

제조 방법이 다른 팽화미 분말의 이화학적 특성

이정은 · 김유진 · 조문경 · 박신영 · 김은미 · 조용식 · [†]최윤희

농촌진흥청 국립농업과학원 발효식품과

Physicochemical Properties of Extruded Rice Flour and Gelatinization Popped Rice Flour

Jung-Eun Lee, Yu-Jin Kim, Mun-Gyeong Cho, Shin-Young Park, Eun-Mi Kim,
Yong-Sik Cho and [†]Yoon-Hee Choi

Dept. of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-100, Korea

Abstract

This study is carried out in order to develop food materials for the promotion of rice consumption. In this study, we researched the physicochemical properties of extruded rice flour (ER) and gelatinization popped rice flour (GPR) by the extrusion process and by the popped method with milled rice and brown rice. The extrusion process used a couple of screw extruders. The extrusion parameter was kept constant at a feed moisture content of 25%, barrel temperature of 120°C and screw speed of 400 rpm. GPR was prepared by batch popping machine after gelatinization of rice. In order to evaluate the physicochemical properties of ER and GPR, as well as the gelatinization rate, water soluble index (WSI), water adsorption index (WAI), DPPH radical scavenging activity and total dietary fiber content, the color value was carried out. The gelatinization rate was similar to 71.1~73.8%. Further, the results of WSI and WAI were increased at ER and GPR compared to the raw materials; ER was also higher than GPR. DPPH radical scavenging activity and total dietary fiber content showed a tendency to reduce after extrusion and popping. As a result of the color value, the L value of ER decreased more than the raw materials, whereas GPR increased at a and b values.

Key words: extruded rice flour, gelatinization popped rice flour, milled rice, brown rice

서 론

우리나라 국민의 쌀 소비량이 지속적으로 감소하고 있고, MMA(minimum market access)에 따른 수입량 증가로 인한 재고 쌀 보관비용이 연간 6천 억 원이나 된다(윤홍선 2010). 또한 국내의 쌀 가공식품으로 이용되고 있는 쌀은 총 생산량의 3~4% 수준이며, 그 중 쌀 가공산업의 70% 이상이 떡, 면류와 주류 제조에 편중되어 있다(Kim & Shin 2009). 곡류는 과채류와 비교하여 상대적으로 수분 함량이 매우 낮아서 구성 성분간의 결합이 매우 조밀하다. 따라서 생체 상태에서는 소화흡수나 가공 공정에서의 이용이 용이하지 않기 때문에 가열과정을 필요로 한다(Siljeström 등 1986). 압출 성형 공정과 빵튀기 방식을 활용한 팽화 공정은 고온·고압상태에서 전분

및 단백질의 용융(melting)에 의해 점탄성을 가지는 용융반죽이 되고, 용융반죽에 포함된 물 또는 가스 등이 기화됨으로써 발생하는 변화에 의한 비체적의 증가를 추진력으로 하여 용융반죽이 팽화되는 원리(Jang 등 2006; Kim & Ryu 2001)를 이용한다. 곡류를 팽화시키면 수분의 증발에 의한 건조와 팽화에 의한 조직의 향상 및 전분의 호화를 비롯한 성분의 변화가 수반되어 맛과 조직감이 향상된다(Jin 등 2012). 또한 압출 성형의 고온, 고압, 고전단력(shearing force)에 의해 전분의 호화도 상승에 따른 소화 흡수율 증가, 세포벽 이완에 따른 곡류 내 생리활성 물질의 이용도 증진과 같은 많은 장점을 제공할 것으로 판단된다(Shin 등 2005). 본 연구는 백미와 현미를 압출 성형 공정과 호화/popping 공정을 이용한 팽화미 제조 및 이들의 이화학적 특성을 검토하여 적합한 용도에 활용하고

[†] Corresponding author: Yoon-Hee Choi. Dept. of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-100, Korea. Tel: +82-31-299-0571, Fax: +82-31-299-0554, E-mail: cyhbles1000@korea.kr

자 기초연구로 수행하였다.

재료 및 분석 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 백미와 현미는 전라남도 곡성군에서 2011년 유기농으로 재배하여 수확한 삼광벼를 사용하였고, 시중에서 2012년에 구입하였다.

2. 압출 성형 시료(Extruded rice flour, ER)의 제조

압출 성형기는 Co-rotating intermeshing type twin-screw extruder (Hankook E.M. Ltd, Seoul, Korea)를 사용하였다. 실험 조건은 스크류 회전 속도 250 rpm, 배럴 온도는 120°C, 수분은 정량 펌프(L/S pump, barnant Co., Ltd., USA)로 쌀가루를 기준으로 25%로 공급하여 압출 성형하였다. 압출 성형된 extrudate는 50°C 열풍건조기(DS-80P-2, Dasol scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에서 수분 함량이 10~12%가 되도록 건조하였으며, 분쇄기(DA 338, Daesung artron Co., Ltd., Seoul, Korea)를 사용하여 분쇄한 후 20 mesh 체로 통과시켜 분말화하였다.

3. 호화/popping 시료(Gelatinization popped rice flour, GPR)의 제조

백미와 현미는 팽화하였을 때 더욱 고소한 맛을 내게 하기 위하여 팽화 전에 증자하여 준비하였다. 증자는 수돗물로 3~4회 세척 후 실온에서 4시간 수침한 후 물 빼기를 하고, 사각 2단 찜기(가로×세로×높이: 29.5×29.5×35 cm)에서 강한 불로 20분간 하였으며, 증자 후에 백미와 현미의 수분 함량이 10~12%가 되도록 실내에서 선풍기로 건조하였다. 팽튀기 방식을 활용한 호화/popping 팽화공정은 쇠로 만든 원통 속에 위와 같은 방식으로 건조한 호화미를 넣고 밀폐하여 가열하는 방식이다(압력 1.1 MPa, 온도 225°C). 가열에 의해 곡물 중의 수분이 증발하여 원통 속의 기압이 높아졌을 때 한쪽을 갑자기 열면 상압이 되어 팽화되는 원리이다(김 등 2008). 이와 같이 팽화된 시료는 분쇄기(DA 338, Daesung artron Co., Ltd., Seoul, Korea)로 분쇄하여 분말을 20 mesh 체로 통과시킨 다음 시료로 사용하였다.

4. 호화도

Diastase 효소에 의해 압출 성형과 호화/popping 시료의 호화도를 측정하였다. 측정법은 식품공전 영·유아식 곡류 조제식 시험법(KFDA 2007)에 따라 수행하였다.

5. 수분흡착지수(WAI)와 수분용해지수(WSI)

압출 성형과 호화/popping시료의 WAI(Water adsorption index)

와 WSI(Water Solubility index)는 Anderson 방법(Anderson 등 1969)으로 측정하였다. 시료 1 g에 증류수 25 mL를 첨가하여 30분간 용해하고 3,000×g에서 10분간 원심분리(Supra 25K, Hanil science industrial, Gangneung, Korea)하였다. 상등액은 항량된 수기에 옮겨 고형분량을 산출하였으며, 침전물의 무게를 시료의 그램당 무게에 대한 %로 나타내어 WAI를 산출하였다. WSI는 위의 WAI 측정에서 수기에 모은 상등액을 건조시켜 산출한 고형분의 무게를 시료에 대한 %로 나타내었다.

6. DPPH에 의한 전자공여능

DPPH에 의한 전자공여능 실험은 광범위하게 쓰이는 간단하고 편리한 항산화 정량법으로, 특히 phenol과 aromatic amine 화합물의 항산화능 측정에 많이 사용된다. 시료를 증류수로 10배 희석하여 실온에서 5분 동안 교반한 용액 1 mL에 0.2 mM DPPH용액 1 mL를 잘 혼합하여 30분간 실온의 어두운 곳에서 방치하고, 515 nm에서 흡광도를 측정하고 아래와 같이 계산하여 나타내었다(Blois MS 1958).

$$\text{Scavenging effect(\%)} = (1 - S/C) \times 100$$

C: 공시험의 흡광도

S: 시료 첨가구의 흡광도

7. 총 식이섬유 함량

식이섬유 함량은 Prosky 등(1988)의 방법에 따라 총 식이섬유(Total dietary fiber: TDF) 함량을 측정하였다.

8. 색도

시료의 일정량을 취하여 색차계(Ultra scan PRO, Hunter associates Laboratory Inc., VA, USA)로 측정하였다. 분광반사율을 기준으로 하여 백차계로 표준값을 측정 후 L(lightness) 값, a(+redness, -greenness) 값, b(yellowness) 값을 측정하였다.

9. 통계분석

본 실험은 모두 3회 반복 수행하였으며, 통계분석은 SAS 통계프로그램을 사용하여 분산분석(analysis of variance)에 의해 유의성을 검정하였고, Duncan의 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 유의적인 차이를 $P < 0.05$ 의 수준으로 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 호화도

압출 성형과 호화/popping시료의 호화도를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. ER과 GPR의 호화도 측정 결과, 71.08~73.80%



Fig. 1. Degree of gelatinization of raw, extruded and gelatinization popped rice flour.

으로 차이가 뚜렷하지 않았다. 이와 조(2006)에 따르면 쌀알의 내부는 세포벽으로 둘러싸여 있으며, 단백질 입자가 전분을 둘러싸고 있기 때문에 쌀알 그대로 조리하면 쌀 전분이 호화 팽윤되지 못하게 조이고 있어 액 2.5배 정도 밖에 팽창하지 않으나 쌀알을 분쇄하여 조리하면 본래 크기의 약 60배로 커진다고 하였는데, 쌀을 분쇄하여 제조한 ER이 가열공정을 거칠 때 표면적이 넓어지기 때문에 가열공정을 두 번 거친 GPR과 호화도가 유사하게 측정된 것으로 사료된다. 또한 현미로 제조한 ER의 호화도는 백미로 제조한 ER의 호화도 73.08%보다 낮았다. Shin 등(2005)의 연구결과, 현미와 보리를 압출 성형했을 때 보리의 호화도가 현미의 호화도보다 낮았으며, 이는 보리에 섬유질의 함량이 높기 때문이라고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 현미가 백미보다 섬유질 함량이 높아 호화도가 낮은 것으로 판단된다.

2. 수분용해지수(WSI)와 수분흡착지수(WAI)

백미와 현미를 이용하여 제조한 ER과 GPR의 수분용해지수와 수분흡착지수는 Fig. 2, 3과 같다. 생 쌀가루에 비하여 ER과 GPR 모두 수분용해지수와 수분흡착지수 모두 증가하였으며, ER의 수분용해지수와 수분흡착지수가 GPR보다 높았으며, 수분용해지수는 백미로 제조한 ER이 현미로 제조한 ER보다 높았다. Jin 등(2005)에 따르면 현미, 보리, 옥수수 등에 포함된 전분이 압출 성형 공정을 거치면서 부분적인 호화와 스크류의 회전을 통해 배럴 내부물질에 가해지는 전단력에 의한 전분사슬의 절단과 함께 아밀로펙틴의 분획화를 통해 아밀로오스 함량이 증가하여 수분용해지수와 수분흡착지수가 증가한다고 보고하였다. 또한 Jin 등(2012)은 스낵제품으로 가공 시 수분용해지수와 수분흡착지수가 높을수록 좋은 품질로 인정된다고 하였다. 따라서 물에 잘 풀어지는 성질

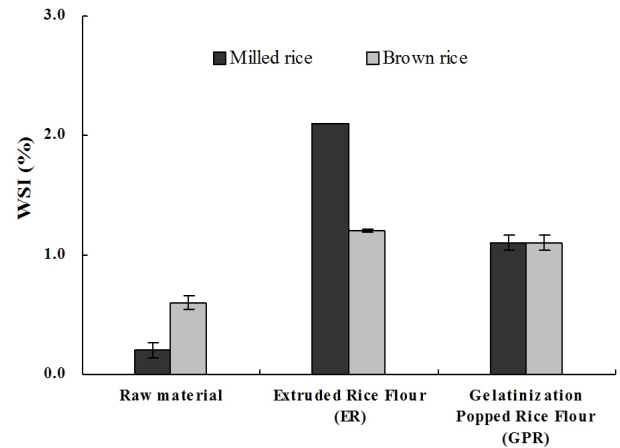


Fig. 2. Water solubility index (WSI) of raw, extruded and gelatinization popped rice flour.

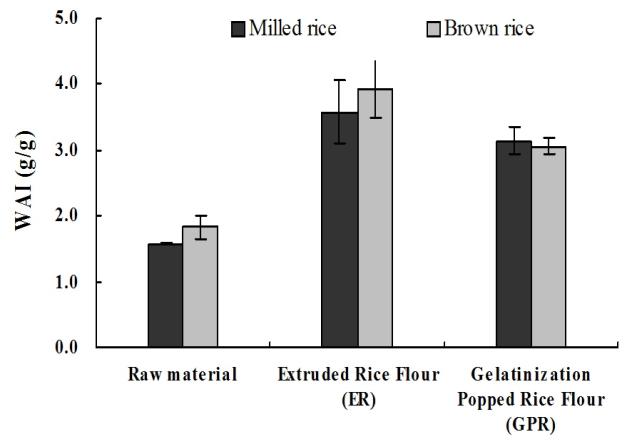


Fig. 3. Water adsorption index (WAI) of raw, extruded and gelatinization popped rice flour.

을 이용하여 간편식품에 이용이 가능할 것으로 사료된다.

3. DPPH에 의한 항산화 활성

백미와 현미를 이용하여 제조한 ER과 GPR의 항산화 활성을 측정하는 결과는 Fig. 4와 같다. 생 쌀가루, ER, GPR에서 백미보다 현미의 항산화 활성이 높았으며, 생 쌀가루 백미의 항산화 활성은 14.26%, 백미로 제조한 ER과 GPR이 각각 13.60%와 13.44%로 생 쌀가루보다 감소하였다. 생 쌀가루 현미의 항산화 활성은 16.35%이었고, 압출 성형 후 15.36%로 감소하였으나, GPR은 생 쌀가루의 항산화 활성 값과 동일하였다. Lee 등(2010)의 연구결과에서도 현미가 백미보다 높은 항산화 활성 값을 보였는데, 이는 현미의 쌀겨층에 항산화 활성을 나타내는 성분이 많이 함유되었기 때문으로 보고하였다. Yang & Ryu(2009)의 연구에서 발효 생맥산에 백삼을 첨가한 처리

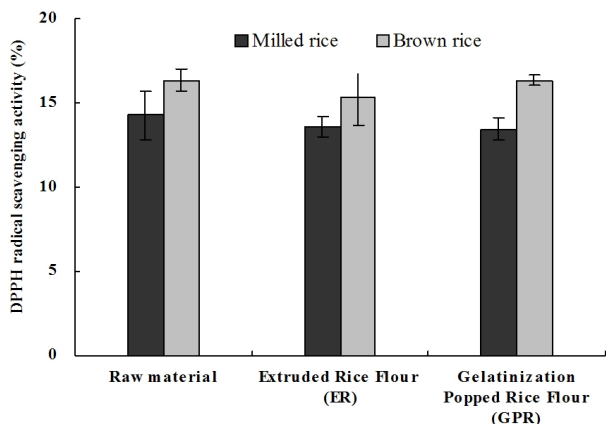


Fig. 4. DPPH radical scavenging activity of raw, extruded and gelatinization popped rice flour.

구와 압출 성형 공정을 거친 백삼을 첨가한 처리구의 항산화 활성을 비교한 결과, 유의적 차이가 나타나지 않았다고 보고하여 압출 성형에 따른 항산화 활성의 변화는 없는 것으로 사료된다.

4. 식이섬유 함량

백미와 현미를 이용하여 제조한 ER과 GPR의 식이섬유 함량을 측정된 결과는 Fig. 5에서와 같다. 백미에 비하여 현미의 식이섬유 함량이 높게 측정되었고, 압출 성형 공정과 호화/popping 공정을 거치면서 식이섬유의 함량이 낮아지는 것으로 나타났다. 백미의 경우 생 쌀가루(5.18%)에 비하여 ER은 4.07%, GPR은 3.76%로 측정되었으며, 현미는 생 쌀가루가 11.34%, ER은 7.20%, GPR은 7.24%로 나타나 고압가열의 공정을 거치면 식이섬유 함량이 낮아지는 것으로 나타났다. 가

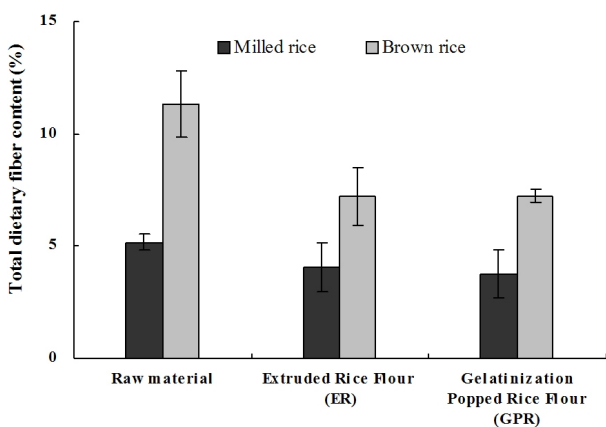


Fig. 5. Total dietary fiber content of raw, extruded and gelatinization popped rice flour.

Table 1. Hunter's color value of raw, extruded and gelatinization popped rice flour

| Sample | Hunter lab color values | | | |
|-------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | L | a | b | |
| Milled rice | Raw material | 90.22±0.01 ^{a1)} | -0.31±0.01 ^b | 7.92±0.01 ^b |
| | ER ²⁾ | 83.60±0.00 ^b | -0.58±0.01 ^c | 6.59±0.01 ^c |
| | GPR ³⁾ | 78.80±0.00 ^c | 5.63±0.01 ^a | 16.59±0.02 ^a |
| Brown rice | Raw material | 79.44±0.01 ^a | 1.83±0.02 ^b | 14.56±0.02 ^b |
| | ER | 75.49±0.01 ^b | 0.58±0.01 ^c | 12.31±0.02 ^c |
| | GPR | 72.04±0.01 ^c | 5.53±0.02 ^a | 16.22±0.02 ^a |

¹⁾ Means followed by different superscript alphabets in each column are not significantly different ($P < 0.05$).

²⁾ ER: Extruded rice flour. ³⁾ GPR: Gelatinization popped rice flour.

열처리에 의한 백미, 현미, 노란콩 및 검정콩의 식이섬유 함량 변화에 대하여 연구한 Seo & Kim(1995)의 연구결과에서 고압가열시 생 쌀가루보다 다소 낮은 값을 나타내었다고 보고하였으며, 이는 지나친 가열에 의해 수용성인 non-cellulosic polysaccharide가 가수분해되고, 불용성 식이섬유의 일부가 용해되기 때문이라고 설명하였다.

5. 색도

백미와 현미를 이용하여 제조한 ER과 GPR의 색차를 측정된 결과는 Table 1과 같다. ER은 생 쌀가루보다 명도 L, 적색도 a, 황색도 b값 모두 감소하였고, GPR은 생 쌀가루보다 L값은 감소하였고, a, b값은 증가하여 유의적 차이를 나타냈다. GPR은 1차 호화과정인 증자과정과 2차 호화과정인 popping 과정을 거치면서 L값이 감소하고, 적색도와 황색도를 나타내는 a, b값이 증가한 것으로 사료된다. Fan 등(1999)에 따르면 높은 팽화온도와 팽화시간의 증가는 팽튀기를 팽화하였을 때 갈변을 촉진하여 L값을 감소시킨다고 보고하였다. 또한 당류의 갈변반응은 각종 휘발성 물질들이 생성됨으로써 특이한 풍미의 변화가 따른다고 하였다(하 등 2004). 따라서 색을 좋게 하고, 고소한 풍미를 낼 때 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

결론 및 요약

본 연구에서는 쌀 수요 창출을 위한 활용 방안으로 압출 성형법(ER)과 호화/popping 팽화법(GPR)을 이용한 백미와 현미 팽화미의 이화학적 특성을 알아보기 위해 수행하였다. 팽화미의 특성은 호화도, 수분용해지수, 수분흡착지수, DPPH, 식이섬유 함량, 색도로 평가하였다. ER은 동방향 완전 맞물림형 이축 압출 성형기를 사용하여 원료의 수분 함량을 25%로 조절하고, 배럴온도를 120℃로 하였으며, 저전단력, 스크류

회전속도 250 rpm의 조건에서 실시하였고, GPR은 재료를 호화한 후 팽튀기 기계로 팽화하여 시료로 사용하였다. 호화도 측정 결과, ER과 GPR의 호화도는 71.1~73.8%로 뚜렷한 차이가 없었다. 수분용해지수와 수분흡착지수 결과, 생 쌀가루에 비하여 팽화미의 수분용해지수와 흡착지수가 월등히 증가하는 것으로 나타났으며, 백미와 현미로 제조한 ER이 GPR에 비하여 높았다. DPPH와 식이섬유 함량은 생 쌀가루보다 ER과 GPR이 감소하는 경향을 나타냈으며, 색도는 생 쌀가루에 비하여 ER의 L값이 감소하였고, GPR은 a값과 b값이 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 ER과 GPR의 물에 잘 풀어지는 성질을 이용하여 물만 부어 섭취가 가능한 간편식품에 이용이 가능할 것으로 사료되며, GPR을 이용하면 색을 좋게 하고, 고소한 풍미를 낼 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ027542022012) 지원에 의해 수행된 것이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Anderson RA, Conway HF, Pfeifer VF, Griffin EL. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Sci Today* 14:4
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Fan S, Hsieh F, Huff EH. 1994. Puffing of wheat cakes using a rice cake machine. *Am Soc Agr Eng* 15:677-684
- Jang EY, Jin TY, Eun JB. 2006. Properties of puffed mulberry-rice snack, *Ppeongtuigi* by pellet with mulberry leaf and brown rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 38:756-761
- Jin T, Park HY, Ryu GH. 2005. Characteristics of cereals prepared by extrusion cooking and freeze-drying. *Korean J Food Sci Technol* 37:757-762
- Jin T, Yu JH, Ryu GH. 2012. Effect of moisture content and temperature on physical properties of instant puffed rice snacks. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:846-852
- KFDA. 2007. Food Code. Korea Food and Drug Administration. Munyoungsa pp. 5-19-13~5-19-14
- Kim JH, Ryu GH. 2001. Effects of extrusion process parameters on puffing of extruded pellets. *Korean J Food Sci Technol* 33:55-59
- Kim JN, Shin WS. 2009. Physical and sensory properties of chiffon cake made with rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 41:69-76
- Lee HB, Kim HJ, Chong MS, Cho HE, Choi YH, Lim KS, Lee KN. 2008. Physiological activity of extracts from mixed culture of medical herbs and mycelia of *Tricholoma matsutake* and *Cordyceps militaris* by fermentation. *Korean J Herb* 28:1-8
- Lee SH, Kim MY, Kim HY, Ko SH, Shin MS. 2010. Comparison of rice properties between rice grown under conventional farming and one grown under eco-friendly farming using hairy vetch. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1684-1690
- Lin JY, Tang CY. 2007. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chem* 101:140-147
- Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, Devries JW, Furda I. 1988. Determination of insoluble, soluble and total dietary fibers in foods and food products: interlaboratory study. *J Assoc Off Anal Chem* 71:1017
- Seo WK, Kim YA. 1995. Effect of heat treatments on the dietary fiber contents of rice, brown rice, yellow soybean and black soybean. *Korean J Soc Food Sci* 11:20-25
- Shin HH, Park BS, Lee SH, Kim YS, Hwang JK. 2005. Effects of extrusion and enzyme treatment on characteristics of whole grains. *Korean J Food Sci Technol* 37:15-22
- Siljestrm M, Westerlund E, Bjrc I, Holm J, Asp NG, Theander O. 1986. The effects of various thermal processes on dietary fibre and starch content of whole grain wheat and white flour. *J Cereal Sci* 4:315-323
- Yang HJ, Ryu GH. 2009. Combind effect of fermentation and extrusion process on antioxidant properties of Sangmaksan. *Korean J Food Sci Technol* 41:566-557
- 김재욱, 조성완, 지의상, 차원섭. 2008. 농산식품가공학. 문운당, p. 44
- 윤홍선. 2010. 농식품 산업정책 및 R&D 연계 방안 토론회. 농촌진흥청 국립농업과학원, pp. 187-212
- 이혜수, 조영. 2006. 제 6장 곡류의 조리. In:조리원리. 교문사, pp. 62-63
- 하정욱, 이승철, 백현동, 박우포. 2004. 식품화학. 두양사, pp. 359-360

접 수 : 2012년 10월 5일
 최종수정 : 2012년 11월 12일
 채 택 : 2012년 11월 14일