

보리의 성숙에 따른 이화학적 특성의 변화

장학길 · 박귀근

경원대학교 식품가공학과

Changes in Physicochemical Characteristics of Barley during Kernal Maturation

Hak-Gil Chang and Gwi-Gun Park

Department of Food Science and Technology, Kyungwon University

Abstract

These studies were conducted to investigate the changes in physicochemical characteristics of Charbori (waxy-barley) and Olbori (normal) during kernel maturation. 1000-kernel weight increased as the barley matured and as the original moisture decreased. The amount of total nitrogen per endosperm was similar in both cultivars. 1000-kernel weight had a correlation coefficient of $r = -0.871^{**}$ with water soluble nitrogen and of $r = -0.894^{**}$ with nitrogen solubility index. At maturity, the starch content of Olbori was 26% higher than Chalbori. Amylose content ranged from 20.4 to 24.7% in Olbori and from 9.9 to 12.9% in Chalbori as the kernel matured. β -glucan viscosity was no differences at the early stages of development, but at 40 days after heading, was greatly differences between Chalbori and Olbori, 7.9 and 5.8 cST, respectively. Gelatinization characteristics and other properties of the starch by Amylograph were compared with those of Olbori and Chalbori. The Chalbori starch usually had a lower initial temperature and setback.

Key words: barley, waxy-barley, barley maturity

서 론

보리(*Hordeum vulgare* L.)는 오랫동안 우리의 주곡 작물로서 우리의 식생활에서 쌀과 더불어 식량의 주축이 되어 왔으나, 최근 국민 식생활의 변화로 그 소비량은 급격히 감소하고 있다. 즉, 보리 소비량은 1974년 연간 국민 1인당 39.9 kg이던 것이 1989년에는 3.1 kg으로 크게 감소되었다⁽¹⁾.

우리나라에서 보리 품질의 개선은 1906년부터 시작하여 1920년까지는 순계분리 및 도입 육종, 1920년 이후의 교잡육종, 1930년대의 찰보리 육종, 1970년대에는 내한성 찰보리 및 조숙종 육성, 1980년 대에는 식용 및 가공 적성에 알맞는 배유 전분 개량 육성에 치중하여 왔다^(2,3).

우리나라에서 보리의 성분에 관한 연구로서는 단백질, 무기질, 아미노산 및 비타민 등에 관하여 보고된 바 있으며, 찰보리 전분의 이화학적 특성에 대하여 일부 보고되어 있다⁽⁴⁾. 본 연구에서는 보리 배유의 전분 특성이 다른 찰보리와 장려품종인 올보리의 성숙기에 따른 이화학적 특성 등에 대하여 검토한 바 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 보리는 찰보리(waxy)와 올보리(non-waxy)로서 맥류연구소(수원)포장을 시험지로 하였으며, 맥류연구소 표준재배법에 의하여 재배하였다. 종실시료는 출수 후 15일부터 40일까지 5일 간격으로 수확하여 실험재료로 하였다.

종실의 이화학적 특성

종실의 수분, 회분함량은 AACC 방법⁽⁵⁾에 의하여 분석하였으며, 종실의 경도, 입도 및 천립중은 농촌진흥청 농사시험연구소사기준방법⁽⁶⁾에 따라 실시하였다.

전질소, water soluble nitrogen 및 nitrogen solubility는 AACC 방법⁽⁵⁾에 의하여 분석하였다.

종실의 전분 특성

전분의 분리는 알칼리 침지법⁽⁷⁾으로 분리하였다. 즉 정맥을 하여 2시간 수침시킨 후 증류수를 가하여 와링 브렌더로 2분간 마쇄한 다음 70 mesh와 140 mesh의 체로 반복통과시켜 얻은 침전물이 노란색층이 없어질 때까지 5배 가량의 알칼리 용액(0.2% NaOH)으로 처리하고 증류수로 중성이 될 때까지 씻어 정제 전분을 얻었다. 종실 및 전분의 아밀로오스 함량은 Williams 등⁽⁸⁾의 방법으로 측정하였다.

Corresponding author: Hak-Gil Chang, Department of Food Science and Technology, Kyungwon University, San 65, Bokjung-dong, Soojung-gu, Sunghnam 461-701, Korea

물 결합능력은 Medcalf와 Gilles⁽⁹⁾의 방법에 따라, 미리 무게를 측정된 50 ml 원심관에 1g을 취하여 증류수 20 ml를 첨가하여 현탁액을 만든 후 25°C의 온도가 조절된 shaker에 넣어 15 rpm으로 1시간 동안 흔들어 주었다. 이것을 3,000 rpm에서 40분간 원심분리 후 침전된 전분 무게로부터 결합된 물의 양을 구하고 처음 시료 전분과의 중량비로부터 물결합 능력을 계산하였다.

광 투과도에 의한 열화 특성은 0.1%(dry basis) 전분 현탁액을 50~85°C 범위의 각 일정온도에서 5분간 가열한 후 620 nm에서 광 투과도의 변화를 측정하였다⁽¹⁰⁾. 보리가루의 호화양상은 Brabender/Visco/Amylograph를 사용하여 Chung의 방법⁽¹¹⁾에 따라 실시하였다. 즉 정맥 분쇄(50% 정맥, 60 mesh) 시료(14% mb) 50g을 효소활성을 억제시키기 위하여 HgCl₂를 20 mg 용해시킨 450 ml의 물에 풀어서 amylograph bowl에 넣고 25°C부터 95°C까지 온도를 상승(1.5°C/min)시키고 15분간 그 온도를 유지하다가 50°C까지 온도를 하강(1.5°C/min)시켜 그래프를 얻은 후 호화개시온도, 점도 등을 구하였다.

Table 1. Changes in moisture content and 1,000-kernel weight of maturing barley

Variety	Days after heading	Moisture content (%)	1,000-kernel weight(g)
Chalbori	15	58.1	7.4
	20	52.4	14.4
	25	45.5	24.7
	30	42.4	27.9
	35	16.7	26.9
	40	10.0	28.3
Olbori	15	60.7	8.9
	20	55.3	13.9
	25	48.6	21.9
	30	42.9	33.0
	35	19.7	35.9
	40	11.0	35.3

β-glucan viscosity의 측정

정선한 보리는 수분함량이 11%가 되도록 30°C의 열풍건조기로 건조한 다음 cyclone mill을 사용하여 0.5 mm screen을 통과하도록 하였다. 침출액은 sodium carbonate-bicarbonate buffer(pH 10) 용액을 사용, 정의 방법⁽¹²⁾에 따라 β-glucan viscosity를 측정하였다. 즉 시료 2.5g을 100 ml 삼각 flask에 넣고 침출액 50 ml를 가하여 가루와 용액이 충분히 혼합되도록 흔든 다음 45°C의 shaking water bath에서 50분간 침출하고 냉각한 다음 3,000 rpm으로 원심분리하여 상등액을 취하였다. 측정방법은 Ostwald viscosimeter에 시료 5 ml를 취하여 모세관 부위 시작점으로부터 종료 지점까지를 통과하는데 소요되는 시간을 cST로 환산하였다.

결과 및 고찰

종실의 이화학적 특성

Table 2. Changes in hardness and ash content of the barley during kernel maturation

Variety	Days after heading	Hardness(kg)*		Ash content(%)
		Mean	per.sq.mm	
Chalbori	15	—	—	3.94
	20	6.75	13.78	2.88
	25	11.21	22.88	2.60
	30	12.63	25.78	2.27
	35	11.98	24.45	2.36
	40	13.48	27.51	2.30
Olbori	15	—	—	4.10
	20	7.69	15.69	3.32
	25	11.16	22.78	2.72
	30	12.82	26.16	2.42
	35	13.21	26.96	2.24
	40	13.31	27.17	2.29

*Mean of 50 kernels.

Table 3. Changes in total nitrogen, water soluble nitrogen and nitrogen solubility index of the barley during kernel maturation

Variety	Days after heading	Total nitrogen		Water soluble nitrogen		Nitrogen solubility index
		Content(%)	mg per kernel	Content(%)	mg per kernel	
Chalbori	15	2.27	0.168	0.63	0.047	27.57
	20	2.15	0.310	0.39	0.056	17.91
	25	2.03	0.569	0.34	0.084	19.88
	30	2.02	0.564	0.31	0.086	12.88
	35	2.07	0.557	0.30	0.081	11.84
	40	1.75	0.494	0.29	0.082	11.29
Olbori	15	1.98	0.176	0.49	0.044	24.50
	20	1.91	0.265	0.29	0.040	15.18
	25	1.81	0.396	0.21	0.046	13.38
	30	1.80	0.592	0.20	0.066	11.11
	35	1.71	0.614	0.18	0.065	10.53
	40	1.74	0.616	0.18	0.064	9.62

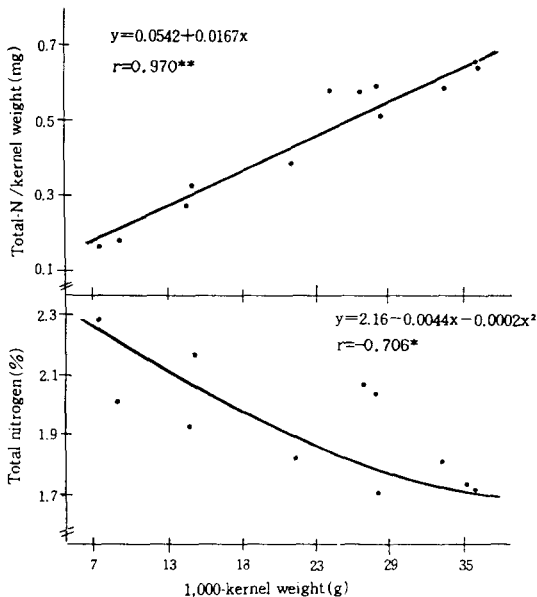


Fig. 1. Relationship between 1000-kernel weight and total nitrogen content during kernel maturation

보리의 성숙기에 따른 종실의 수분함량 및 천립중의 변화는 Table 1과 같다. Table 1에서 보는 바와 같이 출수 후 15일에 종실의 수분함량은 찰보리, 올보리가 각각 58.1% 및 60.7%였으며 출수 후 40일에는 10.0% 및 11.0%으로 종실의 수분함량이 급격하게 감소되었으며, 천립중은 출수 후 40일에 찰보리 28.3g, 올보리 35.3 g으로 올보리가 찰보리보다 7g이나 더 무거웠다. 즉 종실의 수분함량은 성숙기 초기에는 감소폭이 적다가 성숙기 후기에 급격히 감소되었으며, 반대로 천립중은 출수 후 25일까지는 급격하게 증가하였으며 출수 후 30일에서부터 각 품종의 평균치에 이르렀다.

보리 종실의 성숙에 따른 종실의 경도와 회분함량의 변화는 Table 2와 같다. 종실의 경도는 출수 후 20일에 찰보리와 올보리가 각각 6.75 및 7.69 kg이었으며, 수확 시기인 출수 후 40일에는 올보리가 13.31 kg, 찰보리가 13.48 kg으로서 비슷하였다. 회분함량도 올보리 2.29%, 찰보리 2.30%으로서 차이가 없었다. 성숙초기에 회분함량이 높았던 것은 종실의 과피, 종피 등이 먼저 구성되고 성숙이 진행됨에 따라 배유물질이 축적되기 때문인 것으로 생각된다.

성숙 정도에 따른 올보리와 찰보리의 질소물질의 변화는 Table 3과 같다. 전질소 함량의 변화는 성숙이 진행됨에 따라 감소되는 경향을 보였으나 종실내 전체 질소량은 찰보리의 경우 0.168 mg/kernel에서 0.494 mg/kernel로서 성숙기간중 약 3배 증가하였으며, 올보리는 동일기간 동안 0.176 mg/kernel에서 0.616 mg/kernel로서 약 3.5배 증가하였다. 한편 water soluble nitrogen과

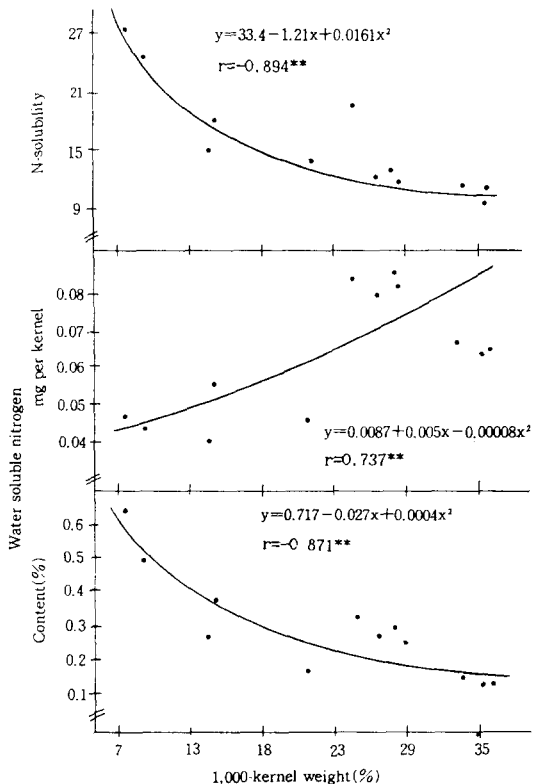


Fig. 2. Relationship among 1,000-kernel weight, water soluble nitrogen and nitrogen solubility during kernel maturation

nitrogen solubility index는 찰보리가 올보리보다 높았는데 이와 같은 현상은 전체 성숙기간 중 동일한 결과를 보였다.

종실의 성숙 정도로 측정되는 천립중과 전질소 함량 및 종실내 전질소량과의 관계는 Fig. 1에서와 같이 각각 $r = -0.706^*$ 및 $r = 0.907^{**}$ 의 상관이 있었다. 즉 종실의 천립중이 증가됨으로써 종실내 질소 %는 감소하였으나 종실내 전체 질소량은 증가하였다.

종실이 성숙함에 따른 water soluble nitrogen과 nitrogen solubility index와의 관계를 보면 Fig. 2에서와 같이 천립중과 water soluble nitrogen(%), water soluble nitrogen(mg per kernel) 및 nitrogen solubility index와는 각각 $r = -0.871^{**}$, $r = 0.737^{**}$ 및 $r = -0.894$ 의 정 및 부의 상관이 있었다. 즉 보리가 성숙됨으로써 water soluble nitrogen 함량(%)과 nitrogen solubility가 감소되었는데 이것은 보리의 천립중이 증가함에 따라 배유내 수용성질소의 양은 증가는 되나 전분 등의 탄수화물 물질집적이 더 큼을 부분적으로 보여주는 것이다.

종실의 전분특성

찰보리와 올보리의 성숙기간 중 전분함량의 축적상태

를 보면 Table 4와 같이 출수 후 25일까지는 급격한 변화를 보였다. 즉 찰보리의 경우는 출수 후 25일에서 최종 전분함량의 80% 이상이 축적되었으며, 올보리는 87%까지 축적되었다.

보리 종실의 최종 전분함량을 보면 출수 후 40일에 찰보리가 53.2%, 올보리가 57.3%로서 올보리가 전분함량이 높았으며, 종실당 함량도 찰보리가 15.06 mg per kernel인데 비해 올보리는 20.23 mg per kernel로 찰보리에 비하여 26%인 5.17 mg per kernel이나 전분함량이 높았다.

전분의 이화학적 특성을 결정하는 가장 큰 요소는 전분 입자내의 amylose와 amylopectin의 구성비율인데, 품종 및 품종의 성숙 정도에 따른 amylose와 amylopectin 함량은 Table 5와 같다. 보리 전분의 amylose의 변화를 보면 올보리는 성숙기간 동안 20.4~24.7%, 찰보리는 9.9~12.9%로서 전분내의 amylose와 amylopectin의 비율은 찰보리가 0.11~0.15, 올보리가 0.26~0.39로서 찰보리가

적은 변화를 보였다.

전분을 가열하면 전분 입자는 팽윤되고 전분 구성 물질 중 일부가 물에 녹게 되는데 팽윤과 용해 정도는 전분의 종류와 형태에 따라 다르다⁽¹³⁾. 보리 전분의 온도 25℃에서의 물 결합 능력은 Table 6과 같다. 성숙기간중 찰보리는 118.64%, 115.05%, 올보리는 123.32%에서 109.63%로서 감소되었으나 성숙기별로 큰 차이는 볼 수 없었다.

0.1% 전분 현탁액을 가열하면서 광 투과도를 측정한 결과는 Table 7과 같다. 보리 전분의 광 투과도는 온도가 상승함에 따라 모두 증가하였다. 즉 광 투과도는 성숙 정도에 따라 차이는 있지만 60℃까지는 큰 변화가 없었으며, 60℃ 이후부터 계속 증가하였다. 올보리의 경우는 출수 후 15일에서 25일까지는 광 투과도의 차이가 컸으며, 출수 후 25일부터 올보리의 평균값에 이르렀다. 반면 찰보리의 경우는 출수 후 15일의 전분만이 찰보리 고유의 열 호화특성을 갖지 못했을 뿐 출수 후 20~40일의 전분은 유사한 광 투과도를 보였다.

Brabender amylograph에 의한 찰보리와 올보리 전분의 호화양상은 Table 8과 같다. 올보리의 호화개시온도는 출수 후 20~40일에서 61.0~55.8℃로서 성숙이 진행됨에 따라서 호화개시온도가 낮아졌으며, 이와 같은 현상은 찰보리에서도 동일한 경향을 보였다. 특이한 점은 출수 후 20일, 30일에서는 호화개시온도가 찰보리가 각각 4.5℃, 3℃가 높았는데 출수 후 40일에는 찰보리가 6.3℃가 낮았다. Peak height, 15-min height 및 height at 50℃도 보리가 성숙됨에 따라 모두 증가하는 현상을 보였다. 전체적으로 찰보리가 올보리에 비하여 peak height도 높고, 또 peak height에 이르는 온도도 훨씬 낮을 뿐만 아니라 50℃에서의 viscosity도 전반적으로 낮았

Table 4. Changes in starch content of Chalbori and Olbori during kernel maturation

Variety	Days after heading	Starch	
		content(%)	mg per kernel
Chalbori	15	35.2	2.61
	20	39.1	5.63
	25	43.0	10.62
	30	48.1	13.42
	35	52.5	14.12
	40	53.2	15.06
Olbori	15	37.5	3.34
	20	44.1	6.13
	25	49.8	10.91
	30	55.0	18.15
	35	57.1	20.50
	40	57.3	20.23

Table 5. Changes in amylose and amylopectin content of the barley starch during kernel maturation

Variety	Days after heading	Amylose(A)	Amylopectin(B)	Ratio : (A/B)
		(%)	(%)	
Chalbori	15	9.9	90.1	0.11
	20	10.8	89.2	0.12
	25	11.1	88.9	0.12
	30	11.6	88.4	0.13
	35	13.0	87.0	0.15
	40	12.9	87.1	0.15
Olbori	15	20.4	79.6	0.26
	20	21.9	78.1	0.28
	25	24.2	75.8	0.32
	30	25.9	74.1	0.35
	35	27.9	72.1	0.39
	40	24.7	75.3	0.33

*Amylopectin(%)=100-amylose content(%)

종실의 β-glucan viscosity

Table 9는 찰보리와 올보리의 성숙기간 동안의 β-glucan viscosity를 측정한 것으로 성숙 초기에는 품종간에

Table 6. Changes in water-binding capacity of the barley starch during kernel maturation

Variety	Days after heading	water-binding capacity(%)
Chalbori	15	118.64
	20	114.50
	25	113.67
	30	108.94
	35	109.31
	40	115.05
Olbori	15	123.32
	20	102.29
	25	101.32
	30	105.19
	35	103.60
	40	109.63

Table 7. Changes in transmittance of 0.1% barley starch suspension at various temperatures during kernel maturation

Temp. (°C)	Days after heading											
	15		20		25		30		35		40	
	Chal*	Ol**	Chal	Ol	Chal	Ol	Chal	Ol	Chal	Ol	Chal	Ol
30	27.1	36.3	42.6	45.9	45.3	50.9	45.7	54.3	49.2	54.0	49.3	54.1
40	29.9	34.9	43.2	47.0	45.2	50.6	46.9	52.9	49.2	54.8	49.5	54.8
50	29.9	34.3	42.8	44.8	44.1	51.3	47.2	54.9	49.7	54.5	50.0	54.6
55	29.9	35.1	42.2	46.9	44.0	50.2	46.8	55.9	48.2	55.6	47.9	55.1
60	30.2	39.2	44.4	48.4	48.9	53.3	48.2	58.2	51.4	58.4	54.1	56.6
65	54.5	46.0	73.0	56.4	75.8	60.5	74.0	62.5	73.0	63.0	74.2	61.8
70	64.8	51.3	81.2	59.1	78.0	63.2	77.1	65.0	76.4	66.0	77.8	62.8
75	68.1	55.8	83.6	62.1	82.0	68.0	81.9	67.5	79.5	67.7	81.2	65.7
80	73.8	59.1	87.0	66.2	85.7	73.2	85.1	73.0	84.6	72.0	85.6	71.0
85	82.8	70.2	88.9	73.4	88.1	81.5	88.2	81.0	87.5	82.9	88.4	77.6
90	85.9	80.1	89.0	80.9	88.4	85.7	90.1	85.2	88.8	84.9	89.9	84.1

*Chalbori

**Olbori

Table 8. Amylograh data of the barley flour during kernel maturation

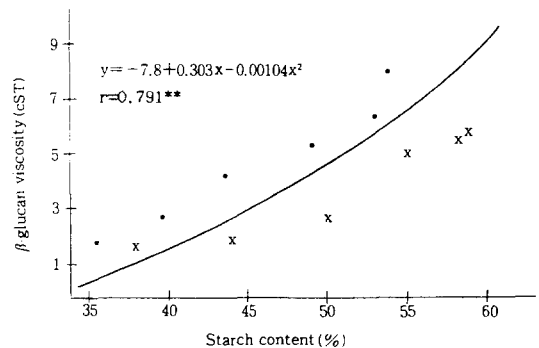
Variety	Days after heading	Initial pasting temp.(°C)	Peak height (BU)	Temp. at peak height(°C)	15-min* height (BU)	Height** at 50°C (BU)
Chalbori	20	65.5	770	88	510	620
	30	59.5	1590	85	790	1100
	40	49.5	1770	85	870	1200
Olbori	20	61.0	660	95	500	820
	30	56.5	1260	91	820	1500
	40	55.8	1649	91	1025	1866

*Viscosity at the end of the 15-min period of holding at 95°C

**Viscosity at 50°C during the cooling cycle

Table 9. Changes in β -glucan viscosity of the barley during kernel maturation

Variety	Days after heading	β -glucan viscosity (cST)
Chalbori	15	1.92
	20	2.84
	25	4.20
	30	5.24
	35	6.13
Olbori	40	7.89
	15	1.67
	20	1.73
	25	2.86
	30	4.81
	35	5.74
	40	5.81

**Fig. 3. Relationship between starch content and β -glucan viscosity during kernel maturation**

●: Chalbori, ×: Olbori

큰 차이가 없었으나 출수 후 40일에서 찰보리와 올보리가 각각 7.89 cST, 5.81 cST로서 찰보리의 β -glucan viscosity가 올보리보다 35.8%가 더 높았다. 성숙기간 중 전

분함량의 증가와 β -glucan viscosity와는 $r=0.791^{**}$ 로서 보리의 전분함량이 증가함으로써 β -glucan viscosity가 증가되었다(Fig. 3).

적 요

찰보리와 올보리에 대하여 성숙기에 따른 배유의 이화학적 특성을 검토한 바 그 결과는 다음과 같다. 천립 중은 보리가 성숙됨에 따라 그리고 수분함량이 감소함에 따라 증가하였으며, 출수 후 30일에서부터 각 품종의 평균치에 이르렀다. 배유의 전질소 함량은 찰보리와 올보리가 성숙동안 증가하는 경향을 보였으며, 천립중과 water soluble nitrogen(%), nitrogen solubility index와는 각각 $r = -0.871^{**}$ 및 $r = -0.894^{**}$ 의 부의 상관이 있었다. 배유의 전분함량은 올보리가 찰보리에 비하여 26% 높았다. 성숙기간중 보리전분의 amylose 함량은 올보리가 20.4~24.7%, 찰보리가 9.9~12.9%이었다. 배유의 성숙초기에는 β -glucan viscosity의 차이가 없었으나 출수 후 40일에서는 찰보리와 올보리가 각각 7.9 cST와 5.8 cST로서 큰 차이가 있었다. Amylograph에 의한 찰보리와 올보리전분의 호화 및 기타 특성을 비교 조사한 결과 찰보리가 호화개시온도가 낮고 setback도 낮았다.

문 헌

1. 한국농촌경제연구원 : 1989년도 식품수급표(1990)
2. 박문웅, 이은섭, 남중현 : 보리 품종 개량. 배성호 박사 회갑기념 논문집(1984)
3. 맥류연구소 : 맥류연구 성과와 새로운 방향(1987)

4. 윤주순, 강옥수, 김영수 : 찰보리 전분의 이화학적 특성. 한국농화학회지, 27, 79(1984)
5. American Association of Cereal Chemists: Cereal Laboratory Methods. St. Paul, Minnesota. U.S.A.(1983)
6. 농촌진흥청 : 농사시험연구 조사기준방법(1984)
7. 이정행, 김성곤, 채제천 : 물리적 특성에 의한 미질 group별 전분의 특성. 농촌진흥청 산학협동 185-33 (1984)
8. Williams, P.C., Kuzima, F.D. and Hiyuka, I.: A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, 47, 411 (1970)
9. Medcalf, D.F. and Gilles, K.A.: Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, 42, 558(1965)
10. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature and soybeans *Cereal Chem.*, 55, 661(1978)
11. Chung, T.Y.: Isolation, description, inheritance, associated traits and possible uses of three barley (*Hordeum vulgare L.*) starch mutants. pH D. Thesis. Montana State University(1982)
12. 정동희 : 보리의 "Beta-Glucan Viscosity" 측정방법 및 변이에 관한 연구. 전남대학교 대학원(석사학위논문) (1984)
13. Schoch, J.S.: Swelling power and solubility of granular starches in "Method in Carbohydrate Chemistry" ed. by R.L. Whistler, Vol. IV, 106(1964)

(1993년 6월 13일 접수)