

쌀 완전립과 불완전립의 이화학적 특성 비교

곽영민* · 윤미라* · 손재근** · 강미영*[†]

*경북대학교 식품영양학과, **경북대학교 식물생명과학부

Differences in Physicochemical Characteristics between Head and Incomplete Rice Grains

Young-Min Kwak*, Mi-Ra Yoon*, Jae-Keun Sohn**, and Mi-Young Kang*[†]

*Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

**Division of Plant Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

ABSTRACT This study was performed to compare the differences in physicochemical characteristics between head and incomplete kernels separated from Ilpumbyeo, Korean rice cultivar. The contents of mineral and protein were higher in incomplete than head kernels. There was significant difference in composition of fatty acid and amino acids, which affect the taste, between two kernels. The gelatinized head kernel had the higher viscosity than incomplete kernel. The content and chain length of amylose were higher in head than incomplete kernels. Differential scanning calorimeter results revealed that head kernel had lower starting temperature, higher maximum temperature, and higher enthalpy for gelatinization than incomplete kernel. Also we could found that the hydrolysis rate by glucoamylase was higher in the head kernel than incomplete kernel.

Keywords : head, incomplete, kernel, rice, physicochemical characteristics, amylose, gelatinization

산업화 및 식생활의 다양화 추세 때문에 우리의 주식인 쌀 및 밥의 위상이 저하되고 있으며, 농업인구의 양적·질적인 감소(양, 2000) 및 쌀 재배 면적이 급격히 줄어들고 있는 실정일 뿐만 아니라 세계무역기구(WTO)체제의 출범(김, 2000)으로 값싼 외국쌀이 의무적으로 수입되고 있는데다가 설상가상으로 쌀 소비가 감소하는 추세에 있어 쌀 생산 농민들의 소득이 상대적으로 감소되고 있는 실정이다. 우리 쌀의 경쟁력을 높이고 주곡의 자급도를 유지하며 쌀 생산 농민을 보호하기 위해서는 쌀 품질의 고급화가 가장 시급한 과제이며, 아울러 고품질 쌀을 활용한 고부가가치성 쌀 가공제품

의 개발 및 유통을 위한 다각적인 연구가 필요한 시점이다.

고품질 쌀이란 “쌀알이 맑고 균일하며 식품으로서 안전성과 영양가가 높고 밥맛이 좋은 쌀”이라고 규정하고 있다. 밥맛에 영향을 주는 쌀 구성 성분들의 이화학적 특성(황보, 1975; Kim & Kwang, 1986; Kim *et al.*, 1986; Rho & Ahn, 1989; Chung *et al.*, 1982)은 다양하며 미질정도를 평가하는 하나의 척도로서 활용하고 있는 밥의 찰기는 쌀 전분분자인 아밀로오스 함량이 낮고, 아밀로펙틴의 가지 쳐진 정도가 클수록 끈기 있는 물성을 나타내고 있으리라 유추하고 있다.

이 밖에 단백질 함량은 밥의 경도와 정의상관을 보여(Kim *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 1996) 밥맛을 나쁘게 하는 주요 요인으로 작용하고 있는데, 밥맛이 나쁜 쌀의 경우에는 전분입자(amyloplast)의 세포막이 단단하여 가열 처리에 의한 세포막의 붕괴가 적고, 그 결과 전분분자들에 의해서 형성되는 전분 gel의 물성이 나쁘기(단단함) 때문이라고 보고하고 있다(Juliano, 1979). 또한 밥맛과 연관이 있는 쌀 배유 구성 단백질들은 단백질체의 형태로 전분입자의 세포막 주위를 둘러싸는 형태로 존재하며 세포막 주위에 단백질체의 크기 또는 양이 작은 이른바 단백질의 함량이 낮은 품종일수록 밥맛이 좋은 경향(Webb & Stermer, 1972)이 있다.

실제로 고품질 쌀의 생산을 위한 재배학적 방법으로는 질 소비료를 적게 시비함으로써 단백질의 함량을 감소시키고 동시에 불완전립의 비율을 감소시키는 방법을 활용하고 있다. 질소질 비료의 과다사용은 도복과 함께 병해충 발생을 조장하며 완전미율과 쌀의 맑기를 나타내는 투명도가 낮아지면서 심복백미와 동할미 비율이 상대적으로 높아지고 또한 질소비료의 시비량이 많으면 단백질 함량이 높아 겉층에

[†]Corresponding author: (Phone) +82-53-950-6235
(E-mail) mykang@knu.ac.kr <Received October 2, 2006>

단백질체가 많이 존재하게 되어 세포막의 견고로 밥이 딱딱하게 느껴져 밥맛을 저하시키는 요인이 된다(Park *et al.*, 2004).

따라서 고품질 쌀을 생산하기 위해서는 평균온도, 적산온도, 일조시간, 토양의 이화학적 특성 등의 환경적인 요인을 고려하면서, 품종, 이앙시기, 시비, 물 관리, 적기수확 등의 재배기술을 통한 완전미 비율 증가와 단백질 함량이 감소되는 쌀을 생산하고, 수확 후 관리와 유통까지의 품질 저하요인을 최소화하는 기술실천이 필요하다고 본다. 본 논문에서는 쌀의 외관적 품위와 연관이 있는 완전립(정상립의 3/4이상의 형태를 유지하면서 쌀에 심백이나 복백이 없는 투명한 쌀)과 불완전립에 각각 함유되어 있는 배유 구성 성분들의 이화학적인 특성을 비교하고 밥맛과 어떤 연관성을 가지고 있는지에 대해서 알아보려고 한다.

재료 및 방법

시험재료

일품벼를 경북농업기술원에서 제공받아 완전립과 불완전립으로 분류하여 각각 쌀가루 및 전분분획을 조제하여 시료로 사용하였다. 쌀 전분은 알칼리 침지법(Yamanoto *et al.*, 1973)에 의하여 분리하였는데 쌀을 50 mM LiOH(lithium hydroxide)에 침지시킨 후 isoamylalcohol, acetone, ethylalcohol 처리하여 전분침전물을 얻었으며 이를 풍건시켜 데시케이터에 보관하면서 사용하였다.

무기질 함량분석

쌀가루에 HNO₃를 첨가한 후 100~150°C로 압력을 가하면서 분해시킨 침전물에 잔류하는 산을 휘발시키고, ICP(OPTIMA 3200 RL)로 K, Ca, Mg의 함량을 분석하였다.

총질소·단백질 함량 및 유리아미노산 분석

단백질 함량은 micro-kjeldahl법에 의하여 측정하였으며 시료 1 g을 취한 후 C₅H₄(OH)COOH(Salicylic Acid) 1 g과 H₂SO₄(Sulfuric Acid) 30 ml을 첨가하여 분해 한 후 질소증류기(Gerhardt Bonn)을 이용하여 질소성분을 추출하여 측정하였으며 전 질소함량(%)을 구하고 이 값에 단백질 환산계수 6.25를 곱하여 단백질 함량을 구하였다. 유리아미노산 함량은 쌀가루 시료를 완전히 건조시키고 PITC(phenylisothiocyanate)로 유도체화 시킨 후, HPLC(Hewlett Packard 1100 Series)을 이용하여 분석하였다. 분석결과는 HPLC chromatography의 peak area를 standard에 기준하여 산출하

였다.

지방산 분석

잘 분쇄된 쌀가루를 클로로포름 : 메탄올(2 : 1, v/v)로 추출(Folch *et al.*, 1957)하여 methyl ester화(Chung, 1991; Nike *et al.*, 2004)한 후 기체크로마토그래피(Hewlett-Packard사의 HP 6890 series)를 이용하여 분석하였다. 분석 조건으로 컬럼은 DB-225(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm), 이동상 기체는 헬륨 기체를 사용하였다. 주입구 온도는 250°C, 컬럼 초기 온도는 140°C이었으며 이 온도에서 2분간 유지한 후 5°C/min의 속도로 200°C까지 승온시킨 후 10°C/min의 속도로 220°C까지 유지하였다.

호화 특성

쌀가루의 호화특성은 신속점도 측정계(RVA, Rapid Visco Analyzer, Newport, Australia)를 이용하였는데, 쌀가루 3 g을 RVA용 canister에 넣고 증류수 25 ml을 첨가하여 0~2분은 50°C, 2~10분은 95°C, 10~12분은 95°C에서 유지, 12~12분 30초는 50°C까지 냉각, 유지하면서 점도를 측정하였다.

전분입자 형태

쌀 곡립을 단축방향으로 절단한 단면을 주사전자현미경(Scanning electron microscope, Hitachi S-4200, Japan)을 이용하여 1500배 확대배율로 관찰하였다.

전분입자의 결정화도

알칼리 침지법으로 분리한 전분입자의 결정화도를 X-선 회절기(PHILIPS, X' pert PW3710, Netherland)를 사용하여 target; Cu-Kα, scanning speed; 0.04° 2θ/s, voltage; 30 kV, current; 20 mA의 조건으로 회절각 2θ : 5~40°까지 회절시키면서 스펙트럼을 얻었다.

전분입자의 호화특성

DSC SP⁺기기(England)를 이용하여 25°C에서 95°C까지 10°C/min으로 승온에 따른 thermogram으로부터 호화개시 온도, 최대호화온도, 호화종결온도 및 호화열량을 각각 산출하였다.

전분분자-I₂ 정색반응

전분 시료를 알칼리 호화시킨 후 acetic acid로 중화시켜 1% I₂-10% KI 용액을 첨가하여 정색반응을 시켜 분광광도

계에 의해서 500 nm에서 700 nm까지의 흡광도를 측정하였으며 최대 흡수파장에서의 흡광도, 680 nm에서의 흡광도 값인 blue value를 구하였다.

전분분자의 가수분해도

호화시키지 않은 전분입자 상태의 시료에 exo-type 아밀라아제인 glucoamylase에 대한 가수분해도를 각각 비교하였다. 전분 100 mg을 0.4% acetic acid buffer(pH 4.8)에 흡윤시킨 후 glucoamylase 35 units를 각각 첨가하여, 37°C에서 반응시키면서 경시적인 가수분해도를 각각 측정하였다. 총당함량은 phenol-H₂SO₄법으로, 그리고 생성되는 glucose 함량은 glucose-oxidase peroxidase법으로 측정하여 가수분해도를 각각 산출하였다.

결과 및 고찰

쌀 배유 구성 성분

완전립과 불완전립 쌀에 함유되어 있는 무기성분(K, Ca, Mg)의 함량 및 단백질 함량을 측정하여 Table 1에 나타내었다. K, Ca, Mg의 함량은 완전미가 각각 0.12%, 0.01%, 0.05%이었고 불완전미는 각각 0.15%, 0.10%, 0.05%이었다. K, Ca의 경우 두 시료간의 유의적인 차이를 보였으며 완전미에 비해서 불완전미에 그 함량이 높음을 알 수 있었다.

단백질의 함량 또한 완전미와 불완전미에서 유의적인 차이를 보였으며(p<0.01) 불완전미에는 12%나 함유되어 있어 상당히 높은 수치를 나타내고 있었다. 단백질 함량에서 차이가 컸기 때문에 구성 아미노산의 함량비(MOL%)를 분석 비교하였다. Table 2에 제시하고 있는 바와 같이 아미노산의 조성에도 차이가 있었다. 일반적으로 쌀에 그 조성비로써 가장 많이 함유 되어 있는 트립토판은 완전미와 불완전미에 각각 21.24%, 11.64% 함유하고 있었으며 글루타민산(완전립; 15.74%, 불완전미; 18.53%), 아스파라긴(완전미; 13.48%, 불완전미; 11.37%), 글루타민(완전미; 2.39%, 불완전미; 4.95%), 아스파르트산(완전미; 10.66%, 불완전미; 14.37%) 등은 각각 함량 및 조성비에서 차이가 있었다.

완전미와 불완전미의 구성 지방산 조성을 Table 3에 나타내었다. 완전미와 불완전미 모두 올레산(C_{18:1})의 비율이 가장 높아 41.0%, 40.37%이었고, 리놀레산(C_{18:2})의 비율은

Table 1. Mineral contents and crude protein of Ilpum, Korean rice cultivar.

Mineral Contents (%)	Head rice	Incomplete rice
K	0.12±0.15*	0.15±0.00*
Ca	0.01±0.00***	0.10±0.01***
Mg	0.05±0.01	0.05±0.00
Crude Protein (%)	7.57±0.01***	12.03±0.06***

*, *** significant at 5%, 0.1% level by the T-test value

Table 2. Amino acid composition of Ilpum, Korean rice cultivar. (unit : MOL %)

Amino acids	Head rice	Incomplete rice
Cysteine	0.86	0.70
Aspartic acid	10.66	14.37
Glutamic acid	15.74	18.53
Asparagine	13.48	11.37
Serine	4.08	6.22
Glutamine	2.39	4.95
Glycine	5.87	4.98
Histidine	1.06	1.15
Arginine	2.39	2.36
Threonine	1.13	1.57
Alanine	9.22	10.48
Proline	2.68	2.09
Tyrosine	0.70	0.95
Valine	1.72	2.08
Methionine	0.57	0.28
Isoleucine	0.89	1.02
Leucine	1.18	1.09
Phenylalanine	0.80	0.81
Tryptophan	21.24	11.64
Lysine	2.51	3.03

Table 3. Fatty acid composition of total lipids in Ilpum, Korean rice cultivar.

Classification	Fatty acid composition (%)								
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1
Head rice	0.24	18.49	0.10	1.57	41.00	37.11	0.68	0.53	0.27
Incomplete rice	0.37	23.06	0.10	1.62	40.37	32.80	0.74	0.51	0.43

각각 37.11%, 32.80%이었다. 이들 불포화지방산의 경우는 불완전미에 비해서 완전미에 그 비율이 높았으나, 포화지방산인 팔미트산(C_{16:0})의 비율은 완전미 18.49%, 불완전미 23.06%로써 불완전미가 비율이 높은 것을 알 수 있었다.

쌀가루의 호화특성

신속점도 측정계를 사용하여 완전미와 불완전미 쌀가루의 호화특성을 비교한 결과는 Table 4와 같다. 쌀가루의 호

Table 4. The RVA pasting viscosity of Ilpum, Korean rice cultivar.

	Head rice	Incomplete rice
Peak	2112.33±24.58*	1793.33±16.56*
Trough	1567.33±20.21*	1376.33±7.81*
Breakdown	545.00±14.00*	417.33±19.35*
Final viscosity	3190.00±2.00***	2772.67±6.66**
Setback	1077.67±26.58	979.33±13.58
Pasting Temperature (°C)	69.78±0.38	68.25±0.48

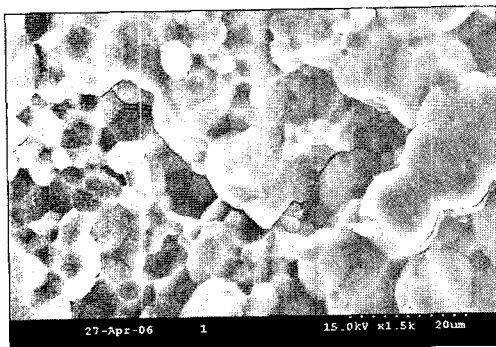
*, **, *** : significant at 5%, 1%, 0.1% level by the T-test value

화개시온도는 완전미의 경우 69.78°C, 불완전미는 68.25°C로 완전미보다 더 낮게 나타났으나 두 시료간의 유의적인 차이는 없었다. 완전미의 최고점도, 최종점도 값은 각각 2112.33, 3190.0으로 불완전미 보다 높음을 알 수 있었다.

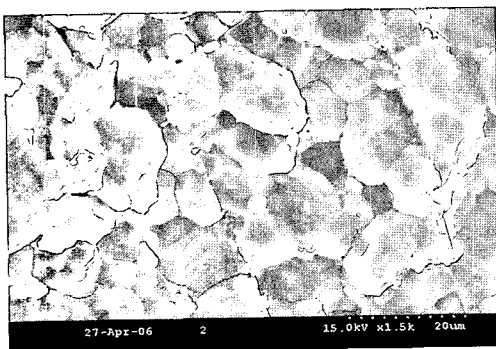
배유 전분의 이화학적 특성

완전립과 불완전립의 쌀 곡립 단면을 SEM에 의해서 관찰(Fig. 1)한 결과 완전미에 비해서 불완전미의 경우 전분입자의 주위에 막 성분이 다량 존재하였고 전분입자 주위를 둘러싸고 있는 단백질도 다량 존재하고 있음을 알 수 있다. 이는 단백질의 함량이 불완전미의 경우 12%로서 그 함량이 상당히 높다는 점을 잘 대변해 주고 있는 결과라 할 수 있겠다. 그러나 전분입자의 이화학적 특성을 검토하기 위해서 완전미와 불완전미를 각각 알칼리 침지시킨 후 조단백질 및 조지질을 제거하여 제조한 전분입자의 SEM 사진(Fig. 2)상에는 별다른 차이가 없음을 알 수 있다.

쌀로부터 분리한 전분의 I₂ 반응(Table 5)으로부터 이들 전분입자 구성 아밀로오스의 함량 및 쇠장길이를 유추해보면, blue value로부터 알 수 있는 아밀로오스 함량은 불완전미에 비해 완전미에 그 함량이 높음을 알 수 있다. 그리고

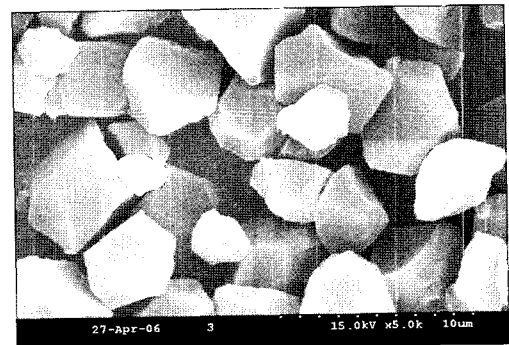


A : Head rice

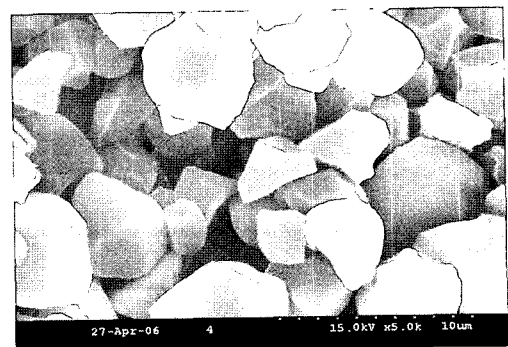


B : Incomplete rice

Fig. 1. Scanning electron micrographs of cross-sectioned rice grains (×1500).



A : Head rice



B : Incomplete rice

Fig. 2. Scanning electron micrographs of cross-sectioned rice starches (×1500).

Table 5. Maximum absorbances of iodine and blue values of head and Incomplete rice starches of Ilpumbyeo.

Classification	Blue value (680 nm)	Maximum absorbance (λ_{max})	
		Wave length (nm)	Absorbance (OD)
Head rice	1.918±0.01***	560.67±1.53***	2.345±0.01***
Incomplete rice	1.605±0.00***	537.67±1.53***	2.119±0.00***

***significant at 0.1% level by the T-test value.

Table 6. Gelatinization and endotherm characteristics of rice starch granules.

Classification	T _o (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH (cal/g)
Head rice	63.97	72.35	81.09	1.78
Incomplete rice	65.42	68.91	74.07	0.68

T_o : onset temperature, T_p : max peak temperature, T_c : completion temperature, ΔH : enthalpy

Table 7. Degradation of rice starch granules by glucoamylase.

Classification	Hydrolysis rate (%)			
	5 min	30 min	1 hr	2 hr
Head rice	5.36±0.84***	32.36±0.02***	77.71±0.72***	88.63±0.15***
Incomplete rice	4.46±0.56***	25.18±0.11***	42.45±0.20***	68.15±0.23***

***significant at 0.1% level by the T-test value.

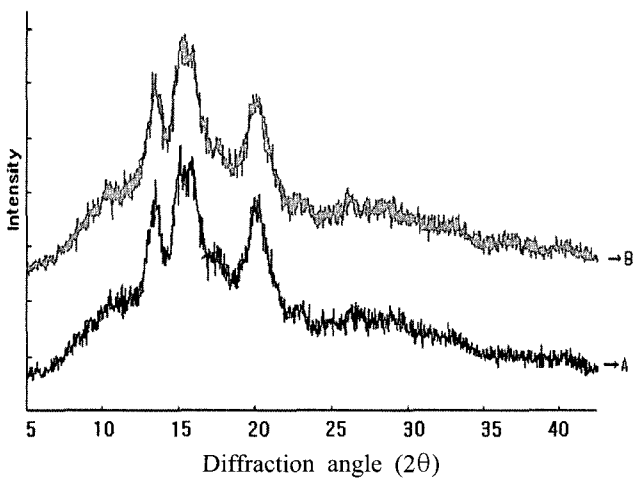


Fig. 3. X-ray diffractogram of rice starch.
A : Head rice, B : Incomplete rice

최대흡수파장 및 그 파장에서의 흡광도도 완전미의 수치가 높은 것으로 보아 불완전미에 비해서 완전미 구성 아밀로오스의 쇄장길이가 긴 것을 알 수 있다.

완전미과 불완전미 쌀 배유 전분입자의 호화특성을 DSC로 측정하여 분석한 결과(Table 6), 완전미의 경우 불완전미에 비해서 호화개시온도가 낮고, 호화의 peak에 달하는 온

도 및 호화 종료 온도가 높고, 호화엔탈피도 높은 것을 알 수 있었다. 이러한 결과로써 전분입자의 경우 불완전미 전분에 비해서 완전미의 결정화도가 높을 것이 예상되므로 X-선 회절도를 분석하였으나 두 종류간에 X-선 회절도상에서의 차이는 없었다.

또한 완전미와 불완전미로부터 분리한 전분입자의 glucoamylase에 의한 경시적인 가수분해도를 비교(Table 7)한 결과, 불완전미보다는 완전미의 경우 가수분해율이 높은 것으로 보아, 전분입자 표면을 구성하는 전분분자의 환원말단의 수는 완전미가 불완전미보다 많은 것을 알 수 있었다.

이러한 결과들로부터 쌀의 외관적 품위와 연관이 있는 완전립과 불완전립의 쌀에 함유되어 있는 배유 구성 성분들의 이화학적인 특성에는 차이가 있기 때문에, 이러한 특성들을 명확하게 파악하기 위하여 전분분자의 미세구조분석 및 전분입자의 표면 구조에 대한 심도 있는 연구가 필요한 것으로 판단된다.

적 요

완전립과 불완전립의 이화학적 특성을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 무기질, 단백질 함량은 불완전미가 완전미에 비해서 높았으며, 지방산의 조성 및 맛에 관여하는 아미노산의 조성 분포에도 차이가 있었다.
2. 호화된 완전미 쌀가루의 점도가 불완전미 쌀가루에 비해서 높았다.
3. 완전미 쌀 배유 전분의 아밀로오스 함량 및 쇠장길이는 완전미가 불완전미보다 높았으며, 호화 엔탈피도 높았다.
4. 완전미가 불완전미에 비해서 경시적인 가수분해도가 높았다.

인용문헌

- Chung, H. M., S. Y. Ahn, and S. K. Kim. 1982. Comparison of physicochemical properties of Akibare and Milyang 23 rice starch. *J. Korean Agriculture Chemical Society*. 25(2) : 187-188.
- Chung, O. K. 1991. *Cereal lipids. Handbook of cereal science and technology*. Marcel Dekker. New York. pp. 497-553.
- Folch, J., M. Lees, and G. H. Slonastanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 226 : 497-509.
- Juliano, B. O. 1979. In 'Processing of the workshop on chemical aspects of rice quality'. IRRI. Los Banos. Philippins.
- Kim, H. Y. and K. O. Kwang. 1986. Sensory characteristics of rice cooked with pressure cookers and electric cookers. *Korean J. Food Sci. Technol.* 18(4) : 319-320.
- Kim, K. S., K. J. Kang, and S. K. Kim. 1991. Relationship between hot water solubles of rice and texture of cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23(5) : 498-502.
- Kim, W. J., C. K. Kim, and S. K. Kim. 1986. Evaluation and comparison of sensory quality of cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 18(1) : 38-39.
- Lee, J. I., K. Kim, J. C. Shin, E. H. Kim, M. H. Lee, and Y. J. Oh. 1996. Effects of ripening temperature on quality appearance and chemical quality characteristics of rice grain. *RDA. J. Agri. Sci.* 38(1) : 1-9.
- Nike, L., D. Adrien, L. D. Dominique, M. Eric, L. Yvan, and M. Marc. 2004. The oleate/palmitate ratio allows the distinction between wholemeals of spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*T. aestivum* L.). *Journal of Cereal Science*. 39 : 413-415.
- Park, Y. H., Y. Lee, J. S. Noh, S. C. Kim, and K. S. Lee. 2004. Integrated nutrition management for rice cultivation. Plant Nutrition Division. Dept. of Agricultural Environment. National Institute of Agricultural Science and Technology. Suwon. Korea.
- Rho, E. S. and S. Y. Ahn. 1989. Texture of cooked rice and molecular weight distribution of rice amylose. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21(4) : 486-491.
- Webb, B. D. and R. A. Stermer. 1972. *Rice*. Houston. D.F. (ed). The American association of cereal chemists Inc. St. Paul.
- Yamanoto, K., S. Sawada, and T. Onkai. 1973. Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* 20 : 99-104.
- 김길한. 2000. 쌀 가공식품의 개발 현황과 발전 방향. 동아시아 식생활학회지 춘계학술회지 초록집. 27-50.
- 양승모. 2000. 쌀의 고고학적 고찰. 동아시아식생활학회지 춘계 학술회지 초록집. 9-24.