

췌의 한외여과 투과액 분획이 쌀 전분의 이화학적 성질에 미치는 영향

박흥조 · 이신영*

충주대학교 고분자공학과, *강원대학교 바이오산업공학부

Effect of Permeate Fraction by Ultrafiltration of Arrow Root on the Physicochemical Properties of Rice Starch

Heung-Cho Park and Shin-Young Lee*

Department of Polymer Engineering, Chungju National University

*School of Biotechnology and Bioengineering, Kangwon National University

Abstract

Permeate component, mainly isoflavonoid, from ultrafiltration(MWCO: 10,000) of arrow root(*Pueraria hirsuta Matsum*) was isolated and the influence on the physicochemical property of rice starch-water system when this permeate was added was investigated. The swelling powers of rice starches with and without arrow root permeate showed the very stiff first-order temperature transition with a flat changing region at 60-70°C. But their values with the permeate were lower than those of pure rice starch. Also, the swelling power of rice starch with arrow root permeate below 5wt% was strongly reduced at above 60°C. The solubility of rice starch added arrow root permeate increased with increasing temperature, which means the accelerating the amylose extraction from starch by permeate component. The blue value by using iodine reaction of amylose slightly decreased with the permeate addition, which may be due to the competitive complex reaction of amylose and permeate additive to iodine. As gelatinized solution of 4% rice starch was decomposed by pancreatic α -amylase, the decomposition rate increased with increasing the concentration of arrow root permeate, and starch was easily decomposed by this enzyme action. From the kinetic analysis, K_m value of rice-starch with additive was 3.290 mg/ml, and this value was less than that of no additive(4.446 mg/ml) exhibiting the higher affinity property to the enzyme. The V_m value of rice-starch with additive was 2.5 times higher than without additive (1.338 mg/min), and this means the addition of arrow root component activated on the starch decomposition of pancreatic α -amylase.

Key words: arrow root, rice starch, ultrafiltration permeate, physicochemical property

서 론

췌(*Pueraria hirsuta Matsum*)은 두과에 속하는 다년생 덩굴식물이며, 우리나라를 비롯하여 일본, 중국, 인도 및 남양 등 열대지방의 산야에 널리 자생하고 있다. 췌 뿌리의 녹말은 13~16%를 함유하며, 갈분으로서 식용에 널리 쓰이는 반면, 줄기의 껍질

은 갈포의 원료로 쓰이며, 생체는 사료로도 사용된다(Suzuki *et al.*, 1981).

한방에서는 췌뿌리를 갈근이라 하며, 한방의 각종 처방에 배합되는 중요 생약으로 사용되는데, 발한 및 해열에 사용하기도 한다. 특히, 갈근의 성분 에 대해서는 puerarin, daidzein, daidzin 등 isoflavone 유도체, 전분 및 saponin 등이 알려지고 있는데(Ingham *et al.*, 1983), 생리활성으로는 daidzein과 daidzin의 cyclic AMP phosphodiesterase 저해작용, 백혈병 세포분화 유발활성, daidzein의 진통작용 및 puerarin의 혈당강하작용 등이 보고되고 있다(Huang *et al.*, 1992; Hayakawa *et al.*, 1984).

Corresponding author: Shin-Young Lee, School of Biotechnology and Bioengineering, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea
Phone: 033-250-6273, Fax: 033-243-6354
E-mail: sylee@cc.kangwon.ac.kr

한편, 전분의 호화와 노화현상은 전분질 식품의 독특한 성질로, 전분을 원료로 하는 식품가공 등 각종의 공업적 이용에서 매우 중요한 특성이다(Kuge, 1992). 이러한 전분의 호화 및 노화에 큰 영향을 주는 첨가물질로는 당류나 계면활성제가 널리 이용되는데, 이들 물질은 주로 분자내에 유리 수산기가 매우 많은 물질들로서 아밀로오스나 아밀로펙틴과 용이하게 복합체를 형성한다(Elliasson과 Ljunger, 1988; Miura *et al.*, 1992; Hebeish *et al.*, 1981). Krog (1971)는 아밀로오스와 복합체를 이루는 첨가제는 노화 억제에 효과가 있다고 하였고, Batres와 White (1986), Spies와 Hosene(1982)도 아밀로펙틴의 바깥쪽 사슬가지에 이들 첨가물질에 의한 나선형의 복합체가 이뤄진다고 하였다.

일반적으로 식물체에 널리 존재하는 폴리페놀이 나 탄닌류도 많은 유리 수산기를 분자내에 소유하고 있고, 또 전분입자에서의 물리적 흡착도 용이하다(Davis와 Hosene, 1979). 따라서 이들 성분들도 전분의 호화나 노화 특성에 현저한 영향을 줄 것으로 생각되지만 이의 관련 연구는 찾아보기 어렵다. 특히, 쫄뿌리 중의 puerarin, daidzin 및 daidzein의 분자 구조식을 보면, 전자 공여성 전자쌍의 산소 원자가 많고, puerarin과 daidzin의 경우는 glucose와 결합된 배당체로서 존재하여 더욱 많은 수산기가 존재함을 관찰할 수 있다(Yano와 Janado, 1990). 따라서 전분성분과의 용이한 복합체 형성을 기대할 수 있는데, Lee 등(1999)은 쌀 전분 호화액의 저장 중 쫄의 한외여과 투과액 분획의 첨가가 항복용력과 점조도 지수값을 현저히 낮춤을 보고하였고, 이러한 리올로지적 성질의 변화 요인성분은 쫄의 isoflavonoid 성분인 것으로 보고하여 검토의 필요성이 매우 높음을 보고한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 쫄 전분의 제조시 값싸고 용이하게 얻을 수 있으며, 또 각종 생리 및 의약적 작용을 갖는 쫄의 폴리페놀 성분(Hayakawa *et al.*, 1984) 분획을 시료로 하여 지금까지 보고된 바 없는 이들의 첨가에 의한 쌀 전분의 이화학적 성질에 대한 변형(modification) 효과를 조사하였다. 즉, 쫄의 한외여과 투과액(MWCO: 10,000) 성분 분획이 동진벼 쌀 전분에 대한 팽윤력과 용해도, blue value와 광투과도의 변화, *in-vitro* 소화성 등의 이화학적 특성에 미치는 영향을 조사하였고, 이로부터 전분 가공의 첨가물질로서의 새로운 활용성을 탐색하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구의 재료는 충남 아산군에서 수확, 도정한 일반계 품종의 동진벼이며, 60mesh로 분쇄하고 5°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 또 쫄은 강원도 오대산에서 생산한 것으로, 한국생약협회 가평군 공판장에서 가공한 건조 쫄을 구입한 후, 60mesh로 분쇄하여 사용하였다.

전분의 분리

쌀의 전분은 알칼리 침지법(Yamamoto *et al.*, 1973)을 사용하여 다음과 같이 조제하였다. 즉, 쌀가루에 3배 량의 증류수를 가하고, Waring Blendor로 5분간 혼합한 후, 100mesh체로 걸러 잔사를 제거하였다. 4°C에서 하룻밤 방치한 후, 상등액을 버리고 침전물에 3배량의 0.2% NaOH 용액을 넣어 혼합하였고, 다시 하룻밤 방치하여 단백질을 용출, 제거하였다. 이와 같은 조작을 매일 1회씩 되풀이하여 상등액이 Biuret 반응을 나타내지 않을 때까지 계속하였다. 증류수로 phenolphthalein에 대한 알칼리성 반응이 나타나지 않을 때까지 계속 세척하였다. 정제된 전분은 2일간 풍건한 후 100mesh로 분쇄하고, 전분시료로 사용하였다. 이와 같이 조제한 쌀 전분의 수분 함량은 10.6%이었고, 아밀로오스 함량은 19.2%이었다.

쫄의 성분 분획

쫄의 성분은 다음과 같은 방법으로 분획하였다. 증류수 100 ml를 가하여 쫄 분말의 농도가 10%가 되도록 현탁한 후, 30분간 교반하였다. 이를 1,500 rpm에서 30분간 원심분리하여 상등액과 침전물을 분리하였다. 분리된 상등액은 배제분자량(MWCO) 10,000의 한외여과막을 사용하여 한외여과장치(Satorius Ultrafiltration System, model Satocon Mini, Germany)로 농축액과 투과액으로 분획하고 투과액을 건조하여 시료로 사용하였다.

전분의 팽윤력과 용해도

전분의 팽윤력 및 용해도는 Schoch(1964)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료전분 500 mg을 250 ml 원심분리관에 취하고 증류수 70 ml를 가하여 잘 현탁시켰다. 이 때, 쫄 성분첨가의 경우에는 미리 물에 녹인 쫄 투과액 분말을 전분의 건물중량에 대하

여 0.5, 1, 3, 5, 7, 10 및 20%(w/w)가 되게 첨가하였다. 30, 50, 60, 70 및 80°C의 각 온도에서 200rpm으로 교반하면서 30분간 가열한 후에 100ml로 희석하고 1000rpm에서 30분간 원심분리하였다. 원심분리후의 상등액은 미리 무게를 측정된 증발접시에 옮겨 120°C에서 건조시킨 후에 증발접시에 남은 시료 무게(A) 및 침전된 전분의 무게(B)를 측정하였고, 다음 식에 의하여 팽윤력 및 용해도를 각각 구하였다.

$$\text{Swelling power} = \frac{B \times 100}{\text{Sample weight(d.b.)} \times (100\% - \text{Solubles } \%)}$$

$$\% \text{ Solubles} = A \times 100 / \text{Sample weight(db)}$$

청가(Blue value)

Blue value는 Gilbert와 Spragg(1964)의 방법을 개량하여 측정하였다. 즉, 시료전분 10 mg과 dimethylsulfoxide 5 ml를 50 ml 원심분리관에 넣고 80°C에서 40분 동안 흔들며 주면서 가열시킨 후 170 × g에서 30분간 원심분리하였다. 이때, 칩 분말 첨가의 경우에는 미리 물에 녹인 칩 분말을 전분의 건물중량에 대하여 0.5, 1, 3, 5, 7, 10 및 20%(w/w)가 되게 첨가하였다. 원심분리 후의 상등액은 1N HCl로 pH를 5-7범위로 조절하였고, 이 용액 1ml를 취하여 여기에 요오드용액(0.2% I₂-2% KI) 0.5 ml를 첨가한 다음 증류수로 50 ml가 되게 하였다. 실온에서 20분간 발색시킨 다음, 이 용액을 UV-VIS spectrophotometer(Perkin-Elmer 552S)로 400-700 nm에서 주사하고 최대 흡수파장 및 이때의 흡광도를 구하였으며, 다음 식으로 blue value를 구하였다.

$$\text{Blue value} = \text{Absorbance} \times 4/C$$

여기서 C는 전분 용액의 농도(mg/dl)이다.

광투과도

광투과도는 Wilson 등(1978)의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다. 즉, 쌀 전분의 0.1% 현탁액을 만들어 hot plate stirrer 상에서 1.5°C/min의 속도로 40~85°C까지 가열 교반(120rpm)하면서 온도 상승에 따른 투광도의 변화를 spectrophotometer (Spectronic Genesys 5)를 사용하여 372 nm에서 측정하였다.

In-vitro 소화성

인공체액에 의한 소화성을 다음과 같이 실시하였다 (Leach and Schoch, 1961). Pancreatin(from porcine)을 25 mg/ml의 농도가 되도록 50 mM 인산칼륨 완충액(pH 8)으로 용해하고 인공체액을 조제하였다. 인공체액 1 ml를 37°C에서 5분간 incubation하고 이들에 4% 전분 및 칩 성분 첨가(0.25~5%) 전분의 호화액(95°C, 30분) 0.5ml를 가하여 반응을 개시하였다. 반응은 37°C에서 일정 시간 간격으로 실시하고 0.2 N의 과염소산을 첨가하는 것에 의해 반응을 정지시켰다. 분해율은 반응 후의 환원당량을 DNS법(Miller, 1959)에 의해 경시적으로 측정하고, 말토오스 단위로 구하였다.

결과 및 고찰

팽윤력 및 용해도

칩의 한외여과 투과액 분획의 첨가가 일반계의 동진벼 쌀전분의 팽윤력에 미치는 영향을 검토한 결과는 Fig. 1과 같다.

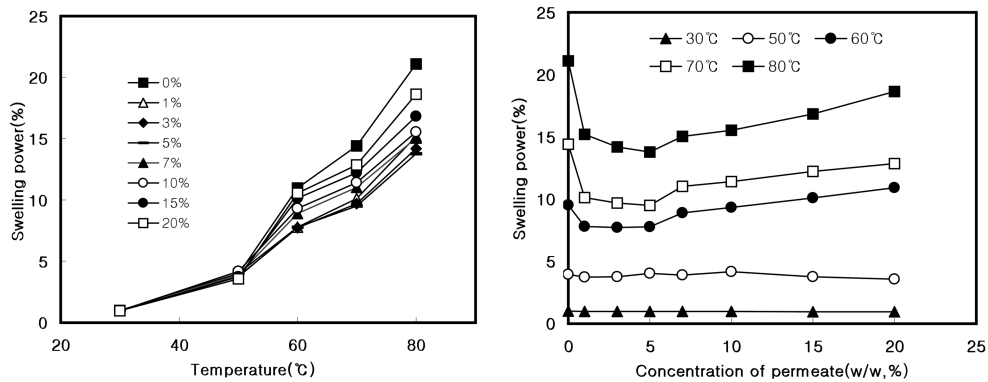


Fig. 1. Effect of the temperature and the concentration of arrow root permeate on swelling power(%) of native rice starch.

대조구로서의 쌀 전분의 팽윤력은 50°C~60°C에서 급격한 증가를 보인 후 70°C까지는 서서히 증가하였고, 그 이후 다시 급격히 증가하는 2단 거동의 형태를 보였다. 이는 다른 연구자들의 쌀 전분에 대한 보고사실과 잘 일치하며(Choi *et al.*, 1988), 이러한 2단 거동은 전분 입자내에 서로 다른 온도에서 완화되는 2종의 내부결합이 존재하기 때문으로 알려져 있다(Leach *et al.*, 1959).

칩 한외여과 투과액의 첨가구도 모두 대조구와 마찬가지로 가열온도의 상승에 따라 팽윤력이 증가하는 경향이었으나 각 온도에서의 팽윤력은 대조구보다 낮았다. 즉, Fig. 1의 오른쪽 그림에서 보는 바와 같이, 칩 첨가구의 팽윤력은 30 및 50°C에서는 무첨가시와 마찬가지로 첨가 농도의 영향을 보이지 않았지만 60~80°C에서는 칩 첨가로 대조구보다 팽윤력의 감소를 보였다. 1~5%(w/w) 농도범위에서 가장 낮은 팽윤력을 나타내었으며, 5%이상에서는 농도 증가에 따라 미미하게 팽윤력이 증가하였다. 그러나 역시 대조구보다는 낮은 값 범위이었다. 이러한 경향은 온도에 따라서 증가하였으며, 따라서 온도 60°C 이상에서 20% 이내의 칩 성분 첨가가 쌀 전분의 팽윤력을 크게 억제함을 알 수 있었다.

일반적으로 전분의 팽윤력은 입자내의 결합정도 즉, 결정도와 일정한 관계가 있으며, 특히, 온도 상승은 전분입자내의 결합력을 점차 약화시키므로 팽윤력은 증가하게 된다(Elliason, 1985). 결국, 입자의 micelle 구조가 강하게 결합된 전분일수록 팽윤력의 제한을 받게되므로, 대조구보다 칩 첨가구가 60°C 이상에서 팽윤력을 억제시킨 현상은 칩의 성분이 쌀 전분의 미셀 구조 즉, 입자간의 결합력을 강화시키는 것에 기인한 것으로 생각되었다.

한편, 칩 성분 첨가에 따른 쌀 전분의 용해도를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다.

쌀 전분의 용해도는 50°C이후 온도 증가에 따라 급격히 증가하였다. 각 온도에서 칩 성분의 첨가로 용해도의 큰 증가 경향을 보였으며, 그 경향은 칩 성분 농도의 증가에 따라 더욱 현저하였다. 즉, Fig. 2의 오른쪽 그림에서 볼 수 있는 바와 같이, 각 온도에서 칩 성분의 첨가는 첨가 농도 1.0%(w/w)까지는 용해도가 감소하였으나 이 농도 이상에서는 급격한 증가를 보였다. 또 이러한 경향은 60°C이상에서 더욱 현저하였다. 일반적으로 전분의 용해도는 아밀로오스의 용출과 밀접한 관련을 가지므로 이러한 결과는 칩의 한외여과 투과액 성분이 아밀로오스의 용출을 크게 촉진시키는 것과 관련되는 것으로 생각되었다.

Blue value

전분내의 아밀로오스 분자는 나선 구조(직경 약 13Å)를 이루며, 요오드 분자는 아밀로오스의 수산기와 쌍극자적 상호 작용에 의하여 나선구조 내부에서 포접 화합물(inclusion compound)을 만들어 청색을 나타낸다(Gibson *et al.*, 1997). Blue value 값은 요오드와의 친화성을 나타내며 선형 분자의 정도를 비교하는 값이므로(Gilbert와 Spragg, 1964) 칩 성분 첨가에 따른 blue value 값의 변화는 쌀 전분내의 아밀로오스 함량의 차이를 반영한다. 따라서 칩의 성분이 아밀로오스의 용출을 촉진하는 지의 여부를 보다 명확히 살펴보기 위해 쌀 전분에 대한 칩 한외여과 투과액 성분 분획의 0~20%(w/w) 첨가에 따른 용출물의 가시흡수 스펙트럼 및 blue value 를 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 3과 같다.

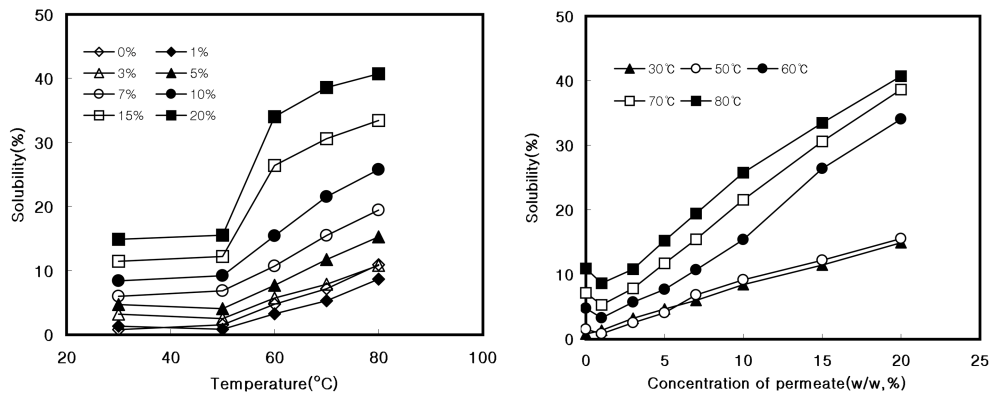


Fig. 2. Effect of the temperature and the concentration of arrow root permeate on solubility(%) of native rice starch.

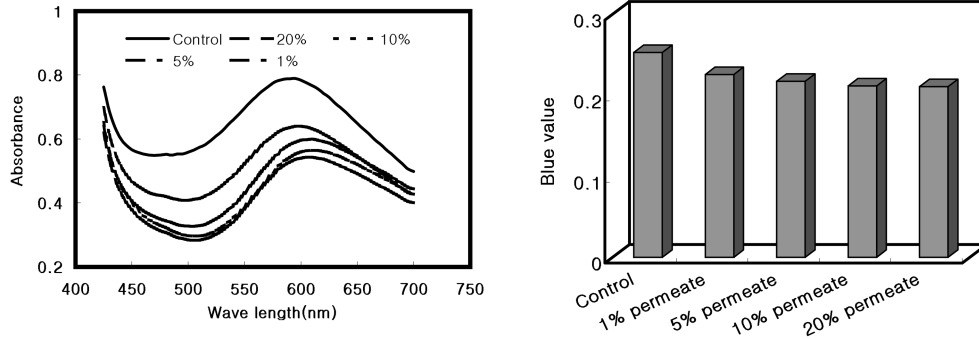


Fig. 3. Visible absorption spectra of iodine complex and blue value of native rice starch at different permeate concentrations.

Fig. 3의 왼쪽에서와 같이, 쌀 전분의 최대 흡수 파장은 약 590 nm로 보고된 값과 잘 일치하였다 (Kim *et al.*, 1992). 그러나 칩 첨가농도가 높아질수록 red shift 현상을 보여 최대 흡수파장은 610 nm 까지 증가하였다.

한편, 최대 흡수파장에서의 흡광도로 부터 구한 blue value는 Fig. 3의 오른쪽에서와 같이 예측과는 달리, 무첨가군의 0.25로부터 칩 첨가 농도가 증가 하면 서서히 감소하여 0.21범위까지 감소하였고, 쌀 전분의 용해도 결과(Fig. 2)와는 다소 상반되는 경향을 보였다.

이러한 상반된 결과를 보다 더 상세히 조사하기 위해 칩 성분-전분의 호화액을 원심분리하고, 원심 분리 침전물과 상등액 중의 칩 성분(폴리페놀 성분)을 조사하였다. Fig. 4에서 보는 바와 같이, 침전물의 전분 층에서 칩 폴리페놀 성분이 40% 정도까지 흡착하였고, 그 나머지가 상등액에 존재하는 것으로 나타났다.

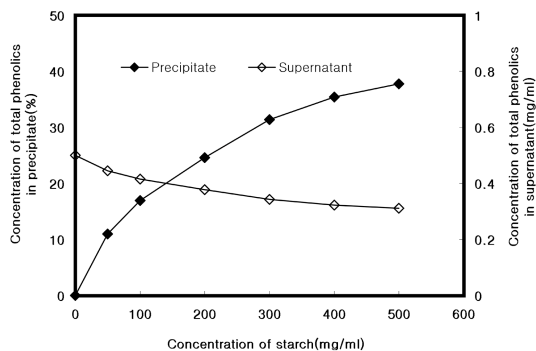


Fig. 4. Effect of starch content on residual total phenolics in supernatant and precipitate by centrifugation in total phenolics-starch mixtures.

따라서 이러한 결과는 전분 층에 흡착된 칩의 성분이 전분 아밀로오스와 같은 가용성 성분의 용출을 촉진시키나(Fig. 2), 상등액 중의 칩의 폴리페놀 성분은 아밀로오스 성분과 복합체를 형성하여 요오드와의 결합과 경쟁하였기 때문인 것으로 생각되었다.

광투과도

일반적으로 전분 현탁액은 호화될수록 투명하게 되므로 광의 투과성에 의하여 호화정도를 알 수 있다. 대부분은 60°C 내외에서 광투과도가 급격히 증가하고 그 후의 기울기는 급격하나 직선적으로 증가한다. 하지만 광투과도의 상승 직전에 다소 투과도가 저하하고 그 후의 증가는 2단계로 나타나기도 하는데, 이 2단계 투과도의 변화는 함유한 지질이 아밀로오스와 복합체를 형성하여 호화를 억제하는 것에 기인한다(Choi *et al.*, 1988).

따라서 광투과도를 측정하여 쌀 전분의 호화 양상에 미치는 칩 한외여과 투과액 분획의 첨가 영향을 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 5와 같다.

쌀 전분은 58°C까지 광투과도의 변화가 없었으나 이 이상의 각 온도에서 광투과도의 급격한 증가를 보이면서 호화됨을 보였고, 70°C사이에서 완만한 투과도의 증가를 나타내는 어깨(shoulder)가 관찰되었다. 이러한 어깨 현상은 internal starch가 아밀로오스와 결합하여 복합체를 형성하고 이 복합체가 전분의 호화를 억제하기 때문에 나타나는 것으로 생각되고 있다(Choi *et al.*, 1988). 1% 칩 성분 첨가 구에서는 대조구와의 차이를 보이지 않았으나 5 및 10% 첨가구에서는 대조구 보다 2°C 정도 높은 온도에서 광투과도의 급격한 증가 경향을 보였으며, 어깨 현상도 더욱 현저하였고, 각 온도에서 광투과도의 값도 낮았다. 따라서 5%이상의 칩 성분 첨가

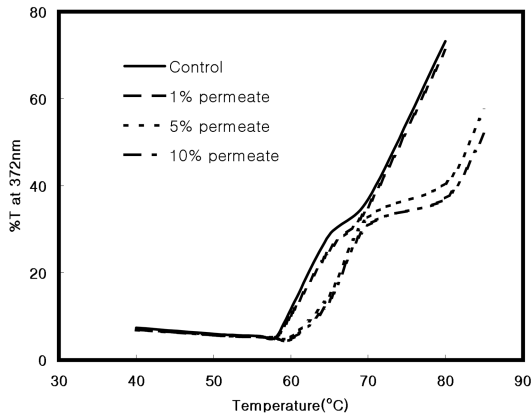


Fig. 5. Transmittance of 0.1% native rice starch on the different concentrations of permeate additions at various temperatures.

로 호화개시 온도가 다소 증가하며, 전반적으로 호화의 완료 정도가 늦어짐을 알 수 있었다.

In-Vitro 소화성

칩 성분의 첨가에 따른 쌀 전분의 소화성을 알아보기 위해 췌장의 α -amylase로 서로 다른 칩 성분 농도를 함유한 4% 쌀 전분 호화액의 효소 분해를 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 6과 같다.

칩 성분의 첨가 농도에 관계없이 반응 개시후 10분까지는 반응시간에 비례하여 전분이 분해되어 환원당을 생성하였으나 10분 이후 평형값에 도달하였다. 또 전분 분해율은 칩 성분의 농도가 증가할수록 증가하여 칩의 성분이 효소 활성을 활성화하거

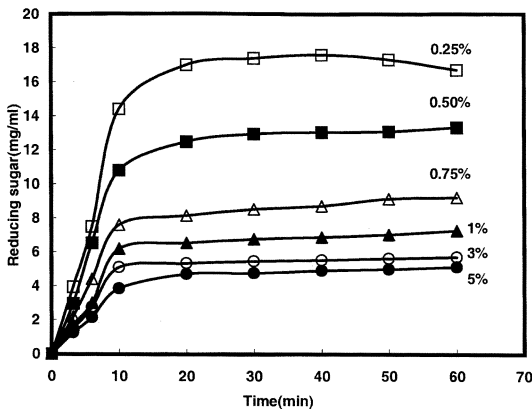


Fig. 6. Time course of sugar digestion of the gelatinized rice starches by artificial pancreatin at different starch concentrations(37°C)

나 효소에 의한 전분의 분해가 용이하도록 전분이 변형됨을 보였다.

Leach와 Schoch(1961)는 전분의 효소에 대한 소화성은 미셀구조, 내부 분자회합 및 결정형태 등을 고려한 물리화학적 성질에 영향을 받지 않는다고 하였다. 또 효소는 전분입자의 무정형 부분을 우선적으로 분해하지 못하며, 선형분자의 존재는 효소에 의한 가용화를 억제한다고 하였다. 아울러 Badenhuizen(1959)은 효소분자 크기보다 큰 다공성 또는 스폰지 구조를 갖는 전분입자 일수록 효소에 의해 분해되기 쉽다고 하였다. 특히, Kang 등(1994)은 산처리후 따라 효소 가수분해율이 증가하는데, 이는 산처리후 무정형의 가수분해물질이 먼저 분해되어 선형분자에 의한 효소의 가용화가 억제되지 않으며, 전분입자가 모두 분해된 작은 조각들로 되며 전분을 분해할 때 붙어있던 단백질이 떨어져 나가므로 움푹 들어간 거친 표면이 증가하여 효소의 흡착이 쉬워졌기 때문이라고 하였다.

한편, Fig. 7은 여러 기질 농도에서 칩의 성분이 췌장의 α -amylase 효소의 반응속도에 미치는 영향을 37°C에서 측정 한 결과이다.

대조구와 칩 첨가구 모두 기질 농도의 증가에 따라 hyperbolic하게 초기 반응속도가 증가하였으며, 5% 칩 성분의 첨가로 초기 반응속도는 3배 이상으로 크게 증가하였다.

또, 효소와 기질 친화력에 대한 칩 성분 첨가 효과의 보다 정량적인 자료를 얻기 위하여 Fig. 7의 자료로부터 1/v과 1/s의 결과를 도시하였으며, 그 결과는 Fig. 8과 같다.

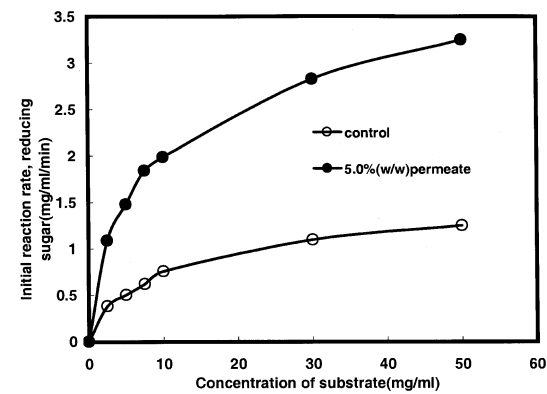


Fig. 7. Effect of the rate of enzyme catalyzed reation on the gelatinized rice starches by artificial pancreatin at different starch concentrations(37°C).

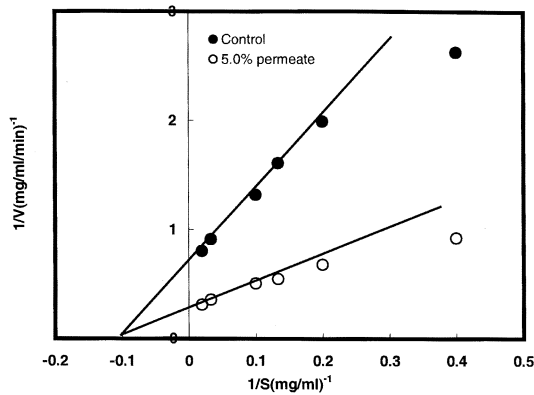


Fig. 8. Lineweaver-Burk plot for artificial pancreatin action on 4% gelatinized rice starch solution.

그림에서 보는 바와 같이 칩 성분의 첨가 유무에 관계없이 대조구와 칩 성분의 첨가구 모두 $1/v$ 와 $1/s$ 은 직선 관계를 보여 Lineweaver-Burk식에 잘 일치하였다.

직선의 관계로부터 효소의 특성값을 산출한 결과, 효소와 기질의 친화성을 나타내는 K_m 값은 대조구와 칩 성분의 첨가구에서 각각 4.466 및 3.290 mg/ml로 칩 성분의 첨가구에서 효소에 대한 친화도가 높았다. 또 v_m 값도 대조구의 1.338 mg/ml/min에 비해 칩 성분의 첨가구는 3.296 mg/ml/min로 칩 성분의 첨가구에서 약 2.5배나 높았다. 이러한 결과로부터 칩 성분은 체장의 α -amylase 효소작용을 비경쟁적으로 활성화시키는 것을 알 수 있었다.

결 론

쌀 전분-수분계의 호화 및 노화 현상과 관련한 칩 성분의 첨가 효과를 규명하기 위한 연구의 일환으로 칩 성분의 첨가가 쌀 전분계의 이화학적 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 쌀 전분의 이화학적 특성에 미치는 칩 성분의 첨가 효과는 팽윤력과 용해도, blue value, 광투과도, *in-vitro* 소화성을 조사하여 결정하였으며, 다음의 결과를 얻었다.

1. 쌀 전분의 팽윤력은 60°C까지 급격한 증가한 다음, 70°C까지 서서히 증가하다가 다시 급격히 증가하는 2단 거동의 형태를 보였고, 용해도 역시 팽윤력에서와 마찬가지로 2단 거동을 나타내었다. 칩의 한외여과 투과액 분획의 첨가는 팽윤력을 저하시키고 가용성 성분의 용출을 증가시켰으며, 특히, 60°C이상에서 5%이내의 칩 성분 첨가는 쌀 전분의

팽윤력을 크게 억제시켰고, 50°C이상에서 용해도를 급격히 증가시켰다.

2. 쌀 전분의 첨가는 0.25이었으나 칩 성분의 첨가로 다소 감소하여 칩 농도(0~20%, w/w)가 높아짐에 따라 0.21까지 서서히 감소하였으며, 최대흡수 파장의 red shift 현상을 보여 쌀 전분층에 흡착된 칩의 성분이 요오드와 경쟁적으로 아밀로오스와 복합체를 형성하는 것으로 생각되었다.

3. 쌀 전분의 광투과도 양상은 58°C까지는 광투과도의 변화를 보이지 않았으나 이 이상의 온도에서 급격히 증가하여 호화되었고, 70°C사이에서 완만한 투과도의 증가를 나타내는 shoulder를 보였다. 칩 성분의 첨가구도 이와 비슷한 광투과도의 양상을 보였으나 5% 이상의 첨가 농도에서 무첨가구 보다 약 2°C정도 높은 온도에서 급격한 증가가 있었다. 따라서 전분 입자로부터 용출된 아밀로오스와 칩 성분의 복합체 형성이 예측되었으며, 이로 인하여 5%이상에서는 호화개시온도가 다소 증가하고 전반적으로 호화 완료정도가 늦어지는 것으로 생각되었다.

4. 체장의 α -amylase로 서로 다른 칩 성분 농도를 함유한 4% 쌀 전분호화액에 대한 효소분해를 검토한 결과, 칩 성분의 첨가 농도에 관계없이 10분 이후 환원당의 생성은 평형값을 나타내었다. 첨가구 및 대조구에 관계없이 $1/v$ 와 $1/s$ 은 Lineweaver-Burk식에 잘 일치하였으며, 이로부터 구한 K_m 및 V_m 값을 구하여 비교한 결과, 칩 성분의 첨가로 이 효소에 대한 친화도가 커졌으며, V_m 값도 대조구보다 약 2.5배나 높아졌다. 따라서 칩 성분의 첨가는 체장의 α -amylase 효소작용을 비경쟁적으로 활성화시키는 것을 알 수 있었다.

문 헌

- Batres, L.V. and P.J. White. 1986. Interaction of amylopectin with monoglycerides in model system. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* **63**: 1537-1540
- Badenhuizen, N.P. 1959. Chemistry and biology of the starch granule. In: *Proto-Plasmotogia*. L.V., Heibrum and F.W., II(ed.), Springer-Verlag, Vienna, Austria
- Choi, H.T., S.Y. Lee, R. Yang and D.H. Oh. 1988. Effects of defatting and reincorporation with fatty acid on the physicochemical characteristics of rice starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* **20**(6): 834-839
- Davis, A.B. and R.C. Hoseney. 1979. Grain sorghum condensed tannin. I. Isolation, estimation, and selective adsorption by starch. *Cereal Chem.* **56**(4): 310-314
- Eliasson, A.C. 1985. Starch gelatinization in the presence of

- emulsifiers. *Starch* **37**: 411-415
- Eliasson, A.C. and G. Ljunger. 1988. Interactions between amylopectin and lipid additives during retrogradation in a model system. *J. Sci. Food Agric.* **44**: 353-361
- Gibson, T.S., V.A. Solah and B.V. McCleary. 1997. A procedure to measure amylose in cereal starches and flours with Concanavalin A. *Journal of Cereal Science* **25**: 111-119
- Gilbert, G.A. and S.P. Spragg. 1964. Iodimetric Determination of Amylose. In: *Method in Carbohydrate Chemistry* (vol. 4). R.L. Whisther(ed). Academic Press, New York, USA. pp.168-169
- Hayakawa, J., N. Noda, S. Yamada and K. Uno. 1984. Studies on physical and chemical quality evaluation of crude drugs preparations. I. Analysis of *Pueraria radix* and species *Pueraria*(in Japanese). *Yakugaku Zasshi* **104**: 50-56
- Hebeish, A., I.A. El-Thalouth and M. El Kashouti. 1981. Gelatinization of rice starch in aqueous urea solutions. *Starch* **33**: 84-90
- Huang, M.T., C.T. Ho and C.Y. Lee. 1992. *Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health* I, II. American Chemical Society, Washington, DC, USA
- Ingham, J.L., S. Tahara and S.Z. Dziedzic. 1983. A chemical investigation of *Pueraria mirifica* roots. *Z. Naturforschung* **41c**: 403-408
- Kang, K.J., K. Kim and S.K. Kim. 1994. Three stage hydrolysis pattern of rice starch by acid treatment. *Oyo Toshitsu Kagaku* **41**(2): 201-204
- Kim, K., K.J. Kang and S.K. Kim. 1992. Comparison of some structural characteristics of Japonica and Tongil rice starches and their fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* **24**(2): 187-192
- Krog, N. 1971. Amylose complexing effect of food grade emulsifiers. *Starke* **35**: 206-210
- Kuge, T. 1992. On the physicochemical properties of starch(in Japanese). *Denpun Kagaku* **39**: 51-56
- Leach, H.W., I.D. McCowen and T.J. Schoch. 1959. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.* **36**: 534-544
- Leach, H.W. and T.J. Schoch. 1961. Structure of starch. II. Action of various amylase on granular starches. *Cereal Chem.* **38**: 34-36
- Lee, S.Y., K.J. Oh, K.S. Jung and H.C. Park. 1999. Effect of arrow root flour on the property of rice flour-water system. *Korean J. Food Sci. Technol.* **31**(5): 1254-1261
- Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chem.* **31**: 426-428
- Miura, M., A. Nishimura and K. Katsuta. 1992. Influence of addition of polyols and food emulsifiers on the retrogradation rate of starch. *Food Structure* **11**: 225-236
- Schoch, T.J. 1964. Swelling power and solubility of granular starch. In: *Method in Carbohydrate Chemistry*, (vol. 4). R.L. Whistler(ed), Academic Press, New York, N. Y., USA. pp.106-108
- Spies, R.D. and R.C. Hosney. 1982. Effect of sugars on starch gelatinization. *Cereal Chem.*, **59**: 128-131
- Suzuki, A., S. Hizukuri and Y. Takeda. 1981. Physicochemical studies of kuzu starch. *Cereal Chem.* **58**: 286-290
- Wilson, L.A., V.A. Birmingham, D.D. Moon and H.E. Snyder. 1978. Isolation and characterization of starch from matyre soybeans. *Cereal Chem.* **55**: 661-670
- Yamamoto, K., S. Sawada and T. Onogaki. 1973. Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions, *Denpun Kagaku.* **20**: 99-104
- Yano, Y. and M. Janado. 1990. The hydrophobic characteristics of sugars. *Trends Glycosci. Glycotech.* **2**: 156-167