

한국산과 중국산 녹두로부터 방법을 달리하여 분리한 전분의 이화학적 및 겔 특성에 미치는 영향

전옥윤 · 신말식[†]

전남대학교 식품영양학과와 생활과학연구소

Effects of Physicochemical and Gel Properties of Starches Purified from Korean and Chinese Mungbeans with Different Methods

Yurun Qian and Malshick Shin[†]

Department of Food and Nutrition and Human Ecology Research Institute, Chonnam National University

Abstract

To compare the physicochemical and gel properties of mung bean starches prepared by different purification methods, starches from Korean Eohul variety and Chinese mung bean (MB) with or without hull using alkaline solution or water as solvent were purified. The optimum conditions for making muk were investigated. Apparent amylose and total dietary fiber contents, water binding capacity, solubility and pasting properties by RVA were analyzed. The characteristics of starch gels (10% dry basis) were measured for 0 and 4 day stored at 4°C. The protein and ash contents were significantly different ($p < 0.05$) and lowered in starch from dehulled MB using alkaline solution. The starches from dehulled MB using alkaline solution showed the lowest color differences. Apparent amylose contents of Eohul and Chinese starches showed 37.06-39.03% and 31.57-32.74%, respectively. Chinese starch was higher in water binding capacity but lower in solubility at 85°C than others. Peak, trough, cold, and breakdown viscosities of Eohul starch were higher than those of Chinese one. Mung bean starch gel made immediately exhibited clear and glossy appearance but became whiter like milk. The crystallinities of starch and starch gel showed A and B types, respectively. The hardness, gumminess, and resilience of starch gel made immediately and hardness, cohesiveness, gumminess, and resilience of 4 day stored gels were different significantly ($p < 0.05$). Especially, Eohul starch gels purified from hulled MB showed higher resilience (bending property) and hardness. Therefore, it was suggested that high quality muk would be made using MB starch purified from hulled Korean mung bean using water as solvent. decreased in contain more than 20% of SGP added groups. The optimal concentration of SGP was found in the range of less than 10%.

Key words : hulled mung bean starch, starch gel, purification method, production area, textural property

1. 서론

녹두는 팔, 동부, 강남콩와 함께 전분을 함유한 두류로 많

은 나라에서 전분으로 당면을 만들어 사용하고 있을 뿐만 아니라 우리나라에서는 전통적으로 묵이나 과편을 만들어 왔다. 녹두는 단백질 20-28%와 전분 50-63%를 함유하고 있으며(Kye IS 등 1989, Kim AK 등 1995) 전분의 아밀로오스 함량이 높아 겔이 잘 만들어지는 특징을 가지고 있다(Kim SH 등 2007). 녹두 전분 겔은 제조 후 투명하고 강한 탄성을 가지며 쉽게 부서지거나 끊어지지 않고 bending properties가 우수한 특성을 가지고 있다. 이런 전분의 특성은 녹두 생산지나 품종에 따라 달라질 수 있다고 한다(Park SJ 등 2012).

[†]Corresponding author: Malshick Shin, Dept. Food and Nutrition, Chonnam National University
Tel: +82-62-530-1336
Fax: +82-62-530-1339
E-mail: msshin@chonnam.ac.kr

녹두는 알레르기성 피부에도 부작용이 없고 기미, 여드름, 잡티, 피지 제거 등이 미백효과와 화장독을 해독하는 작용을 한다(Kim DK 등 2009). 영양적으로는 단백질이 많은 식물성 식품으로 비타민A와 칼슘이 곡류에 비해 많을 뿐만 아니라 로이신, 라이신 등 필수 아미노산이 풍부하여 고급 식재료도 많이 이용되고 있었다. 녹두는 전통적으로 거피한 녹두를 물로 추출하여 얻은 앙금으로 묵과 국수, 고물, 죽, 과편 등을 만들어 왔으며 전분국수를 제조하는데 매우 우수 가공성을 가진다고 알려져 왔다(Kim AK 등 1995). 앙금은 거의 전분으로 이루어져 있는데 구성하는 아밀로오스 함량이 높아 겔 형성이 잘되는 특성을 가지고 있다. 녹두전분겔 식품을 청포묵이라 부르며 도토리, 동부와 메밀과 함께 독특한 텍스처를 가진 것으로 알려져 있다(Cho SA와 Kim SK 2000).

전분 겔은 충분한 물이 있는 조건에서 전분을 가열하면 전분입자가 팽윤되고 호화되면서 아밀로오스가 용출되어 나와 3차원적 그물망구조를 이루어 물을 가두고 안정한 고체의 성질을 갖는다. 전분 겔의 형성은 호화과정에서 용출된 직선상의 고분자인 아밀로오스에 의하며 아밀로오스의 노화는 냉각 즉시 일어나고 형성된 겔은 열에 의해 비가역적이다. 전분겔 식품인 묵은 그 독특한 물성인 씹고 삼키기가 쉬고 부서지지 않으며 탄성이 좋고 열량이 낮으므로 유아나 고령자뿐만 아니라 체중조절을 원하는 여성에게 주목받고 있다. 녹두 전분 겔은 풍미가 부드럽고 탄력성이 높으며 투명한 외관을 가지고 있어 다른 전분 겔보다 기호도가 높다. 전분 겔의 형성과 텍스처는 전분의 아밀로오스 함량과 분자량인 전분의 특성과 전분을 분리할 때 혼합되는 지질과 단백질, 겔을 만들 때 전분의 농도와 저장조건 등에 영향을 받는다고 알려져 있다(Park SJ 등 2012). 두류 중 녹두에는 지질은 거의 없으며 전분 외에 단백질을 함유하고 있어 분리하는 방법에 따라 앙금에 함유된 전분과 단백질 함량이 달라지며 이 단백질이 전분 겔을 형성하는데 어떤 영향을 주고 있는지 확인되지 않아 어떻게 분리하는 것이 묵 제조에 좋은 방법인지 연구된 바가 없다.

Kim HS와 Ahn SY(1997)에 의하면 묵의 텍스처 특성에 있어서 아밀로펙틴은 겔 지표와 탄성한계에, 아밀로오스는 겔 강도계수와 절단성에 기여하며, 이 두 분획은 어느 한 쪽 만으로는 묵을 형성할 수 없고 두 분획이 알맞은 비율로 배합되어 있을 때 비로소 묵이 될 수 있다고 하였다. 전분의 아밀로오스는 직선상의 분자이기 때문에 분자간의 이종나선구조를 형성하는 회합에 더 많은 잔기가 참여하게 되어 겔의 안정성이 더 크다고 하였다(Lee SK 등 1996).

국내산 녹두품종을 개량하여 수량을 증가시키고 병충해에 저항성을 갖는 녹두 품종을 개발하고 있다. 그 중 어울녹두는 1990년에 내재해 다수성인 KM87001(금성녹두)를 모본으로 하고 KM87009(경기재래5호/VC1560D/V3484)를 부분으로 하여 인공교배한 후 잡종 2세대부터 잡종 5세대까지 계통선택육종법으로 선발하여 1997년 품종으로 등록된 녹두로 천립중이 50 g으로 중립종이며 평균생산수량이 10a 당 163 kg(남부지방 188 kg)이었다. 종실의 형태는 종피광택과 협만곡이 없고 드럼형이다(전남농업기술원 2012). 녹두전분에 대한 국내 연

구는 녹두 전분의 이화학적특성과 호화 및 겔 특성(Kim AK 등 1995, Yoon GS 등 1989, Sohn KH 등 1990, Cho SA와 Kim SK 2000)과 어닐링 처리와 가열온도에 따른 열수추출물이 겔특성에 미치는 영향(Song YM 등 1995, Kwon MR와 Ahn SY 1993, Chung KM 등 2000), 저장 중 겔 특성변화(Kwon MR와 Ahn SY 1993)이 있다. 국외에서는 녹두전분의 이화학적 특성(Hoover R 등 1997, 중국의 전통적인방법인 산을 이용하여 추출한 녹두전분의 특성(Chang YH 등 2006, Liu W와 Shen Q 2007)이 있으며 전분을 물리적 처리를 하거나 첨가물질을 넣었을 때 영향과 전분겔에 대한 연구가 있다(Ohwada N 등 2002, Hongsprabhas P 2007, Li W 등 2011, Ahmed J 2012). 국내산 5품종의 녹두전분 화학적 구조에 대한 연구(Kim SH 등 2007)가 보고되어 있다.

그러나 최근 녹두의 소비량 중 많은 양이 중국에서 수입되고 있으나 국내산과 중국산 녹두전분의 이화학적 및 겔 특성에 대해 비교한 연구도 없으며 전분을 분리할 때 함유된 단백질과 껍질에 함유된 여러 기능성 물질이 전분겔에 미치는 영향에 대한 연구도 거의 없는 실정이다.

그래서 본 연구에서는 한국산 다수확 녹두 품종 중에서 어울녹두와 중국 안휘성에서 수확한 녹두로 분리방법을 달리하여 껍질 유무와 알칼리용액과 물을 이용하여 분리한 전분이 이화학적특성과 전분겔 특성에 미치는 영향을 비교하였다.

2. 재료 및 방법

재료

녹두는 2011년 전남에서 수확된 국내산 품종인 어울 녹두를 전남농업기술원을 통해 구입하였으며 중국산 녹두는 2011년 중국 안휘성에서 생산된 것을 현지인을 통하여 구입하여 사용하였다. 녹두 전분의 총 식이섬유(TDF, total dietary fiber) 함량 측정은 TDF kit를 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. TDF kit는 heat stable α -amylase, protease, amyloglucosidase와 acid washed celite로 구성되었다.

1) 녹두 전분의 분리

한국산 어울 녹두는 수침 후 껍질을 제거한 것과 껍질이 있는 녹두를 들로 나누어 하나는 0.2% NaOH에 담가 알칼리 침지법(Park SJ 등 2012)으로 전분을 분리하였고 다른 것은 증류수로 체를 이용하여 분리하였다. 녹두는 깨끗이 씻어 이물질을 제거하고 물에 담가 불린 다음 반은 껍질을 제거하였고 나머지 반은 껍질이 있는 채 알칼리 침지법과 물로 추출하여 전분을 분리 하였고 중국산 녹두는 껍질 유무에 따라 물 추출법으로만 분리하였다.

껍질 유무에 따라 불린 녹두의 물을 제거하고 0.2% NaOH(w/w) 용액에 1시간 동안 침지하였다. 블렌더(DA 282-2, Daesung Artlon, Seoul, Korea)를 이용해 마쇄한 후 100 mesh((150 μ m)와 200 mesh((75 μ m) 체를 차례로 통과시켰다. 얻어진 침전물의 노란층이 사라질 때까지 0.2% NaOH 용

액으로 반복 씻어 원심분리(3,000 × g, 10 min)한 후, 1 N HCl 용액을 사용하여 pH 7.0으로 중화시켰다. 염을 제거하기 위해 증류수로 4번 이상 반복하여 씻고 원심분리한 후, 얻어진 어울 녹두 정제전분은 실온에서 풍건한 후 분쇄하고 100 mesh 체에 통과시켜 시료로 사용하였다.

물 추출법은 껍질 유무에 따라 상온에서 완전히 불을 때까지 1-2일 불린 어울과 중국산 녹두를 그대로 증류수와 함께 블렌더로 갈아 위와 같이 100 mesh와 200 mesh 체를 계속 통과시키고 침전물인 전분은 증류수로 씻은 후 원심분리하여 풍건 하고 100 mesh 체를 통과하여 사용하였다.

2) 전분의 성분 및 특성 측정

가. 전분의 일반성분 분석

분리방법을 달리한 녹두 전분의 일반성분은 AACCC(2000)방법으로 분석하였다. 수분함량(Method 44-15A), 조지방 함량(Method 30-10), 조단백질 함량(Method 46-11A)과 회분함량(Method 08-01)을 측정하였다. 식이섬유 함량은 AOAC 방법(2000)으로 시료 1.00 g(건물당)에 heat stable α-amylase, protease, amyloglucosidase를 차례로 작용시킨 후 80% 에탄올 농도가 되도록하여 잔여물을 침전시키고 증량법으로 계산하였다. 총식이섬유함량은 시료 무게에 대한 단백질, 회분을 제외한 잔여물의 무게의 비를 퍼센트로 나타내었다.

나. 색도 측정

녹두 전분의 색도는 Spectrophotometer(Spectra magic NX, Konica, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter의 L, a, b 값을 얻었다. L값은 명도(lightness)를 나타내며, +a는 적색도(redness), +b는 황색도(yellowness)를 나타내었다. 색차는 가장 밝고 흰색에 가까운 SDEA(starch from dehulled Eoyul mung bean by alkaline steeping method, 거피한 어울 녹두로부터 알칼리침지법으로 분리한 전분)를 기준으로 계산하였다.

다. X-선 회절도 측정

X-선 회절도 분석은 고분해능 X-선 회절분석기(PANalytical X'Pert PRO Multi Purpose X-Ray Diffractometer(Panalytical BV, Almelo, Netherlands)를 이용하여 녹두전분의 결정형과 결정강도를 측정하였다. 기기조건은 타겟 X-선 발생은 Cu-Kα, 필터는 Ni, scanning speed는 분당 8° 로 하여 회절각도 (2θ)는 40에서 5° 까지 분석하였으며 전류는 20 mA, 전압은 40kV를 사용하였다.

라. 주사전자 현미경을 이용한 형태학적 특성 측정

전분입자 표면형태를 관찰하기 위해 시료를 데시케이터에 넣어 수분을 조절하였다. 시료 준비는 원형 받침대에 양면테이프를 붙인 후 시료를 골고루 도포하고, 진공 건조하여 백금으로 도금하였다. 시료는 주사전자현미경(SEM, JSM-7500F+EDS, Tokyo, Japan)을 이용하여 가속 전압 20kV,

Phototimes 85 sec로 1,000배의 배율로 관찰하였다.

마. 이화학적 특성 측정

녹두 전분의 물결합능력은 Medcalf DG와 Gilles KA(1965)의 방법을 이용하였다. 50 mL의 원심분리관에 녹두 전분 0.5 g(건량기준)과 증류수 20 mL를 넣은 후, 마그네틱 바(Φ 3.2×13 mm)를 이용하여 교반기로 1시간 동안 실온에서 분산시켰다. 원심분리기(Hanil Science Industrial Co., Supra 22K, Seoul, Korea)로 원심분리(2,730 × g, 30 min)하였고 원심 분리관을 1분간 거꾸로 세워 상층액을 제거하고 침전된 무게를 측정하여 처음 시료와의 중량비로부터 물 결합능력을 계산하였다. 전분의 아밀로오스 함량은 Williams PC 등(1970)의 방법으로 시료 20 mg(건량)을 1.0 N KOH로 용해하여 0.1 N HCl 10 mL로 중화시킨 다음 요오드 용액(0.2% I2/2% KI) 0.5 mL를 첨가하여 발색반응을 시켜 분광광도계(Unicam UV-VIS, S-1100, Sinco Ltd. Co., USA)를 이용해서 680 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 곡선은 감자 아밀로오스(Sigma Aldrich St Louis MO, USA)와 아밀로펙틴(Sigma Aldrich St Louis MO, USA) 일정 비율로 혼합 후 아밀로오스에 에탄올 한 방울을 적신 뒤 위와 같은 방법으로 실험하였다. Y = 0.827X+0.1622로 결정계수(R²)는 0.9949이었다.

전분의 팽윤력과 용해도는 Schoch(1964) 방법으로 85℃에서 측정하였다. 시료 0.5 g(건물당)에 20 mL의 증류수를 넣고 85℃ 항온수조에서 마그네틱 바(Φ 3.2×13 mm)를 이용하여 교반기로 1시간 동안 가열하였다. 가열 후 얼음물에 바로 냉각시키고 원심분리기(Hanil Science Industrial Co., Supra 22K, Seoul, Korea)로 원심분리(2,730 × g, 30 min)하였고 상정액은 따라 건조하여 용해도를 계산하였고 남은 잔여물의 무게를 측정하여 팽윤력을 계산하였다.

바. 신속점도측정기에 의한 호화 특성 측정

전분의 호화특성은 신속점도측정기(RVA-4, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료 3 g(건량기준)과 증류수 25.00 mL를 RVA용 canister에 담아 0~1분간은 50℃, 1.0~4.45분은 95℃까지 상승, 4.45~7.15분은 95℃로 유지, 7.15~11.06분은 50℃까지 냉각, 11.06~12.30분은 50℃를 유지하여 점도를 측정하였다. 초기호화온도(initial pasting temperature), 최고점도(peak viscosity, P), 최저점도(trough viscosity, T), 50℃에서의 냉각점도(cold viscosity, C)와 setback(C-T), breakdown(P-T) viscosity를 계산하였다.

3) 녹두 전분 겔의 제조

녹두전분 겔은 녹두 전분 3 g(건량)을 뚜껑이 있는 유리병에 넣고 증류수 30 mL를 가한 후 분산시켰고 끓는 물에서 30분간 가열하여 전분 호화액을 만들었다. 뜨거운 상태의 녹두 전분 호화액을 유리관 위에 올린 등근 스테인레스 스틸관(Φ 1.8 × 1.5 cm)에 기포가 생기지 않도록 부은 다음 다른 유리관으로 살짝 덮어 실온에서 냉각시켜 겔을 제조하였

다. 제조된 겔은 살짝 밀어 관을 제거한 후 실험에 사용하였다.

4) 녹두 전분 겔의 특성 측정

녹두전분 겔 표면 형태를 관찰하기 위하여 전분 겔을 면도칼로 얇게 잘라 -80℃에서 급속 냉동시킨 다음 동결 건조시켰다. 주사전자현미경용 시료는 원형 금속 받침대에 양면테이프를 잘라 붙이고 시료를 균일하게 붙여 준비하였다. 진공한 다음에 백금으로 도금한 시료를 주사전자 현미경(SEM, JSM-7500F+EDS, Tokyo, Japan)로 가속 전압 20 kV, phototimes 85 sec 조건으로 500배의 배율로 관찰하였다. 녹두 전분 겔의 색도는 Spectrophotometer(CM-3500d, Japan)를 이용하여 위와 같은 방법으로 측정하였다. X-선 회절도용 시료는 전분 겔을 99% 에탄올로 탈수하여 균질기(Homogenizer, M133/1281-0, Switzerland)를 이용하여 2분간 균질화하였고 감압 여과하여 상온에서 건조하였다. 건조한 시료는 마쇄하여 100 mesh 체를 통과 시켜 시료로 사용하였다. X-선 회절도 분석은 위의 전분과 방법을 사용하였다. 녹두 전분 겔의 텍스처는 Texture analyzer(TA-XT Plus, Surrey, England)를 이용하였다. 시료 크기는 $\phi 1.8 \times 1.5$ cm로 probe는 실린더 형의 직경 2 cm였고 변형을 50%로 반복 압축시험을 실시하여 TPA(texture profile analysis)를 구하였다. TPA 곡선으로부터 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 검성(gumminess)과 회복력(resilience)의 특성치를 얻었다. 시료는 5-8번 반복 측정하였다.

5) 통계처리

본 연구의 모든 실험결과는 SPSS 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계모델을 이용하여 각 실험군 별로 평균치와 표준편차를 구하였고, 녹두 전분 겔의 특성 측정 결과는 ANOVA로 분석 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의수준 $p < 0.05$ 이하에서 유의성을 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 녹두 전분의 특성

가. 일반성분

어울 품종의 녹두의 껍질을 제거한 것과 껍질 채로 불린 녹두를 알칼리 침지법과 증류수 추출법에 의해 얻은 전분과 중국산 녹두로 껍질 유무에 따라 증류수로 수출한 전분의 일반성분 함량은 Table 1과 같았다. 녹두전분의 표기는 어울 녹두로 거피하여 알칼리로 분리한 전분(SDEA, starch from dehulled Eoyul mung bean by alkaline steeping method)과 껍질 채로 알칼리로 분리한 전분(SWEA, starch from whole Eoyul mung bean by alkaline steeping method), 거피하여 물로 추출한 전분(SDEW, starch from dehulled Eoyul mung bean by water extraction method)과 껍질 채 물로 추출한 전

분(SWEW, starch from whole Eoyul mung bean by water extraction method), 중국산 녹두로 거피하여 물로 추출한 전분(SDCW, starch from dehulled Chinese mung bean by water extraction method)과 껍질 채 물로 추출한 전분(SWCW, starch from whole Chinese mung bean by water steeping method)으로 하였다. 일반성분 분석결과는 수분 함량은 8-12%로 일반성분은 수분함량을 12%로 조절하여 전분간 비교하였다. 전분에 함유한 회분과 단백질은 녹두 종류와 분리방법에 따라 차이를 보여 유의적이었으며($p < 0.05$) 조지질 함량은 차이가 없었다. 단백질 함량은 알칼리로 추출한 전분의 경우가 훨씬 낮았다. 국내산 어울 녹두와 중국산 녹두를 비교하였을 중국산 녹두의 단백질 함량이 더 높았으며 SWCW의 경우 단백질 함량이 더욱 높았다. 회분함량도 국내산보다 중국산 녹두의 함량이 더 높았다. 단백질과 전분 함량이 많은 녹두를 알칼리침지법과 물 추출법으로 전분을 분리하였을 때 단백질이 알칼리에 용해되어 더 낮을 것으로 생각되었고 껍질에 단백질 함량이 더 많은 것으로 생각되어 껍질 유무에 따라 차이를 보일 것으로 생각되었다. 또한 마쇄 후 사용한 체의 메시 크기에 따라서도 단백질의 분리가 용이해 영향을 받을 것으로 생각되었다.

Hoover R 등(1997)은 알칼리 침지법에 의해 제조한 캐나다산 녹두 전분의 수율은 31.10%, 수분 함량은 10.03%, 회분 함량은 0.11%, 단백질 함량은 0.05%로 보고하여 본 실험 결과보다 더 정제되었음을 알 수 있었다. 총 식이섬유 함량은 Table 1과 같이 거피하여 분리한 전분과 껍질채 분리한 전분간에 유의적인 차이를 보여 거피하여 분리한 전분은 국내산이 각각 4.41과 4.55%, 6.13과 6.42%로 뚜렷한 차이를 보였다. 중국산 녹두의 경우에는 거피하여 분리한 경우 5.60%이었고 껍질 채 분리한 경우 8.38%이었다.

Table 1. General compositions of mung bean starches with different purification methods based on 12% moisture content

Sample	Ash content (%)	Crude protein content (%)	Crude lipid content (%)	Total dietary fiber starch content (%)
SDEA	0.15±0.01 ^a	0.20±0.01 ^a	0.12±0.00	4.41±0.13 ^a
SDEW	0.13±0.03 ^a	0.57±0.00 ^c	0.13±0.05	6.13±0.13 ^c
SWEA	0.23±0.04 ^b	0.22±0.00 ^a	0.17±0.02	4.55±0.04 ^a
SWEW	0.26±0.01 ^c	0.42±0.00 ^b	0.19±0.08	6.42±0.03 ^c
SDCW	0.33±0.04 ^d	1.79±0.01 ^d	0.18±0.02	5.60±0.45 ^b
SWCW	0.36±0.02 ^d	2.83±0.03 ^c	0.16±0.02	8.38±0.15 ^d

Each value represents mean±SD.

^{a-d}Superscripts in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

SDEA Starch from dehulled Eohul mung bean by alkaline steeping method
 SDEW Starch from dehulled Eohul mung bean by water extraction method
 SWEA Starch from whole Eohul mung bean by alkaline steeping method
 SWEW Starch from whole Eohul mung bean by water extraction method
 SDCW Starch from dehulled Chinese mung bean by water extraction method
 SWCW Starch from whole Chinese mung bean by water extraction method

나. 녹두 전분의 색도

녹두 전분의 색도는 Table 2와 같다. 색도의 L값은 명도(lightness), a값은 적색도/녹색도(redness/greenness), b값은 황색도/청색도(yellowness/blueness)를 의미하며 분리된 전분의 L, a와 b값은 모두 차이를 보여 유의적이었다. SDEA와 SDEW가 L값은 높고 a와 b의 값이 모두 낮았다. SDEA와 비교했을 때 SDEW의 색차(ΔE)가 가장 낮은 값을 보였다. 껍질채 분리한 전분 중에서 알칼리로 분리한 SWEA이 SWEW보다 L값이 높고 a, b값이 낮았으며 알칼리로 분리한 전분이 더 하얀 색에 가까움을 알 수 있었다. 중국산 녹두는 SWCW의 L값이 가장 낮고 b값이 가장 높아 색차가 가장 큰 차이를 보였다. 즉 분리된 전분의 색은 생산지 또는 품종, 껍질 유무, 분리방법에 따라 차이를 보여 녹두전분을 이용하고자 할 때 목적에 따라 분리방법을 다르게 하는 것이 바람직 할 것으로 생각되었다.

Table 2. Hunter L, a, b values of mung bean starches with different purification methods

Samples	Color values ¹⁾			
	L	a	b	ΔE
SDEA	93.28±0.08 ^b	-1.71±0.03 ^d	6.43±0.03 ^c	0
SDEW	94.08±0.07 ^a	-1.35±0.02 ^c	5.46±0.05 ^f	1,234
SWEA	93.15±0.11 ^b	-3.54±0.04 ^e	10.94±0.11 ^c	2,873
SWEW	91.23±0.03 ^c	-3.76±0.02 ^f	12.44±0.06 ^b	3,546
SDCW	91.10±0.13 ^c	-0.66±0.05 ^a	9.05±0.05 ^d	2,334
SWCW	80.70±0.06 ^d	-1.25±0.02 ^b	12.77±0.02 ^a	5,835

Each value represents mean±SD.

¹⁾L (lightness), ±a (redness/greenness), ±b (yellowness/blueness), and ΔE = (ΔL²+Δa²+Δb²)^{1/2}

^{a-d}Superscripts in the same column with different letters are significantly different(p(0,05) by Duncan's multiple range test.

Table 1 for abbreviation.

다. X-선 회절도

알칼리와 물로 분리된 전분의 X-선 회절도 양상은 Fig. 1과 같다. 부분적 결정성 고분자인 전분입자는 결정성 부분에 의해 X-선 회절도에서 피크를 보였다. X-ray 회절도에 의한 전분의 결정형은 A형, B형과 A와 B형이 혼합한 C형으로 구분하며 호화과정에서 생성된 아밀로오스와 지질 복합체는 2θ = 20° 에서 피크를 보이는 무정형 고분자로 V형으로 구분하고 있다. 곡류전분은 A형, 감자, 바나나와 고 아밀로오스 옥수수 전분은 B형의 결정형, 콩류나 뿌리에 함유된 전분 및 과일과 줄기 전분이 C형의 결정형을 보인다고 알려져 있다(Tester RF 등 2004). Fig. 1과 같이 국내산 녹두와 중국산 녹두 모두 분리방법에 관계없이 2θ = 15.2, 17.1, 17.9, 23.1° 에서 피크를 보여 A형의 결정형을 보였다. 껍질 유무나 분리방법에 따라 전분의 결정구조는 영향을 받지 않음을 알 수 있었다. Choi

Et과 Oh MS(2001)도 저장에 따른 녹두 전분 겔의 노화 특성 변화에서 생 전분은 2θ=15.2°, 17.2°, 17.9°, 23.3° 에서 강한 피크를 보여 결정 구조를 나타난 A 형임을 확인하였다.

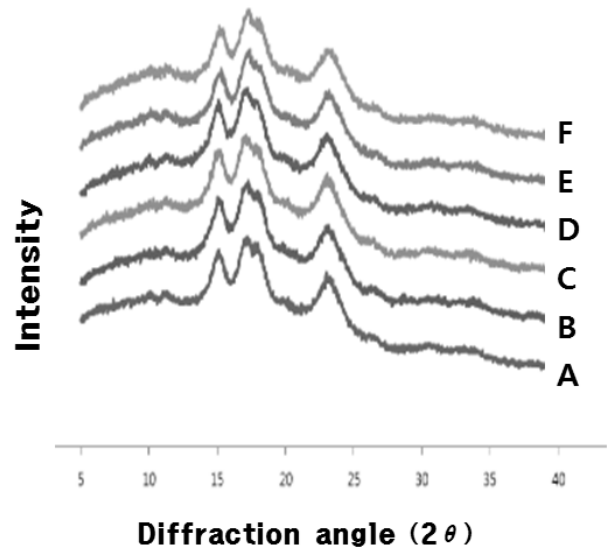


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of mung bean starches, A, B, C, D, E, and F mean SDEA, SDEW, SWEA, SWEW, SDCW, and SWCW. Table 1 for abbreviation.

라. 주사전자 현미경을 이용한 형태적 특성

주사전자현미경을 이용한 녹두 전분의 형태적 특성을 1,000배의 배율로 관찰한 결과 Fig. 2와 같았다. 녹두 전분입자의 모양은 타원형의 긴 것과 구형에 가까운 모양 및 강낭콩 모양이었다. 증류수로 추출한 전분의 경우에는 입자표면이 깨끗하지 않고 식이섬유와 같은 것이 혼합되어 있으며 같은 녹두의 경우 알칼리로 분리한 전분입자의 크기가 물로 추출

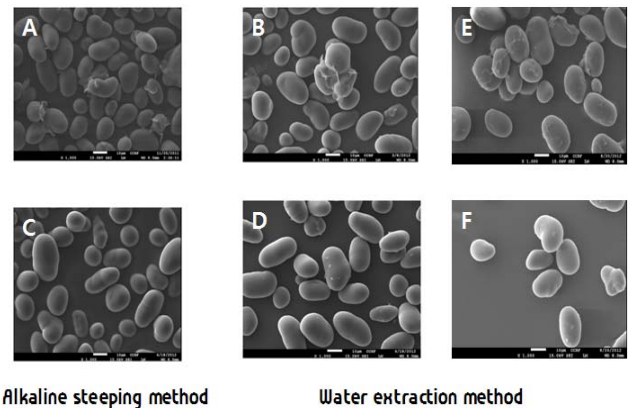


Fig. 2. Scanning electron microphotographs of mung bean starches.

A, B, C, D, E, and F mean SDEA, SDEW, SWEA, SWEW, SDCW, and SWCW. Table 1 for abbreviation.

한 것보다 작은 경향을 보였다. 녹두전분에 함유된 단백질은 전분 표면을 이루는 membrane 형태로 결합되어 있으며 용해성 단백질은 물의 수침이나 물로 추출하는 과정 중에 용해되었고 알칼리 처리에 의해 글루테린계의 단백질이 용해됨으로써 전분입자의 크기가 작은 경향을 보이는 것으로 생각되었다. 전분에 함유된 단백질은 전분 겔을 형성할 때 구조형성에 도움을 주어 더 단단한 겔을 형성하는 것으로 알려져 있다(Hongsprabhas P와 Israkarn K 2008, Park SJ 등 2012).

마. 이화학적 특성

녹두전분의 아밀로오스 함량은 Table 3과 같이 국내산 전분의 아밀로오스 함량이 37.06-39.03%로 중국산 녹두 전분의 31.57-32.74%보다 유의적으로 더 많았다. 거피한 녹두전분은 분리방법에 따른 차이를 보이지 않았는데 껍질 채인 녹두전분의 아밀로오스 함량은 물로 추출한 경우 더 높은 아밀로오스 함량을 나타냈다. Hoover R 등(1997)은 녹두 전분의 겔보기 아밀로오스 함량을 39.8%로 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. Kim SH 등(2007)은 어울 녹두 전분의 아밀로오스 함량이 32.3%라고 보고하여 본 연구보다 낮았다. 이는 분리방법의 차이에 의하거나 아밀로오스 함량은 유사하나 아밀로오스가 지질과 결합체를 형성하거나 또는 전분이 알칼리로 호화되는 과정 중에 요오드와 결합할 수 있는 중합도 등에 영향을 받을 수 있을 것으로 생각되었다. 아밀로오스 함량은 한국산 어울과 중국산 녹두의 차이가 뚜렷함을 확인 할 수 있었고 아밀로오스 함량이 낮은 중국산 녹두는 전분겔을 형성과 형성된 전분겔의 텍스처에 영향을 줄 수 있을 것으로 생각되었다.

전분의 물 결합 능력은 전분입자에 수분을 결합할 수 있는 능력을 나타내는 지표로 이때 결합되는 물은 전분입자의 무정형부분으로 침투되거나 전분입자의 표면 흡착된다고 보고되었다(Halick JV와 Kelly VJ 1959). 일반적으로 전분의 손상도가 높을수록 물 결합능력이 높아지는 것으로 알려져 있다(Choi EJ와 Oh MS 2001). 녹두 전분의 물 결합능력은 Table 3과 같으며, 껍질채 분리한 전분과 거피하여 분리한 전분간에 유의적인 차이를 보이며 중국산과 한국산 녹두로부터 분리한 전분 간에도 차이를 보였다. 껍질 채 분리한 전분의 물결합 능력은 SWEA와 SWEW가 각각 97.46과 95.18%로 거피하여 분리한 전분인 SDEA와 SDEW의 103.73과 113.62%에 비해 낮은 값을 보였다. 전분에 함유된 일반성분이나 아밀로오스와 지질 복합체 등 전분입자 자체의 무정형부분에 수분을 흡수하는 것보다는 전분입자 분포에 따라 생긴 전분입자간의 표면수분에 의한 만들어진 물층에 의한 영향이라고 생각되었다. 중국산 녹두의 경우는 SDCW와 SWCW가 국내산 녹두의 95.18-113.62%보다 훨씬 높은 152.96와 156.37%로 138-164% 더 높았는데 이는 함유된 단백질이나 식이섬유 성분과 전분 구조의 차이에 기인하는 것으로 생각되었다. 전분의 종류에 따라 전분의 분리 방법에 따라 물 결합능력이 달라지며 전분입자의 크기, 아밀로오스 함량, 전분입자 구조, 결정성 정도에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다(Hongsprabhas P 2007).

한국산과 중국산녹두로 분리 방법을 달리하여 85°C에서 측

정한 녹두 전분의 팽윤력은 12.89-14.93 g/g으로 전분에 따른 유의적인 차이가 없었다. 반면 85°C에서의 용해도는 껍질채 분리한 전분에서 한국산 녹두전분이 중국산으로 분리한 녹두 전분보다 더 높았고 알칼리로 분리한 전분이 더 높은 경향을 보였다. Leach HW 등(1959)은 전분 입자 내의 결합력이 팽윤양상에 영향을 주어 결합정도가 강한 전분은 팽윤이 억제되므로 팽윤력의 증가는 전분 입자의 결정성이 낮기 때문이라고 보고하였다. 즉 녹두전분의 호화온도 이상에서의 팽윤력은 차이를 보이지 않아 전분입자 구조에는 큰 차이가 없음을 할 수 있었다. Hoover R 등(1997)은 녹두전분의 용해도를 온도에 따라 검토하였을 때 70°C에서 16.7%, 80°C에서 31.9%, 90°C에서 37.8%, 95°C에서 43.6%로 보고하여 본 연구 결과보다 높은 값을 보였다.

Table 3. Water binding capacities, apparent amylose content, total dietary fiber starch contents of mung bean starches

Sample	Water binding capacity (%)	Apparent amylose content (%)	Swelling power at 85°C (g/g)	Solubility at 85°C (%)
SDEA	103.73±2.16 ^b	37.76±0.21 ^c	13.66±0.30	15.93±0.03 ^c
SDEW	113.62±3.16 ^c	38.67±0.17 ^c	13.77±0.25	15.56±0.13 ^c
SWEA	97.46±2.05 ^a	37.06±0.74 ^b	12.89±0.19	16.50±0.29 ^d
SWEW	95.18±0.60 ^a	39.03±0.17 ^c	14.30±0.32	15.68±0.29 ^c
SDCW	152.96±2.70 ^d	32.74±0.34 ^a	14.93±0.64	14.66±0.05 ^b
SWCW	156.37±3.72 ^d	31.57±1.13 ^a	13.63±0.28	13.25±0.22 ^a

Each value represents mean±SD.

^{a-d}Superscripts in the same column with different letters are significantly different(p<0,05) by Duncan's multiple range test.

Table 1 for abbreviation.

바. 신속 점도 측정기에 의한 호화 특성

신속점도 측정기에 의한 녹두 전분의 호화양상을 비교한 그래프로부터 구한 녹두 전분의 호화개시 온도와 peak, trough, cold viscosity와 breakdown 및 setback viscosity 값은 Table 4에 제시하였다. 호화개시온도, 피크점도, 최저점도, 냉각점도, breakdown 점도는 전분에 따라 유의적인 차이를 보였다. 거피하고 알칼리로 분리한 전분의 호화개시온도가 가장 높았으며 나머지는 큰 차이를 보이지 않았다. 한국산 녹두전분의 최고점도(peak viscosity, P)는 중국산 최고점도보다 더 높았으며 물로 추출한 전분이 알칼리로 분리한 전분보다 높은 최고 점도를 보였다. 냉각점도(cold viscosity, C)는 거피한 녹두로부터 분리한 전분이 껍질 채 녹두로부터 분리한 전분보다 높았고 특히 거피한 녹두로부터 분리한 전분의 냉각점도는 최고점도와 비슷하였지만 껍질채 녹두로부터 분리한 전분은 모두 낮아지는 경향을 보였다. 즉 냉각시 점도 증가가 낮은 것은 겔 형성에 영향을 줄 것으로 생각되었다. 중국산 녹두는 껍질 유무와 관계없이 전체적으로 낮은 점도를 나타냈으나 모두 냉각점도가 최고점도보다 높아졌다. 최고점도와 최저점도(trough viscosity, T)의 차이를 나타내는 breakdown viscosity는 국내산 녹두전분이 중국산보다 훨씬 높았으며 거

Table 4. Pasting properties of mung bean starches by Rapid Visco Analyzer

Sample	Initial pasting temp (°C)	Viscosity (RVU)				
		Peak (P)	Trough (T)	Cold (C)	Breakdown (P-T)	Setback (C-T)
SDEA	75.95±0.07 ^a	455.5±0.4 ^c	293.8±0.4 ^{ab}	452.2±2.0 ^b	161.7±4.3 ^b	158.3±2.4
SDEW	74.7±0.71 ^{bc}	477.4±2.1 ^a	350.9±63.6 ^d	480.7±17.9 ^a	176.5±9.2 ^a	129.8±45.7
SWEA	75.03±0.04 ^b	457.3±0.4 ^c	288.6±0.8 ^{ab}	434.1±1.3 ^b	168.7±0.4 ^{ab}	145.5±2.1
SWEW	75.15±0.00 ^b	466.9±0.1 ^b	298.7±0.5 ^{ab}	434.3±2.1 ^b	168.2±0.5 ^{ab}	135.6±2.7
SDCW	75.13±0.05 ^b	388.0±1.7 ^d	252.7±1.3 ^b	397.1±0.6 ^c	135.3±0.4 ^c	144.5±0.7
SWCW	74.23±0.04 ^{bc}	351.0±0.5 ^c	238.4±1.8 ^b	386.6±3.8 ^c	112.6±1.3 ^d	148.2±2.1

Each value represents mean±SD.

^{a-d}Superscript in the same column with different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 1 for abbreviation.

피한 국내산 녹두전분은 분리용매에 따라 달라 물로 추출하였을 때 더 큰 값을 나타냈다. total setback viscosity는 유의 차이가 없이 129.8-158.3 RVU로 생산지나 분리방법에 의한 차이가 없었다. 전분이 가열할 때 아밀로오스가 용출되어 나오면 점도가 증가하기 때문에 최고점도가 높으면 호화과정 중에 용출된 아밀로오스 함량이 높거나 팽윤된 전분입자가 커서 점도가 높아지는 것으로 예측할 수 있다. 용출된 아밀로오스나 팽윤된 아밀로펙틴을 함유한 전분입자에 의해 냉각할 때 그물망 구조인 겔 구조를 잘 형성할 수 있을 것으로 생각되었다. 또한 팽윤된 아밀로펙틴은 아밀로오스 겔 매트릭스 내부를 채움으로써 안정한 겔을 만들 수 있어 가열 중의 전분 호화액의 점도 변화는 만들어진 전분 겔 특성을 예측할 수 있을 것으로 생각되었다.

2) 녹두전분겔의 특성

가. 녹두 전분 겔의 형태 관찰

한국산 어울 녹두와 중국산 녹두를 껍질 유무와 분리용매를 달리하여 분리한 전분으로 10%전분 겔을 제조하여 당일과

4℃에서 4일간 저장하여 형태와 색을 관찰한 결과 Fig. 3과 같았다. 제조 당일에는 겔이 투명하였으며 보기에도 탄성이 있는 형태를 보였다. 껍질 채로 물로 추출한 중국산 전분의 경우 껍질로부터 색이 전이되어 뚜렷한 차이를 보였으며 거피한 녹두 전분은 더 밝고 투명하게 보였다. 시판되는 녹두묵가루는 대부분 녹두가루를 14-16%를 사용하여야 전분 겔인 묵을 만들 수 있는데 반하여 어울 품종의 경우 10%로 만들어도 녹두 전분 겔이 잘 형성되었다. 겔을 제조한 당일에 비해 4일간 냉장온도인 4℃에서 저장 겔은 반투명한 우유빛을 띠었는데 이는 노화된 전분과 겔 구조로 인해 빛이 산란됨으로써 나타나는 현상으로 윤기가 없어지고 반투명해졌으며 부서질 것과 같은 양상을 보였다.

나. 녹두전분 겔의 색도

Fig 3과 같은 당일 및 4일 저장한 녹두전분 겔로 측정된 색도는 Table 5와 같았다. 모든 L, a와 b값은 전분에 따라 모두 유의적인 차이를 나타냈다(p<0.05). 제조 당일 전분 겔의 L값은 35.6~42.0으로 SDCW 전분겔이 가장 높은 값을, SWCW로 만든 겔이 가장 낮은 값을 보였다. a값은 물로 추출한 국

Table 5. Hunter L, a, b values of mung bean starch gels

Sample	Color values							
	0 day				Stored for 4 days at 4°C			
	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
SDEA	38.3±0.2 ^b	-2.0±0.2 ^b	-9.2±0.2 ^b	0	63.4±1.3 ^a	-3.7±0.1 ^c	-10.7±0.5 ^d	0
SDEW	40.6±0.1 ^c	-1.8±0.0 ^c	-10.4±0.1 ^a	2.08	63.7±1.3 ^a	-3.4±0.1 ^b	-11.7±0.5 ^c	1.06
SWEA	38.7±0.4 ^c	-2.8±0.0 ^a	-8.7±0.2 ^c	1.14	63.0±1.4 ^a	-4.6±0.3 ^d	-8.8±0.6 ^c	1.66
SWEW	39.1±0.0 ^d	-2.9±0.0 ^a	-6.6±0.1 ^c	2.02	61.0±0.8 ^b	-5.0±0.1 ^c	-7.2±0.6 ^b	2.70
SDCW	42.0±0.1 ^f	-2.0±0.0 ^b	-7.1±0.1 ^d	2.63	63.1±0.7 ^a	-3.7±0.1 ^c	-7.2±0.4 ^b	2.31
SWCW	35.6±0.1 ^a	0.1±0.1 ^d	4.5±0.2 ^f	5.84	53.4±0.9 ^c	-2.9±0.1 ^a	4.4±0.4 ^a	6.90

Each value represents mean±SD.

Mean values in the same column with different letters are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

¹L (lightness), ±a (redness/greenness), ±b (yellowness/blueness), and ΔE = (ΔL²+Δa²+Δb²)^{1/2}

Table 1 for abbreviation.

내산 녹두전분으로 만든 겔이 가장 낮았으며 b값은 거피한 국내산 녹두전분으로 만든 겔이 가장 낮은 값을 보였다. 특히 SWCW로 만든 겔은 a와 b의 값이 모두 양의 값을 가지며 가장 높은 값을 보였다. 저장한 전분겔은 반투명한 우유빛을 보이므로 L값이 모두 증가하였으며 a값은 모두 음의 값으로 감소하였고 b값도 감소하였는데 a값의 차이가 더 컸다. 전분 겔의 색차는 분리 용매와 생산지에 따라 차이를 보여 물로 추출한 전분으로 만든 겔의 색차가 컸으며 거피한 것은 색차가 적고, 껍질 채 분리한 전분으로 만든 겔은 상대적으로 큰 차를 보였다. 특히 중국산 녹두의 껍질 채 제조한 전분을 만든 겔은 다른 5종류의 겔에 비해 큰 차이를 보였다.

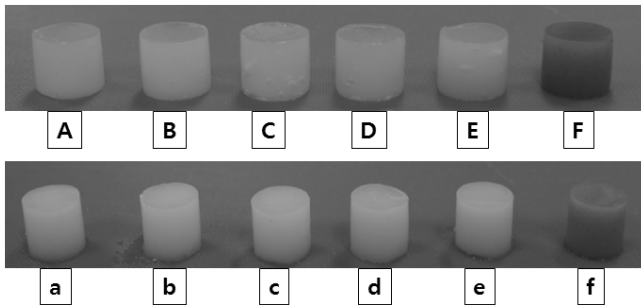


Fig 3. Shape of mung bean starch gels prepared from domestic and Chinese mung bean with different purification methods and stored 0 day and for 4 day at 4°C.

Mung bean starch gels prepared from SDEA, SDEW, SWEA, SWEW, SDCW, and SWCW stored 0 day (A-F) and for 4 day at 4°C(a-f). Table 1 for abbreviation.

다. 주사전자현미경을 통한 전분 겔 구조 관찰

당일과 저장한 녹두전분 겔을 얇게 잘라 동결 건조시켜 이 시료를 주사 전자 현미경으로 내부 구조를 관찰한 결과는 Fig. 4와 같이 당일 겔은 그물망의 크기가 컸으며 알칼리침지법으로 분리한 SDEA와 SWEA는 그물과 같은 네트워킹의 두께가 얇으며 매트릭스의 크기가 넓은 경향을 보였다. 중국산 녹두로 만든 겔은 SDCW가 SWCW보다 겔 내부구조가 잘 형성된 것을 확인할 수 있었다. 4일간 냉장 저장한 전분겔은 겔의 망상구조가 수축하고 우유빛으로 변한 것(Fig. 3)이 내부구조의 변화로부터 기인됨을 알 수 있었다. 즉 내부의 그물망 구조의 매트릭스 넓이가 좁아져 그물이 촘촘해졌으며 알칼리 침지법으로 분리한 것보다 물로 추출한 것의 망구조가 안정해 보였다(Takahashi S와 Seib PA 1988, Kim JO 등 1996, Hongsprabhas P와 Israkarn K 2008, Park SJ 2012). 전분 겔은 호화과정에서 용출한 아밀로오스가 냉각되면서 망구조로 내부에 전분입자와 아밀로펙틴을 가두고 있는 형태로 아밀로오스는 냉각과 함께 노화가 진행되어 물을 결정수로 사용하기 때문에 물의 이동성이 떨어지고 그로 인해 구조의 변화가 생겼다고 생각되었다. 4일 저장된 겔의 그물망 구조는 간격이 좁아져서 강도가 증가할 것으로 생각되지만 매트릭스

가 약해져 물리적인 힘에 의해 쉽게 잘라질 수 있을 것으로 생각되었다. 즉 묵은 쏘 다음 아슬한 텍스처를 가지고 탄성이 있던 상태에서 냉장저장하면 묵이 하얗고 단단하며 탄성이나 구부림성(bending properties)이 감소함을 확인하였다.

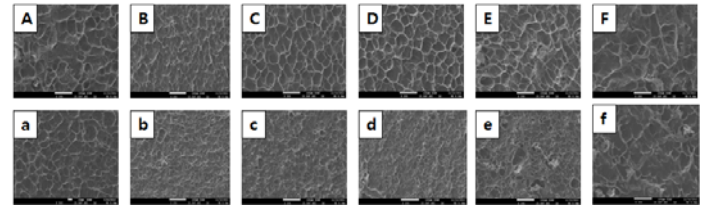


Fig. 4. Inner structure of mung bean starch gels prepared from domestic and Chinese mung bean with different purification methods and stored 0 day and for 4 days at 4°C

Mung bean starch gels prepared from SDEA, SDEW, SWEA, SWEW, SDCW, and SWCW stored 0 day (A-F) and for 4 day at 4°C(a-f). Table 1 for abbreviation.

라. 녹두전분 겔의 텍스처

생산지와 분리 방법에 따른 녹두전분 겔을 2번 압착하여 TPA(texture profile analysis)로부터 구한 겔의 저장에 따른 텍스처 결과는 Table 6과 같다. 겔의 텍스처는 경도(hardness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess)과 회복력(resilience)으로 나타내었다. 전분 겔을 제조 당일 측정된 결과 경도와 검성과 회복력은 유의적인 차이를 보였다. 경도는 껍질채 물로 추출한 어울 녹두전분으로 만든 겔이 가장 높은 값 544.81 g을 보였으며 한국산 전분겔은 거피하여 물로 추출한 전분으로 만든 것이 낮은 값을 보였다. 중국산의 경우 거피하여 물로 추출한 전분으로 만든 겔의 경도가 더 높은 값을 보여 분리방법에 따른 경향을 다르게 나타냈다. 탄성과 응집성은 0.96-0.99와 0.85-0.86으로 유의차가 없었다. 검성은 경도와 같은 경향을 보였고 회복력은 거피한 중국산 전분으로 만든 전분 겔이 0.63으로 녹두 전분겔 중에는 가장 낮았다.

냉장온도에서 4일간 저장하면 경도가 거의 4배 정도 증가하였으며 탄성은 큰 변화가 없었으나 응집성이 감소하였다, 회복력은 0.51-0.57로 감소하였다. 묵의 전형적인 텍스처는 탄성과 구부림성으로 나타낼 수 있는데 이는 종합적으로 회복력으로 나타나 회복력이 높은 묵이 품질이 우수함을 예측할 수 있다. 회복력은 껍질채 전분을 분리한 경우가 저장과 상관없이 가장 좋으며 국내산 어울 녹두나 중국산 녹두 모두 같은 경향을 보였다.

전분겔의 텍스처를 볼 때 한국산 어울 녹두가 중국산 녹두보다 좋으며 분리방법은 껍질채 불린 녹두를 사용하여 알칼리보다는 물로 추출하는 것이 더 좋은 것으로 생각되었다. 중국산 녹두는 한국산 녹두에 비해 전분겔을 형성할 때 품질은 낮지만 중국산녹두도 껍질 채 물로 추출 분리하는 것이 경도는 낮지만 회복력을 유지하여 녹두 전분겔을 제조할 때

Table 6. Instrumental properties of mung bean by texture analyzer

Sample	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Resilience	
0 day	SDEA	505.47±1.63 ^b	0.99±0.00	0.86±0.02	434.93±9.77 ^b	0.66±0.02 ^{ab}
	SDEW	482.45±2.40 ^c	0.97±0.02	0.85±0.01	411.00±2.75 ^c	0.65±0.00 ^{ab}
	SWEA	505.30±4.34 ^b	0.97±0.00	0.86±0.01	433.02±0.60 ^b	0.67±0.00 ^a
	SWEW	544.81±2.71 ^a	0.96±0.02	0.85±0.01	462.91±4.73 ^a	0.67±0.02 ^a
	SDCW	398.05±5.66 ^d	0.96±0.01	0.85±0.00	339.23±3.77 ^d	0.63±0.00 ^b
	SWCW	357.44±2.48 ^e	0.97±0.00	0.86±0.01	305.91±3.20 ^e	0.66±0.02 ^{ab}
4 days	SDEA	2051.24±2.97 ^b	0.96±0.01	0.62±0.08 ^b	1266.82±159.06 ^{cd}	0.51±0.02 ^{bc}
	SDEW	1994.29±28.13 ^c	0.96±0.00	0.71±0.02 ^{ab}	1422.42±25.42 ^{bc}	0.53±0.01 ^{bc}
	SWEA	1985.58±6.51 ^c	0.96±0.01	0.78±0.00 ^a	554.24±8.97 ^{ab}	0.57±0.00 ^a
	SWEW	2094.09±3.57 ^a	0.96±0.00	0.78±0.01 ^a	1622.33±15.54 ^a	0.56±0.00 ^a
	SDCW	1585.24±17.75 ^d	0.96±0.01	0.71±0.05 ^{ab}	1117.16±73.26 ^d	0.50±0.01 ^c
	SWCW	1473.04±2.02 ^e	0.96±0.01	0.76±0.02 ^a	1112.64±25.59 ^d	0.54±0.01 ^b

Each value represents mean±SD.

Mean values in the same column with different letters are significantly different(P<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 1 for abbreviation.

는 더 좋은 방법으로 생각되었다. 회복력은 전분겔 특히 목의 독특한 특성인 bending property로 나타낼 수 있으며 목을 제조하기 위한 전분 분리방법을 선택하는 중요한 인자 중의 하나로 생각되었다.

마. 녹두전분 겔의 X-선 회절도

한국산과 중국산 녹두로 분리방법을 달리하여 분리한 녹두 전분으로 제조한 녹두 전분 겔의 x-선 회절도 양상을 검토하기 위해 알코올로 탈수하여 가루를 만들어 X-선 회절도를 분석한 결과는 Fig. 5와 같다. 제조 당일 전분 겔은 대부분 무정형 형태를 나타내었지만 중국산 껍질 채 물로 추출한 전분 겔의 경우는 B형을 나타내는 2θ=17° 에서 피크를 보이기 시작하였다. 생전분은 결정형이 A형이었으나 저장 4일된 전분 겔 가루는 결정형이 B형을 보여 노화에 의한 변화임을 알 수 있었다. Kim SH 등(2007)이 어울을 포함한 5종류의 국내산 녹두 생전분의 결정형을 Ca 형이라고 하였지만 Fig. 5에서와 같이 C형이 아닌 A형임을 확인하였다. 회절각도 2θ =17° 의 피크만이 작게 나타나 전분겔을 이루는 네트워크는 아밀로오스에 의한 이중나선형으로 연결된 겔을 형성함을 알 수 있었다. Choi EJ과 Oh MS(2001)도 X-선 회절도 결과에서 호화전분은 호화에 의해 피크가 사라져 무정형에 가까운 형태를 나타냈다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다.

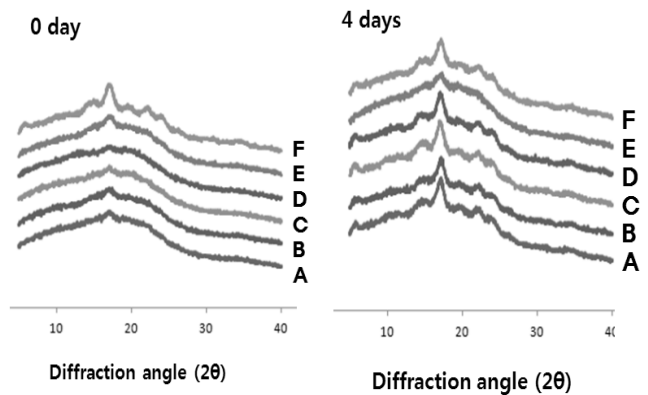


Fig. 5. X-ray diffraction patterns of mung bean starch gel powders prepared from domestic and Chinese mung bean with different purification methods and stored 0 day and for 4 days at 4°C.

A, B, C, D, E, and F were made from starch gels prepared from SDEA, SDEW, SWEA, SWEW, SDCW, and SWCW, respectively. Table 1 for abbreviation.

4. 요약 및 결론

한국산 녹두와 중국산 녹두의 분리방법에 따른 녹두전분의 이화학적 및 겔 특성을 비교하여 녹두목을 제조하기 위한 최

적의 조건을 확인하기 위해 한국산 어울 녹두와 중국산 녹두로 전분을 분리하였다. 녹두껍질 유무에 따라 알칼리용액과 물을 이용하여 분리한 녹두 전분의 이화학특성과 호화특성을 측정하였고 전분 겔(10%, 건물 당)의 특성을 비교하였다. 단백질과 회분함량은 유의적인 차이를 보였고 껍질을 제거하여 알칼리 용매로 분리한 경우 더 낮은 값을 보였다. 알칼리 용매와 껍질이 없는 경우 색차가 낮았다. 한국산 녹두 전분의 겔보기 아밀로오스 함량(37.06-39.03%)은 중국산 녹두 전분(31.57과 32.74%)보다 높았으며 물결합능력은 중국산 녹두전분이 더 높고 85℃의 용해도는 더 낮았다. 최고점도, 최저점도, 냉각점도와 breakdown 점도는 국내산 어울 전분이 더 높았다. 당일 제조한 녹두전분겔은 투명하고 윤기가 있었지만 저장 후 반투명한 우유빛을 나타내었다. 생전분의 결정형은 A형이나 4일 저장 후에는 B형으로 바뀌었다. 전분 겔의 텍스처는 제조 당일 경도, 감성, 회복력이 유의차를 보였고 저장 4일에는 경도, 응집성, 감성, 회복력이 유의적이었는데 한국산 녹두 전분이 경도와 감성과 회복력이 높아 목의 텍스처를 보였다. 목을 제조하기 위한 전분으로는 회복력이 높게 유지되는 한국산으로 껍질 채 불린 녹두로 단백질함량이 높은 증류수로 전분을 분리하는 것이 더 우수한 것으로 생각되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 한식세계화용역연구사업(한식 우수성 기능성 연구)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 전남농업기술원. 2012. 녹두동시성숙 다수성 신품종 “어울녹두” (전남10호). Available from: http://www.jares.go.kr/new_jares/html/research/testresult.html?board=info_yeon_result&field=title&keyword=녹두 Accessed Nov 13 2012
- AACC. 2000. Approved AACC Method 10th ed. American Association of Cereal Chemists St. Paul, MN, USA
- Ahmed J. 2012. Rheometric non-isothermal gelatinization kinetics of mung bean starch slurry: Effect of salt and sugar- part 1. J Food Eng 109: 321-328
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA
- Chang YH, Lin CL, Chen JC. 2006. Characteristics of mung bean starch isolated by using lactic acid fermentation solution as the steeping liquor. Food Chem 99: 794-802
- Cho SA, Kim SK. 2000. Particle size distribution, pasting pattern and texture of gel of acorn, mungbean, and buckwheat starches. Korean J Food Sci Technol 32(6): 1291-1297
- Choi EJ, Oh MS. 2001. Changes in retrogradation characteristics of mungbean starch gels during storage. Korean J Soc Food Cookery Sci 17: 391-398
- Chung KM, Moon TW, Chun JK. 2000. Influence of annealing on gel properties of mung bean starch. Cereal Chem 77(5): 567-571
- Halick JV, Kelly VJ. 1959. Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. Cereal Chem 36: 91-98
- Hongsprabhas P. 2007. On the gelation of mungbean starch and its composites. Int J Food Sci Technol 42: 658-668
- Hongsprabhas P, Israkarn K. 2008. New insights on the characteristics of starch network. Food Res Int 41: 998-1006
- Hoover R, Li YX, Hynes G, Senanayake N. 1997. Physicochemical characterization of mung bean starch. Food Hydrocolloid 11(4): 401-408
- Kim AK, Kim SK, Lee AR. 1995. Comparison of chemical composition and gelatinization property of mungbean flour and starch. Korean J Soc Food Sci 11: 472-478
- Kim DK, Choi JG, Lee YS, Son DM, Moon JK, Oh YJ, Kim KH. 2009. A new mungbean cultivar, "Dahyeon" with many pod and high yielding. Korean J Breed Sci 41: 36-39
- Kim HS, Ahn SY. 1997. Effect of amylose and amylopectin on the texture of mook. Korean Assoc Human Ecol 6(2): 157-166
- Kim JO, Choi CR, Shin MS, Kim SK, Lee SK, Kim WS. 1996. Effects of water content and storage temperature on the aging of rice starch gels. Korean J Food Sci Technol 28: 552-557
- Kim SH, Lee BH, Baik MY, Joo MH, Yoo SH. 2007. Chemical structure and physical properties of mung bean starches isolated from 5 domestic cultivars. J Food Sci 72:C471-C477
- Kwon MR, Ahn SY. 1993. Effect of heating temperature on elution patterns of soluble carbohydrate of legume starches and the properties of starch gels. Korean J Food Sci Technol 25: 698-702
- Kye IS, Jun YS, Cheigh HS. 1989. Functional properties of mungbean protein isolates. J Korean Soc Food Nutr 18: 300-306
- Leach HW, Mcowen LD, Schoch TJ. 1959. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of starches. Cereal Chem 36: 534-544
- Lee SK, Hwang HS, Shin MS. 1996. Characteristics of defatted corn and mung bean starch gels. Korean J Soc Food Sci 12: 1-5
- Li W, Zhang F, Liu P, Bai Y, Gao L, Shen Q. 2011. Effect of high

- hydrostatic pressure on physicochemical, thermal and morphological properties of mung bean (*Vigna radiata* L.) starch, *J Food Eng* 103: 388-393
- Liu W, Shen Q. 2007. Structure analysis of mung bean starch from sour liquid processing and centrifugation, *J Food Eng* 79: 1310-1314
- Medcalf DG, Gilles KA. 1965. Wheat starches : a comparison of the physicochemical properties, *Cereal Chem* 42: 558-567
- Ohwada N, Ishibashi K, Hironaka K. 2002. Effect of holding temperature on the structures of mung bean starch gels and noodles, *Cereal Chem* 79(5): 732-736
- Park SJ, Choe EO, Kim JI, Shin M. 2012. Physicochemical properties of mung bean starches in different Korean varieties and their gel textures, *Food Sci Biotechnol* 21: 1359-1365
- Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility of granular starches, In *Method in Carbohydrate Chemistry*, Vol 4 pp106-108
- Sohn KH, Yoon GS, Chung H, Chae SH. 1990. Comparison of physicochemical properties of various bean starches. -Cowpea, mung bean, kidney bean and red bean-. *Korean J Soc Food Sci* 6: 13-19
- Song YM, Chung KM, Lee WJ. 1995. Properties of hot-water extracts and extract-gels of starches for mook, *Korean J Food Sci Technol* 27: 625-630
- Takahashi S, Seib DA. 1988. Paste and gel properties of prime corn and wheat starches with and without native lipid, *Cereal Chem* 65: 474-483
- Tester RF, Karkalas J, Qi X. 2004. Review starch composition, fine structure, and architecture, *J Cereal Sci* 39: 151-165
- Williams PC, Kuzina FD, Hlynka I. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours, *Cereal Chem* 47: 411-421
- Yoon GS, Sohn KH, Chung HJ. 1989. Comparison of physicochemical properties of cowpea and mung bean starches,