

찰쌀 전분의 분자 구조적 성질

김 관 · 최경철* · 강길진 · 이용현 · 김성곤**

전남대학교 식품공학과, *전라남도 보건환경연구원, **단국대학교 식품영양학과

Molecular Structural Properties of Waxy Rice Starch

Kwan Kim, Gyeong-Chul Choi*, Kil-Jin Kang, Yong-Hyun Lee and Sung-Kon Kim**

Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju

*Health and Environment Institute of Chullanamdo, Kwangju

**Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul

Abstract

Molecular structural properties of Japonica and Tongil type waxy rice starches were compared. The general properties including water-binding capacity, swelling power at 80°C, intrinsic viscosity, leach loss at 98°C and β -amylolysis limit were similar but the chain length was slightly different between the two starches. Similar elution profiles on Sephadex G-50 were obtained when the starches were treated with β -amylase. The pullulanase treated starches however showed different elution patterns each other. The β -amylolysis of acid-treated (2 days) starches linearly increased as hydrolysis time prolonged. When the acid-treated starches were hydrolyzed with β -amylase or pullulanase, the elution profiles on Sepharose CL-2B were considerably different from those of native starches.

Key words: waxy rice starch, chain length, β -amylolysis limit, molecular weight, degree of polymerization, acid treated starch

서 론

찰쌀은 80~90%가 전분이며 전분의 대부분(98% 정도)은 아밀로펙틴으로 되어 있어 이러한 특성을 이용하여 찰쌀은 오래 전부터 떡류와 과자류의 제조에 쓰이고 있으나 찰쌀의 가공 적성의 이해에 필요한 전분의 기초 자료는 많지 않은 실정이다.

우리나라에서 찰쌀 전분에 대한 연구로는 일반성질^{1,2)}, 점성^{3,4)}, 노화⁵⁾, 수분-열처리⁶⁾, 흐름 성질⁷⁾ 따위가 보고되어 있으며, 구조적인 연구로는 우 들⁸⁾이 보고한 사슬길이에 대한 것이 있을 뿐이다.

Enevoldsen과 Juliano⁹⁾는 멥쌀과 찰쌀 전분의 아밀로펙틴의 A사슬과 B사슬의 비가 1.5 정도로 비슷하므로 멥쌀 아밀로펙틴의 성질 연구에 있어서 찰쌀 아밀로펙틴을 이용할 수 있다고 하였다. 또 Juliano와 Villareal¹⁰⁾은 Sepharose CL-2B로 찰쌀 전분의 분자량 분포에 대하여 보고하였다.

이 연구에서는 일반계와 통일계 찰쌀을 대상으로 전분의 성질과 분자구조를 비교하여 두 전분의 특성 차이의 이해를 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

신선찰벼(일반계)와 한강찰벼(통일계)를 전라남도 농촌진흥원 평동시험장에서 구하여 사용하였다. 전분시료는 찰쌀을 80 메쉬로 분쇄하고 0.2% NaOH 용액에 침지시켜 얻었으며¹¹⁾, 100 메쉬로 분쇄하여 시료로 하였다.

이화학적 성질의 측정

전분의 일반성분은 AOAC의 표준방법¹²⁾으로, 물결합 능력은 Medcalf와 Gilles¹³⁾의 방법에 따라 30°C에서 측정하였다. 팽윤력과 용해도는 Schoch 들¹⁴⁾의 방법으로 80°C에서 측정하였고, 요오드반응은 Williams 들¹⁵⁾의 방법으로 최대 흡수파장과 625 nm에서의 흡광도를 구하였다. 전분의 고유점도는 미국 옥수수산업 협회¹⁶⁾의 방법에 따라 25°C에서 측정하였다.

열수 가용성 전분의 추출

전분 200 mg을 100 ml 비이커에 취하고 98°C의 증류수 40 ml를 넣어 분산시킨 다음 같은 온도에서 8분간 유지시키고 1,000×g에서 20분간 원심분리하여 상침액을 취한 후 11 메쉬-황산법¹²⁾으로 총당을 정량하였다.

분자구조의 측정

찰쌀 전분의 평균 사슬길이(\overline{CL})는 과요오드산 산화

Corresponding author: Kwan Kim, Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

법⁽¹⁶⁾으로 측정하였다. 바깥 사슬길이(\overline{OCL})와 안쪽 사슬길이(\overline{TCL})는 Lee들⁽¹⁹⁾에 따라 다음 식으로부터 계산하였다.

$$\overline{OCL} = (\overline{CL}) \times \beta\text{-amylase 분해한도} + 2$$

$$\overline{TCL} = (\overline{CL}) - (\overline{OCL}) - 1$$

전분의 β -amylase 분해한도는 Suzuki 들⁽²⁰⁾의 방법에 따라 구하였다. 즉 전분 3 mg에 고구마 β -amylase(Sigma사) 100 단위를 가하여 37°C에서 48시간 반응시키고, 반응액의 총당⁽¹²⁾과 환원당⁽²¹⁾을 구하여 그 비율로부터 분해 한도를 계산하였다.

생전분의 겔 크로마토그래피는 전분 10 mg에 dimethyl sulfoxide(DMSO) 0.5 ml와 물 1.5 ml를 가하여 끓는 수조에서 용해시키고 이 액 1 ml를 Sepharose CL-2B 컬럼(1.6×95 cm)에 넣고 0.02% sodium azide를 함유한 증류수로 12.5 ml/hr 속도로 20°C에서 용출시키면서 3 ml씩 분획하고 총당⁽¹²⁾을 측정하여 용출 패턴을 조사하였다.

효소처리 전분의 겔 크로마토그래피는 다음과 같이 하였다. 전분 25 mg에 DMSO 1 ml와 0.1 M acetate buffer(pH 4.8) 4 ml를 가해 끓는 수조에서 완전히 용해시키고 각각 고구마 β -amylase 100단위, pullulanase(Sigma사) 1단위, 그리고 β -amylase 100단위와 pullulanase 1단위를 처리하였다. 효소반응은 37°C에서 48시간 반응시키고 끓는 수조에서 가열처리하여 종료시켰다. 이 반응액 1 ml를 Sephadex G-50(2.8×88 cm)에 넣고 0.02% sodium azide를 함유한 10 mM phosphate buffer solution(pH 7)으로 21 ml/hr의 속도로 20°C에서 용출시키면서 5 ml씩 분획하였다. Void volume은 Blue dextran 2,000(Pharmacia사)을, total volume은 글루코오스를 이용하여 구하였다. 분획분 0.5 ml의 총당⁽¹²⁾을 측정하고 나머지 획분은 0.2% 요오드액 0.05 ml와 반응시켜 λ_{\max} 를 측정하여 용출패턴을 조사하였다. 한편 컬럼의 보정은 분지된 아밀로펙틴(30 mg/1 ml)과 2일간 산처리한 전분(30 mg/1 ml)을 주입하여 그 획분에 대해 총당⁽¹²⁾과 환원당을 측정하여 중합도(\overline{DP})를 결정하였다.

전분의 산처리

전분의 산처리는 Robin 들⁽²²⁾의 방법에 따라 2.2 N HCl로 35°C에서 교반(150 rpm)하면서 0.5~5일간 가수분해한 후, 침전물을 증류수로 씻고 에탄올로 탈수한 다음 진공 건조하여 100메쉬로 분쇄하여 산처리 전분 시료로 하였다. 산가수분해율은 상징액의 총당량을 페놀황산법⁽¹²⁾으로 구하고 가수분해 당량으로 하여 시료 전분에 대한 백분율로 구하고 이로부터 겔보기 반응속도 상수(K)를 구하였다⁽²³⁾.

$$K = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{100}{100 - X}$$

여기에서 t는 가수분해 시간(일), X는 가수분해율(%)

이다.

산가수 분해물의 당 조성은 얇은 막 크로마토그래피로 butanol : ethanol : water(5 : 3 : 2, v/v) 용매계를 사용하여 전개하였으며⁽²⁴⁾ 발색제는 sulfuric acid : ethyl alcohol(1 : 9)를 사용하였다.

산처리 전분의 겔 크로마토그래피는 시료 10 mg에 DMSO 0.5 ml와 증류수 1.5 ml를 가하여 끓는 수조에서 완전히 용해시키고 그 1 ml를 Sephadex G-50 컬럼을 통하여 효소처리 전분과 같은 조건으로 용출패턴을 조사하였다.

결과 및 고찰

이화학적 성질

참쌀 전분의 일반성분과 이화학적 성질은 Table 1과 같다. 전분의 일반성분은 시료간에 큰 차이가 없었으며, 물결합능력과 고유점도는 한강찰벼가 신선찰벼보다 높은 값을 보였다. 김들⁽³⁾은 한강찰벼 전분의 고유점도가 1.60 dl/g¹라고 하여 본 실험 결과와 같은 결과를 보였다. 전분의 팽윤력과 용해도는 서로 차이를 보이지 않았다. Tester와 Morrison⁽²⁵⁾은 참쌀전분의 팽윤은 아밀로펙틴 분자내의 분자량과 전체 아밀로펙틴 분자의 형태(shape)에 따라 좌우된다고 하였다. 따라서 신선찰벼와 한강찰벼 전분의 80°C에서의 팽윤력이 큰 차이를 보이지 않는 것은 두 전분의 아밀로펙틴의 분자량과 형태가 비슷하다는 것을 가리킨다고 볼 수 있다.

전분-요오드 복합체의 625 nm에서의 흡광도는 한강찰벼가 0.082로서 신선찰벼의 0.073보다 높았다. 요오드 반응은 전분의 직쇄상 분자의 상대적인 양을 나타내는 지표이므로, 이러한 결과는 한강찰벼가 신선찰벼보다 직쇄상 분자(아밀로펙틴의 일부와 아밀로오스)가 많음을 가리킨다. 그러나 두 전분간의 최대흡수파장은 차이를 보이지 않았다.

전분을 98°C에서 8분간 가열했을 때 용출된 열수가 용성 전분의 함량은 신선찰벼가 12.2%, 한강찰벼가 13.0%이었다(Table 1). 전분이 호화되면 일부가 입자 밖으로 용출되어 용해되는데 이때 용출되는 물질은 주로 아밀로오스로 알려져 있다⁽²⁶⁾. Tester와 Morrison⁽²⁷⁾은 밀 전분의 경우 50~85°C에서 용출된 탄수화물의 양과 아밀로오스 함량은 비례하며, 70°C에서 용출된 탄수화물의 10% 정도는 아밀로펙틴이라고 하였다. 멥쌀의 경우에도 98°C에서 용출한 가용성 성분은 아밀로오스 이외에 아밀로펙틴이 혼입되어 있는 것으로 보고^(11,28)되어 있다.

열수가용성 전분의 최대흡수파장은 신선찰벼가 534 nm, 한강찰벼가 540 nm로서 생전분의 520 nm와는 차이를 보였다(Table 1). Cura와 Krisman⁽²⁹⁾은 최대흡수 파장은 아밀로펙틴의 가지점의 함량과 부의 상관을 보인다고 하였다. 따라서 열수가용성 전분의 아밀로펙틴은 생전분의 아밀로펙틴보다 가지점이 적은 분획으로 생각된다.

Table 1. Proximate composition and physicochemical properties of waxy rice starch

	Moisture (%)	Protein (N×6.25) (%)	Fat (%)	Ash (%)	Water-binding capacity (%)	Swelling power at 80°C	Solubility (at 80°C) (%)	Intrinsic viscosity (dlg ⁻¹)	Absorbance at 625 nm	λ _{max}	Soluble starch ^a (%)	λ _{max} of soluble starch
Shinsunchalbyeo	12.1	0.25	0.14	0.03	97.8	25.0	94.6	1.49	0.073	520	12.2	534
Hangangchalbyeo	12.2	0.24	0.10	0.07	113.1	23.6	93.4	1.63	0.082	520	13.0	540

^aExtracted from starch by heating at 98°C for 8 min

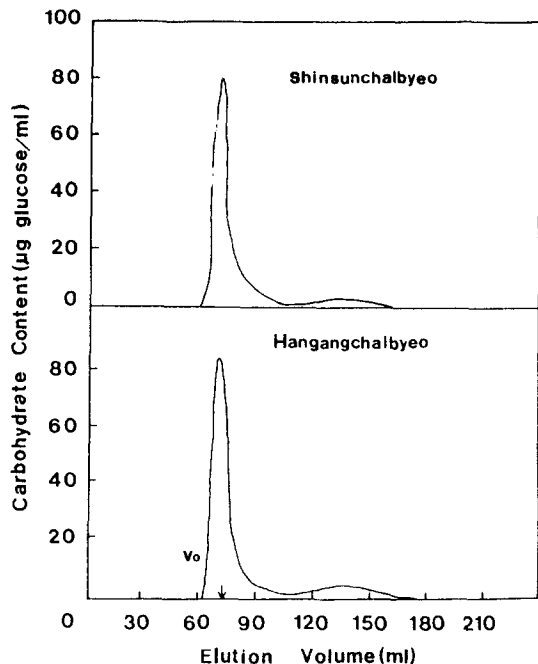


Fig. 1. Elution profiles on Sepharose CL-2B of waxy rice starch

전분의 구조

참쌀 전분의 사슬길기와 바깥 사슬길이는 한강찰벼가 22.0, 15.3으로 신선찰벼의 21.2, 14.6보다 길었으나 안쪽 사슬길이는 한강찰벼의 5.7에 비해 6.6으로 신선찰벼가 길었다(Table 2). 이러한 결과는 한강찰벼 전분이 신선찰벼 전분보다 높은 요오드 흡광도를 보이는 것과(Table 1) 잘 부합되는 것이었다. 우 들²⁾은 한강찰벼의 사슬 길이가 21 글루코오스 단위라고 하였다.

참쌀 전분의 β-amylase 분해 한도는 두 전분 모두 60% 정도로서 차이를 보이지 않았다(Table 2). 김 들³⁾은 신선찰벼 전분의 경우 β-amylase 분해 한도는 61%, 통일찰벼는 64%로 보고하였다.

참쌀 전분의 Sepharose CL-2B에 의한 용출패턴은 Fig. 1과 같으며 두 품종 모두 void volume(V₀) 부근에서 대부분이 용출되었으나 일부분은 용출부피 120~180 ml에서 용출되었다. 참쌀 전분을 β-amylase로 가수분해한 것을 Sephadex G-50으로 용출시킨 결과는 Fig. 2와

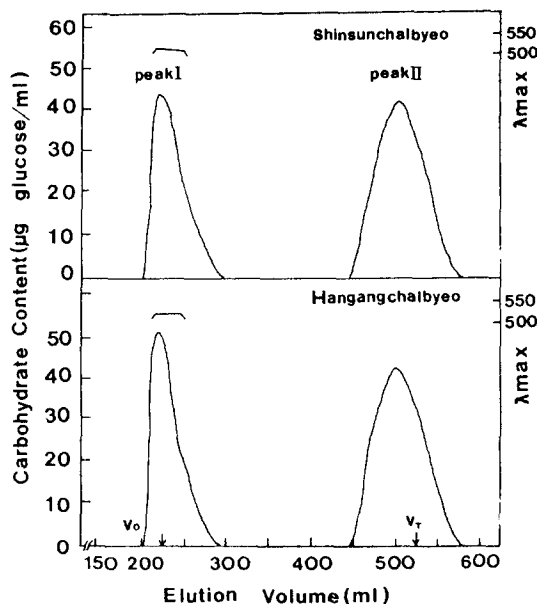


Fig. 2. Elution profiles on Sephadex G-50 of waxy rice starch hydrolyzed by β-amylase

Table 2. Chain length(glucose unit) and β-amylolysis limit of waxy rice starch

	Chain length	Outer chain length	Inner chain length	β-amylolysis limit (%)
Shinsunchalbyeo	21.2	14.6	6.6	59.5
Hangangchalbyeo	22.0	15.3	5.7	60.3

같다. 두 전분 모두 void volume(V₀) 부근과 total volume(V_T) 부근에서 피크를 보였다. 피크 I은 β-amylase에 가수분해되지 않은 β-limit dextrin, 피크 II는 말토오스로 생각된다. 피크의 면적을 보면 피크 I은 신선찰벼가 39.4%, 한강찰벼가 38.7%, 피크 II는 신선찰벼가 60.6%, 한강찰벼가 61.3%이었고, 두 피크의 비(II/I)는 신선찰벼가 1.54, 한강찰벼가 1.59로서 큰 차이를 보이지 않았다. 피크 II의 면적비율은 참쌀 전분의 β-amylase 분해 한도(Table 2)와 비슷한 값을 보였다.

참쌀 전분을 pullulanase 단독 또는 β-amylase와 pul-

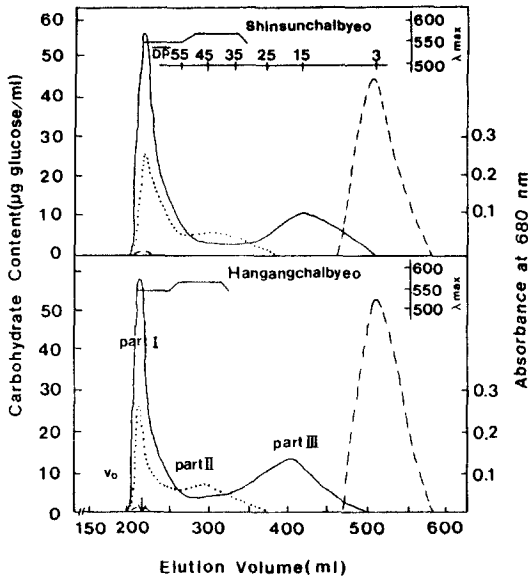


Fig. 3. Elution profiles on Sephadex G-50 of waxy rice starch debranched by pullulanase (—) and hydrolyzed by β -amylase and pullulanase (---)

The dotted line is the absorbance of pullulanase debranched starch

lulanase를 혼합처리한 다음 Sephadex G-50으로 용출시킨 결과는 Fig. 3과 같다. Pullulanase를 처리한 경우 두 품종 모두 3개의 부분으로 나뉘어졌다. Part I은 void volume 부근에서 나타났으며 최대흡수파장은 550 nm이었고, 680 nm에서의 흡광도는 가장 컸다. Part II는 최대흡수파장이 570 nm이었고 중합도는 45 글루코오스 단위 정도이었다. Part III은 요오드반응이 나타나지 않았으며 중합도는 16정도이었다. Part I은 최대흡수파장이 Part II보다 낮은 점으로 보아 pullulanase에 의해 절단되지 않은 α -1,6 결합을 가진 물질로 추정된다. 각 부분의 면적비율을 보면 신선찰벼는 part I 54.1%, part II 7.7%, part III 38.2%이었고, 한강찰벼가 각각 58.7, 6.9 및 34.4%이었다. 이러한 결과는 신선찰벼가 pullulanase에 의한 가수분해가 한강찰벼보다 쉬움을 가리킨다. 참쌀 전분을 β -amylase와 pullulanase를 혼합처리하였을 때는 두 전분 모두 분해되어 용출 부피 460~590 ml 사이에 하나의 피크를 보였다(Fig. 3).

산처리 전분의 성질

참쌀 전분을 2.2 N HCl으로 35°C에서 5일간 가수분해했을 때 가수분해율은 2일째에 20% 정도, 4일째에 50% 정도, 5일째에 62% 정도로서 두 품종간에 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 산가수분해는 5일까지 1단계로 일어났으며 겔보기 분해속도상수는 신선찰벼가 $9.09 \times 10^{-2} \text{ day}^{-1}$, 한강찰벼가 $9.11 \times 10^{-2} \text{ day}^{-1}$ 로 차이가 없었

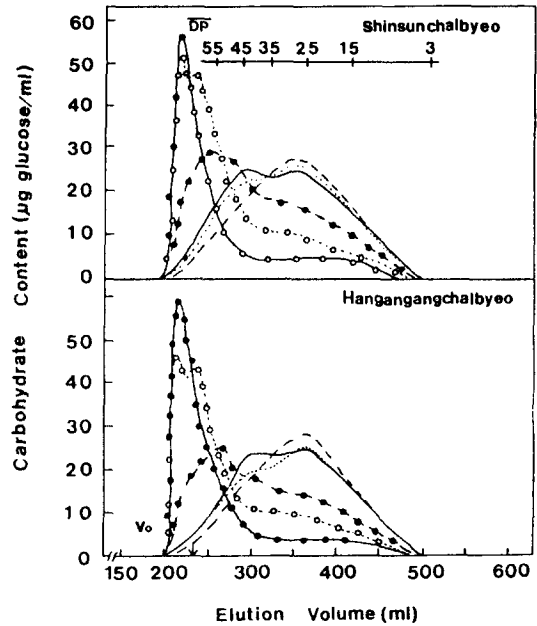


Fig. 4. Elution profiles on Sephadex G-50 of acid treated waxy rice starch

●●; 12 hour, ○—○; 1 day, ●—●; 2 day, —; 3 day, △—△; 4 day, △—△; 5 day

다. 일반적으로 전분의 산가수분해 반응은 두 단계로 일어나는 데 멧쌀의 경우 7~9일을 경계로 속도가 달라지며 초기단계는 전분 입자내의 비결정 부분의 급속한 가수분해, 후기단계는 결정부분의 완만한 분해로 특징 지워진다^(30,31).

참쌀 전분의 산처리 중 생성된 당을 TLC로 분석한 결과 1일 후에 글루코오스, 말토오스 이외에 7개의 spot과 tailing이 검출되었으며 가수분해 일수의 증가에 따른 변화는 없었다.

산처리한 시료의 β -amylase의 분해한도는 두 시료 모두 산처리 시간에 따라 직선적으로 증가($r=0.99$ 이상)하였다. 신선찰벼의 경우 β -amylase의 분해 한도는 산처리 2일에 69%, 4일에 77%, 5일에 80%이었고 한강찰벼는 각각 71, 80과 82%로서 후자가 2~3% 높은 값을 보였다.

산처리 전분의 Sephadex G-50에 의한 용출패턴은 두 품종 사이에 뚜렷한 차이를 보이지 않았다(Fig. 4). 12시간 산처리 전분은 void volume 부근에서 대부분 용출되었으며 산처리 1일 후에는 void volume에서 보다 더 낮은 DP쪽으로 피크가 이동하고 2일 후에는 DP 25 부근의 2개의 피크를 보였으나 4일째에는 DP 45 부근의 피크가 점차 소멸되면서 산처리 5일에는 DP 25 부근의 피크만 보였다.

2일간 산처리한 전분을 β -amylase 또는 pullulanase로 처리한 다음 Sephadex G-50으로 용출한 결과는 Fig. 5와

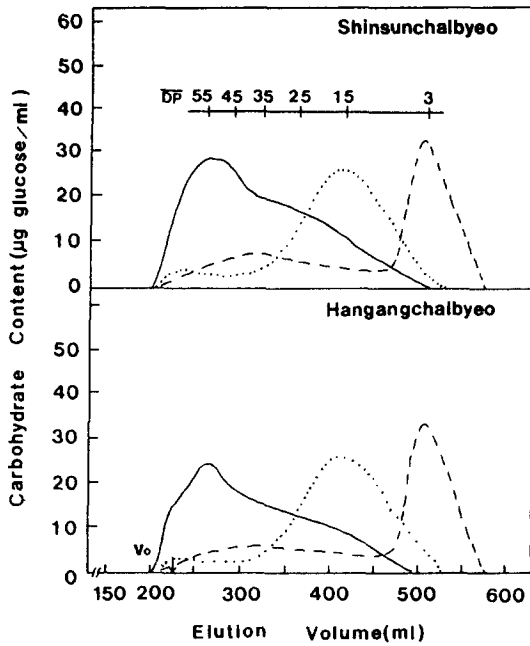


Fig. 5. Elution profiles on Sephadex G-50 of acid treated waxy rice starch

—, acid treated starch for 2 day; ···, pullulanase debranched; ---, β -amylase hydrolyzed

같다. 산처리 전분은 β -amylase에 70% 정도 분해되었으며 약 30%가 β -limit dextrin으로 남았다. 이러한 결과는 생전분을 β -amylase로 처리하였을 때 void volume과 total volume 부근에서 2개의 피크를 보인 것 (Fig. 2)과는 아주 다른 것이었다. 산처리 전분을 pullulanase로 처리했을 때는 대부분(95%)이 가수분해되어 DP 16 부근에서 피크를 보이고 약 5%는 void volume 부근에서 피크를 보였다(Fig. 5). 이러한 결과는 생전분을 pullulanase를 처리하였을 때 3개의 part를 보인 결과 (Fig. 3)와는 크게 다른 것이었다.

이상의 결과는 산처리한 전분은 β -amylase 또는 pullulanase로 처리하는 경우 생전분에서 이들 효소에 의해 분해되지 않은 부분들이 상당량 가수분해됨을 가리킨다.

요 약

일반계(신선찰벼)와 통일계(한강찰벼) 찰쌀전분의 분자구조적 성질을 조사한 결과 이화학적 성질과 열수가 용성 전분의 함량은 큰 차이가 없었다. 전분의 사슬길이와 바깥사슬길이는 한강찰벼가, 안쪽사슬길이는 신선찰벼가 길었으나 β -amylase 분해한도는 비슷하였다. 찰쌀전분을 β -amylase로 처리하고 겔크로마토그래피한 결과는 서로 비슷하였으나 pullulanase를 처리하였을 때는 용출패턴에 차이를 보였다. 산처리 2일째의 시료의 β -

amylase 분해한도는 한강찰벼가 2~3% 높았으나 두 시료 모두 산가수분해시간에 따라 직선적으로 증가하였다. 산처리 시료를 β -amylase 또는 pullulanase로 처리했을 때 겔크로마토그래피의 용출패턴은 생전분과는 크게 달랐다.

감사의 글

이 논문은 찰쌀의 가공 적성에 관한 연구의 일부로 1992년도 전남대학교 학술연구비에 의하여 이루어진 것으로서 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 김형수, 강옥주, 윤계순 : 다수계 찰벼와 일반계 찰벼 전분의 이화학적 성질. 한국농화학회지, 26, 211(1983)
2. 우자원, 윤계순, 허문희, 김형수 : 6종의 찰쌀 전분의 몇 가지 성질 비교. 한국농화학회지, 28, 137(1985)
3. 김형수, 우자원, 윤계순, 허문희 : 찰 전분류의 이화학적 특성(점성) 비교. 한국농화학회지, 28, 219(1985)
4. 송범호, 김성곤, 이규한, 변유량, 이신영 : 일반계 및 다수계 찰쌀 전분의 점성 특성. 한국식품과학회지, 17, 225(1985)
5. 김형수, 이미숙, 우자원 : 찰 전분의 노화특성에 관한 연구. 한국식품과학회지, 20, 794(1988)
6. 장명숙, 김성곤 : 수분-열처리한 찰쌀 전분의 호화 성질. 한국농화학회지, 33, 223(1990)
7. 박양균, 김성곤, 이신영, 김 관 : 가열 및 알카리 호화에 의한 찰쌀 전분의 리올로지 특성. 한국농화학회지, 34, 360(1991)
8. Enevoldsen, B.S. and Juliano, B.O.: Ratio of A chains to B chains in rice amylopectin. *Cereal Chem.*, 65, 424(1988)
9. Juliano, B.O. and Villareal, R.M.: Varietal differences in physicochemical properties of waxy rice starch. *Stärke*, 34, 298(1987)
10. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T.: Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku*, 20, 99(1973)
11. Juliano, B.O., Villareal, R.M., Perez, C.M., Villareal, C.P., Takeda, Y. and Hizukuri, S.: Varietal difference in properties among high amylose rice starch. *Stärke*, 39, 390(1987)
12. Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F.: Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350 (1956)
13. AOAC: Official Methods of Analysis (13th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Washington D. C.(1984)
14. Medcalf, D.C. and Gilles, K.A.: Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, 42, 558(1965)
15. Schoch, T.J., Leach, H.W. and McCowen, L.D.: Structure of the starch granules. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.*, 36, 534 (1959)

16. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, L.: A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, **47**, 411 (1970)
17. Corn Refiners Association: Standard Analytical Methods. Method B-61. The Association: Washington D. C., U.S.A. (1982)
18. Potter, A.L. and Hassid, W.Z.: End-group determination of amylose and amylopectin by periodate oxidation. *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 3488(1948)
19. Lee, E.Y.C., Carter, J.H., Nielsen, L.D. and Fischer, E.H.: Purification and properties of yeast amylo-1,6-glucosidase-oligo-1,4-glucantransferase. *Biochemistry*, **9**, 2347(1970)
20. Suzuki, A., Hizukuri, S. and Takeda, Y.: Physicochemical studies of Kuzu starch. *Cereal Chem.*, **58**, 266 (1981)
21. Nelson, A.: A photometric adaption of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, **153**, 375(1944)
22. Robin, J.P., Mercier, C., Charbonniere, R. and Guilbot, A.: Lintnerized starches. Gel filtration and enzymatic studies of insoluble residues from prolonged acid treatment of potato starch. *Cereal Chem.*, **51**, 389 (1974)
23. Billiaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R.: Structural characterization of legume starches. II. Studies on acid treated starches. *Cereal Chem.*, **58**, 502(1981)
24. Kennedy, J.F. and Chaplin, M.F.: *Carbohydrate Analysis*, IRL Press, p.41(1986)
25. Tester, R.F. and Morrison, W.R.: Swelling and gelatinization of cereal starches. II. Waxy rice starches. *Cereal Chem.*, **67**, 558(1990)
26. Olkku, J. and Rah, C.K.: Gelatinization of starch and wheat starch-A review. *Food Chem.*, **3**, 293(1978)
27. Tester, R.F. and Morrison, W.R.: Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chem.*, **67**, 551(1990)
28. 김 관, 강길진, 김성곤: 일반계와 통일계 쌀 전분과 분획의 몇가지 구조적 성질 비교. 한국식품과학회지, **24**, 187(1992)
29. Cura, J.A. and Krisman, C.R.: Cereal grains: A study of their α -1,4, α -1,6-gluco-polysaccharide composition. *Staerke*, **42**, 171(1990)
30. 박양균: 쌀 전분의 호화 및 산가수분해 특성. 한국영양식량학회지, **19**, 443(1990)
31. Maningat, C.C. and Juliano, B.O.: Properties of lintnerized starch granules from rices differing in amylose content and gelatinization temperature. *Staerke*, **31**, 5(1979)

(1992년 9월 14일 접수)