proc. Eur. Brew. Conv. (Rome)*, 89 (1959)
- 59) Mesrob, B., Petrova, M. and Ivanov, C. H. P.: *Biochim. Biophys. Acta*, **200**, 459 (1970)
- 60) Baxter, E. D.: *J. Inst. Brew.*, **82**, 203 (1976)
- 61) Mac William, I. C., and Percival, E. G. V.: *J. Chem. Soc.*, 2259 (1951)
- 62) Goering, K. J., Eslick, R. F. and Ryan, C. A. Jr.: *Cereal Chem.*, **34**, 437 (1957).
- 63) 김용휘, 김형수: 한국식품과학회지 **6** (1), 30 (1974)
- 64) Greenwood, C. T., and Thomson, J.: *J. Chem. Soc.*, **222** (1972)
- 65) Greenwood, C. T.: *Food Technol. (May)*, 138 (1964)
- 66) MacGregor, A. W.: *Cereal Chem.*, **56**(5), 430 (19779)
- 67) MacGregor, A. W. and Ballance, D. L.: *Cereal Chem.*, **57**(6), 397 (1980).
- 68) Rasper, V. F. and De Man, J. M., *Cereal Chem.*, **57**(5), 331 (1980)
- 69) Bates, F. L., French, D., and Rendle, R. E.: *J. Am. Chem. Soc.*, **65**, 142(1943)
- 70) Wilson, E. J., Schoch, T. J. and Hudson, C. S.: *J. Am. Chem. Soc.*, **65**, 1381 (1943)
- 71) Aspinall, G. O., Hirst, E. L. and McArthur, W.: *J. Chem. Soc.*, 3075 (1955)
- 72) MacLeod, A. M. and Napier, J. P.: *J. Inst. Brew.*, **65**, 188 (1959)
- 73) MacKeoD, A. M.: *Wallerstein Communications*, **23**, 81, 87(1960)
- 74) Brooke, J. D., Chung L. P., and Marcus, A.: in "Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination", North-Holland, 348, New York and Oxford (1980)
- 75) Tronier, B., Ory, R. L. and Henninsen, K. W.: *Phytochemistry*, **10**, 1207 (1971)
- 76) 최홍식: 식품과학, **12**(2), 35 (1979)
- 77) 최홍식: 식품과학, **12**(3), 61 (1979)