

압출조리와 단순 열처리에 의한 쌀전분의 분자량 분포변화와 효소민감성에 관한 연구

김용범 · 김지용 · 이철호
고려대학교 식품공학과

Changes in Molecular Weight Distribution and Enzyme Susceptibility of Rice Starch by Extrusion-cooking and Simple Heat-treatment

Yong-Bum Kim, Ji Yong Kim and Cheri-Ho Lee
Department of Food Technology, Korea University

Abstract

The changes in molecular size distribution of rice starch during extrusion cooking and simple heating of rice flour were compared and the effect of subsequent enzyme treatment on the molecular size was examined. A single-screw extruder was used with varying feed moisture contents (17~29%) and barrel temperatures (100~150°C). An aluminium capsule immersed in oil bath (100~200°C) was used for the simple heat treatment of rice flour. In case of extrusion cooking the mechanical energy input varied sharply at around 23% moisture content of the feed. At the feed moisture content of 17~23%, a significant molecular size reduction of rice starch was observed by the gel permeation chromatography using Sephacryl S-1000 gel. The intact starch molecules of above 4×10^7 dalton were largely disintergrated by extrusion cooking of rice flour containing the moisture content less than 23%. It was mostly degraded further into the molecules having below 5×10^6 dalton by α -amylase treatment. But at the feed moisture content above 26% the starch did not show molecular size reduction either by extrusion cooking or by subsequent enzyme treatment. On the contrary little changes in molecular size of starch was occurred by simple heating of rice flour containing the moisture less than 20%, but slight size reduction was observed at the moisture content above 23%, where the effect of α -amylase was also observed.

Key words: Extrusion-cooking, Rice starch, Molecular weight distribution, Enzyme susceptibility.

서 론

전분은 아밀로즈와 아밀로펙틴의 주요 두 성분으로 구성된 대표적인 식물성 저장 탄수화물로서 인체에 중요한 영양적 가치를 가질 뿐만 아니라 기능적 성질 때문에 식품에 많이 사용되어 왔다⁽¹⁾. 그러나 최근에는 전분이 식품의 기능보다는 생물고분자(biopolymer) 소재로써 널리 각광받고 있다. 그 이유는 압출성형된 전분이 자연분해되는 무공해 천연물질이면서 유기합성에 의해 생산되는 고분자 플라스틱들의 대체품으로써의 역할 때문이다. 이것에 대한 연구로는 미국특허에 등록된 재분해되어진 전분(destructurized starch)을 함유한 고분자의 조성⁽²⁾, 압출성형된 전분에 의해 만들어진 고분자 필름의 제조과정과 특성⁽³⁾ 그리고 전분 고분자 필름의 적합성과

생물 분해성⁽⁴⁾ 등이 있다. 위의 연구들은 생물고분자 소재인 전분이 압출성형에 의해 새로이 조직화 됨으로써 난분해성 석유화학 플라스틱의 대체물로도 사용될 수 있음을 보여주고 있다.

전분의 압출성형 과정에서의 조직화 현상은 식품학 분야에서 오랫동안 많은 연구가 이루어졌다. 그러나 전분의 조직화를 좀 더 정확하게 조절통제하려면 압출과정에서 전분 분자구조의 변화와 분자간 결합 방식에 대한 더 깊은 이해와 연구가 필요하다.

Doublier 등^(5,6)은 단순 열처리식인 드럼건조와 압출성형 공정을 비교하여, 드럼건조는 전분이 α -1.4 또는 α -1.6 결합을 대개 그대로 유지시키는 반면, 압출성형은 전분입자를 무작위로 분해하여 덩스트린 등으로 저분자화시킨다고 하였다. Gomez 등⁽⁷⁾에 의해 제안된 압출성형에 의한 옥수수 전분의 분해 모델은 낮은 수분함량에서 전분입자의 기계적 파괴와 덩스트린화가 일어남을 보여 주었고, 경우에 따라서는 전분의 호화단계가 없이 곧바로 자유 고분자(free polymer)단계로 갈 수 있는 방법을

Corresponding author: Cheri-Ho Lee, Department of Food Technology, Korea University, 1 Anamdong, Sungbukku, Seoul 136-701, Korea

제시하였다. Mercier 등⁽⁸⁾은 압출성형에서 전분은 malto-dextrin의 형성이 없는 조건 아래서 용해되고 가용성 전분의 양은 압출성형의 온도, 원료의 수분함량, 아밀로즈와 아밀로펙틴의 비에 의해 결정되어진다고 하였다.

이는 전분은 단순 열처리에 의해 분자구조의 변화가 거의 일어나지 않는데 비해 압출성형시에는 압출성형기 내부에서 일어나는 층밀림 변형(shear effect)과 열발생 및 압력변화에 의해 전분분자의 무작위 분해(dextrinization)가 일어나 상당한 구조적 변화를 동반함을 의미한다⁽⁹⁾.

지금까지 국내외에서 이루어진 쌀의 압출성형에 관한 연구들은 쌀전분, 또는 쌀전분과 단백질 등의 혼합에 의한 압출성형기의 기계적 특성과 압출성형물의 물리화학적 성질 변화에 관한 것이 대부분이다. 쌀과 대두단백질의 혼합에 의한 인조육 제조⁽¹⁰⁾, 압출성형기의 기계적 작동조건에 의한 쌀의 물리화학적 변화⁽¹¹⁾, 쌀의 인산화에 의한 압출성형 변성전분 제조⁽¹²⁾, 쌀가루의 입자크기에 의한 압출성형 특성에 관한 연구⁽¹³⁾ 등이 이루어졌으나, 기계적 작동조건에 의한 쌀의 물리화학적 성질의 측정만으로는 압출성형공정에 의한 쌀전분의 특성 변화에 대한 근본적인 모델을 제공하지 못하고 있다.

본 연구에서는 쌀가루의 압출성형 조건에 따른 쌀전분의 물리화학적 성질변화를 분자량 분포변화에 의해 설명하고자 하였다. 또한, 단순 열처리한 쌀전분과 압출성형된 쌀전분의 물리화학적 특성과 분자량분포, 그리고 효소(α -amylase)처리에 의한 쌀전분의 효소민감성을 비교 조사하였다.

재료 및 방법

원료 및 전처리

실험에 사용한 원료는 1989년산 일반미를 시중에서 구입하여 사용하였으며 일반 성분분석은 A.O.A.C. 방법⁽¹⁴⁾에 의하여 분석하였다.

실험에 사용한 원료 쌀가루의 일반 성분조성은 탄수화물이 79.9%, 수분 11.1%, 단백질 7.0%, 지방 1.5%, 회분 0.5%로 측정되었다. Phenol-sulfuric acid 법에 의해 측정된 총탄수화물의 양은 78.2%로 나타났다. 쌀을 분쇄기(경창기계공업사, 서울)로 분쇄하여 입자크기를 18~60 mesh로 한후, Horbert mixer(Model 1-A200)에서 수분함량을 17, 20, 23, 26, 29%로 맞추어 가수하여 약 20분간 충분히 혼합시킨 뒤, 비닐 봉지로 밀봉하여 4°C 냉장실에서 24시간 방치시켜 수분이 평형상태에 도달하게 하여 압출조리하였다.

압출조리 시료의 제조

압출조리기는 고려대학교 식품재료공학 실험실에서 자체 제작한 자가 발열형 단축 압출조리기이다⁽¹⁵⁾. 실험에 사용한 스크류는 root 직경이 증가하고 pitch 간격이 감소하는(compression ratio 2 : 1) 것이다. 바렐은 직경이

59.4 mm이며 외부에 냉각수를 공급할 수 있는 자켓이 장착되어 있고, 사출구는 지름이 3 mm, 길이는 10 mm인 원통형이었고, L/D는 9.38이었다. 원료사입속도는 230 g/min, screw speed는 300 rpm으로 실험하였다.

각 수분함량의 원료 쌀가루를 압출 조리할 때 압출조리기 계량부위 내부에 열전대를 연결하여 온도계(Chino EH 127-06)에 기록된 계량부위의 온도가 100°C에서 평형온도가 될 때까지 매 10°C 단위로 시료를 채취하였다. 이때 각 온도를 유지하기 위해 압출조리기 외부에 설치된 자켓에 냉각수를 약 5분 공급하면서 시료를 얻었다.

또한 각각의 수분함량에서 extruder 작동시 최고 평형온도는 각각 17% 수분의 경우 157°C, 20% 수분의 경우 145°C, 23% 수분의 경우 135°C 이었다. 압출조리물(extrudates)을 각 조건에서 채취한 뒤에 상온에서 24시간 방치하여 건조시킨 후, 분쇄기(경창기계공업사, 서울)로 분쇄하고, 또 다시 소형분쇄기(Cyclon, USA)로 분쇄한 뒤, 체를 쳐서 입자크기 120 mesh 이하만 실험에 사용하였다. 이때 시료는 전분의 노화 및 미생물의 번식을 막기 위해 밀봉하여 냉동고에 보관하였다.

단순 열처리 시료의 제조

단순 열처리를 위한 성형틀은 자체 제작한 것으로 원통형의 모양으로 내부 지름이 14 mm이고 길이가 80 mm, 두께는 0.25 mm이다. 열처리 성형틀의 재질은 부식을 방지하고 열전도를 높이기 위해 니켈 합금으로 만들고, 양끝을 나사와 실리콘 링 및 테프론 테이프로 막아 기름이나 물의 유출입을 막았다. 또한 성형틀의 내부에 열전대를 연결하여 시료가 들어 있는 열처리 성형틀의 중심부의 온도를 알 수 있게 하였다. 원료 쌀을 쌀분쇄기(경창기계공업사)로 분쇄후 소형분쇄기(cyclon, USA)로 다시 120 mesh 이하로 분쇄한 쌀가루에 다른 외부적 요인이 없이 가열 효과만 주기 위해, 성형틀에 미리 가수하여 수분함량을 14, 17, 23, 29%로 만든 원료 쌀가루를 충전 밀폐하여 4°C에서 24시간 방치한 뒤에 온도 100, 150, 200°C의 oil bath에서 시간 0, 3, 5분 동안 가열하여 시료를 제조하였다. 이때 원료 쌀가루를 충전한 성형틀의 내부에 열전대를 연결하여 온도계(Chino EH 127-06)에 기록된 시료 중심부의 온도가 실험조건 온도에 도달했을 때의 시간을 0분으로 하였다. 제조된 시료는 밀폐된 상태로 상온에서 2시간 냉각시킨 후, 밀봉하여 냉동고에 넣어두고 각 실험에 사용하였다.

효소처리 시료의 제조

전분의 효소에 의한 가수분해는 분말시료 500 mg을 acetate 완충용액(20 mM, pH 5.0) 19.5 ml에 넣고 1분 동안 분산시킨 후 55°C 물중탕에서 10분 정치시키고, 효소 희석액 0.5 ml(1 F.A.U.)을 가하여 10분 동안 교반하고 30분 동안 55°C에서 반응시켰다. 효소는 α -amylase (Fungamyl, Novo industries)를 사용하였으며 한 시간

동안 5.26g의 전분을 break down 시킬 수 있는 양을 1 F.A.U.로 하였다. 반응액을 10분간 끓는 물에 넣어 효소반응을 중지시키고, 곧 얼음물에 넣어 냉각한 뒤에 상등액 1 ml를 DNS법(dinitrosalicylic acid assay)¹⁵⁾에 의한 환원당 측정에 사용하고 나머지는 70°C, 76 vacuum gauge의 감압건조기에 넣어 72시간 건조시켰다. 건조된 각 시료를 겔투과 크로마토그래피와 고유점도 측정에 사용하였다^{16,17)}.

기계적 에너지 소비량 측정

스크류의 회전수(300 rpm) 유지에 드는 전기적 동력 소비량을 해당 온도에서 Watt(W) 단위로 구한 뒤 이를 다음 식에 의해 기계적 에너지 소비량으로 나타내었다¹⁶⁾.

$$\text{Mechanical energy input(MEI)} = \frac{\text{Power requirement(kW)}}{\text{Feed rate(kg/hr.)}}$$

수분용해도(WSI)의 측정

Anderson의 방법¹⁸⁾을 변용하여 미리 무게를 측정된 50 ml 원심분리관에 건조 시료 1g과 증류수 20 ml을 넣은 다음 마개를 하고 상온에서 20분 vortexing하고 1000×g에서 30분 동안 원심분리하였다. 원심분리 후 상등액 1 ml 중에 있는 탄수화물의 양을 phenol-sulfuric acid 법²⁰⁾으로 측정하고 이것을 A라고 할 때 다음 식에 의해 수분용해도(water solubility index, WSI)를 구하였다. 실험에 사용된 모든 시료 중 탄수화물의 양은 phenol-sulfuric acid법으로 정량하였다. 각각의 측정 값은 3번 반복 실험후 평균값을 사용하였다.

$$\text{WSI}(\%) = \frac{(A \times \text{상등액의 양})(\text{ml})}{\text{시료중 탄수화물 무게}(g)} \times 100$$

겔투과 크로마토그래피(Gel permeation chromatography, GPC)

크로마토그래피용 겔로는 Sephacryl S-1000(Pharmacia Fine Chemicals)을, 이동상으로는 50%(w/v) dimethylsulfoxide(DMSO)를 사용하였다. 시료제조는 Wen 등의 방법²¹⁾을 변용하여 사용하였다. DMSO(99%) 10 ml에 전분의 농도가 2%(w/v) 되게 분말시료를 넣은 후 10분간 vortexing하고, 이를 37°C incubator에 72시간 정치시키면서 24시간마다 10분간 vortexing하였다. 이 시료를 다시 DMSO 50% 용액이 되게 증류수로 희석하여 10분간 vortexing하고, 10000×g에서 30분간 원심분리하여 상등액 중 3 ml을 취하여 크로마토그래피용 시료로 사용하였다. 이동상의 흐름속도는 20 ml/hr로 고정시켰으며 실험온도는 4°C를 유지하고 한 튜브당 3 ml씩 취하였다. 용출된 fraction은 phenol-sulfuric acid법으로 총당량을 구하여, 이를 쌀전분의 분자량 분포로 나타내었다.

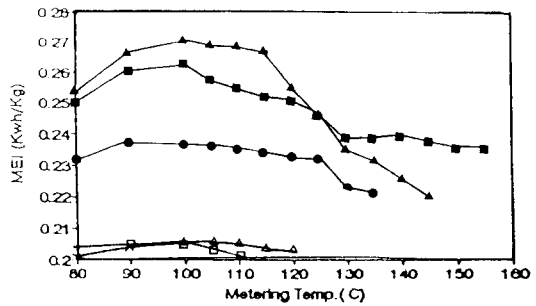


Fig. 1. Changes in mechanical energy input (MEI) by moisture content and temperature during extrusion-cooking of rice flour
▲-▲; 17%, ■-■; 20%, ●-●; 23%, △-△; 26%, □-□; 29%

고유점도

시료의 고유점도 측정은 Greenwood 등의 방법²²⁾에 따라 시료를 2.0 N KOH 용액에 넣고 90°C 물중탕으로 완전히 녹이고 이를 희석하여 0.2 N KOH 전분용액(0.02~0.1%, w/v)을 제조하고 glass filter(3G2)로 여과한 후 phenol-sulfuric acid법으로 농도를 보정하여 점도측정에 사용하였다. 점도는 모세관형 점도계(Ubbelohde type capillary viscometer, 자체 제작)를 사용하였다. 25 ± 0.01°C의 항온수조에 시료가 담긴 점도계를 10분간 정치시켜 평형에 도달하게 된 후, 유하시간으로부터 점도를 구하고 Huggins식을 적용하여 고유점도를 구하였다²³⁾.

결과 및 고찰

기계적 에너지 소비량 변화

기계적 에너지 소비량은 원료의 수분함량이 증가할수록 감소하였고, 계량부위의 온도증가에 따라 증가하다가 110~120°C에서 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 1). 이와 같은 현상은 110~120°C의 온도범위에서 원료 물질이 계량부위에서 용융되어져 내부 흐름이 원활해졌기 때문에 압출되는데 필요한 에너지를 감소시킨 것으로 생각된다. 특히 원료 수분함량 17%와 20%는 감소하는 경향이 뚜렷이 나타났다. 그리고 원료 수분함량 26~29% 수준과 23~17% 수준 사이에는 기계적 에너지 소비량의 큰 차이를 보였다. 일반적으로 압출조리 공정에서 기계적 에너지 소비량이 0.23 kWh/kg 이상일 때 원료 쌀전분의 저분자화가 크게 일어나는 것으로 보고되고 있으며 본 실험에서는 수분함량 23% 이하일 때 MEI 0.23 kWh/kg 이상이 되었다^{24,25)}.

수분용해도(WSI)의 변화

압출 조리물의 수분용해도는 원료의 수분함량이 감소할수록 15% 수준에서 35% 수준으로 크게 증가하는

경향을 보였고 계량부위의 온도증가에 대해서는 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 2). 한편 Fig. 3에서 보는 바와 같이 단순 열처리를 한 쌀가루는 열처리 시간 5분에서 크게 증가하였고, 원료의 수분함량이 증가할 수록 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 원료의 수분함량 11%는 열처리 시간이 증가되어도 수분용해도의 변화를 보이지 않고 원료 쌀가루와 비슷한 값(4.7%)을 나타냈다. 압출 조리한 쌀가루와 비교하여 볼 때 단순 열처리한 쌀가루는

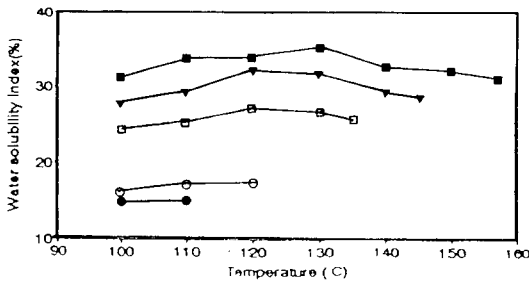


Fig. 2. Changes in water solubility index (WSI) of rice flour by moisture content and temperature during extrusion-cooking

■—■; 17, ▼—▼; 20%, □—□; 23%, ○—○; 26%, ●—●; 29%

원료의 수분함량 17% 수준에서는 10% 이하의 더 낮은 수분용해도를 나타내었고 23% 수준에서는 30% 수준의 높은 수분용해도를 나타내어 압출조리와의 반대현상을 보였다.

압출 조리물의 분자량 분포 변화

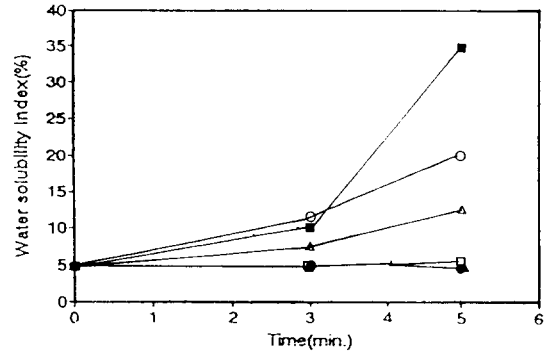


Fig. 3. Changes in water solubility index (WSI) of rice flour by simple heat-treatment. (Moisture content of Raw was 11%)

▲—▲; 100C/Raw, □—□; 150C/Raw, ●—●; 200C/Raw, △—△; 200C/17%, ■—■; 200C/23%, ○—○; 200C/29%

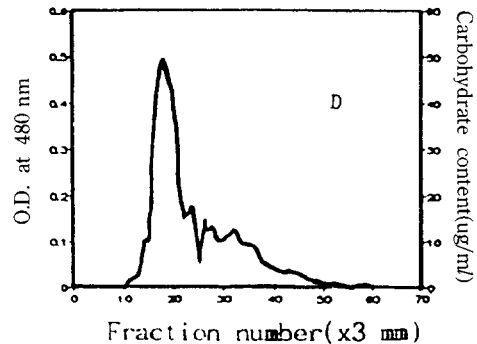
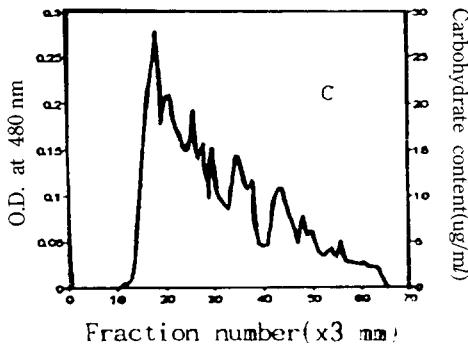
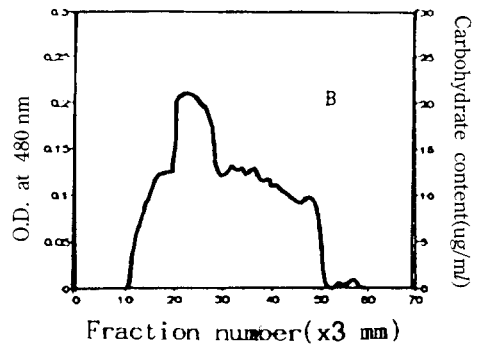
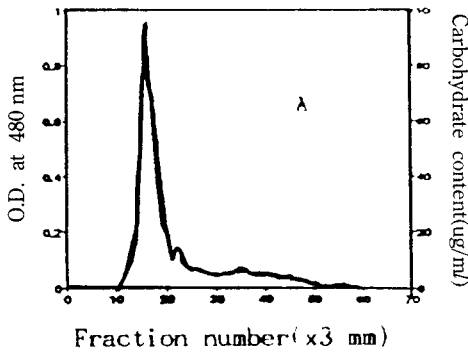


Fig. 4. Changes in molecular weight distribution of rice extrudates determined by Sephacryl S-1000 gel permeation chromatography

A; raw rice starch, B; m.c. 17%, 120°C, C; m.c. 20%, 120°C, D; m.c. 23%, 120°C

Table 1. Molecular weight distribution of raw rice, heat treated and extruded rice starch granules determined by Sephacryl S-1000 gel chromatography. (% of total starch)

Processing condition	Molecular weight(Dalton)			
	$\geq 4 \times 10^7$	$4 \times 10^7 \sim 5 \times 10^6$	$5 \times 10^6 \sim 2 \times 10^6$	$\leq 2 \times 10^6$
Raw rice starch	18.17	76.07	2.27	3.49
<Extrusion-cooking>				
17% Moisture				
110°C	6.62	78.92	6.18	8.18
157°C	5.89	81.48	4.23	8.40
20% Moisture				
120°C	5.79	79.44	5.17	9.60
145°C	9.56	80.37	4.18	5.89
23% Moisture				
110°C	5.29	86.29	3.83	9.54
135°C	12.88	82.10	1.17	3.85
26% Moisture				
120°C	18.01	74.37	2.26	5.38
29% Moisture				
110°C	18.12	75.05	2.25	3.5
<Simple heat-treated>*				
11% Moisture	17.77	76.34	3.09	2.80
17% Moisture	16.32	77.12	2.74	3.82
20% Moisture	17.65	76.02	2.45	3.88
23% Moisture	10.72	81.98	4.23	3.07
29% Moisture	13.29	80.12	3.20	3.39

*Samples were treated at 200°C for 5 min

Table 2. Change in molecular weight distribution of the processed rice starch by α -amylase treatment as determined by Sephacryl S-1000 gel chromatography (% of total starch)

Processing condition	Molecular weight(Dalton)			
	$\geq 4 \times 10^7$	$4 \times 10^7 \sim 10^6$	$5 \times 10^6 \sim 2 \times 10^6$	$\leq 2 \times 10^6$
befor enzyme				
treatment				
Raw rice starch	3.26	56.23	23.11	17.40
<Extrusion-cooking>				
17% Moisture				
110°C	1.65	13.23	43.56	41.56
157°C	0.21	11.26	45.25	43.28
20% Moisture				
120°C	2.89	13.34	42.67	41.10
145°C	3.24	15.11	48.90	32.75
23% Moisture				
110°C	5.27	14.44	57.24	23.05
135°C	7.38	17.49	50.65	24.48
26% Moisture				
120°C	5.01	42.68	25.23	27.08
29% Moisture				
110°C	5.12	45.59	26.45	22.84
<Simple heat-treated>*				
11% Moisture	3.37	57.24	22.70	16.69
17% Moisture	3.19	55.25	22.74	18.82
20% Moisture	3.11	56.18	23.55	17.16
23% Moisture	2.22	46.44	28.24	23.10
29% Moisture	2.07	47.66	29.58	20.69

*Samples were treated at 200°C for 5 min

Fig. 4는 Sephacryl S-1000 GPC 분석 패턴을 비교한 것이다. 압출 조리한 쌀전분은 원료 수분함량 17~23% 수준에서는 저분자화를 보여주었으나, Table 1에서 원료 수분함량 26~29% 수준에서는 원료 쌀전분과 비슷한 경향을 보였다. Table 1에서 볼 수 있는 바와 같이 원료의 수분함량이 낮을 수록 계량부위의 온도 110~120°C 에서 크게 저분자화 되는 것으로 나타났다. 이것은 앞에서 언급한 MEI의 변화와 일치하는 경향이다. 낮은 수분을 포함하고 있는 원료를 압출조리할 때 높은 동력을 소비하므로 원료 전분이 기계적 충밀립과 압력의 작용을 많이 받게 되며 전분의 무작위 분해가 크게 일어났을 것으로 판단된다. 따라서 자가 발열형 압출조리의 경우 원료의 수분함량이 23% 이하, 바렐의 온도 110°C 이상에서 분자량 4천만 달톤 이상의 큰 분자들이 4천만~5백만 달톤 수준으로 이동하는 쌀전분의 저분자화가 뚜렷이 나타남을 알 수 있었다.

열처리 시료의 분자량 분포 변화

원료에 수분을 가수하지 않은 쌀가루(11% moisture)는 온도 100~200°C 범위에서 가열시간 0~5분까지의 처리에도 전분의 분자량 분포 변화를 보이지 않았다. 그러나 원료의 수분함량이 23~29% 수준으로 증가하면 200°C, 5분간 열처리된 시료에서 쌀전분은 저분자화 현

상이 관찰되었다. 단순열처리에 의한 쌀전분분자의 저분자화는 압출조리한 경우보다 적게 일어나는 것으로 나타났다. Table 1에서 보면 압출조리에서 4천만 달톤 이상의 큰 분자량을 가진 전분들이 5~10% 범위였으나, 단순 열처리에 의해서는 원료 수분함량 23~29% 수준에서 4천만 달톤 이상의 큰 분자량을 가진 전분들이 10~13% 범위로 나타났다. 원료 쌀전분에 있어서 4천만 달톤 이상의 큰 분자량을 가진 전분은 전체의 18% 수준이었음을 감안할 때 단순열처리에 의하여는 전분의 분자량 변화가 거의 일어나지 않으며 압출 조리시에 발생하는 기계적 충밀립이 더 큰 작용을 한다는 것을 알 수 있었다.

전분의 열처리 조건이 효소 민감성에 미치는 영향

열처리된 전분을 α -amylase로 처리하였을 때 환원당의 생성속도를 보면 압출조리한 것이 단순열처리한 경우보다 효소적 가수분해가 크게 일어나는 것을 알 수 있다 (Fig. 5). 압출조리에서는 원료의 수분함량이 감소할 수록 환원당의 증가속도가 증가하였고 원료 수분함량 17%와 26%는 뚜렷한 차이를 보였다. 그러나 단순열처리의 경우 수분함량 10%, 가열온도 150°C 처리에서는 생전분과 별차이를 나타내지 않았다. 열처리된 전분을 α -amylase로 처리하였을 때 전분분자의 분자량 분포변화는 Table 2와 같다. Table 1과 2를 비교하면 압출조리된 쌀전분은

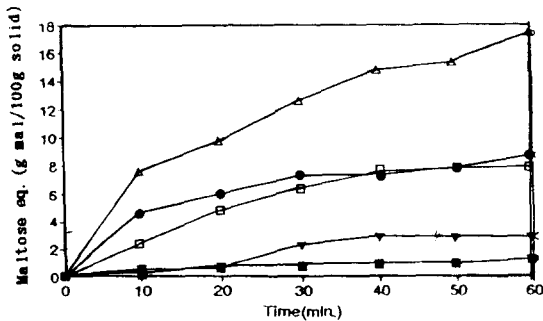


Fig. 5. Changes in maltose equivalent of rice powder treated with α -amylase. (Ex.: Extrusion-cooking, H: Simple heat-treatment)

■—■; Raw rice, \triangle — \triangle ; Ex. 17%/130°C, ●—●; Ex. 26%/120°C, □—□; H, 200C/23%/5 min. ▼—▼; H, 150C/11%/5 min.

α -amylase 처리에 의하여 급격히 가수분해되어 85%에 달하던 5백만 dalton 이상의 고분자들이 15% 이하로 감소하고 5백만 dalton 이하의 저분자들이 85% 이상을 차지하게 된다. 이러한 현상은 수분함량 23% 이하에서 뚜렷이 나타났다. 한편 단순열처리의 경우는 효소처리에 의하여 4천만 dalton 이상의 고분자 성분들이 현저히 감소하였으나 아직 6백만 dalton 이상의 분자들이 50% 이상을 차지하고 있으며 가열시 수분함량이 높을 수록 효소민감성은 증가하는 현상을 나타내었다.

고유점도의 변화

고분자 물질의 고유점도는 그 분자량의 크기와 측비를 나타내는 간접적인 지표가 될 수 있다. 압출조리물의 고유점도는 원료의 수분함량에 따라 크게 차이를 나타내었으며 이것은 GPC 패턴에서 보인 쌀전분의 분자량 분포변화와 같은 경향을 보였다. 원료 쌀가루의 고유점도는 1.1263 dl/g이었고, 압출조리물의 고유점도는 원료 수분함량 17%였을 때 약 0.89 dl/g, 20%는 약 0.91 dl/g, 23%는 0.92 dl/g, 26~29%에서는 1.10 dl/g 수준으로 원료 쌀가루와 큰 차이를 보이지 않았다(Table 3). 단순 열처리시 시료의 고유점도 변화는 원료 수분함량 11~17% 수준에서는 처리시간과 온도에 관계없이 원료 쌀가루와 비슷한 고유점도를 보였고, 원료 수분함량이 23% 이고 처리온도 200°C에서 5분간 열처리 되어진 쌀전분은 0.9523 dl/g, 원료 수분함량 29%이고 처리온도 200°C에서 5분간 열처리 되어진 쌀전분은 0.9863 dl/g의 고유점도를 나타내었다. 효소처리에 의한 고유점도의 변화를 보면 압출조리물은 원료 수분함량 17~23% 수준에서는 효소 처리에 의해 고유점도가 0.25~0.32 dl/g로 크게 감소하였고, 원료 수분함량 26~29% 수준에서는 0.34~0.36 dl/g을 나타내었다. 단순 열처리한 시료는 0.6~0.7 dl/g의 수준의 고유점도를 보였고, 원료 수분함량 23%에 열처리 시간 5분의 쌀전분은 0.3122 dl/g, 원료 수분함량 29%에

Table 3. Changes in the intrinsic viscosity of rice starch by heat treatment and subsequent α -amylase treatment

Starch heating condition	Intrinsic viscosity after heating (dl/g)	Intrinsic viscosity after α -amylase treatment (dl/g)
Raw rice starch	1.1263	0.6426
<Extrusion-cooking>		
17% Moisture 110°C	0.8930	0.2612
157°C	0.8996	0.3034
20% Moisture 120°C	0.8945	0.2591
145°C	0.9231	0.2634
23% Moisture 120°C	0.9062	0.2833
135°C	0.9318	0.3318
26% Moisture 120°C	1.0684	0.3624
29% Moisture 110°C	1.1103	0.3544
<Simple heat-treated>		
11% Moisture 100°C	5min 1.1235	0.5436
(Raw rice) 150°C	5min 1.1076	0.6077
200°C	5min 1.0003	0.5407
17% Moisture 200°C	5min 0.9995	0.4655
23% Moisture 200°C	5min 0.9523	0.3122
29% Moisture 200°C	0min 1.0125	0.4879
	3min 0.9973	0.4516
	5min 0.9863	0.3275

열처리 시간 5분의 쌀전분은 0.3275 dl/g을 나타냈다. 원료 쌀가루의 고유점도는 1.1263 dl/g이었고 효소처리에 의해 0.6426 dl/g이 되었다. 효소처리에 의해 원료 쌀가루, 단순 열처리, 압출조리의 순으로 고유점도 값이 낮게 나타났다. 이는 Sephacryl S-1000에 의해 측정된 전분의 저분자화에 대한 결과와 일치하였다.

요 약

쌀가루의 압출 조리조건과 단순 열처리조건에 따른 쌀전분의 분자량 분포와 α -amylase 민감성 변화를 조사하였다. 압출조리는 단일축 압출성형기를 이용하였으며 원료의 수분함량 17~29%, 압출온도 100~150°C 범위에서 처리하였다. 단순 열처리는 원통형 알루미늄 캔술에 시료를 밀봉하여 100~200°C 유탕기내에서 일정 시간 가열하였다. 이들 가열처리된 시료를 다시 α -amylase를 처리하여 가수분해속도를 측정하였다.

쌀 전분 원료미분의 수분함량이 23% 이하일 때 압출조리시 수분용해도와 분자량 감소가 크게 일어났으며 이러한 변화는 extruder의 기계적 에너지 투입량(MEI)과 비례하였다. 한편 단순 열처리에서는 원료 수분함량이 높아짐에 따라 가열에 의한 분자량 감소가 감지되었으나 그 변화정도는 압출조리에 비교하여 저조하였다. 열처리된 시료를 α -amylase로 처리하였을 경우 수분함량 23% 이하에서 압출조리된 시료는 효소적 가수분해가 크게 일어나 대부분의 전분입자가 5백만 dalton 이하의 분자량을 가지게 되었으나 고수분 압출물과 단순 열처리에

서는 효소처리에 의한 분자량 감소가 크게 나타나지 않았다. 이러한 분자량 변화 현상은 전분용액의 고유점도 변화에 의하여 확인되었다. 이러한 결과는 쌀전분의 저분자화에 의한 수용성 증가 및 효소반응 민감성 증대는 단순 열처리보다는 압출조리에 의하여 크게 일어나며 이것도 extruder 내에서 가열과 동시에 가해지는 강한 압력과 증밀림에 의하여 전분입자의 변형이 크게 일어나는 것을 입증하는 것이다.

문 헌

1. Whistler, R.L. and Daniel, J.R.: Molecular structure of starch in "Starch: Chemistry and Technology", ed. by Whistler, R.L., Bemiller, J.N. and Paschall, E.F. 2nd. p.153, Academic Press, New York(1984)
2. Lay, G. and Bellinghen, B.: Polymer composition containing destructurized starch. United States Patent. Patent Number: 5095054, 868 Claims, 4 Drawing Sheets(1992)
3. Fanta, G.F., Swanson, C.L. and Shogren, R.L.: Starch-poly(ethylene-co-acrylic acid) composite films. Effect of processing condition on morphology and properties. *J. App. Poly. Sci.* **44**, 2037(1992)
4. Shogren, R.L., Thompson, A.R., Felker, F.C., Harry-O' Kuru, Gordon, S.H., Greene, R.V. and Gould, J.M.: Polymer compatibility and biodegradation of starch-poly(ethylene-co-acrylic acid)-polyethylene blends. *J. App. Poly. Sci.* **44**, 1971(1992)
5. Doublier, J.L., Colonna, P. and Mercier, C.: Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I. Physical and macromolecular modification. *Cereal Chem.* **61**, 583(1984)
6. Doublier, J.L., Colonna, P. and Mercier, C.: Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. II. Rheological characterization of starch pastes. *Cereal Chem.* **63**, 240(1984)
7. Gomez, M.H. and Aguilera, J.M.: A physicochemical model for extrusion of corn starch. *J. of Food Sci.* **49**, 40-46, 63(1984)
8. Mercier, C. and Feillet, P.: Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. *Cereal Chem.* **52**, 283-297(1975)
9. 전제현: 단백질 및 전분의 반응, "식품 Extrusion의 기술(I)", p.159. 유럽문화사. 서울(1990)
10. 한 역: 압출성형에 의한 쌀-대두단백 혼합물의 조직화. 고려대학교 박사학위논문 (1991)

11. 신동훈: Extruder의 기계적 작동조건에 따른 곡류의 바렐내 체류시간과 압출물의 이화학적 특성. 고려대학교 석사학위논문(1989)
12. 최희돈: 쌀 전분의 인산화 및 extrusion에 의한 이화학적, 물리학적 특성 변화. 고려대학교 석사학위논문(1987)
13. 류기형, 이철호: 수분함량과 입자크기에 따른 rice extrudate의 물성학적인 성질. 한국식품과학회지, **20**, 3 (1988)
14. A.O.A.C.: Method of Analysis of A.O.A.C. 14th ed. p. 123. The Association of Official Analytical Chemists Press. Washington, D.C.(1884)
15. 임재각, 이철호: Single-screw food extruder의 제작과 corn grits 팽화시의 기계적 성질과 제품특성. 한국식품과학회지, **15**, 4(1983)
16. Chaplin, M.F. and Bucke, C.: Enzyme technology. pp. 146-155. Cambridge University Press. New York(1990)
17. Korn, S.R. and Harper, J.M.: Extrusion of corn for ethanol fermentation. *Biotechnology Letters.* **4**(7), 417 (1982)
18. Erikainen, T. and Linco, P.: Extrusion cooking modeling, control, and optimization. in "Extrusion Cooking" ed. by Mercier, C., Linco, P., Harper, J.M. pp.157 AACC, Inc., St. Paul. Minnesota(1989)
19. Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L.J.: Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits. *Cereal Sci. Today.* **14**(11), 372(1969)
20. Chaplin, M.F. and Kennedy, J.F.: Phenol-sulfuric acid assay in Carbohydrate analysis. p.2. IRL press (1986)
21. Fischer, L.: Gels for chromatography. in "Gel Filtration Chromatography". wnd. ed. pp.36-39. Elsevier/North-Holland Biochemical press. New York(1980)
22. Swenson, H.A.: Intrinsic viscosity and its conversion to molecular weight. in "Method in Carbohydrate Chemistry". ed. by Whittler, R.L. Academic press. Vol. 3, p.84(1963)
23. Walton, A.G. and Blackwell, J.: Viscosity, in "Biopolymer". Academic press. p.316(1973)
24. Wen, L-F., Rodis, P. and Wasserman, P.: Starch fragmentation and protein isolubilization during twin-screw extrusion of corn meal. *Cereal Chem.* **67**(3), 268-275(1990)
25. Colonna, P., Doudlier, J.L., Melcion, J.P., de Monredon, F. and Mercier, C.: Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I. physical and macromolecular modifications. *Cereal Chem.* **61**, 538(1984)

(1993년 9월 14일 접수)

탈지 및 지질첨가 강남콩, 녹두와 옥수수 전분의 특성

이상균 · 신말식

전남대학교 식품영양학과

Physicochemical Properties of Defatted and Lipid-reintroduced Kidney Bean, Mung Bean and Corn Starches

Sang-Keum Lee and Mal-Shick Shin

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

Abstract

Physicochemical properties of defatted and lipid-reintroduced kidney bean, mung bean, and corn starches were investigated. Granule shapes of kidney bean and mung bean starches were oval/round, but corn starch was polygonal and each shape was not changed after defatting and lipid reintroducing. The granule sizes of starches ranged 12~45 μm , 10~32 μm and 5~20 μm respectively, but those of lipid reintroduced starches increased slightly. All starches showed Ca type in x-ray diffraction but relative crystallinity was decreased by defatting. The amylose contents of starches increased after defatting but decreased after lipid-reintroduction. The swelling power and solubility of untreated starches at each temperature increased by defatting but decreased by lipid-reintroduction except corn starches. The initial pasting temperatures of kidney bean, mung bean and corn starches by amylograph were 87, 67 and 80°C respectively, and those of them were lowered by defatting. The peak viscosity, height at 50°C, consistency and setback on amylogram of starches decreased by defatting but increased by lipid-reintroduction.

Key words: kidney bean starch, mung bean starch, corn starch, defatting, lipid-reintroduction.

서 론

전분의 물성학적인 특성은 전분자체의 특성 이외에도 수분, 지질, 당류 및 온도, 첨가물질 등 여러 요인에 의하여 영향을 받게 되며 그 중 지질은 전분분자와 복합체를 형성함으로써 호화양상과 텍스처에 영향을 준다고 알려져 왔다⁽¹⁻⁶⁾. 전분에는 소량의 지질이 함유되어 있고 이 지질은 비전분지질인 유리지질과 전분지질인 결합지질로 나누어지며 결합지질일 경우 주로 전분입자의 아밀로오스와 복합체를 형성하여 존재하고 전분의 물리화학적 특성에 영향을 준다고 한다^(7,8). Morrison 등⁽⁹⁾은 전분에 함유된 지질은 주로 linoleic acid와 palmitic acid로 구성된 지방산과 lysophosphatidyl choline이라고 하였으며, 이들 지질은 전분의 호화를 억제하는 것으로 알려져 왔다. 전분과 지질의 상호작용은 에스터결합과 극성결합에 의해 나타나며, 결합지질은 나선구조안에 물분자의 침투를 저해하는 역할을 하고 유리지질은 온도상승에 따른 점도 증가를 제한하지는 않는다고 하였

다⁽¹⁰⁾. Mikus 등⁽¹¹⁾에 의하면 지질과 아밀로오스의 복합체형성 정도는 지방산의 사슬길이, 불포화도 정도, 친수성부분의 구성에 따라서 영향을 받는다고 하였다. Ghiasi 등⁽¹²⁾은 첨가된 지질이 85°C 이하의 온도에서 아밀로오스와 복합체를 이루어 전분입자의 팽윤과 아밀로오스의 용출을 낮춘다고 하였다. Takahashi 등⁽¹³⁾은 전분입자내의 지질이 아밀로오스의 용출을 억제하여 전분겔의 강도와 이장현상을 낮춘다고 하였다. Osman 등⁽¹⁴⁾에 의하면 계면활성제를 전분/수분혼합물에 첨가하게 되면 pasting temperature를 현저히 증가시킨다고 하였으며 Hoover 등⁽¹⁵⁾에 의하면 아밀로오스와 지질의 복합체가 팽윤력, 용해도, 물결합능력과 같은 전분의 물성학적인 특성에 영향을 준다고 하였다.

전분겔의 리올로지에 영향을 주는 요인들이 잘 이해되고 있지 않기 때문에 겔화 과정에서 일어나는 분자의 변화를 물성학적인 특성과 관련짓기 어려울 뿐만 아니라 녹두, 동부, 도토리, 메밀 등의 전분만이 묵과 같은 독특한 텍스처 특성을 갖는 겔을 형성하는 이유에 대해서도 많은 연구가 시도되고는 있으나 충분히 이해되지 못하고 있다.

그러므로 전분에 함유된 지질함량이나 지질과 전분의 상호작용이 전분겔 형성과 특성에 미치는 영향을 알아 보기 위하여 묵 재료로 쓰이는 녹두전분과 강남콩전분,

Corresponding author: Mal-Shick Shin, Department of Food and Nutrition College of Home Economics, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

옥수수전분을 분리하여 탈지전분과 탈지시 추출된 지질을 다시 첨가시켜 만든 지질첨가 전분의 이화학적 특성을 알아보았다.

재료 및 방법

재료

전라남도 무안작물시험장과 농촌진흥원에서 1991년에 수확한 강남콩 수원 1호와 남평녹두를 사용하였으며 옥수수전분은 선일포도당에서 구입하여 사용하였다.

전분제조 및 일반성분의 분석

전분의 제조는 알칼리침지법⁽¹⁶⁾을 사용하였고 일반성분은 AOAC 방법⁽¹⁷⁾으로 수분, 회분, 조단백질, 조지질과 총지질을 분석하였다.

전분의 탈지와 지질의 첨가

탈지전분시료(DFS: defatted starch)는 Soxhlet 장치를 사용하여 99% 메탄올로 48시간 동안 추출하고 실온에서 건조한 다음 100 mesh 체를 통과하여 얻었다. 탈지전분에 추출한 지질을 첨가하여 에테르로 40℃에서 16시간 동안 reflux시킨 다음 실온에서 건조한 후 100 mesh 체를 통과하여 지질첨가 전분시료(LRS: lipid-reintroduced starch)로 사용하였다.

전분입자의 형태 및 크기분포

전분의 형태는 광학현미경(Nikon Co., Japan)으로 관찰하였고 크기 분포는 전분입자 100개의 장경을 측정하여 백분율로 나타내었다. 전분입자의 표면은 주사전현미경(JEOL JSM-35, Japan)을 사용하여 1500배로 관찰하였으며 기기의 조건은 가속전압 25 kV, phototime 90초로 하였다⁽¹⁸⁾.

X-ray 회절도

전분의 X-ray 회절도는 X-ray diffractometer(Rigaku Co., Japan)를 사용하여 Target: Cu-Kα, Scanning speed: 4°/min, Filter: Ni, Chart speed: 40 mm/min, Voltage: 30 kV, Current: 15 mV, Full scale range: 1000 cps, Time constant: 1 sec로 회절각도(2θ) 40~3°까지 회절시켜 분석하였다.

이화학적 성질

아밀로오스의 함량은 Williams 등의 방법⁽¹⁹⁾으로 정량하였고, 표준곡선은 Schoch의 부탄올법⁽²⁰⁾으로 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴을 일정비율로 혼합한 다음 위와 동일한 방법으로 작성하였다. 물결합능력은 Medcalf와 Gilles 방법⁽²¹⁾으로 하였으며 팽윤력과 용해도는 Schoch의 방법⁽²²⁾에 따라 측정하였다.

Amylograph에 의한 호화양상

전분의 amylograph에 의한 호화양상은 전분현탁액(7%, 건량기준)을 만들어 Brabender/Visco/Amylograph를 사용하여 Medcalf와 Gilles의 방법⁽²¹⁾에 따라 측정하였다.

결과 및 고찰

일반성분

시료전분의 일반성분은 Table 1과 같으며, 탈지시 지질함량은 0.01~0.11%로 감소하였으며 지질이 첨가된 전분은 생전분과 비슷한 양의 지질을 함유하였다. 총지질은 곡류인 옥수수전분이 가장 많았으며 두류전분에서는 강남콩전분이 녹두전분보다 약 3배 정도 많았다.

전분입자의 형태 및 크기분포

전분의 모양은 Fig. 1과 같이 강남콩과 녹두전분인 경우에는 둥근 타원형이었으며, 옥수수전분에서는 다각형을 보여주었고 탈지하거나 지질을 첨가하였을 때에도 모양은 변하지 않았다. 강남콩전분과 녹두전분의 입자 표면은 매끄럽고 부드러운데, 옥수수전분의 표면은 매끄럽다기보다는 다소 홈이 있는 형태를 보였다. 이러한 전분의 형태는 Lai와 Varriano⁽²³⁾ 그리고 두류전분에 대한 여러 연구자들의 연구보고와 일치하였다⁽²⁴⁻²⁶⁾. 탈지와 지질첨가 전분시료에서도 변화된 형태는 보이지 않아 시료처리 과정 중 전분입자의 손상이 없음을 알 수 있었다. 전분입자의 크기분포는 Fig. 2와 같으며 강남콩전분은 12~45 μm, 녹두전분은 10~32 μm, 옥수수전분은 5~20 μm의 크기분포를 보여주었다. 탈지전분에서는 입자의 분포양상이 생전분과 거의 유사하게 나타났으나 지질을 첨가한 전분 입자의 크기는 다소 증가하는 경향이었으며, 강남콩전분 입자의 크기 증가율이 가장 컸다.

X-ray 회절도

전분의 X-ray 회절도는 Fig. 3과 같았다. 시료전분 모두

Table 1. The proximate composition of various starches

Samples	Components	Moisture (%)	Protein (%)	Ash (%)	Lipid (%)	
					Crude	Total
Kidney bean Starch	UTS ¹	12.17	0.38	0.05	0.12	0.29
	DFS ²	9.39	0.23	0.05	0.01	0.03
	LRS ³	10.71	0.49	0.08	0.03	0.22
Mung Bean Starch	UTS	14.48	0.31	0.03	0.02	0.10
	DFS	13.57	0.19	0.06	0.03	0.06
	LRS	9.28	0.54	0.08	0.03	0.09
Corn Starch	UTS	10.47	0.49	0.03	0.05	0.54
	DFS	10.61	0.35	0.03	0.06	0.11
	LRS	8.23	0.62	0.05	0.04	0.52

¹UTS: Untreated starch, ²DFS: Defatted starch, ³LRS: Lipid-reintroduced starch.

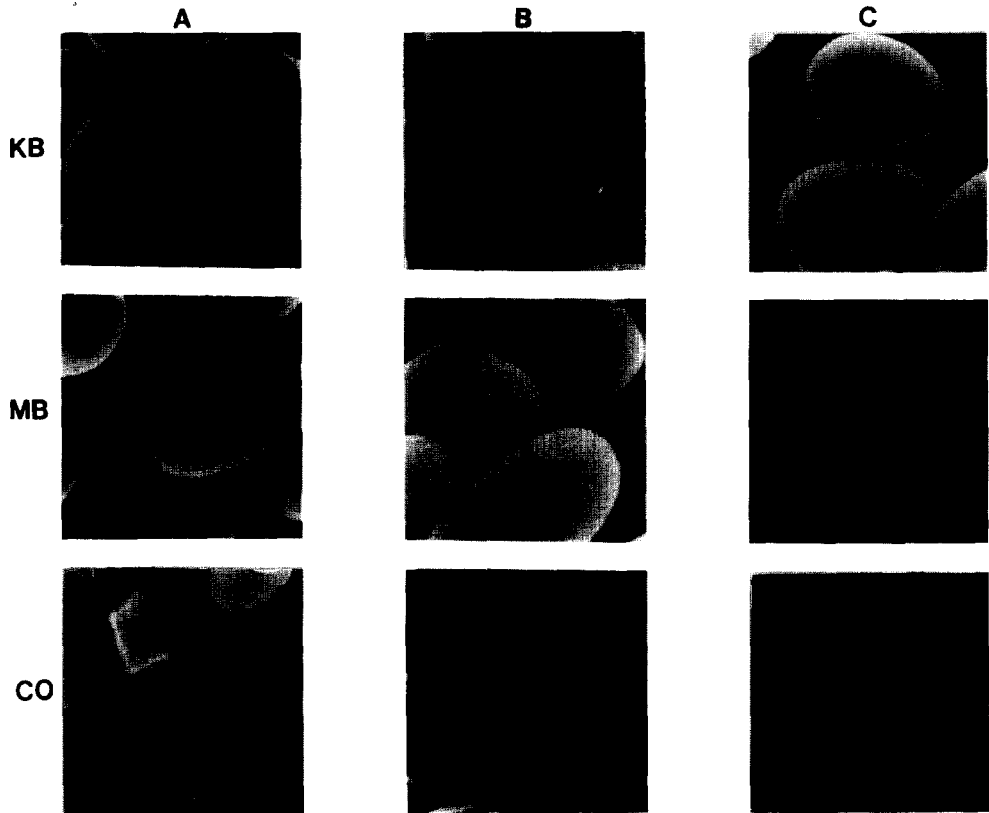


Fig. 1. Scanning electron micrographs of Kindney bean (KB), Mung bean (MB) and Corn (CO) starches
A: untreated, B: defatted, C: lipid-reintroduced

C형으로 A형에 가까우며, 전형적인 A형이나 B형과는 다른 회절양상을 보여주었으며 권⁽²⁷⁾이 보고한 결과와 같았으나 옥수수전분은 다른 곡류전분과 다르게 18.3°의 peak가 17.3°보다 낮은 Ca형을 보였다. 탈지와 지질첨가 전분의 결정정도 유지하였으나 탈지시에 결정성의 정도는 감소하였고 지질을 첨가한 전분시료에서는 증가함을 보였다. 최 등⁽²⁸⁾은 탈지한 쌀전분의 결정성의 정도는 생전분을 100%로 하였을 때 83.1%, 지질을 첨가한 전분은 93.3%로 생전분보다 탈지시에 감소하였으며 지질 첨가시에 다시 증가하였으나 그 정도는 생전분보다 낮았다고 보고하였다.

이러한 결과는 옥수수전분의 결정성이 탈지전분인 경우 86.36%, 지질첨가전분은 95.45%로서 생전분보다 낮게 나타난 본 실험의 결과와 일치하였다. 그러나 두류전분인 강남콩전분과 녹두전분은 다른 양상을 보였으며 탈지 강남콩전분의 결정성은 83.3%이고 지질첨가전분은 122.2%였으며 탈지녹두전분은 80.95%이고 지질첨가전분은 119.0%로서 생전분에 비해 탈지시에 결정성의 정도가 감소하였으나 지질을 첨가하게 되면 생전분보다 더 증가하여 곡류전분과는 다른 양상을 보였다.

이화학적 성질

전분의 이화학적 특성은 Table 2와 같았다. 아밀로오스의 함량은 녹두전분, 강남콩전분, 옥수수전분 순이었으며 탈지하면 증가되었고 지질을 첨가하면 생전분보다 더 감소하였다. 탈지시 아밀로오스 함량의 증가는 지질과 아밀로오스 복합체가 유리되면서 요오드와의 친화력이 증가되었기 때문이라 생각되며⁽⁵⁾ 본 실험의 아밀로오스 함량에 있어서도 신⁽²⁹⁾과 김 등⁽³⁰⁾이 보고한 결과와 같은 경향을 보였다.

지질을 첨가하게 되면 아밀로오스의 함량이 생전분에 비해 감소하는 것은 지질첨가 과정에서 요오드와 결합할 수 있는 아밀로오스 함량이 감소하였거나 첨가된 지질이 생전분과는 다른 형태로 전분입자내에 존재하므로 요오드가 아밀로오스의 나선구조속으로 스며들어가는 것을 저해하기 때문이라 생각된다. 또한 지질첨가 강남콩전분의 경우 총지질의 함량이 생전분과 비슷한 반면 지질첨가 후의 아밀로오스의 함량의 감소 정도는 매우 컸으므로 아밀로오스와 지질의 복합체 뿐만 아니라 아밀로오스의 구조적인 변화가 영향을 주는 것으로 생각된다. 물결합능력은 녹두전분이 다른전분에 비해 높게

나타났으며, Beleia 등⁽³¹⁾은 전분입자에 비결정성 부분이 많이 포함되어 있으면 더 많은 수분을 흡수할 수 있다고 하였다. 탈지한 전분시료는 생전분에 비해 물결합능력이 증가하였으며, 지질을 첨가한 전분은 생전분과 탈지전분보다도 더 높게 나타났는데 이러한 결과는 이와 신⁽⁶⁾의 보고와 같았다. 이와 신은 지질첨가전분의 표면에 지질이 흡착되어 있어서 전분입자에 물이 흡수되는 것을 저해하며, 전분립 사이의 공간에 물을 함유함으로써 원심분리한 후에도 전분죽과 같은 형태로 남아있기 때문에 높게 나타났다고 하였다. 녹두전분은 다른 두 전분과는 달리 탈지와 지질첨가 후에 물결합능력의 변화가 거의 없어

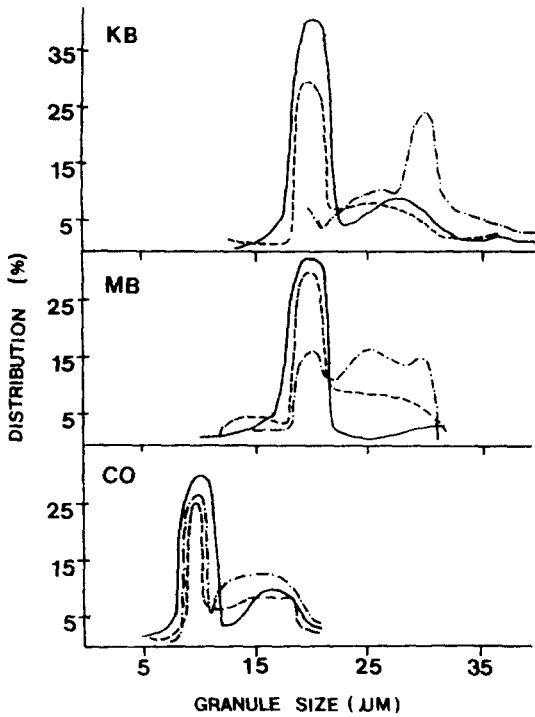


Fig. 2. Granule size distribution of Kidney bean (KB), Mung bean (MB) and Corn (CO) starches
Untreated: (—), Defatted: (---), Lipid-reintroduced: (-.-)

생전분의 지질함량이 적으므로 지질의 유무에 큰 영향을 받지 않았다고 생각된다.

온도에 따른 팽윤력은 Fig. 4와 같았다. 팽윤력은 시료전분 모두 온도상승에 따라 증가하였고 탈지전분이

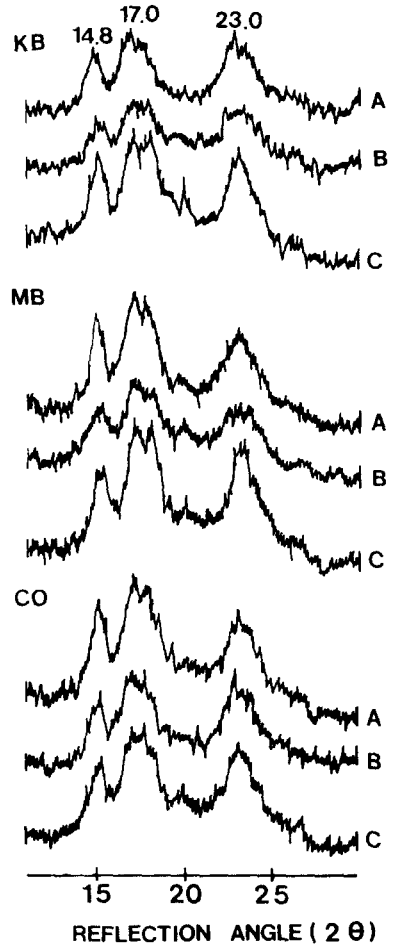


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of Kidney bean (KB), Mung bean (MB) and Corn (CO) starches
A: untreated, B: defatted, C: lipid-reintroduced

Table 2. The physicochemical properties of various starches

Properties	Starches	Kidney bean			Mung bean			Corn		
		UTS ¹⁾	DFS ²⁾	LRS ³⁾	UTS	DFS	LRS	UTS	DFS	LRS
Amylose content (%)		30.8	34.1	21.0	36.0	36.3	34.9	25.1	29.6	24.4
Water binding capacity (%)		85.7	103.1	146.8	108.0	111.7	112.7	81.1	95.0	130.0
Swelling power at 80°C		8.7	8.9	7.2	17.0	16.7	12.0	11.7	13.2	11.9
Solubility (%) at 80°C		10.3	12.4	5.6	15.8	17.6	12.0	8.0	16.6	10.3

¹⁾UTS: Untreated starch, ²⁾DFS: Defatted starch, ³⁾LRS: Lipid-reintroduced starch.

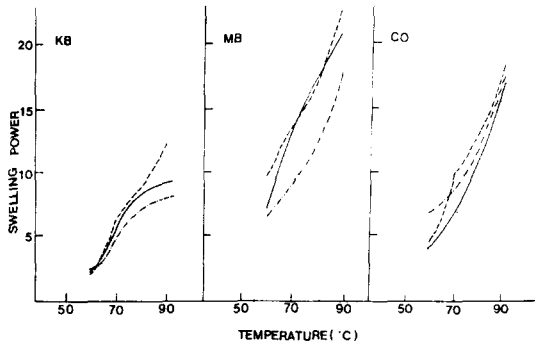


Fig. 4. Swelling powers of Kidney bean (KB), Mung bean (MB) and Corn (CO) starches
 A: untreated, B: defatted, C: lipid-reintroduced

생전분에 비해 높았으며 생전분과 같은 경향이 증가하였다. 지질을 첨가한 강남콩과 녹두전분의 팽윤력은 생전분과 탈지전분에 비해 낮게 나타났으나, 옥수수전분에서는 생전분보다 높게 나타나 다른 양상을 보여주었다. 용해도는 팽윤력의 결과와 같은 경향을 보였다.

Amylograph에 의한 호화양상

호화에 따른 점도변화는 Fig.5와 같았다. 호화개시온도는 강남콩, 녹두, 옥수수전분이 각각 87, 67, 80°C로서 녹두전분의 호화가 가장 빨리 시작되었고, 강남콩전분의 호화개시온도는 다른 전분에 비하여 현저히 높았으며 이러한 결과는 신⁽²⁹⁾의 보고와 같은 경향을 보였다. 탈지시에는 호화개시온도가 생전분보다 낮아졌고, 녹두와 옥수수전분은 95°C 이전에 최고점도를 보였으나 강남콩의 경우에는 나타나지 않았으며, 가열 냉각과정에서도 전반적으로 점도의 증가가 아주 미약하였는데 이는 동부와 녹두만이 95°C 이전에 최고점도를 보였고, 강남콩은 최고점도가 나타나지 않았다는 권⁽²⁷⁾의 결과와 일치하였다. 강남콩전분을 제외하고 탈지시킨 모든 전분시료에서는 최고점도, 냉각점도, consistency, setback 모두 생전분보다 감소하였으며, 지질을 첨가시킨 전분에서는 녹두전분인 경우 생전분보다는 낮게 탈지전분보다는 높게 나타났으며, 옥수수전분은 최고점도에 있어서는 생전분과 유사하게 증가하였으나 다른 특성치들은 생전분보다도 오히려 높게 나타났다. 이러한 결과는 쌀전분을 탈지시켰더니 아밀로그래프의 최고점도가 나타나지 않았고 그 형태도 변화되었으며 지질을 첨가하게 되면 최고점도 뿐만 아니라 형태에 있어서도 생전분과 유사하게 나타났으며 hot paste viscosity와 냉각점도는 생전분보다 높게 나타났다는 Yasumatsu 등⁽³²⁾의 보고와 같은 경향이였다.

이상과 같은 결과로부터 전분속에 있는 지질은 비록 적은 양이더라도 이화학적인 특성 뿐만 아니라 아밀로그래프에 의한 호화양상에 영향을 주게 되며 지질을

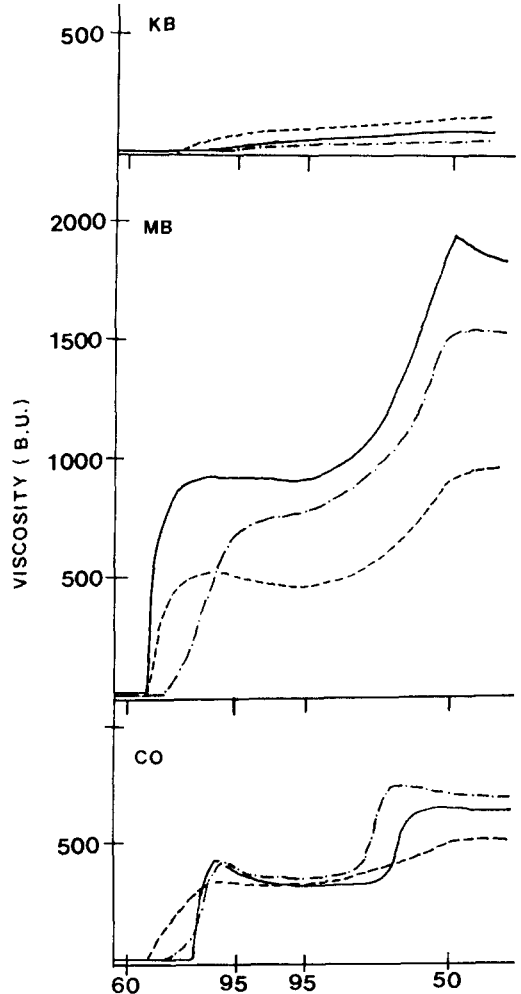


Fig. 5. Amylogram patterns of Kidney bean (KB), Mung bean (MB) and Corn (CO) starches
 Untreated: (—), Defatted: (---), Lipid-reintroduced: (-.-)

첨가하게 되면 생전분과는 다른 양상으로 전분입자의 표면이나 내부에 존재하므로서 전분의 물성적인 특성에 기여하게 되리라 생각된다.

요 약

강남콩, 녹두, 옥수수전분을 99% 메탄올로 탈지시키고 추출된 지질을 에테르로 탈지시료전분에 첨가한 다음 이화학적 특성과 호화양상을 알아보았다. 전분입자의 형태는 강남콩전분과 녹두전분이 둥근타원형이었고 옥수수전분은 다각형이었으며 시료처리 후에도 모양은 변하지 않았다. X-ray 회절도에 나타난 결정형은 모두 Ca형을 보였고 탈지전분의 결정성의 정도는 생전분에