

기능성 쌀가공식품 원료로의 활용가능성 검토를 위한 발아미의 특성조사

강미영* · 이연리 · 남석현¹

경북대학교 식품영양학과, 아주대학교 자연과학부¹

Characterization of the Germinated Rices to Examine an Application Potentials as Functional Rice Processed Foods

Mi Young Kang*, Yeon Ri Lee and Seok Hyun Nam¹

Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University

¹Department of Natural Science, Ajou University

Rice seeds of 4 cultivars including Whachung and Nampung, of the non-waxy rice cultivars, and Shinsunchalbyeo and Whachungchabeyo, of the waxy rice cultivars, were germinated at 27°C for 3 days to compare the changes in some physico-chemical properties of the starch granules and the starch-hydrolysing enzyme activities during germination, respectively. With the starch granules, the amount of long glucose chains from amylose molecules were reduced in the non-waxy rices, while the chain length increased in the waxy rices. In the distribution profile of the glucose chain length from amylose molecules, we could observed that the chain length with DP (degree of polymerization) ranged 33 to 66 increased with the decreasing rate of the chain length with that above 130, regardless of the waxiness of rices. In addition, we observed that in contrast to a increase in chain length with DP ranged 14 to 33, the amount of short chains from A chain fraction decreased. Germination induced slight reduction in the polymerization rate of starch granules, and decrease in both initiation and termination temperatures for the gelatinization. α -Amylase activity of rices germinated for 3 days found to be higher than that of malt. Especially, the activity of Shinsunchalbyeo was revealed to be highest, about two fold higher than that of malt. In contrast, β -amylase of the waxy rice found to be considerably less active than malt, although the waxy showed prevalent activity as compared to the non-waxy rices.

Key words: rice cultivars, non-waxy, waxy, amylose, amylopectin, gelatinization, α -amylase, β -amylase

서 론

최근 건강증진, 질병예방 및 치유 등에 기여하는 건강기능식품에 대한 관심이 증대되면서 이에 대한 수요도 증가하고 있다. 이에 따라 다양한 기능성 식품의 개발을 위한 연구도 경쟁적으로 진행되고 있다. 우리나라의 주곡작물인 쌀은 보통 현미와 백미로 나누어서 이용하고 있으며, 현미는 과피, 호분층, 배아 등을 가지고 있어서 백미에 비하여 섬유, 비타민, 지질, 인, 철 등을 다량 함유하고 있다^(1,2). 이러한 현미를 발아시키면, 발아과정을 통하여 특수성분이 보

장 생성되기 때문에 건강 기능성 식품의 신소재로서 적합한 식품이라 할 수 있겠다. 일반적으로 식물종자는 알맞은 물, 산소, 온도가 주어지면 발아하며, 발아가 진행됨에 따라 생리적 활성이 증대되고 성분의 변화가 일어나기 때문에 발아에 의한 영양소의 유효도를 극대화하기 위한 연구들이 활발하게 이루어져서, 유채, 대두, 녹두 등의 두류와 보리 옥수수 등의 곡류를 중심으로 발아 중 영양성분인 단백질과 아미노산^(3,4), 지방산^(5,6), 탄수화물⁽⁷⁾, 무기질⁽⁸⁾, 비타민^(4,5) 및 효소활성⁽⁷⁾변화, 트립신 저해제⁽⁹⁾나 피틴산^(10,11) 등의 변화에 관한 연구들이 있다. 쌀의 경우에는 발아와 더불어 특수성분으로서 아라비녹실란, 감마아미노낙산 등의 성분이 증가하는 것으로 알려져 있다^(12,13). 또한 현미가공의 한 방편으로서 발아 현미의 사용을 들 수 있겠다. 즉 발아에 따른 현미조직의 연화 및 당화 정도에 따른 기호성의 향상 등을 기대할 수 있기 때문에 이러한 특성을 잘 살리면 다양한 형태의 쌀가공 식품의 제조가 가능하리라 생각된다. 이렇게 발아 현미의 우수성이 예상되면서 발아현미를 이용한 기능성 식품의 개발을

*Corresponding author : Mi Young Kang, Department of Food Science and Nutrition, College of Human Ecology, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Puk-ku, Taegu 702-701, Korea

Tel: 82-53-950-6235

Fax: 82-53-952-8263

E-mail: mykang@bh.knu.ac.kr

서두르고 있어, 발아 현미분을 첨가하여 식빵을 제조하거나⁽⁴⁾ 각종 쌀음료에 첨가하거나, 짹을 틔운 발아현미의 상태로 시판되고 있다. 이밖에 우리의 전통 음료인 식혜 제조시 발아현미를 사용하는 방안에 관한 연구도 있다^(15,16). 본 연구는 발아현미를 이용하여 다양한 종류의 건강 기능성 식품을 제조하기 위한 기본적인 연구의 일환으로 현미의 주성분인 전분의 발아에 따른 이화학적 변화에 대한 검토를 실시하고자 한다. 일반적으로 곡류 가공품의 물성을 구성 전분의 구조 및 이화학적 특성과 상관성이 높기 때문이다. 이에 메벼 품종으로는 화청벼와 남풍벼를 그리고 찰벼 품종으로는 신선찰벼와 화청찰벼 등 4품종의 벼씨를 각각 소독 후, 27°C에서 3일간 발아시켜, 왕겨 껍질을 벗긴 발아현미로 부터 조효소액과 전분입자를 각각 제조하여 메벼, 찰벼 품종별 현미의 발아에 따른 조효소액의 당화력 및 전분입자의 이화학적 특성을 비교하였다.

재료 및 방법

시료 및 전분분획의 조제

화청벼, 남풍벼, 신선찰벼, 화청찰벼 등 4품종의 벼씨를 서울대학교 농학과로부터 제공받아, 발아 및 미발아 시킨 현미로 부터 조효소액과 전분입자를 각각 제조하였다. 전분입자는 발아 및 미발아 시킨 현미를 각각 50 mM LiOH에서 14시간 침적시킨 후, 막자사발로 곱게 갈아서 isoamyl alcohol, acetone, ethyl alcohol의 순서로 단백질 및 지질 분획을 제거시키고 물로 잘 수세한 후, 전분 침전물을 얻어 풍건시켜서 테스케이터에 보관하면서 사용하였다.

전분-I₂ 정색반응

전분시료를 1 N-NaOH에 의해서 알칼리 호화 시킨 후, acetic acid로 중화시켜, 전분 1 mg당 1% I₂-10% KI 0.2 mL를 첨가하여 정색반응 시켜서 분광광도계에 의해서 500 nm에서부터 700 nm까지의 흡광도를 측정하였으며, 680 nm에서의 흡광도인 청가를 시료별로 비교함으로써 품종간 전분분자 중의 아밀로오스 chain의 길이 및 함량의 차이를 비교하였다.

전분의 포도당 사슬길이 분포 비교

전분시료 30 mg을 1 N NaOH에 의해서 알칼리 호화 시키고 중화시킨 후, isoamylase(EC 3.2.1.168, Sigma) 750 units 첨가하여 40°C에서 24시간 반응시킴으로써 전분분자의 포도당간의 결합을 기수분해시킨 후, 이용액에 에탄올(특급)을 첨가하여 효소 반응을 불활성화 시키고 감압건조 함으로써 전분분자 중 α-1,6결합을 가수분해시킨 debranched 전분분획을 얻는다. 이러한 debranched 전분분자들의 포도당 사슬길이의 분포를 분석하기 위해서 Tosoh TSK-gel G2000PW(7.5×300 mm)와 G3000PW(7.5×300 mm) 2개를 연결시킨 column을 사용하여, 용출용매; 0.1 M 인산buffer(pH 6.0)-0.02% NaN₃-1.5% CH₃CN, chart speed; 1 mm/min, running time; 30 min의 조건에서 HPLC chromatogram을 각각 얻는다. 각 chromatogram을 상의 포도당 사슬의 분자량은 pullulan standard(Shodex standard P-82, MW; 112,000, 22,800, 5,900) 및 ethylenglycol(MW; 62)를 사용하였다.

X선 회절도 측정

시료전분을 X선 회절기(Philips, X'pert PW3710, Netherland)를 이용하여 target; Cu-ka, scanning speed; 0.04° 2θ/s, voltage; 30 kV, current; 20 mA의 조건으로 회절각도(2θ)를 5°에서 40°까지 회절시키면서 분석하여 X선 회절도를 얻었다.

전분입자의 호화양상 비교

시차주사열량계(DSC)를 사용하여, 알루미늄팬에 전분(1):물(2)의 비율로 담아 25°C에서 95°C까지 10°C/min으로 승온에 따른 DSC thermogram으로부터 호화 개시온도, 호화 최대온도, 호화 종결온도 및 호화 엔탈피를 각각 산출하였다.

발아 현미의 α-amylase 활성도 측정

3일간 발아시킨 발아현미를 동결건조 시킨 분말 0.1 g에 50 mM malate-50 mM NaCl-2 mM CaCl₂-3 mM NaN₃(pH 5.2)의 α-amylase 추출 buffer 1 mL를 첨가하여 실온에서 2시간 동안 진탕 추출하고, 1,000×g의 속도로 원심분리 한 후의 상등액을 crude α-amylase 효소액으로 하고, 이것을 동량의 기질용액(조성; 4 mM BPNPG₅, α-glucosidase 2 units, glucoamylase 2 units)과 혼합하여 40°C에서 반응시킨 후 1% Trizma base 1 mL를 첨가하여 410 nm에서의 OD를 측정하고, α-amylase 활성도/g flour = 410 nm에서의 OD×0.0955의 식에 의해서 계산하였다⁽¹⁷⁾. 이때, α-amylase 1 unit는 상기의 조건에서 1분간에 1 μmol의 PNPG₅를 유리시키는 효소의 양이다.

발아 현미의 β-amylase 활성도 측정

3일간 발아시킨 발아현미를 동결건조 시킨 분말 0.1 g에 100 mM malate-1 mM EDTA-1 mg/mL BSA-30 mM NaN₃(pH 6.2)의 β-amylase 추출 buffer 1 mL를 첨가하여 실온에서 2시간 동안 진탕 추출하고, 1,000×g의 속도로 원심분리 한 후의 상등액을 crude β-amylase 효소액으로 하고, 이것을 약 500배 회석시킨 회석액에 동량의 기질용액(조성; 5 mM BPNPG₅, α-glucosidase 20 units)과 혼합하여 40°C에서 반응시킨 후 1% Trizma base 3 mL를 첨가하여 410 nm에서의 OD를 측정하고, β-amylase 활성도/g flour = 410 nm에서의 OD × 447.5의 식에 의해서 계산하였다⁽¹⁸⁾. 이때, β-amylase 1 unit는 상기의 조건에서 1분간에 1 μmol의 PNPG₅를 유리시키는 효소의 양이다.

결과 및 고찰

전분-I₂ 정색반응

3일간 발아시킨 화청벼, 남풍벼 등의 맵쌀 2종류 그리고 화청찰벼, 신선찰벼 등 찹쌀 2종류를 포함하는 4품종 쌀의 배유 전분 분획을 제조하여, 알칼리 호화시킨 후 전분-I₂ 복합체 형성에 기인하는 정색 반응물의 680 nm에서의 흡광도인 blue value 및 500 nm에서부터 700 nm까지의 최대흡수파장 및 최대 흡수파장에서의 흡광도 비교에 의하여 전분분자 중 아밀로오스 분자 유래의 chain length를 유추 비교 하였다. 최대흡광도를 나타내는 파장의 차이는 아밀로오스 분자의 chain length 길이와 관련이 있다고 여겨지는 사항이고, 최대 흡광도를 나타내는 파장에서의 흡광도가 높다는 것은

Table 1. Amylose contents and wavelength in λ_{\max} of iodine absorption of starches in endosperm mutants of rice

Rice varieties		Blue value (A_{680} nm)	λ_{\max} (nm)	Absorbance at λ_{\max}
Normal type (non-waxy rice)				
Whachungbyeo	N ¹⁾	0.509	585.0	0.492
	G ²⁾	0.249	579.0	0.418
Nampunhbyeo	N	0.550	587.5	0.517
	G	0.292	580.0	0.372
Glutinous type (waxy-rice)				
Whachungchalbyeo	N	0.119	556.0	0.293
	G	0.203	530.0	0.342
Shinsunchalbyeo	N	0.097	539.5	0.256
	G	0.292	520.0	0.372

¹⁾Not germinated rice, ²⁾Germinated rice.**Table 2. Varietal differences in chain length distribution of rice starches debranched by isoamylase**

		Chain length distribution (%)				
		Fr. I (Mw ≥ 22560) (Dp ≥ 132)	Fr. II (22560 > Mw ≥ 11280) (132 > Dp ≥ 66)	Fr. III (11280 > Mw ≥ 5640) (66 > Dp ≥ 33)	Fr. IV (5640 > Mw ≥ 2444) (33 > Dp ≥ 14)	Fr. V (Mw < 2444) (Dp ≤ 13)
Normal type (non waxy rice)						
Whachungbyeo	N ¹⁾	10.7 ± 0.08	3.43 ± 0.19	5.17 ± 0.73	42.6 ± 0.16	37.3 ± 0.97
	G ²⁾	1.38 ± 0.24	2.86 ± 0.08	14.5 ± 0.01	53.0 ± 0.17	28.2 ± 0.14
Nampungbyeo	N	15.1 ± 0.54	3.80 ± 0.18	5.63 ± 0.21	21.1 ± 0.64	54.4 ± 0.23
	G	1.12 ± 0.05	4.74 ± 0.04	12.0 ± 0.05	47.4 ± 0.09	34.8 ± 0.05
Glutinous type (waxy rice)						
Whachungchalbyeo	N	4.24 ± 0.27	1.63 ± 0.10	5.57 ± 0.63	42.2 ± 1.72	44.8 ± 0.21
	G	2.18 ± 0.09	2.98 ± 0.07	13.9 ± 0.04	58.6 ± 0.16	22.4 ± 0.05
Shinsunchalbyeo	N	4.49 ± 0.04	1.58 ± 0.21	16.5 ± 1.21	58.9 ± 1.25	17.6 ± 0.14
	G	2.52 ± 0.09	5.03 ± 0.10	13.2 ± 0.09	63.0 ± 0.13	16.3 ± 0.11

¹⁾Not germinated rice, ²⁾Germinated rice.

유사한 chain length의 것들이 중첩되어 있음을 뜻한다고 할 수 있다는 점에서 배유 전분분자 중 아밀로오스 분자 유래의 긴 포도당 사슬의 구조적인 차이를 반영하는 지표로서 사용할 수 있다(¹⁹⁻²¹). Table 1에서 알 수 있듯이 맵쌀 품종은 발아와 더불어 청가가 나타내는 아밀로오스 유래의 긴 사슬의 양은 줄어들고 있었으며, 찰벼 품종은 발아와 더불어 포도당 사슬의 길이가 증가하고 있음을 알 수 있었다. 그리고 전분-I₂ 정색반응의 최대흡광도 파장은 메벼품종이나 찰벼품종에 관계없이 약간 단파장쪽으로 이동하는 경향이 있었다. 그리고 최대 흡광도를 나타내는 파장에서의 흡광도 또한 청가와 유사한 경향이 있어 맵쌀 품종에서는 감소하고 있었으며, 찰벼 품종에서는 증가하고 있었다.

전분분자의 포도당 사슬길이 분포

전분분자의 포도당간 α -1,6결합을 isoamylase에 의해서 가수분해 시킨 후 얻은 glucose α -1,4 결합만으로 이루어진 직쇄성분들의 분포를 검토하였다. HPLC를 수행하기 위한 실험방법상의 여과과정에서 직쇄성분 중 아밀로오스 분획에 해당하리라 여겨지는 장쇄성분들은 대부분 제외되었으리라 여겨지므로 본 실험방법에 의해서 알 수 있는 전분분자의 포도당 사슬길이 분포는 결국 전분분자 중 아밀로펩틴 유래의

분획에 해당한다고 할 수 있겠다. 전분분자의 glucose α -1,6 결합을 isoamylase에 의해서 가수분해시킨 후 얻은 glucose α -1,4 결합만으로 이루어진 직쇄성분들을 Tosoh TSK-gel G2000PW와 G3000PW를 연결시킨 column에 의해서 HPLC를 실시하여, HPLC chromatogram상의 각 변곡점을 기준으로 분자량이 큰 것부터 Fraction I, II, III, IV, V 등 다섯 부분으로 구분하였고, 각 부분의 면적비를 산출함으로써 품종별 전분분자의 glucose 중합도 분포를 정리하였다(Table 2). 또한 포도당 사슬의 중합도는 분자량을 각각 171[1/2 × 360(2 분자의 glucose)-18(H₂O)]로 나눈 값에 의해서 분류해 보면, Fr. I는 132이상, Fr. II는 66이상, Fr. III는 33이상, Fr. IV는 14이상, Fr. V는 13이하이었다. Juliano 및 Hizukuri 등의 아밀로펩틴 분자의 미세구조 검토를 위해 사용하는 A chain 및 B chain의 개념(^{22,23})을, 유사한 방법에 의해서 분석한 본 연구의 결과와 상치시켜 보면, 본 연구의 Fr. I은 B₄ chain 분획과, Fr. II는 B₃ chain 분획과, Fr. III는 B₂ chain 분획과, Fr. IV는 B₁ chain 분획과 그리고 Fr. V는 A chain 분획과 각각 일치하는 경향이 있었다. 맵쌀의 경우에는 발아와 더불어 B₄ chain 분획인 중합도 130이상인 사슬의 길이가 현저하게 감소하여 감소된 만큼 B₂ chain 분획인 중합도 33~66 정도의 사슬의 길이가 증가하고 있음을 알 수 있다. 그리고

Table 3. Classification of rice starches based on X-ray diffraction patterns

Rice varieties	X-ray diffraction intensity scale			
	3b	4b	4c	6a
Normal type (non-waxy rice)				
Whachungbyeo	N ¹⁾	4.26±0.076	5.45±0.050	5.13±0.057
	G ²⁾	3.73±0.028	4.18±0.028	5.01±0.028
Nampungbyeo	N	3.75±0.050	5.02±0.115	4.91±0.028
	G	4.02±0.028	4.34±0.040	5.20±0.010
Glutinous type (waxy-rice)				
Whachungchalbyeo	N	4.25±0.081	5.73±0.076	5.86±0.076
	G	4.05±0.086	5.0±0.050	5.41±0.028
Shinsunchalbyeo	N	3.96±0.057	5.25±0.050	5.02±0.076
	G	4.08±0.317	4.25±0.050	5.35±0.050

¹⁾Not germinated rice, ²⁾Germinated rice.**Table 4. Heat of gelatinization and endotherm characteristics of starch granules**

	T _g ¹⁾ (°C)	T _p ²⁾ (°C)	T _c ³⁾ (°C)	ΔH ⁴⁾ (cal/g)
Normal type (non-waxy rice)				
Whachungbyeo	N ⁵⁾	63.00	68.46	88.42
	G ⁶⁾	59.17	66.83	79.21
Nampungbyeo	N	65.57	69.32	87.37
	G	59.60	65.20	79.67
Glutinous type (waxy-rice)				
Whachungchalbyeo	N	64.28	72.30	88.0
	G	59.57	64.94	79.0
Shinsunchalbyeo	N	63.71	69.86	87.08
	G	59.18	65.35	77.08

¹⁾On set temperature, ²⁾Max. peak temperature, ³⁾Completion temperature, ⁴⁾Enthalpy, ⁵⁾Not germinated rice, ⁶⁾Germinated rice.

A chain 분획 유래의 짧은 사슬의 양은 감소하고 있었으며, 이에 비해서 B₁ chain 분획인 중합도 14~33 정도의 사슬길이가 증가하고 있음을 알 수 있었다. 그리고 이러한 경향은 찰 phẩm종에서도 동일하게 나타나고 있었다.

X선회절도

일반적으로 전분입자의 결정형태와 결정화도를 비교하는데 X선 회절도를 이용한다. 즉 X선 회절도의 peak가 날카로울수록 결정화도가 크다는 것을 의미하며, peak의 형태로부터 A, B, C 및 V type으로 구분한다. 본 연구에서도 맵쌀 및 찹쌀 품종 전분들의 발아에 따른 X선 회절도를 검토 한 결과 (data 미제공), 모두 X선 회절도상에서 3b, 4a, 4b, 6a의 peak 가 뚜렷하게 구분되는 전형적인 A type 들이었다. 그리고 각 peak의 높이를 측정하여 정리한 Table 3에서 알 수 있듯이 발아와 더불어 모든 품종의 쌀에서 6a peak를 제외하고는 각 peak의 수치가 약간 저하하는 경향을 보이고 있어, 전분입자의 결정화도는 발아와 더불어 약간 낮아지고 있으리라 예상 할 수 있겠다.

호화특성 비교

4품종 쌀 전분입자의 호화특성을, 전분입자가 호화될 때의 흡열반응을 시차주사열량계(DSC) 측정에 의한 DSC thermo-

gram으로부터 산출한 호화개시온도, 호화최대온도, 호화종결온도 및 호화엔탈피를 정리하였다(Table 4). 호화개시 온도인 경우 품종간의 차이는 없었으나, 발아와 더불어 모든 품종의 쌀에서 감소하고 있었으며, 호화종료온도 또한 발아와 더불어 감소하고 있음을 알 수 있다. 한편 호화엔탈피는 맵쌀의 경우 발아와 더불어 증가하고 있는데 비해서 찹쌀 품종의 경우에는 발아에 따른 변화가 없거나 약간 증가하고 있었다.

발아미의 가수분해 효소 활성 비교

3일간 발아시킨 벼 품종들의 α-amylase와 β-amylase의 활성을 각각 비교하였다. 발아에 따른 이들 효소 활성의 비교 군으로 시판 맥아(엿기름)를 사용하였다. 3일간 발아시킨 벼의 α-amylase의 활성은 남풍벼 품종을 제외하고는 모두 맥아에 비해서 활성이 높게 나타났다. 찰벼 품종들이 메벼 품종들 보다 발아와 더불어 높은 α-amylase의 활성을 나타내고 있었다. 찰벼 품종 중 특히 신선찰벼는 α-amylase의 활성이 상당히 높아서 비교군인 맥아보다 약 2배 정도의 활성을 나타내고 있었다.

β-Amylase의 경우는 메벼보다 찰벼 품종들의 활성이 높은 경향은 있으나 비교군인 맥아에 비해서 상당히 낮은 활성을 나타내고 있었다. 이러한 결과들로 미루어 볼 때, 쌀가공 식품 제조시 쌀전분의 액화용으로는 발아쌀, 특히 찹쌀을 발아

Table 5. Changes of diastatic acitivity for 3 days during rice germination

Rice varieties	Diastatic acitivity			
	α -Amylase (units/g flour) (%)		β -Amylase (units/g flour) (%)	
Malt	0.945 ± 0.003 ^c	100	537.0 ± 0.003 ^h	100
Normal type (non-waxy rice)				
Whachungbyeo	N ¹⁾	0.450 ± 0.007 ^a	47.6	89.05 ± 0.274 ^b
	G ²⁾	1.120 ± 0.005 ^f	119	141.9 ± 2.860 ^e
Nampungbyeo	N	0.690 ± 0.005 ^b	73.0	79.67 ± 0.792 ^a
	G	0.800 ± 0.003 ^c	84.7	129.8 ± 2.745 ^d
Glutinous type (waxy-rice)				
Whachungchalbyeo	N	0.820 ± 0.002 ^c	86.8	91.20 ± 0.359 ^c
	G	1.305 ± 0.003 ^g	138	164.6 ± 2.804 ^f
Shinsunchalbyeo	N	0.910 ± 0.004 ^d	96.3	91.25 ± 0.477 ^c
	G	1.870 ± 0.005 ^h	198	214.2 ± 2.260 ^g

¹⁾Not germinated rice, ²⁾Germinated rice.

시킨 것은 효율 적으로 사용할 수 있으리라 사료되지만 당화용으로는 역시 맥아에 비해서 적합하지 않은 듯 하다. 장차 발아에 따른 β -amylase의 활성이 높은 품종의 쌀을 개발하여 다양한 종류의 쌀가공 식품에 적용하기 위한 연구는 계속해야 할 것이라고 생각한다.

요 약

메벼풀종인 화청벼와 남풍벼, 그리고 찰벼풀종인 신선찰벼와 화청찰벼 등 4품종의 벼씨를 각각 27°C에서 3일간 발아시켜, 발아에 따른 전분입자의 이화학적 특성 변화 및 전분가수분해 효소의 활성을 각각 비교하였다. 전분분자 중 아밀로오스 분자 유래의 긴 포도당 사슬의 양이 발아와 더불어 메벼풀종에서는 줄어들고 있었으며, 찰벼 품종에서는 증가하고 있었다. 아밀로펩틴 분자 유래의 포도당 사슬길이 분포는 찰벼와 메벼 품종에 관계없이 발아와 더불어 중합도 130이 상인 사슬의 길이가 현저하게 감소하여 감소된 만큼 중합도 33~66정도의 사슬의 길이가 증가하고 있음을 알 수 있다. 그리고 A chain 분획 유래의 짧은 사슬의 양은 감소하고 있었으며, 이에 비해서 중합도 14~33 정도의 사슬길이가 증가하고 있음을 알 수 있었다. 그리고 전분입자의 결정화도는 발아와 더불어 약간 낮아지고 있었으며, 호화개시온도 및 호화종료는 또한 약간 감소하고 있었다. 3일간 발아시킨 벼의 α -amylase의 활성은 맥아에 비해서 활성이 높게 나타났으며, 특히 신선찰벼의 활성이 상당히 높아, 맥아보다 약 2배 정도의 활성을 나타내고 있었다. 이에 비해서 β -amylase의 경우는 메벼보다는 찰벼 품종들의 활성이 높기는 하지만 비교군인 맥아에 비해서 상당히 낮은 활성을 나타내고 있었다.

감사의 글

본 연구는 2000년~2002년까지 과학재단 목적기초 우수여성과학자 도약과제(과제번호 R04-2000-00063)에 의해서 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Lee, H.J., Byun, S.M. and Kim, H.S. Studies on the dietary fiber of brown rice and milled rice. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 576-580 (1988)
- Kim, S.K. and Cheigh, H.S. Radial distribution of calcium, phosphorus, iron, thiamine and riboflavin in the degemermed brown rice kernel. Korean J. Food Sci. Technol. 11: 122-127 (1979)
- Cho, B.M., Yoon, S.K. and Kim, W.J. Changes in amino acid and fatty acids composition during germination of rapeseed. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 371-376 (1985)
- Hsu, D., Leung, H.K., Finney, P.L. and Morad, M.M. Effect of germination on nutritive value and baking properties of dry peas, lentils and faba beans. J. Food Sci. 45: 87-91 (1980)
- Choi, K.S. and Kim, Z.U. Changes in lipid components during germination of mungbean. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 271-275 (1985)
- Colmenarse De Ruiz, A.S. and Bressani, R. Effect of germination on the chemical composition and nutritive value of amaranth grain. Cereal Chem. 67: 519-523 (1990)
- Lee, M.H., Son, H.S., Choi, O.K., Oh, S.K. and Kwon, T.B. Changes in physico-chemical properties and mineral contents during buckwheat germination. Korean J. Food Nutr. 7: 267-273 (1994)
- Kim, I.S., Kwon, T.B. and Oh, S.K. Study on the chemical change of general composition, fatty acids and minerals of rape-seed during germination. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 371-376 (1985)
- Ikeda, K., Arioka, K., Fujii, S., Kusano, T. and Oku, M. Effect on buckwheat protein quality of seed germination and changes in trypsin inhibitor content. Cereal Chem. 61: 236-240 (1984)
- Kim, W.J., Kim, N.M. and Sung, H.S. Effect of germination on phytic acid and soluble minerals in soymilk. Korean J. Food Sci. Technol. 16: 358-362 (1984)
- Ahn, B. and Yang, C.B. Effects of soaking, germination, incubation and autoclaving on phytic acid in seed. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 516-521 (1985)
- Lee, M.H. and Shin, J.C. New techniques for the cultivation of quality rice, pp. 239-263. In: Rediscovering Korea Rice and Development Direction. Park, L.K. and Shin, J.C. (eds.), Korean Society of Rice Research, Seoul, Korea (1999)
- Nakagawa, K. and Onota, A. Accumulation of γ -aminobutyric acid(GABA) in the rice germ. Food Processing 31: 43-46 (1996)
- Choi, J.H. Quality characteristics of the bread with sprouted

- brown rice flour. Korean J. Soc. Food. Cookery Sci. 17: 323-328 (2001)
15. Kim, S.S. and Lee, W.J. Characteristics of germinated rice as a potential raw material for Shikhe production. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 101-106 (1997)
16. Lee, W.J. and Kim, S.S. Preparation of *shike* with brown rice. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 101-106 (1998)
17. Macleary, B. and Sheehan, H. Measurement of cereal α -amylase: A new assay procedure. J. Cereal Sci. 6: 237-251 (1987)
18. Macleary, B. and Codd, R. Measurement of β -amylase in cereal flours and commercial enzyme preparations. J. Cereal Sci. 9: 17-33 (1989)
19. Banks, W., Greenwood, C.T. and Muir, D.D. The characterization of starch and its components. III. The technique of semi-micro differential potentiometric iodine titration and factors affecting it. Staerke 23: 118-124 (1971)
20. Banks, W., Greenwood, C.T. and Thomson, J. The properties of amylose as related to the fractionation and subfractionation of starch. Macromol. Chem. 31: 197-213 (1959)
21. Banks, W., Greenwood, C.T. and Muir, D.D. A critical comparison of the estimation of amylose content by colorimetric determination and potentiometric titration of the iodine complex. Staerke 26: 3-77 (1974)
22. Takeda, Y., Hizukuri, S. and Juliano, B.O. Structure of amylopectin with low and high affinities for iodine. Carbohydr. Res. 168: 287-294 (1987)
23. Villareal, C.P., Hizukuri, S. and Juliano, B.O. Amylopectin staling of cooked milled rices and properties of amylopectin and amylose. Cereal Chem. 74: 163-167 (1997)

(2003년 2월 26일 접수; 2003년 7월 21일 채택)