

진도산 검정쌀 전분의 분자구조적 특성

김 관* · 박종훈 · 오금순¹ · 강길진¹

전남대학교 식품공학과, ¹식품의약품안전청 광주지방청

초 록 : 진도산 검정쌀 전분의 분자 구조적 특성을 구명하고 신선찰벼와 비교 검토하였다. 진도산 검정쌀과 신선찰벼의 전분-요오드 복합체의 최대흡수파장은 각각 523 nm, 521 nm였고, 고유점도는 각각 183 ml/g, 178 ml/g였으며, β -amylolysis limit(%)는 각각 62.8%, 60.3%였다. 진도산 검정쌀은 요오드 반응과 Sepharose CL-2B의 용출패턴 결과로 찹쌀임을 알 수 있었다. 진도산 검정쌀의 아밀로펙틴의 사슬 분포는 중합도 55이상(획분 I), 중합도 40~50(획분 II), 중합도 15~20(획분 III)으로 분포하였으며, 획분 II에 대한 획분 III의 비율(A/B 사슬비)는 진도산 검정쌀이 3.02, 신선찰벼가 2.82로 나타났다. 또한, 초장쇄 부분이 획분 I은 진도산 검정쌀이 신선찰벼의 아밀로펙틴 보다 많았다. 진도산 검정쌀의 아밀로펙틴 베타-한계 텍스트린 분자량 분포는 신선찰벼와 비슷하였다. 베타-한계 텍스트린의 사슬 분포는 중합도 55이상(획분 I), 중합도 30~45(획분 II), 중합도 10~20(획분 III)으로 분포하였으며, 진도산 검정쌀과 신선찰벼는 큰 차이가 없었다. 이러한 결과로부터 진도산 검정쌀 전분은 polymodal 구조를 갖는 아밀로펙틴으로 구성되어 있으며 신선찰벼와 구조적으로 유사하였다. (2000년 9월 5일 접수, 2000년 9월 13일 수리)

서 론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 멥쌀과 찹쌀로 대별되며 특수미로서 유색미, 향미 등이 추가되고 있다. 또한, 멥쌀은 형질에 따라 일반계(Japonica type), 통일계(Japonica-Indica breeding type) 및 인디카계(Indica type)로 나누어진다. 우리가 주식으로 하고 있는 쌀은 일반계(Japonica type)의 멥쌀이 주를 이루고 있다. 그러나, 최근에는 일반 소비자들의 건강에 대한 관심과 맛에 대한 다양한 욕구로 인하여 유색미의 수요가 증가하고 있다. 현재 우리나라에서 유통되고 있는 유색미의 종류로서는 색깔로 구분하여 흑미(검정쌀), 적미, 그리고 적미와 색이 유사하나 향이 강한 흑향미로 대별되며 산지별, 품종별로 여러 종류가 유통되고 있다. 검정쌀은 중국 남부지방인 광둥과 운남 지방에 야생되어 2000년 전에 재배한 기록이 있고 중국의 한무제 시대에 황실에 진상되어 궁중 음식물이 되었다고 한다. 그때의 쌀은 검고 쌀 속은 유리처럼 투명하거나 유백색이었고 유연하며 죽을 쑤어 먹을 때면 냄새 좋은 향기가 풍겼는데 약간의 한약 냄새가 있었다고 한다.¹⁾

지금까지 행해진 유색미에 대한 연구는 유색미 색소의 추출과 특성 및 이용에 대한 연구^{2,9)}가 주를 이루어 왔다. 유색미는 백미에 비하여 저장성이 강하며 이는 유색미 특유의 색소 성분 때문이라 추측되어지고 있다. 유색미의 색소 성분으로서 적색계 쌀은 탄닌계, 자색계 쌀은 안토시아닌계 색소로 알려져 있다.⁵⁾ 이들 적색소 성분은 주로 cyanidin-3-glucoside로 구성되어 있고 이외에 malvidin-3-glucoside도 소량 함유되어 있으며 이들 색소는 산성조건에서 안정하게 이용될 수 있고 열에 대해서도 비교적 안정한 것으로 보고되고 있다.⁷⁾ 또한, 유색미 혼용밥의 취반 특성¹⁰⁾과 유색미를 이용한 식혜 제조,¹¹⁾ 유색미

의 품종별 화학성분의 조성,¹²⁾ 흑미의 lipoxxygenase의 특성¹³⁾ 등에 관한 연구가 보고되고 있다. 그러나, 유색미는 밥에 일부 혼합하여 밥의 색과 향을 더해주기 위한 용도로 사용되는 외에는 별로 이용이 다양하지 못하며 유색미에 대한 연구도 초기단계에 있다. 검정쌀은 백미의 취반시에 소량의 첨가로 향 및 텍스처 개선에 영향을 미치며¹⁰⁾ 현미나 백미에 비해 아밀로오스 함량이 낮아 찰기가 높다고 알려져 있다.¹²⁾ 일반적으로 백미는 그 전분의 분자구조가 밥의 텍스처에 영향을 미치는 것으로 이미 연구되었다.¹⁴⁻¹⁸⁾ 그러나 백미 취반시 소량 첨가로 밥의 텍스처에 영향을 주는 검정쌀 전분에 대한 연구는 전혀 이루어져 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 전남 진도 지방을 중심으로 다량 재배되고 있는 진도산 검정쌀을 이용하여 검정쌀 전분의 분자 구조적 특성을 구명하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서는 1996년에 진도지방에서 수확한 검정쌀과 일반계 찹쌀인 신선찰벼를 전라남도 농업기술원에서 구입하여 사용하였으며, 진도산 검정쌀은 0.1% HCl-Methanol을 사용하여 색소를 제거⁶⁾한 후 알칼리 침지법¹⁹⁾에 따라 전분을 분리하였다.

아밀로펙틴의 분리

알칼리 침지법¹⁹⁾으로 분리한 전분을 메탄올로 24시간 탈지한 후 Takeda 등²⁰⁾의 방법으로 아밀로오스와 아밀로펙틴을 분리하였다.

아밀로펙틴 베타-한계 텍스트린의 제조

아밀로펙틴에서의 β -한계 텍스트린은 Hizukuri와 Maehara의 방법²¹⁾에 의해 얻었다. 아밀로펙틴 2.5 g에 50 mM 초산 완충

찾는말 : 검정쌀, 아밀로펙틴, 베타-한계 텍스트린
*연락처 : Tel : 062-530-2141; Fax : 062-530-2149

용액(pH 4.8) 100 ml와 고구마 β -amylase(Sigma Chemical Co., St. Louis, USA) 10,000 단위를 혼합하고 셀룰로오스 튜브(Sigma Chemical Co., St. Louis, USA)에 넣고 밀봉하였다. 이를 50 mM 초산 완충용액(pH 4.8) 2 l가 들어있는 용기에 넣고 37°C에서 48시간 반응시켰다. 용기중의 완충용액은 반응 12시간까지는 3시간마다 교환하고 그 이후는 용기중의 완충용액에 대하여 페놀-황산법²²⁾으로 당을 측정하고, 당이 용출되지 않을 때까지 교환하면서 반응시켰다. 100°C에서 20분간 가열하여 반응을 종결시키고 10,000×g에서 20분간 원심분리한 다음 침전물은 다시 증류수 20 ml에 녹이고 에탄올 20 ml와 lithium bromide 0.05 ml를 넣어 3,000×g에서 20분간 원심분리하였다. 침전물에 에탄올과 에테르를 반복처리하여 탈수하고 calcium chloride와 함께 감압건조하여 β -한계 덱스트린을 얻었다.

전분의 요오드 반응 및 구조적 성질 측정

요오드 반응은 Williams 등²³⁾의 방법에 따라 시료 10 mg을 50 ml 용량 플라스크에 취하고 0.5 N KOH 용액 10 ml를 가하여 시료를 잘 분산시킨 다음 증류수를 가하여 50 ml로 정용하였다. 이 액 10 ml를 취하여 0.1 N HCl로서 중화시키고 0.2% 요오드액으로 반응시켜 625 nm에서 흡광도와 최대흡수파장(λ_{max})을 측정하였다. 시료(0.5 g/100 ml)의 고유점도는 Cannon-Ubbelohde 점도계(No. 75)를 사용하여 25°C에서 측정하였다.²⁴⁾ 베타-아밀라아제 분해한도는 시료 25 mg에 dimethyl sulfoxide (DMSO) 1 ml과 0.1 M acetate buffer(pH 4.8) 4 ml를 가해 끓는 수조에서 완전히 용해시키고, 고구마 베타-아밀라아제(Sigma Chemical Co, St. Louis, USA) 100단위를 처리하여 37°C에서 48시간동안 반응시키고 끓는 수조에서 30분간 가열 처리하여 효소를 불활성화 한 후 이 반응액 1 ml를 Sephadex G-50(Pharmacia, Sweden) 칼럼(2.8×88 cm)에 넣고 0.02% sodium azide를 함유한 10 mM phosphate buffer solution(pH 7)으로 21 ml/hr 속도로 20°C에서 용출시키면서 5 ml씩 분획하였다. 각 획분에서 0.5 ml를 취하여 총당을 페놀-황산법²²⁾으로 측정하고 얻어진 피크의 비율로서 베타-아밀라아제 분해한도(%)를 계산하였다.²⁵⁾

전분 및 베타-한계 덱스트린의 분자량 분포

전분과 베타-한계 덱스트린의 분자량 분포는 Sepharose CL-2B(Uppsala, Sweden) 칼럼(1.6×95 cm)을 이용하여 조사하였다. 각 시료 10 mg을 DMSO 0.5 ml와 증류수 1.5 ml를 가해 끓는 수조에서 녹이고, 이 액 1 ml를 Sepharose CL-2B 칼럼에 넣고 0.02% Sodium azide를 함유한 증류수로 12.5 ml/hr 속도로 20°C에서 용출시키면서 3 ml씩 분획하였다. 분획분 0.5 ml를 취하여 총당을 페놀-황산법²²⁾으로 측정하고 요오드 반응²³⁾은 나머지 분획분에 대해 0.2% 요오드액 0.03 ml로 반응시키고 λ_{max} 를 측정하여 용출패턴을 조사하여 분자량 분포를 측정하였다. 한편 컬럼의 보정은 void volume 측정을 위하여 dextran(분자량 5×10^6 ~ 4×10^7 , Sigma Chemical Co., St. Louis, USA)를 사용하였다.

아미로펙틴 및 베타-한계 덱스트린의 시슬 분포

Table 1. Iodine reaction, intrinsic viscosity and β -amylolysis limit of rice starches

	Iodine reaction		Intrinsic viscosity (ml/g)	β -amylolysis limit (%)
	A_{625} ¹⁾	λ_{max} ²⁾		
Black rice (Chindo)	0.091	523	183	62.8
Shinsun waxy rice	0.082	521	178	60.3

¹⁾Absorbance at 625 nm.

²⁾Maximum absorbance wave length.

아미로펙틴 시슬 분포는 Sephadex G-50 칼럼(2.8×88 cm)을 이용하여 조사하였다. 시료의 효소 처리는 각 시료 25 mg을 DMSO 1 ml와 0.1 M acetate buffer solution(pH 4.8) 4 ml를 가해 끓는 수조에서 완전히 녹인 다음, β -amylase 100 단위, pullulanase 1 단위 그리고 β -amylase 100 단위 + pullulanase 1 단위를 각각 다르게 처리하였다. 효소반응은 37°C에서 48시간 반응시키고 끓는 수조에서 30분간 가열하여 반응을 종료시켰다. 이 액 1 ml를 Sephadex G-50 칼럼에 넣고 0.02% Sodium azide를 함유한 증류수로 21 ml/hr 속도로 20°C에서 용출시키면서 5 ml씩 분획하였다. 분획분 0.5 ml를 취하여 총당을 페놀-황산법²²⁾으로 측정하여 용출패턴을 조사하고 시슬 분포를 측정하였다. 시료의 중합도(\overline{DP})는 총당을 페놀-황산법²²⁾, 환원력을 Park-Johnson법을 개량한 Hizukuri 등²⁶⁾의 방법으로 측정하고, 그 비로서 구하였다. 베타-한계 덱스트린의 시슬 분포는 pullulanase 1 단위를 처리한 다음 Sephadex G-50 칼럼을 이용하여 위와 동일한 방법으로 조사하였다.

결과 및 고찰

요오드 반응, 고유점도와 베타-아밀라아제 분해한도

진도산 검정쌀과 신선찰벼 전분의 요오드 반응 및 고유점도는 Table 1과 같다. 진도산 검정쌀 전분-요오드 복합체의 620 nm에서 흡광도 값은 0.091로서 신선찰벼의 0.082 보다 약간 높았지만 큰 차이는 없었다. 요오드 반응은 전분의 직쇄상 분자의 상대적인 양을 나타내는데 진도산 검정쌀 전분은 요오드 반응 값이 낮아 직쇄상의 아미로오스가 거의 없는 전분임을 알 수 있다. 전분-요오드 복합체의 최대흡수파장은 진도산 검정쌀이 523 nm, 신선찰벼가 521 nm로 큰 차이가 없었다. Kim 등²⁷⁾에 의하면 신선찰벼와 한강찰벼의 최대흡수파장은 520 nm로 본 실험의 결과와 유사하였다. Cura와 Krisman²⁸⁾은 최대흡수파장은 아미로펙틴의 가지점(α -1,6 결합)의 함량과 부의 상관관계를 보인다고 하였다. 따라서, 진도산 검정쌀 전분이 전분-요오드 복합체의 흡광도 값과 최대흡수파장이 신선찰벼 전분의 것과 비슷한 것으로 보아 진도산 검정쌀이 찰쌀과 유사함을 알 수 있었다.

진도산 검정쌀과 신선찰벼의 고유점도는 183 ml/g, 178 ml/g 이었다. Kim 등²⁹⁾은 일반계와 통일계 쌀 전분의 고유점도는 106~118 ml/g, 129~144 ml/g으로 보고하였고, Kim 등²⁷⁾은 신선찰벼와 한강찰벼의 고유점도는 149 ml/g, 163 ml/g으로 보고하였다.

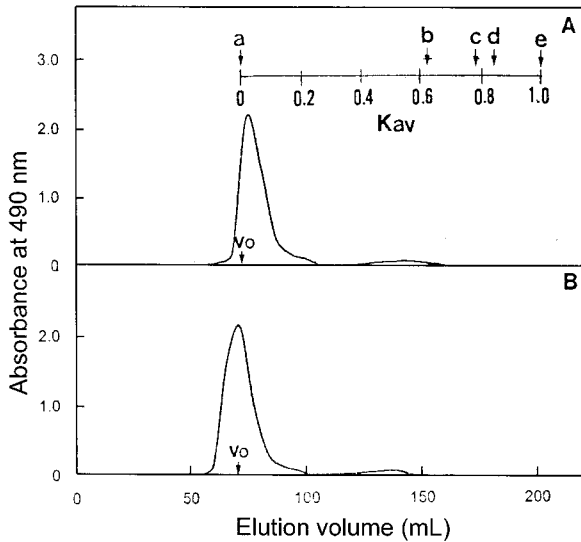


Fig. 1. Elution profiles on Sepharose CL-2B of rice starches. A: Black rice (Chindo) B: Shinsun waxy rice, a: Dextran(M.W. $5 \times 10^6 \sim 40 \times 10^6$), b: Dextran T-500(M.W. 50×10^4), c: Dextran T-40(M.W. 4×10^4), d: Dextran T-10(M.W. 1×10^4), e: glucose, F₁: Fraction 1 F₂: Fraction 2, Vo: Void volume, K_{av}: alternative distribution coefficient.

베타-아밀라아제 분해한도는 진도산 검정쌀이 62.8%, 신선찰벼가 60.3%로 나타났다. Kim 등²⁷⁾은 신선찰벼와 한강찰벼의 베타-아밀라아제 분해한도는 59.5%, 60.3%로 보고하였다.

전분의 분자량 분포

전분의 Sepharose CL-2B 칼럼에 의한 용출패턴은 Fig. 1과 같으며 두 품종 모두 아밀로펙틴이 주로 용출되는 void volume(Vo) 부근에서 대부분 용출되었고, 아밀로오스가 용출되는 용출부피 120~180 ml에서 거의 용출되지 않았다. 전분-요오드 반응과 Sepharose CL-2B 칼럼의 결과로 진도산 검정쌀은 찹쌀임을 알 수 있었다.

아밀로펙틴 및 베타-한계 덱스트린의 사슬 분포

아밀로펙틴을 효소처리한 후 Sephadex G-50 칼럼으로 용출시킨 결과는 Fig. 2와 같다. β-amylase로 가수분해한 후 겔 크로마토그래피한 후 얻은 용출패턴은 모두 두 개의 peak를 보였으며 void volume과 total volume 부근에서 각각 peak를 보였다. Peak I은 β-amylase에 의해 더 이상 분해되지 않은 β-limit dextrin, peak II는 β-amylase에 의해 분해된 글루코오스와 말토오스로 생각된다. 또한, peak II의 양은 베타-아밀라아제 분해한도를 나타내는데 진도산 검정쌀 아밀로펙틴은 59.6%, 신선찰벼 아밀로펙틴은 61.4%였으며, 전분의 60.3%(진도산 검정쌀), 62.8%(신선찰벼)보다 약간 낮은 값을 보였다.

Pullulanase를 처리한 다음 겔 크로마토그래피하여 얻은 용출패턴은 세 개의획분을 보였는데 획분 I은 void volume 부근에서 나타났으며 요오드 복합체의 최대흡수파장은 550 nm이었고, 획분 II는 요오드 복합체의 최대흡수파장이 570 nm이었고 중합도는 40-50 글루코오스 단위 정도였다. 그리고 획분 III은 요오드 반응이 나타나지 않았으며 중합도 15-20 부근이었다. 획분 I은 요오드 복합체의 최대흡수파장이 획분 II보다 낮은 점

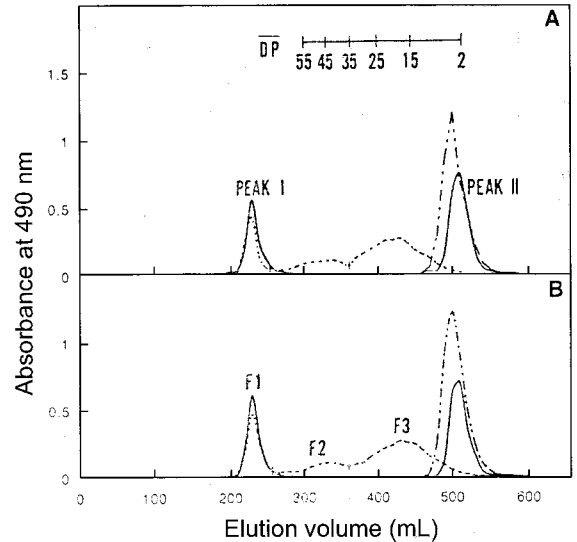


Fig. 2. Elution profiles on Sephadex G-50 of rice amylopectins treated with β-amylase(—), Pullulanase(···) and combination (- · - ·). A: Black rice (Chindo) B: Shinsun waxy rice, F₁: Fraction 1 F₂: Fraction 2 F₃: Fraction 3.

Table 2. Carbohydrate proportion (%) of each fraction in gel chromatography of rice amylopectins hydrolyzed by β-amylase and debranched by Pullulanase

	Hydrolyzed by β-amylase ¹⁾			Debranched by Pullulanase ²⁾			
	F1	F2	F2/F1	F1	F2	F3	F3/F2
Black rice (Chindo)	36.3	61.4	1.69	16.0	20.9	63.1	3.02
Shinsun waxy rice	39.2	59.6	1.52	11.7	23.1	65.2	2.82

¹⁾ and ²⁾ from Fig. 2.

으로 보아 pullulanase에 의해 절단이 되지 않은 α-1,6 결합을 갖는 물질로 추정된다. β-amylase와 pullulanase를 혼합처리하였을 때는 두 전분 모두 분해(말토오스, 글루코오스)되어 용출부피 460~590 ml 사이에 하나의 peak를 보였다. Takeda 등²⁰⁾은 쌀의 아밀로펙틴에서 B 사슬(중합도 42)과 A 사슬(중합도 13)이외에 초장쇄가 존재한다고 하였으며 이 초장쇄는 중합도 1,000 정도이고, 탈분지 후에는 중합도 12~220, 사슬길이 85~100이라고 하였다. 본 실험의 획분 I은 중합도 55 이상으로 Takeda 등²⁰⁾이 주장한 초장쇄에 해당한다고 볼 수 있다.

Table 2는 Fig. 2의 각 획분에 대한 탄수화물 분포를 나타낸 것이다. β-amylase로 가수분해한 경우 두 peak의 면적비는 진도산 검정쌀이 1.69, 신선찰벼가 1.52로 신선찰벼의 경우 Kim 등²⁷⁾이 보고한 값과 유사하였다. Pullulanase로 분해한 경우 획분 I은 진도산 검정쌀이 16.0%로 신선찰벼의 11.7%보다 더 많았다. 따라서, 진도산 검정쌀 아밀로펙틴은 신선찰벼 아밀로펙틴보다 초장쇄 부분이 더 많았다. Kang 등¹⁶⁾에 의하면 일반계 맷쌀 전분의 획분 I은 4.1-28.5%, 통일계 맷쌀 전분은 30.0~34.3%라고 하였다. Takeda 등²⁰⁾은 자포니카형 쌀 아밀로펙틴의 초장쇄는 6-9%, 인디카형은 14~20%라고 하였다. Hizukuri

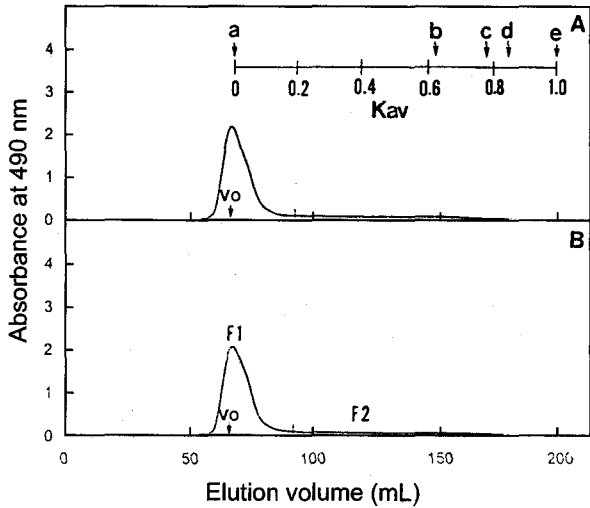


Fig. 3. Elution profiles on Sepharose CL-2B of β -limit dextrans of rice amylopectins. A: Black rice (Chindo) B: Shinsun waxy rice, a: Dextran(M.W. $5 \times 10^6 \sim 40 \times 10^6$), b: Dextran T-500(M.W. 50×10^4), c: Dextran T-40(M.W. 4×10^4), d: Dextran T-10(M.W. 1×10^4), e: glucose, F₁: Fraction 1 F₂: Fraction 2, Vo: Void volume, K_{av}: alternative distribution coefficient.

Table 3. Carbohydrate proportion (%) of each fraction in gel chromatography of β -limit dextrans of rice amylopectins

	F1 ¹⁾	F2 ²⁾	F2/F1
Black rice (Chindo)	75.1	24.9	0.33
Shinsun waxy rice	77.6	22.4	0.29

¹⁾ and ²⁾ from Fig. 3.

등³⁰⁾은 초장쇄가 적을수록 점성이 높고 노화가 잘 일어나지 않는다고 하였다. 확분 II에 대한 확분 III의 비율(A/B 사슬비)은 진도산 검정쌀이 3.02, 신선찰벼가 2.82로 진도산 검정쌀이 약간 높았다. Kang 등¹⁶⁾에 의하면 확분 II에 대한 확분 III의 비율은 일반계가 3.15~3.36, 통일계가 2.90~3.00으로 보고하였다. Kim과 Ahn³¹⁾은 일반계인 천마벼와 통일계인 용문벼에서 그 비율이 각각 3.9, 3.4라고 보고하였다. 또한, Takeda 등²⁰⁾은 자포니카형이 3.9~4.3, 인디카형이 3.2~3.5라고 하였다. Kalichevsky 등³²⁾은 아밀로펙틴의 사슬 분포가 전분의 노화에 영향을 미치는데 사슬길이가 짧은 전분이 노화속도가 느리다고 하였다. Shi와 Seib³³⁾도 찰전분의 노화속도가 긴 사슬(중합도 14~24)과는 비례하나 짧은 사슬(중합도 6~9)과는 반비례한다고 하였다. 이러한 결과는 확분 II에 대한 확분 III의 비율이 크고 초장쇄가 적은, 짧은 사슬이 많은 아밀로펙틴이 노화속도가 느리다는 것을 의미한다.

아밀로펙틴의 베타-한계 텍스트린을 Sepharose CL-2B 칼럼으로 용출한 결과는 Fig. 3과 같다. 두 시료 모두 대부분 void volume 부분에서 용출되었으며 용출패턴의 차이는 없었다. Fig. 3의 각 확분에 대한 탄수화물 분포 비율은 Table 3에 나타났다. 진도산 검정쌀의 확분 I은 75.1%, 확분 II는 24.9%였고, 신선찰벼의 확분 I은 77.6%이고 확분 II는 22.4%이었다. 확분 I에 대한 확분 II의 비율은 진도산 검정쌀이 0.33, 신선찰벼가 0.29로 Kang 등¹⁶⁾이 보고한 일반계 0.99~4.55와 통일계 0.56~0.63과 비교해 큰 차이를 보였고, 두 값은 상대적으로 차이가

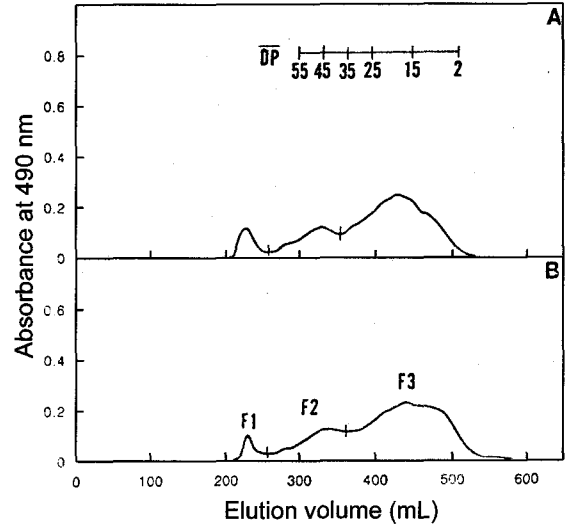


Fig. 4. Elution profiles on Sephadex G-50 of β -limit dextrans of rice amylopectins debranched by Pullulanase. A: Black rice (Chindo) B: Shinsun waxy rice, F₁: Fraction 1 F₂: Fraction 2 F₃: Fraction 3.

Table 4. Carbohydrate proportion (%) of each fraction in gel chromatography of β -limit dextrans debranched by Pullulanase

	Carbohydrate proportion in β -limit dextrin ¹⁾ (%)		
	F1	F2	F3
Black rice (Chindo)	8.9	21.2	69.9
Shinsun waxy rice	5.2	22.4	72.4

¹⁾from data of debranched β -limit dextrin(Fig. 4).

적었다. 이러한 결과는 진도산 검정쌀 전분 아밀로펙틴의 베타-한계 텍스트린의 분자량 분포는 멧쌀보다는 찰쌀과 비슷하다는 것을 의미한다. 아밀로펙틴은 베타-아밀라아제에 의하여 α -1,4 결합이 비환원성 말단에서 순차적으로 끊겨 α -1,6 결합에 α -1,4 결합 2~3개를 가진 베타-한계 텍스트린을 남긴다. 이러한 베타-한계 텍스트린은 아밀로펙틴의 분자구조를 연구하는데 이용되고 있다.

베타-한계 텍스트린을 pullulanase로 분지한 후 Sephadex G-50 칼럼으로 용출시킨 결과는 Fig. 4와 같다. 베타-한계 텍스트린은 void volume 부근(확분 I), 중합도 30-45 부근(확분 II), 중합도 10-20 부근(확분 III)에서 세 개의 확분을 보였다. Kang 등¹⁶⁾은 쌀 전분 아밀로펙틴의 베타-한계텍스트린에서 네 개의 확분과 함께 아밀로펙틴의 polymodal 구조를 제안하였다. 한편, Hizukuri³⁵⁾도 찰쌀, 타피오카, 칩, 감자 아밀로펙틴을 HPLC로 분획하고 polymodal 구조를 제안하였다. Fig. 4에 대한 각 확분의 탄수화물 분포는 Table 4와 같다. 진도산 검정쌀의 확분 I은 8.9%로 신선찰벼의 5.2%에 비해 약간 높았으나 확분 II와 III은 각각 21.2%, 69.9%로 신선찰벼의 22.4%, 72.4%에 비해 약간 낮았다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 전남대학교 연구년교수연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Lin, D., Liu, X. and Li, W. (1989) Studies on pigments of red rice in china. *Sipin Yu Fajiao Gongye*, **4**, 49-52.
2. Choi, S. W., Kang, W. W. and Osawa, T. (1994) Isolation and identification of anthocyanin pigments in black rice. *Foods and Biotech.* **3**, 131-136.
3. Choi, S. W., Kang, W. W., Osawa, T. and Kawakishi, S. (1994) Antioxidative activity of crysanthem in black rice hulls. *Foods and Biotech.* **3**, 233-237.
4. Choi, S. W., Nam, S. H. and Choi, H. C. (1994) Antioxidative activity of ethanolic extracts of rice bran. *Foods and Biotech.* **5**, 305-309.
5. Choi, H. C. and Oh, S. K. (1996) Diversity and function of pigments in colored rice. *Kor. J. Crop Sci.* **41**, 1-9.
6. Oh, S. K., Choi, H. C., Cho, M. Y. and Kim, S. U. (1996) Extraction method of anthocyanins and tannin pigments in colored rice. *Agric. and Biotech.* **39**, 327-331.
7. Cho, J. M., Yoon, H. H. and Hahn, T. R. (1996) Thermal stability of the major color component, cyanidin 3-glucoside, from a korean pigmented rice. *Agr. Chem. Biotech.* **38**, 581-583.
8. Yoon, J. M., Cho, M. H., Hahn, T. R., Paik, Y. S. and Yoon, H. H. (1997) Physicochemical stability of anthocyanins from a korean pigmented rice variety as natural food colorants. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **29**, 211-217.
9. Yoon, J. M., Hahn, T. R. and Yoon, H. H. (1998) Effect of copigmentation on the stability of anthocyanins from a korean pigmented rice variety. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **30**, 733-738.
10. Kim, D. W., Eun, J. B. and Rhee, J. O. (1998) Cooking conditions and textural changes of cooked rice added with black rice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **30**, 562-568.
11. Kim, S. S., Kim, S. Y. and Lee, W. J. (1998) Characteristics of germinated colored rice as a potential raw material for Sikhe. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **30**, 1092-1096.
12. Ha, T. Y., Park, S. H., Lee, C. H. and Lee, S. H. (1999) Chemical composition of pigmented rice varieties. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **31**, 336-341.
13. Lee, Y. S., Song, S. J. and Rhee, J. O. (1999) Characteristic of lipoxygenase in black rice. *Kor. J. Postharvest Sci. Technol.* **6**, 216-220.
14. Rho, E. S. and Ahn, S. Y. (1989) Texture of cooked rice and molecular weight distribution of rice amylose. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **21**, 486-491.
15. Kim, K., Kang, K. J. and Kim, S. K. (1991) Relationship between hot water solubles of rice and texture of cooked rice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **23**, 498-502.
16. Kang, K. J., Kim, K. and Kim, S. K. (1995) Relationship between molecular structure of rice amylopectin and texture of cooked rice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **27**, 105-111.
17. Kim, K., Kang, K. J. and Kim, S. K. (1995) Structure of hot water soluble rice starch in relation to the structure of rice starch and texture of cooked rice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **27**, 757-761.
18. Kum, J. S., Lee, C. H., Baek, K. H., Lee, S. H. and Lee, H. Y. (1995) Influence of cultivar on rice starch and cooking properties. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **27**, 365-369.
19. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T. (1973) Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku*, **20**, 99-103.
20. Takeda, Y., Hizukuri, S. and Juliano, B.O. (1987) Structures of rice amylopectins low and high affinities for iodine. *Carbohydr. Res.* **168**, 79-88.
21. Hizukuri, S. and Maehara, Y. (1990) Fine structure of wheat amylopectin; The mode of A to B chain binding. *Carbohydr. Res.* **206**, 145-159.
22. Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J. K. Rebers, P. A. and Smith, F. (1956) Calorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.* **28**, 350-356.
23. Williams, P. C., Kuzina, F. D. and Hlynka, L. (1970) A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.* **47**, 411-415.
24. Corn Refiners Association (1982) Standard analytical methods, method B-61. The Association, Washinton, D. C.
25. Park, J. H., Na, H. S., Kang, K. J., Kim, K. and Kim, S. K. (1998) Comparison of physicochemical properties of arrowroot starches harvested in different time. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **30**, 97-102.
26. Hizukuri, S., Takeda, Y., Yasuda, M. and Suzuki, A. (1981) Multi-branched nature of amylose and the action of debranching enzymes. *Carbohydr. Res.* **94**, 205-209.
27. Kim, K., Choi, K. C., Kang, K. J., Lee, Y. H. and Kim, S. K. (1992) Molecular Structural properties of waxy rice starch. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **24**, 568-573.
28. Cura, J. A. and Krisman, C. R. (1990) Cereal grains: A study of their α -1,4-, α -1,6 glucopolysaccharide composition. *Starch*, **42**, 171-175.
29. Kim, K., Kang, K. J. and Kim, S. K. (1992) Comparison of some structural characteristics of Japonica and Tongil rice starches and their fractions. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **24**, 187-192.
30. Hizukuri, S., Takeda, Y., Maruta, N. and Juliano, B. O. (1989) Molecular structure of rice starch. *Carbohydr. Res.* **189**, 227-235.
31. Kim, B. C. and Ahn, S. Y. (1990) Molecular structural properties of rice amylopectin. *Kor. J. Agric. Chem. Soc.* **33**, 34-38.
32. Kalichevsky, M. T., Orford, P. D. and Ring, S. G. (1990) The retrogradation and gelation of amylopectins from various botanical sources. *Carbohydr. Res.* **198**, 49-53.
33. Shi, Y. C. and Seib, P. A. (1992) The structure of four waxy starches related to gelatinization and retrogradation. *Carbohydr. Res.* **227**, 131-135.
34. Hizukuri, S. (1986) Polymodal distribution of the chain lengths of amylopectins and its significance. *Carbohydr. Res.* **147**, 342-347.

Molecular Structural Properties of Chindo Black Rice Starch

Kwan Kim*, Jong-Hoon Park, Keum-Soon Oh¹ and Kil-Jin Kang¹(*Department of Food Science and Technology, Chonnam Nat'l University, Kwangju 500-757; ¹Korea Food and Drug Administration, Kwangju 500-757, Korea*)

Abstract : In order to investigate structural properties of Chindo black rice(grown in Chindo, Chonnam) starch and its amylopectin, Chindo black rice was investigated in comparison to Shinsun waxy rice. The maximum absorbance wave and intrinsic viscosity of Chindo black rice starch and Shinsun waxy rice starch were 523 nm, 521 nm and 183 ml/g, 178 ml/g, respectively. β -amylolysis limit(%) of Chindo black rice and Shinsun waxy rice starch were 62.8% and 60.3%, respectively. Chindo black rice was determined to be a waxy rice due to the results of iodine reaction and elution profile on Sephroce CL-2B. The chain of amylopectins in Chindo black rice distributed fraction 1(F₁) of above degree of polymerization(DP) 55, fraction 2(F₂) of DP 40~50 and fraction 3(F₃) of DP 15~20, and the ratio of F₃ to F₂ for Chindo black rice was higher than that for Shinsun waxy rice. The super long chain of amylopectin in Chindo black rice was consisted much more than that of Shinsun waxy rice. β -limit dextrans in Chindo black rice amylopectin distributed F₁ of above DP 55, F₂ of DP 30~45 and F₃ of DP 10~20. Little difference was shown between elution patterns of the pullulanase treated β -limit dextrans of Chindo black rice amylopectin and Shinsun waxy rice amylopectin. These results suggest that Chindo black rice starch was similar to Shinsun waxy rice starch.

Key words : Black rice, amylopectin, β -limit dextrin

*Corresponding author