

일반계와 통일계 현미전분의 호화성질 비교

변기원

서울대학교 식품영양학과

Comparison of Gelatinization Properties of Japonica and Tongil Brown Rice Starches

Ki-Won Byun

Dept. of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Abstract

Intrinsic viscosity and gelatinization properties of brown rice starches of Japonica and Tongil type cultivars were investigated. The intrinsic viscosity was similar between the two cultivars. The gelatinization temperature of Japonica brown rice starch determined by differential scanning calorimetry was higher than that of Tongil brown rice starch. However, the range of gelatinization temperature, gelatinization enthalpy and the water content for gelatinization were similar between the two starches. The treatment of starch at 60°C for 24hr increased the gelatinization temperature and gelatinization enthalpy and decreased the range of gelatinization temperature. The water content for gelatinization was negatively correlated with the range of gelatinization temperature in case of Japonica starch and with the intrinsic viscosity in case of Tongil one. The intrinsic viscosities of both Japonica and Tongil starches were positively correlated with gelatinization enthalpy.

Key words : rice starch, differential scanning calorimetry, annealing

서론

전분의 호화도를 측정하는 방법으로는 광학현미경을 이용한 복굴절성의 소실, 주사전자현미경 (scanning electron microscope)에 의한 구조변화의 관측, Visco / amylo / Graph를 이용한 호화중의 점도 변화의 측정, 아밀로오스와 요오드와의 반응 정도 측정, X-선에 의한 전분의 결정도의 변화 측정, 시차주사열량기 (differential scanning calorimetry, DSC)에 의한 방법, 효소소화력, 광투과도의 변화 측정 등의 방법이 있다¹⁾. 이중 DSC는 전분-물의 가열에 의한 상전이(phase transition)를 연구하는데 효율적인 기기로서 소량의 시료

를 사용하므로써 열전달이 신속하며, 밀봉된 용기를 사용하므로써 측정중 수분의 손실에 따른 전분의 농도 변화가 없으며, 광범위한 온도 및 수분함량에서의 호화 현상을 연구할 수 있으며 상 전이에 따른 엔탈피를 예측할 수 있는 장점이 있다²⁾.

Biliaderis 등³⁾은 DSC를 사용하여 전분의 비결정부분은 주로 아밀로오스가, 결정부분은 주로 아밀로펙틴이 관여하며 호화는 용융, 재결정, 아닐링 (annealing) 및 아밀로펙틴 결정의 용융을 포함한 복잡한 과정으로서 이러한 결정의 용융에는 최소한 30%이상의 수분이 요구된다고 하였다. Zobel 등⁴⁾도 감자전분의 호화를 X-선 회절법으로 분석하고 전분의 호화는 가열온도에 따른

결정도의 지속적인 감소현상으로 설명하였으며, 수분 30%이상에서의 결정도의 손실은 Donovan⁹⁾이 보고한 감자전분의 DSC에 의한 thermogram의 전이와 잘 일치한다고 하였다.

전분을 호화온도보다 낮은 온도에서 처리하면 호화 온도는 증가되며 호화온도의 범위는 크게 감소되는데⁶⁻¹⁰⁾, 이러한 현상은 비결정 부분의 전분 사슬의 재배열과 결정도의 일부 증가에 의한 것으로서 이러한 불완전한 결정의 재결정화 현상을 아닐링이라고 하며 결정의 용점 근처에서 일어나게 된다⁹⁾.

통일계 쌀은 일반계 쌀보다 아밀로그래프에 의한 점도가 높으며^{11,12)}, 취반중 호화도가 높은 것으로 알려져 있다¹³⁾. 이러한 결과는 통일계와 일반계 쌀 전분의 성질이 서로 다를 수 있음을 암시한다고 볼 수 있으나 이에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 이 연구에서는 일반계와 통일계 현미로부터 전분을 분리하고 전분의 고유점도, DSC에 의한 호화온도와 아닐링처리에 의한 영향을 분석 비교하여 두 전분의 차이를 이해하기 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

전분의 분리

단국대학교 농과대학 시험포장에서 같은 시비조건으로 재배된 일반계 (13품종)와 통일계 (12품종) 벼로부터 현미를 얻은 다음 60메쉬로 분쇄하고 여기에 0.2% NaOH용액을 가하고 와링블랜더로 1분간 교반한 다음 60매쉬체로 잔사를 제거하고 침전물에 다시 알칼리 용액을 처리하였다. 이 과정을 4회 반복하고 중성이 될 때까지 증류수로 처리하고, 실온에서 2일간 건조한 후 분쇄하여 100매쉬체에 통과시켜 정제 전분을 얻었다.

고유점도의 측정

한 농도에서의 전분의 고유점도는 미국의 옥수수산업 연구협회의 방법¹⁴⁾에 따라 측정하였다. 시료 1g을 400ml 비이커에 취하고 25°C의 증류수 100ml을 가한 다음, 25°C의 항온수조에서 2분간 분산시켰다. 여기에 25°C의 2M NaOH용액 100ml를 가하고 30분간 교반시킨 다음 유리 funnel로 여과시켰다.

전분용액의 흐름시간은 모세관 점도계 (Cannon-Ubbelodhe Viscometer, size 75)로 25°C에서 측정하고

고유점도는 다음 식으로부터 계산하였다.

$$\text{고유점도 (dlg}^{-1}\text{)} = \frac{2.303 \log t/t_0}{0.5}$$

여기에는 t는 전분용액 (0.5g/100ml)의 흐름시간 (초), t₀는 용매 (1.0 M NaOH용액)의 흐름시간 (초)이다.

호화성질의 측정

전분 4mg을 알루미늄 시료 용기에 취하고 시료의 2.0배량의 증류수를 가하고 실온에서 40분간 방치한 다음 DSC (Perkin-Elmer, DSC-4, U.S.A.)를 이용하여 25°C로부터 90°C까지 분당 10°C로 가열하였다. 이 때 대조시료는 빈 용기를 사용하였다. 흡열 peak로부터 호화개시온도 (T₀), 호화정점온도 (T_p), 호화종료온도 (T_c) 및 호화엔탈피 (ΔH)를 구하였다. 실험은 최소한 2회 이상 반복하고 호화온도 ±0.5°C 이내의 것을 취하였다.

호화에 필요한 수분함량의 측정

전분의 호화에 필요한 수분함량은 Eliasson¹⁵⁾의 방법에 따라 호화엔탈피 (ΔH)와 수분함량의 관계로부터 호화엔탈피가 0 일 때의 수분함량으로부터 구하였다.

전분의 아닐링 처리

전분 4mg에 증류수를 8mg 가하고 실온 및 60°C에서 24시간 침지시킨 시료의 호화성질은 앞에서와 같은 조건으로 DSC로 분석하였다. 실험은 최소한 2회 이상 반복하고 호화온도가 ±0.5°C 이내의 것을 취하였다.

결과 및 고찰

전분의 고유점도

전분의 고유점도는 일반계가 1.64~1.93dlg⁻¹, 통일계가 1.69~1.98dlg⁻¹으로서 유의적인 차이를 보이지 않았다 (Table 1). 일반계는 13품종중 9품종의 고유점도는 평균값보다 높은 값을 보였으나, 다수계는 12품종중 7품종만이 높았다.

일반계중 상풍벼가 가장 높은 점도를 보였으며 다음은 추정벼와 기호벼이었고, 치악벼와 낙동벼가 가장 낮은 값을 보였다. 다수계중에서는 용문벼가 가장 높은 점도를, 백양벼가 가장 낮은 점도를 보였다.

Table 1. Intrinsic viscosity of brown rice starches

Jaonica variety	Intrinsic viscosity (dl/g)	Tongil variety	Intrinsic viscosity (dl/g)
Chiakbyeo (치악벼)	1.64	Kayabyeo (가야벼)	1.81
Sumjinbyeo (섬진벼)	1.74	Taebaegbyeo (태백벼)	1.79
Kihobyeo (기호벼)	1.90	Yongjoobyeo (용주벼)	1.87
Kwangmyungbyeo (광명벼)	1.89	Yongmunbyeo (용문벼)	1.98
Namyangbyeo (남양벼)	1.85	Baegyangbyeo (백양벼)	1.69
Sangpungbyeo (상풍벼)	1.93	Cheongcheongbyeo (청청벼)	1.71
Taechangbyeo (태창벼)	1.84	Chilsungbyeo (칠성벼)	1.84
Taechungbyeo (태충벼)	1.71	Joongwonbyeo (중원벼)	1.90
Chucheongbyeo (추청벼)	1.90	Samgangbyeo (삼강벼)	1.81
Seonambyeo (서남벼)	1.82	Seogwangbyeo (서광벼)	1.89
Tongjinbyeo (동진벼)	1.89	Shingwangbyeo (신광벼)	1.87
Hwasungbyeo (화성벼)	1.87	Wonpungbyeo (원풍벼)	1.84
Nakdongbyeo (낙동벼)	1.64		
Min	1.64	Min	1.69
Max	1.93	Max	1.98
Mean	1.82	Mean	1.83
SD	0.10	SD	0.08

전분의 호화온도

일반계와 통일계 현미전분의 수분함량에 따른 호화온도와 호화엔탈피는 Table 2와 같다. 일반계와 통일계 모두 호화개시온도(T_0)는 수분함량에 따른 큰 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 찹쌀 전분의 경우¹⁶⁾와 같은 경향이였다. Wirakartakusumah⁸⁾는 멥쌀 전분의 경우 수분함량이 감소됨에 따라 호화개시온도는 높은 쪽으로 이동된다고 하였다. 그러나 밀 전분의 경우^{15,17,18)}는 수분함량과 호화개시온도와는 유의적인 차이가 없는 것으로 보고되어 있다.

일반계 현미 전분의 호화개시온도는 통일계에 비하여 약 2°C 정도 낮았으며, 호화온도범위도 약 1.5°C 정도 커서 모두 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 현 등¹⁹⁾은 일반계 및 통일계 백미 각 5품종의 쌀가루를 수분 50%에서 DSC로 분석한 결과 호화개시온도는 차이가 없었으나 호화온도범위(ΔT)는 통일계가 2°C 정도 넓다고 보고하였다.

Biliaderis 등³⁾은 아밀로펙틴의 가지 정도가 클수록 응해 호화온도의 범위가 넓어지며 호화가 쉽게 일어난다고 하였다. 따라서 Table 2의 결과 즉 일반계 현미 전분이 통일계보다 호화개시온도가 낮고 호화온도범위가 넓은 것은 서로 전분의 구조가 다를 수 있음을 암시한

다고 볼 수 있으나 이는 앞으로 밝혀야 할 과제이다.

전분에 대한 물의 비율이 2.0인 경우 일반계 및 통일계 현미 전분의 호화엔탈피는 2.42~3.13 cal/g이었다. 멥쌀 전분의 호화엔탈피는 3.0 cal/g⁸⁾, 3.4 cal/g²⁰⁾, 또는 2.7~4.1 cal/g²¹⁾, 찹쌀 전분의 경우에는 2.44~3.03 cal/g¹⁶⁾으로 알려져 있다.

전분의 호화에 필요한 수분함량

앞에서 현미 전분의 호화엔탈피는 수분함량이 증가할수록 증가된다고 설명하였다. 추청벼 현미 전분의 경우 수분함량과 전분의 호화엔탈피는 Fig. 1과 같이 직선적인 관계를 보였다. 다른 시료들도 모두 Fig. 1과 같이 높은 상관계수를 보였다. Fig. 1과 같은 결과는 멥쌀 전분⁸⁾, 찹쌀 전분¹⁶⁾, 밀 전분^{15,22)}과 기타 전분²²⁾에서도 보고되어 있다.

Fig. 1에서 호화엔탈피가 0이 되는 점에서의 수분함량이 호화에 필요한 수분함량이 된다¹⁵⁾. 각 시료의 수분함량과 호화엔탈피의 직선관계식으로부터 호화에 필요한 수분함량을 계산한 결과는 Table 3과 같다. 일반계의 경우 호화에 필요한 수분함량은 33.0~40.5%, 통일계는 32.8~37.1%로서 일반계가 넓은 분포를 보였으나 유의적인 차이는 없었다.

Table 3의 결과를 보면 일반계는 13개 품종 중 호화

Table 2. Gelatinization temperatures and enthalpies of transition endotherms of brown rice starches (W/S = 2.0)

Japonica variety	To (°C)	ΔT* (°C)	ΔH (cal/g)	Tongil variety	To (°C)	ΔT* (°C)	ΔH (cal/g)
Chiakbyeo	57.78	14.50	2.42	Kayabyeo	62.51	10.75	2.85
Sumjinbyeo	58.70	13.63	2.78	Taebaegbyeo	63.76	10.26	2.79
Kihobyeo	60.44	12.52	2.98	Yongjoobyeo	61.76	13.06	2.92
Kwangmyungbyeo	60.22	13.49	2.76	Yongmunbyeo	61.85	11.37	2.87
Namyangbyeo	61.51	13.32	3.03	Baegyangbyeo	61.71	13.20	2.66
Sangpungbyeo	60.30	13.19	2.70	Cheongcheongbyeo	59.71	14.09	2.72
Taechangbyeo	62.44	13.32	2.81	Chilsungbyeo	62.95	12.78	2.83
Taechungbyeo	60.02	12.21	2.59	Joongwonbyeo	61.24	11.36	2.82
Chucheongbyeo	59.24	12.38	2.68	Samgangbyeo	59.79	11.17	2.61
Seonambyeo	60.03	16.63	3.01	Seogwangbyeo	63.03	10.86	3.05
Tongjinbyeo	61.01	11.31	2.83	Shingwangbyeo	63.08	12.11	2.87
Hwasungbyeo	61.06	12.65	2.76	Wonpungbyeo	63.72	11.38	3.13
Nakdongbyeo	59.48	14.77	2.76				
Min	57.78	11.31	2.24	Min	59.71	10.26	2.61
Max	62.44	16.63	3.03	Max	63.76	14.09	3.13
Mean	60.17	13.38	2.78	Mean	62.09	11.87	2.84
SD	1.22	1.35	0.17	SD	1.36	1.17	0.15

*Difference between conclusion temperature (Tc) and onset temperature (To)

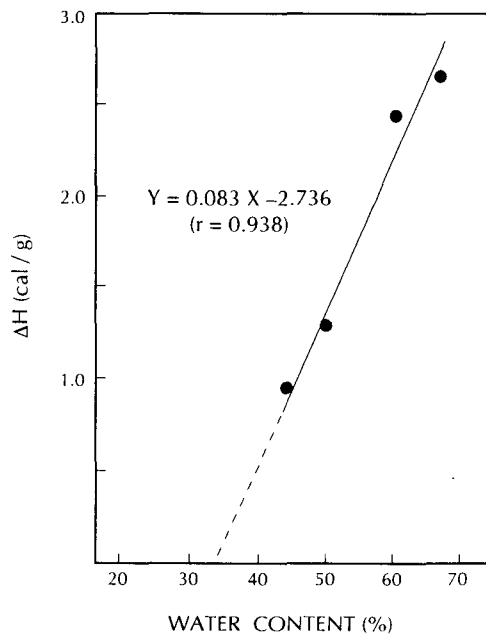


Fig. 1. Dependence on water content of enthalpies of transition endotherms in Chucheongbyeo brown rice starch.

에 필요한 수분함량이 33%인 것은 2품종, 34%인 것은 2품종, 35%인 것은 5품종, 36, 37, 38 및 40%인 것은 각 1품종이었고, 통일계는 12품종 중 34%인 것이 4품종, 36%인 것이 4품종, 32, 33, 35 및 37%인 것은 각 1품종이었다. 따라서 일반계는 호화에 필요한 수분함량이 33~35%가 주를 이루며, 통일계는 34~36%가 주를 이루고 있음을 알 수 있다.

DSC로 구한 호화에 필요한 수분함량은 멥쌀 전분은 31%⁸⁾, 찰쌀 전분은 36.3~38.0%¹⁶⁾, 밀 전분은 31%¹⁵⁾ 또는 33%²²⁾, 옥수수 전분은 31%²²⁾, 찰옥수수 전분은 32%²²⁾로 알려져 있다. 따라서 이상의 연구 및 Table 3의 결과는 전분의 호화에는 전분 종류에 관계없이 헥소오스 단위당 최소한 4mol의 물이 필요하다는 것을 가리킨다. Collison과 Chilton²³⁾도 염색법을 사용하여 전분의 호화에는 최소한 30% (헥소오스 단위당 4mol의 물) 이상의 수분이 요구된다고 하였다. Zobel 등⁹⁾은 감자 전분의 호화를 X-선 회절법으로 분석하고 수분 30% 이상에서 가열시 X-선 회절도에 의한 결정의 손실은 시차주사열량기에 의한 thermogram의 전이와 잘 일치한다고 하였다. 또한 Biliaderis 등³⁾도 시차주사열량기에 의한 쌀전분의 호화는 아밀로펙틴 결정의 용융과 재결정화로 특징지워지며, 이에는 최소한 30% 이상

Table 3. Minimum water content for gelatinization of brown rice starches

Japonica variety	Water content for gelatinization (%)	Tongil variety	Water content for gelatinization (%)
Chiakbyeo	35.6	Kayabyeo	34.3
Sumjinbyeo	35.0	Taebaegbyeo	36.8
Kihobyeo	35.2	Yongjoobyeo	36.4
Kwangmyungbyeo	35.8	Yongmunbyeo	32.8
Namyangbyeo	35.5	Baegyongbyeo	36.2
Sangpungbyeo	37.6	Cheongcheongbyeo	37.1
Taechangbyeo	36.9	Chilsungbyeo	33.5
Taechungbyeo	34.7	Joongwonbeo	34.8
Chucheongbyeo	33.0	Samgangbyeo	34.7
Seonambyeo	40.5	Seogwangbyeo	35.7
Tongjinbyeo	33.7	Shingwangbyeo	34.3
Hwasungbyeo	34.7	Wonpungbyeo	36.8
Nakdongbyeo	38.0		
Min	33.0	Min	32.8
Max	40.5	Max	37.1
Mean	35.9	Mean	35.3
SD	2.0	SD	1.4

의 수분이 요구된다고 하였다.

전분의 아닐링 효과

현미 전분을 실온과 60°C에서 24시간 처리한 다음 호화 특성을 DSC로 분석한 결과는 Table 4와 Table 5와 같다. 실온에서 24시간 처리한 전분의 경우 호화온도와 호화엔탈피는 Table 2의 결과와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 실온에서의 수분처리 시간과 관계없이 전분의 호화온도에 영향을 주지 않음을 가리킨다.

그러나 전분을 60°C에서 24시간 처리한 경우 일반계 (Table 4)와 통일계 (Table 5) 모두 호화개시온도는 높은 온도로 이동되었으며, 호화온도 범위는 크게 감소되었다. 이러한 현상은 Wirakartakusumah⁹⁾의 멥쌀 전분의 결과와 일치하는 것이었으며, 밀 전분^{6,7)}과 옥수수 전분²⁴⁻²⁶⁾에서도 보고되어 있다.

호화엔탈피는 아닐링 처리에 의하여 일반계 (Table 4)와 통일계 (Table 5) 모두 대구조보다 평균 0.3°C정도 유의적으로 증가되었다 ($p < 0.05$). 멥쌀 전분의 경우 60°C에서 24시간 처리했을 때 호화엔탈피는 변화지 않는다고 알려져 있으나⁸⁾, 옥수수 전분의 경우에는 50°C에서 처리하면 호화엔탈피는 증가되나^{24,25)} 60°C

에서는 약간 감소하는 경향을 보인다²⁶⁾.

앞에서 설명한 것과 같이 일반계 현미 전분과 통일계 현미 전분 (Table 2)의 호화온도는 유의적인 차이를 보였다. 그러나 아닐링 처리한 경우에는 일반계 현미 전분의 호화개시온도만 다수계보다 유의적으로 낮았으며 ($p < 0.05$), 호화온도 범위 및 호화엔탈피는 서로 유의적인 차이가 없었다.

전분의 아닐링 처리는 기본적으로 전분 결정의 응집 근처에서 일어나는 전분의 재결정화현상으로 볼 수 있다⁹⁾. Lorenz와 Kulp⁷⁾는 밀 전분을 10°C에서 50°C로 온도를 증가시키면서 침지시켰을 때 침지 24시간 후에 아밀로오스 함량이 감소하였다고 보고하였다. 이러한 결과는 주로 비결정질 부분에서의 아밀로오스의 용출에 의하여 전분입자의 결정도를 증가시키는 결과를 가져올 수 있음을 가리킨다. 그러나 Knutson²⁶⁾은 옥수수 전분의 경우 50~70°C에서 24시간 아닐링 처리 결과 아밀로오스 함량은 변화가 없었다고 보고하였다. Ahmed와 Lelievre²⁷⁾는 밀 전분을 50°C에서 72시간 처리했을 때 X-선 회절도의 결정도가 증가함을 보고하였다.

Biliaderis 등³⁾은 전분의 결정도는 아밀로펙틴에 의하여만 결정된다고 하였으나, Russell^{28,29)}과 Krueger 등²⁵⁾은 아밀로펙틴 이외에 아밀로오스도 전분의 결정도에

Table 4. Effect of annealing treatment on gelatinization temperature of Japonica brown rice starches (w/s = 2.0)

Variety	24hr steeping at room temperature			24hr steeping at 60° C		
	To (° C)	ΔT (° C)	ΔH (cal/g)	To (° C)	ΔT (° C)	ΔH (cal/g)
Chiakbyeo	58.13	14.24	2.44	69.49	6.43	2.74
Sumjinbyeo	58.98	14.44	2.87	69.90	6.29	2.87
Kihobyeo	60.41	12.75	2.72	69.63	7.22	2.98
Kwangmyungbyeo	60.60	12.81	2.81	71.05	8.36	3.21
Namyangbyeo	61.57	14.22	2.89	70.33	7.39	3.33
Sangpungbyeo	60.46	12.70	2.63	69.86	7.90	3.04
Taechangbyeo	62.90	12.63	2.71	70.40	7.28	3.24
Taechungbyeo	59.93	12.70	2.47	70.94	6.04	2.81
Chucheongbyeo	59.62	12.22	2.85	68.96	6.48	3.11
Seonambyeo	59.65	15.84	3.05	70.55	7.92	3.39
Tongjinbyeo	61.33	11.56	3.08	71.26	6.23	3.15
Hwasungbyeo	61.11	12.57	2.75	70.33	7.44	3.21
Nakdongbyeo	59.88	14.86	2.84	70.43	7.60	2.84
Min	58.13	11.56	2.44	68.96	6.04	2.74
Max	62.90	15.84	3.08	71.26	8.36	3.39
Mean	60.35	13.35	2.78	70.24	7.12	3.07
SD	1.22	1.24	0.19	0.66	0.75	0.21

Table 5. Effect of annealing treatment on gelatinization temperature of Tongil brown rice starches (w/s = 2.0)

Variety	24hr steeping at room temperature			24hr steeping at 60° C		
	To (° C)	ΔT (° C)	ΔH (cal/g)	To (° C)	ΔT (° C)	ΔH (cal/g)
Kayabyeo	63.05	10.11	2.89	71.36	6.45	3.19
Taebaegbyeo	64.30	10.96	2.88	71.96	6.79	3.47
Yongjoobyeo	60.75	12.93	3.00	70.18	6.80	3.43
Yongmunbyeo	61.73	12.48	2.81	70.93	6.45	3.19
Baegyangbyeo	61.73	12.48	2.82	71.00	7.03	2.98
Cheongcheongbyeo	60.46	13.34	2.67	70.41	7.49	3.10
Chilsungbyeo	62.94	12.32	3.08	70.20	7.04	3.27
Joongwonbyeo	61.12	11.25	2.74	70.61	5.93	3.19
Samgangbyeo	60.61	11.36	2.82	70.37	5.56	2.83
Seogwangbyeo	62.65	11.82	3.02	71.13	6.36	3.25
Shingwangbyeo	63.56	11.70	3.06	71.32	6.99	3.25
Wonpungbyeo	64.09	11.96	3.12	70.76	6.88	3.35
Min	60.46	10.11	2.67	70.18	5.56	2.83
Max	64.30	13.34	3.12	71.96	7.49	3.47
Mean	62.25	11.89	2.91	70.85	6.65	3.21
SD	1.37	0.90	0.15	0.54	0.53	0.18

영향을 준다고 제안하였다. 즉 아밀로오스는 아밀로펙틴과 함께 결정화(cocrystallization)에 참여하거나 비결정질부분 및 결정지역 사이에서 아밀로오스는 아밀로펙틴과 이중나선구조를 형성하므로서 부분적인 전분의 결정도에 일부 영향을 미칠 수 있다. X-선 회절도가 A형인 전분의 경우 아밀로오스와 아밀로펙틴은 서로 혼합된 상태로는 존재하지 않으므로³⁰⁾, Knutson²⁶⁾은 일반 옥수수 전분의 경우 아닐링 처리에 의하여 아밀로오스와 아밀로펙틴의 상호 작용은 거의 무시할 수 있으나 고 아밀로오스 옥수수 전분을 아닐링 처리하는 경우에는 아밀로오스와 아밀로펙틴의 상호 작용의 가능성이 높아질 수 있으며 이에 따라 호화 엔탈피가 증가된다고 하였다.

따라서 만일 Knutson²⁶⁾의 주장이 옳다고 가정하면 Table 4와 Table 5의 결과 즉 아닐링처리에 의하여 일반계 및 다수계 현미 전분의 호화 엔탈피가 유의적으로 증가되는 현상은 아닐링 처리중 아밀로오스와 아밀로펙틴의 상호 작용에 의한 것으로 생각된다.

상관관계

전분의 호화에 필요한 수분함량 및 고유점도와 전분의 호화온도와의 관계는 Table 6과 같다. 호화에 필요한 수분함량은 일반계의 경우 호화온도 범위와 부의 상관관, 통일계의 경우에는 고유점도와 부의 상관관 보였다. 한편 전분의 고유점도는 일반계는 호화개시온도 및 호화엔탈피와 정의 상관관, 통일계는 호화엔탈피와 정의 상관관을 보였다.

Table 6. Pearson correlation coefficient between water content for gelatinization and intrinsic viscosity and gelatinization property of brown rice starches

	Water content for gelatinization		Intrinsic viscosity	
	Japonica variety	Tongil variety	Japonica variety	Tongil variety
Intrinsic viscosity	-0.1819	-0.6068*		
To*	0.3379	-0.0102	0.7846***	0.2692
ΔT	-0.6269*	0.2256	0.0520	-0.4467
ΔH	-0.1348	0.0896	0.6575**	0.5291*

*w/s = 2.0

*significant at p=0.05, **significant at p=0.01 and

***significant at p=0.001

요 약

현미 전분의 고유점도는 일반계와 통일계 사이에 유의적인 차이가 없었다. 시차주사열량기에 의한 전분의 호화개시온도는 통일계보다 2°C 정도 높았고, 호화온도의 범위는 일반계가 통일계보다 유의적으로 컸으나 호화엔탈피는 유의적인 차이가 없었다. 호화에 필요한 수분함량과 아닐링 처리에 의한 호화성질은 서로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 호화에 필요한 수분함량은 일반계의 경우 호화온도 범위와 부의 상관관, 통일계 경우에는 고유점도와 부의 상관관을 보였다. 전분의 고유점도는 일반계와 통일계 모두 호화 엔탈피와 정의 상관관을 보였다.

문 헌

1. Lee, Y. E. : Physicochemical factors affecting cooking and eating quality on nonwaxy rice. *Ph. D. thesis*, Iowa State University, Ames, Iowa, U. S. A.(1987)
2. Biliaderis, C. G., Maurice, T. J. and Vose, J. R. : Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *J. Food Sci.*, **45**, 1669(1980)
3. Biliaderis, C. G., Page, C. M., Maurice, T. J. and Juliano, B. O. : Thermal characterization of rice starches ; a polymeric approach to phase transitions of granular starch. *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 6(1986)
4. Zobel, H. F., Young, S. N. and Rocca, L. A. : Starch gelatinization ; An X-ray diffraction study. *Cereal Chem.*, **65**, 443(1988)
5. Donovan, J. W. : Phase transitions of the starch-water system. *Biopolymers*, **18**, 263(1979)
6. Gough, B. M. and Pybus, J. N. : Effect of the gelatinization temperature of wheat starch granules of prolonged treatment with water at 50°C. *Stærke*, **23**, 210(1971)
7. Lorenz, K. and Kulp, K. : Steeping of wheat at various temperatures-effect on physicochemical characteristics of the starch. *Stærke*, **30**, 333(1978)
8. Wirakartakusumah, M. A. : Kinetics of starch gelatinization and water absorption in rice. *Ph. D. thesis*, University of Wisconsin, Madison, U.S.A.(1981)
9. Kuge, T. and Kitamura, S. : Annealing of starch granules-Warm water treatment and heat-moisture treatment. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **32**, 65(1985)
10. Yost, D. A. and Hosney, R. C. : Annealing and glass transition of starch. *Stærke*, **38**, 289(1986)
11. 김성근, 정혜민, 김상순 : 우리나라 쌀의 호화양상. *한국농화학회지*, **27**, 135(1983)
12. 김성근, 김상순 : 우리나라 쌀의 점도특성. *한국농화학회지*, **28**, 142(1985)
13. 김성근, 박홍현, 정혜민, 김 관 : X-ray 회절법에 의한

- 쌀의 취반시 호화도 측정. 한국농화학회지, **26**, 266 (1983)
14. Corn Refiners Association : Standard Analytical Methods, Method B-61. The Association : Washington D. C., U. S. A.(1982)
 15. Eliasson, A. C. : Effect of water content on the gelatinization of wheat starch. *Stärke*, **32**, 270(1980)
 16. 김성곤, 손정우 : 찹쌀의 거층구조 및 전분의 몇가지 성질. 한국농화학회지, **33**, 105(1990)
 17. Ghiash, K., Hosney, R. C. and Varriano-Maston, E. : Gelatinization of wheat starch. III. Comparison by differential scanning calorimetry and light microscopy. *Cereal Chem.*, **59**, 258(1982)
 18. 강현순 : 밀 종류별 전분의 성질 비교. 단국대학교 석사학위 논문 (1990)
 19. 현창기, 박관화, 김영배, 윤인화 : 쌀 전분의 differential scanning calorimetry. 한국식품과학회지, **20**, 331(1988)
 20. Stevens, D. J. and Elton, G. A. H. : Theronal properties of the starch / water system. Part I. Measurement of heat of gelatinization by differential scanning calorimetry. *Stärke*, **23**, 8(1981)
 21. Russel. P. L. and Juliano, B. O. : Differential scanning calorimetry of rice starches. *Stärke*, **35**, 382(1983)
 22. Wootton, M. and Bamunuarachchi, A. : Application of differential scanning calorimetry to starch gelatinization. II. Effect of heating rate and moisture level. *Stärke*, **31**, 262(1979)
 23. Collison, R. and Chilton, W. G. : Starch gelation as a function of water content. *J. Food Techno.*, **9**, 309 (1974)
 24. Krueger, B. R., Knutson, C. A., Inglett, G. E. and Walker, C. E. : A differential scanning calorimetry study on the effect of anealing on gelatinization behavior of corn starch. *J. Food Sci.*, **52**, 715(1987)
 25. Krueger, B. R., Walker, C. E., Knutson, C. A. and Inglett, G. E. : Differential scanning calorimetry on raw and annealed and mutant maize genotypes. *Cereal Chem.*, **64**, 187(1987)
 26. Knutson, C. A. : Annealing of maize starches at elevated temperatures. *Cereal Chem.*, **67**, 376(1990)
 27. Ahmed, M. and Lelievre, J. : Effect of various drying procedures on the crystallinity of starch isolated from wheat grains. *Stärke*, **30**, 78(1978)
 28. Russell, P. L. : Gelatinization of starches of different amylose/amylopectin content. A study by differential scanning calorimetry. *J. Cereal Sci.*, **6**, 133(1987)
 29. Russell, P. L. : The aging of gels from starches of different amylose/amylopectin content studied by differential scanning calorimetry. *J. Cereal Sci.*, **6**, 147 (1987)
 30. Zobel, H. F. : Molecules of granules ; A comprehensive starch review. *Stärke*, **40**, 44(1988)

(1992년 6월 14일 접수)