

압출쌀가루의 이화학적 특성 및 밀가루 대체 쿠키 특성

위경진 · 이인에 · 강태영 · 민주홍¹ · 강위수¹ · 고상훈*

세종대학교 식품공학과
¹강원대학교 생명건강공학과

Physicochemical Properties of Extruded Rice Flours and a Wheat Flour Substitute for Cookie Application

Gyoung Jin We, Inae Lee, Tae-Young Kang, Joo-Hong Min¹, Wie-Soo Kang¹, and Sanghoon Ko*

Department of Food Science and Technology, Sejong University
¹Department of Bio-Health Technology, Kangwon National University

Abstract

The purpose of this study is to prepare extruded rice flours suitable for baking rice cookies. The extruded rice flours were prepared at 100 and 130°C temperature and 25 and 27% moisture content in a co-rotating twin screw extruder. The rice extrudates were dried at 100°C for 18 hr and subsequently ground into the fine flour. Characteristics of the extruded rice flours were examined by rapid visco analysis, hydration property analysis, differential scanning calorimetry (DSC), and in vitro digestion test. Water absorption, solubility, and swelling power of all extruded rice flours were higher than those of native rice flour. DSC analysis showed that native rice flour had a peak at about 65°C while all extruded rice flours did not show any peaks since they were already gelatinized during the extrusion process. Viscosity of the extruded rice flours decreased with increasing temperature and lowering moisture content in the extrusion process. The extruded rice flours prepared at 130°C exhibited lower viscosity than those prepared at 100°C. The operating temperature of the extrusion process was critical for the starch digestion in vitro. The extruded rice flours prepared at 130°C showed a rapid decrease in digestible starch content while an increased level of slowly digestible starch content was observed compared to those treated at 100°C in the extruder. Cookies were prepared with a mixture of wheat flour and extruded rice flours at the ratio of 7 to 3. The cookies made with the extruded rice flours had lower spread factor and darker yellow color than those prepared with wheat flour only. Hardness of the extruded rice flour-added cookies was similar to that of the wheat flour cookie whereas their overall acceptance was better. Therefore the rice cookies partially supplemented with extruded rice flours may have a potential as early childhood foods which require soft texture and allergy reduction.

Key words: rice flour, extrusion process, gluten-free cookie, in vitro digestion

서 론

쌀은 국내에서 주로 주식으로 이용되어 왔으며 최근 쌀의 가공식품으로서 활용이 증대되고 있지만 주로 떡가공 및 양조산업에 이용되고 있다. 쌀의 가공식품 적용에 대한 관심이 증가하면서 최근 들어 쌀을 활용한 빵 및 과자 제품 개발이 증가하고는 있으나 아직은 그 사용량은 적다(Kadan et al., 2003) 하지만, 이러한 경향을 반영하듯이 밀가루를 쌀가루로 대체한 제과 및 제빵 제품 개발에 대한 연구는 활발

히 진행되고 있다(Lee et al., 1979; Cho, 2001; Pedrosa Silva Clerici et al., 2009). 밀가루 대체를 위한 연구는 쌀의 활용성 제고 측면 이외에도 밀가루 내의 단백질이 알레르기의 주요 원인으로 밝혀지면서 그 필요성이 증대되고 있다. 최근 증가하고 있는 아토피 등의 영유아 알레르기가 밀가루의 글루텐에 의해 유발된다고 보고되고 있다(Gallagher et al., 2004; Ana et al., 2010; Sciarini et al., 2010). 쌀가루는 밀가루를 대체할 수 있는 소재로서 최근 주목을 받고 있는데, 쌀가루는 알레르기 유발물이 현저하게 낮고 소화가 잘되며 필수 아미노산 등 영양적인 측면에서 장점을 가지고 있다(Ying et al., 2007; Turabi et al., 2010). 쌀은 가공식품의 주원료 및 부원료로 사용되는 여러 곡류의 대체 원료 사용될 수 있는 가능성을 인정받고 있는데, 최근 씨리얼 제품, 제빵믹스, 튀김가루 등에 사용되고 있다(Kadan et al., 2003). 특히 압출 성형된 쌀가루를 포함하고 있는 튀김가루

*Corresponding author: Sanghoon Ko, Department of Food Science and Technology, Sejong University, 98 Gunja-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-747, Korea

Tel: +82-2-3408-3260; Fax: +82-2-3408-4319

E-mail: sanghoonko@sejong.ac.kr

Received November 1, 2011; revised November 14, 2011; accepted November 15, 2011

는 튀김제품의 물성을 개선하고 유지의 흡수를 저감시킨다고 알려져 있다(Kadan et al., 2001)

밀가루를 쌀가루로 단순 대체하는 것은 제품의 가공적성 및 관능특성을 저하시키므로 쌀가루를 이용하여 대체 시 식품의 가공적성과 질감 등을 소비자가 수용할 수 있는 범위에서 대체하는 합리적인 접근이 필요하다. 밀가루에 포함되어 있는 글루텐은 그물망구조를 형성함에 따라 제과 및 제빵 제품에 특유의 질감을 부여하는데 중요한 역할을 한다. 쌀가루는 글루텐을 함유하지 않기 때문에 밀가루와 같은 그물망구조를 형성하지 못하여 제과 및 제빵 시 반죽의 구조 및 강도 형성이 원활하지 않아 제품의 질감이 떨어지는 단점이 있다(Ana et al., 2010; Turabi et al., 2010).

최근 밀가루를 대체한 제품의 제조 시 쌀가루의 가공적성을 개선하기 위한 다양한 연구가 수행되어 왔는데, 밀가루를 입자크기가 다른 쌀가루로 대체하여 쉬폰케이크 제조 시 쌀가루 첨가량과 입자크기에 따른 제빵적성을 비교하였으며(Kim & Shin, 2009), 건식 및 습식 제분방법으로 제조한 쌀가루와 알파화 방법으로 제조한 쌀가루의 제빵 적성을 구명한 연구가 수행되었다(Cho, 2001). 또한 쌀가루 적용 제품의 품질 개선을 위하여 콩가루 및 옥수수가루(Sciarini et al., 2010), 검류(Turabi et al., 2010), 저항전분(Kim et al., 2001), 전분(Kim & Jang, 2005) 등을 첨가하여 제빵적성 및 질감에 미치는 영향을 평가하였으며, 효소적 처리를 통해 쌀 단백질이 그물망구조를 형성하도록 하여 제빵적성을 증진시킨 연구가 있다(Gujral et al., 2003; Moore et al., 2006).

최근 주목 받고 있는 압출(extrusion)공정은 쌀가루의 가공적성을 개선할 수 있는 방법으로 주목 받고 있는데 쌀가루에 압출공정을 적용하게 되면 쌀가루의 전분, 단백질, 지질 성분들이 고온 상태에서 변형되어 점탄성을 갖게 되며 수증기나 가스 등에 의해 부피가 증가하여 구조가 파괴되며 조직의 재형성을 피할 수 있다(Kim & Ryu, 2001). 압출공정은 재료를 스크류에 의해 이동하는 동안에 열처리 및 강한 전단력을 제공하므로 결정구조를 변형시키고 분자 절편화(molecular fragmentation)를 가능하게 한다(Colonna & Mercier, 1983).

압출 공정 중 고온과 고압상태에서 쌀가루는 부분적 또는 완전한 호화(gelatinization)가 되며 또한 단백질 및 지질의 변성이 일어나며 전분, 지질, 단백질 간의 복합체를 형성하기도 한다. 압출공정을 이용하여 쌀가루를 처리하는 방법은 고온 고압상태에서 이루어지기 때문에 쌀가루의 충분한 호화가 이루어지며 연속제조가 가능한 장점이 있으며, 압출 시 고온 고압에서 처리된 쌀가루가 대기압 하에 놓이게 되면 부피 팽창 등의 변화가 유발된다. 본 연구에서는 압출공정에 의해 처리된 쌀가루는 새로운 가공적성과 물성을 보유하게 된다는 점에 착안하여 연구가설을 수립하였다. 또한 압출쌀가루는 기존 쌀가루를 이용하여 밀가루를 대체

한 제품을 제조 시 문제가 되었던 가공적성 및 질감을 개선할 수 있는 원료로 사용될 수 있는 가능성이 있다고 판단하여, 본 연구를 통하여 이를 규명하고자 하였다.

본 연구의 목표는 쌀가루를 다른 수분함량과 온도 조건하에서 압출하여 압출쌀가루를 제조하는 것이었으며 이때 압출성형 조건이 호화 특성, 수분흡수력, 수분용해도, 팽윤력, 소화력에 미치는 영향을 평가하였다. 또한 쌀가루의 밀가루 대체 적성 평가를 위하여 압출쌀가루를 쿠키 제조에 적용하였으며 압출쌀가루 대체량에 따른 쿠키의 품질(경도, 퍼짐성, 관능평가 등)을 평가하였다.

재료 및 방법

재료

압출쌀가루를 이용하여 쿠키를 제조하기 위하여 밀가루(CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), 쌀(Cheolwonodae, 2010, Gangwon-do, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), 버터(Wellga Inc., Gyeongsangnam-do, Korea), 베이킹파우더(Kwang Il Co., Seoul, Korea), 계란(Yong-Won, Gyeonggi-do, Korea)을 사용하였다.

압출쌀가루 제조

쌀은 1 시간 동안 물에 수침한 후 물기를 제거하고 믹서기(HMF-3010s, Han-Il Electric Co., Seoul, Korea)를 사용하여 분쇄하였다. 쌀가루는 50 mesh 체를 이용하여 통과된 쌀가루를 압출쌀가루 제조에 사용하였다. 본 연구에 사용한 압출기는 이축 압출기(STS-25HS, Hankook E.M. Ltd., Gyeonggi-do, Korea)이며 배럴(barrel) 길이와 스크류 직경(L/D)의 비는 32:1이고, 스크류 속도는 250 rpm, 압출 사출구의 직경은 3 mm을 사용하였다. 압출 공정의 조건은 배럴 온도와 수분함량을 조절하였다. 압출성형 조건은 배럴의 온도를 100°C, 130°C와 수분함량을 25, 27%로 조정하여 4 가지의 압출쌀가루를 제조하였다. 수분함량을 조절하기 위해 첨가하는 물에 구연산을 2%로 조정하여 압출성형 중에 첨가하여 주었다. 낮은 농도의 유기산을 첨가하여 쌀가루가 압출 공정 중에 수분과 혼합되어 3 차원적 네트워크 구조의 형성을 증가시키기 위한 방안으로 사용하였다. 압출쌀가루는 건조기(OF-22GW, Jeio Tech, Daejeon, Korea)를 이용하여 100°C에서 18 시간 동안 건조한 후 다음 실험을 위해 4°C에서 플라스틱 백에 보관하였다.

압출쌀가루의 특성 연구

압출쌀가루의 수분흡착지수, 수분용해지수, 팽윤력 측정

압출 쌀가루의 수분흡착지수, 수분용해지수, 팽윤력을 알아보기 위해 1 g 무게를 측정해놓은 튜브를 준비한 후 30 mL의 증류수와 혼합하여 30°C, 80°C와 150 rpm으로 설정하여 항온 수조에서 30 분간 가열해준 후 각 튜브를

25°C로 냉각시켰다. 열처리된 각 쌀가루의 튜브는 7232 g에서 30 분간 원심분리기를 사용하여 상등액과 침전물을 분리하여 각각의 무게를 측정하였다. 건조된 알루미늄 접시를 무게를 측정한 후 상등액의 무게를 측정한 알루미늄 접시에 붙고 105°C에서 완전히 건조될 때까지 5 시간 동안 건조 시켰다. 침전물과 tube에 무게와 건조된 상등액 무게를 측정하여 수분흡착지수(water absorption index, WAI), 수분용해지수(water solubility index, WSI), 팽윤력 (swelling power, SP)를 아래의 식으로 계산하였으며 3 회 반복하였다.

$$\text{Water Absorption Index (WAI)} = \frac{\text{wet sediment weight}}{\text{dry sample weight}}$$

$$\text{Water Solubility Index (WSI, \%)} = \frac{\text{dry supernatant weight}}{\text{dry sample weight}} \times 100$$

$$\text{Swelling Power (SP)} = \frac{\text{wet sediment weight}}{\text{dry sample weight} \times (1 - \frac{\text{WSI}(\%)}{100})} \times 100$$

압출쌀가루의 점도 측정

압출쌀가루의 점도 변화를 분석하기 위해 rapid viscosity analysis(RVA) 방식을 사용한 starch pasting cell이 설치된 점도계(AR 1500ex, TA instrument, New Castle, DE, USA)를 이용하였다. 각 쌀가루 5 g과 수분 23 g을 혼합하였다. 점도 측정 절차는 레오미터에서 1 분 동안 쌀가루와 수분이 잘 섞이도록 하였으며 이후 가열 과정을 시작하였으며 50°C에서부터 95°C까지 6°C/min의 속도로 온도를 증가시켜 주었다. 95°C까지 온도가 상승된 후 5 분 동안 온도를 유지한 후 50°C까지 6°C/min의 속도로 온도를 낮춰주었으며 50°C에서 1 분간 유지하였다. 각 과정에서 각 압출쌀가루의 점도 변화를 3 회 반복하여 평균으로 나타내었다.

압출쌀가루의 scanning electron microscopy(SEM) 측정

건조된 압출 쌀가루의 입자 형태 및 크기의 측정을 위해 SEM image를 사용하였다. 압출성형조건이 다른 쌀가루를 SEM 측정 전에 금으로 120 초간 코팅하였다. SEM image는 SEM(S-4300, Hitachi, Tokyo, Japan)으로 15 kV으로 입자의 형태 및 크기를 측정하였다.

압출쌀가루의 호화 특성

압출쌀가루의 호화 특성을 분석하기 위해 Differential Scanning Calorimeter(DSC 200 F3 Maia, Netzsch, Bvaria, Germany)을 사용하였다. 각 쌀가루의 수분 함량은 약 10%로 조정하였으며 aluminum pan에 각 샘플을 5 mg을 넣어 주고 증류수를 15 mg을 혼합하였으며 비어있는 aluminum pan을 reference로 사용하였다. 쌀가루의 aluminum pan은

수분의 손실을 막고 가열 중 터짐을 방지하기 위해서 밀봉하였다. 각 샘플은 30°C에서 10°C/min의 속도로 온도를 증가시켰으며 최고 온도 130°C까지 증가 시켰다. 각 쌀가루와 압출쌀가루의 호화특성을 확인하였다.

압출쌀가루의 소화도 측정

압출 쌀가루의 소화도는 AACC 32-40의 방법을 변형하여 실시하였다. 0.1 g의 pancreatic α -amylase(pancreatin, 3000, unit/mg), 10 mL sodium maleate buffer, dilute amyloglucosidase(AMG)(3300 U/mL, on soluble starch) 0.1 mL를 혼합한 후 1500 g에서 10 분간 1500 g에서 5 분 동안 원심분리 하였으며 상등액만을 사용하였다. 각 압출 쌀가루를 0.05 g을 튜브에 넣고 0.1 M sodium maleate buffer를 6 mL를 넣고 섞어주었다. 그리고 효소용액을 각 튜브에 0.1 mL씩 넣어주었으며 37°C로 유지된 항온수조에 서 150 rpm으로 20, 120 분 동안 반응시킨 후 80% ethanol을 각 튜브에 3.6 mL를 넣어주었다. 그리고 1500 g에서 5 분 동안 원심분리 한 후 상등액을 0.5 mL씩 다른 튜브에 넣고 glucose oxidase/peroxidase(gopod) reagent를 1.5 mL 넣은 후 50°C에서 20 분 동안 반응 시켰다 각 샘플은 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 샘플의 RS의 함량은 아래의 식을 구하였다. 압출쌀가루의 소화도 실험은 3 회 반복 실시하였다.

Digestibility =

$$\frac{\text{absorbance of digested rice suspension}}{\text{weight of rice (mg)}} \times \frac{\text{weight of 100 } \mu\text{g glucose solution}}{\text{absorbance of 100 } \mu\text{g glucose solution}} \times 90$$

압출쌀가루가 첨가된 쿠키의 품질 특성분석

압출쌀가루 쿠키 제조

압출쌀가루와 밀가루의 비율을 달리한 쿠키의 배합비율은 Table 1에 나타내었다. 쿠키의 배합비율은 AACC(American Association of Cereal Chemistry 1995)의 제조방법을 바탕으로 결정하였다. 쿠키 제조방법은 반죽기(KSM 90, St Joseph, MI, USA)에 버터를 넣고 1 분 동안 부드럽게 한

Table 1. Mixing ratios of wheat and extruded rice flours for cookie preparation.

Ingredient (g)	Control (wheat flour)	Extruded rice flour
Wheat flour	100	70
Extruded rice flour	0	30
Sugar	35	35
Butter	35	35
Salt	0.7	0.7
Baking powder	2	2
Egg (ea)	1	1

후 설탕, 소금을 2회에 걸쳐 넣어 2분 동안 반죽하고 달 같은 넣은 후 1분간 반죽하여 크림화하였다. 재료를 넣을 때마다 믹싱 볼에 붙은 재료를 긁어 내려주었다. 50 mesh 체에 거른 분말을 혼합한 후 완성된 크림과 혼합하여 반죽을 제조하였다. 각 재료들은 Table 1의 비율로 혼합하였으며 만들어진 반죽은 12g으로 지름 3cm, 높이 1cm인 mold를 사용하여 크기와 모양을 일정하게 하였으며 굽기 전 5시간 동안 -20°C에서 보관하였으며 상온에서 30분간 녹인 후 윗불 175°C, 아랫불 170°C로 오븐에서 10분 동안 구웠다. 구워진 쿠키는 1시간 동안 실온(20°C)에서 식힌 후 플라스틱 백에 넣어 보관하며 특성분석을 위해 사용하였다.

쿠키의 경도 측정

쿠키의 경도를 측정하기 위해서 texture analyzer(TMS-Pro, Food Technology Co., Sterling, VA, USA)를 사용하여 측정하였다. Texture analyzer에 25 N의 load cell을 설치하였으며 지름 0.5 cm와 높이 10 cm의 probe를 사용하여 100 mm/min의 속도로 측정하였다. 쿠키를 texture analyzer에 놓은 후 probe를 1회 시료 방향으로 이동시켜 경도 측정 실험을 수행하였다. 쿠키의 hardness는 표면을 통과하는데 걸리는 힘의 최고 값으로 나타내었다.

쿠키의 퍼짐성 측정

쿠키의 퍼짐성 지수는 AACC method 10-50D의 방법(1986)을 사용하여 구하였다. 쿠키 6개를 정렬한 후 쿠키의 직경을 측정하고 각 쿠키를 수직으로 세워 높이를 측정하였다. 쿠키의 퍼짐성지수는 쿠키의 높이(mm)와 직경(mm)의 비로 구하였으며 아래의 식을 이용하였다.

$$\text{Spread factor} = \frac{\text{Cookie width}}{\text{Cookie height}} \times 10$$

쿠키의 색도 측정

쿠키의 색은 색차계(CR-300, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)를 사용하여 쿠키의 색을 측정하였다. 각 색의 값은 L(lightness/darkness), a(redness/greenness), b(yellowness/blueness)로 나타내었다. 이때 사용한 색차계의 표준 백판 값은 L 98.07, a -0.18, b 1.57이었다. 표면색도 측정은 3회 반복하여 수행되었다.

쿠키의 관능평가

쿠키의 관능평가는 세종대학교 식품공학과 대학원생 10명을 패널로 선정하였다. 당일 제조한 쿠키를 2cm 크기로 잘라서 관능검사 전에 접시에 한 개씩 놓아 주었으며 각각의 쿠키에는 임의의 번호를 부여하여 랜덤 하게 주었다. 쿠키의 평가는 색, 향미, 맛, 조직감과 전체적인 선호도

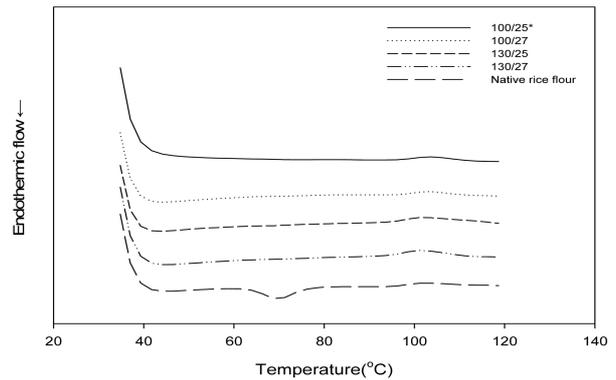


Fig. 1. Thermal properties analysis of extruded rice flours using differential scanning calorimetry (DSC). *Extrusion condition (Temperature/Moisture content)

를 조사하였고 평가척도는 매우 약하다(1 점), 약하다(2 점), 보통이다(3 점), 강하다(4 점), 매우 강하다(5 점)의 5 점 척도로 기호도 평가를 실시하였다.

통계분석

본 연구에서 3회 반복하여 얻어진 자료를 평균과 편차로 나타내었으며 통계분석은 SAS(SAS9.1, SAS Institute, Inc., Cary, USA) 통계 프로그램을 이용하여 실시 하였다. 각 Table에는 평균과 표준편차로 나타내었다.

결과 및 고찰

압출쌀가루의 특성연구

압출쌀가루의 호화 특성

쌀가루와 각 압출쌀가루의 호화특성을 Fig. 1에 나타내었다. 생쌀가루는 온도가 상승하는 과정에서 호화가 일어나며 발생하는 상전이 현상인 첫 번째 peak가 나타났으며 호화 개시온도는 63.6°C, peak 온도는 69.5°C, 호화종료 온도는 76.1°C으로 측정되었다. 반면 압출쌀가루는 생쌀가루와는 달리 60°C에서 peak가 나타나지 않았다. 압출쌀가루는 압출 공정 중에 호화가 일어났으며 사출구에서 고온, 고압에 의해 탈수현상으로 인해 α-화 되었으며 압출쌀가루는 낮은 온도에서 수분을 흡수하여 쉽게 호화가 되어 생쌀가루와 같은 호화에 의해 흡열반응인 peak가 나타나지 않은 Hagenimana et al.(2006)의 결과와 일치 하였다.

압출쌀가루의 scanning electron microscopy (SEM)

일반적으로 생쌀가루 입자의 모양이 대부분 다각형 형태를 보였으며 분쇄에 의해 형태를 잃은 입자도 확인되었다. 반면 Fig. 2에서 확인 할 수 있듯이 압출쌀가루는 입자의 크기와 형태가 일정하지 않으며 표면이 매끄럽지 않았다. 압출기는 고온, 고압조건에서 가열 성형을 하여 쌀가루의

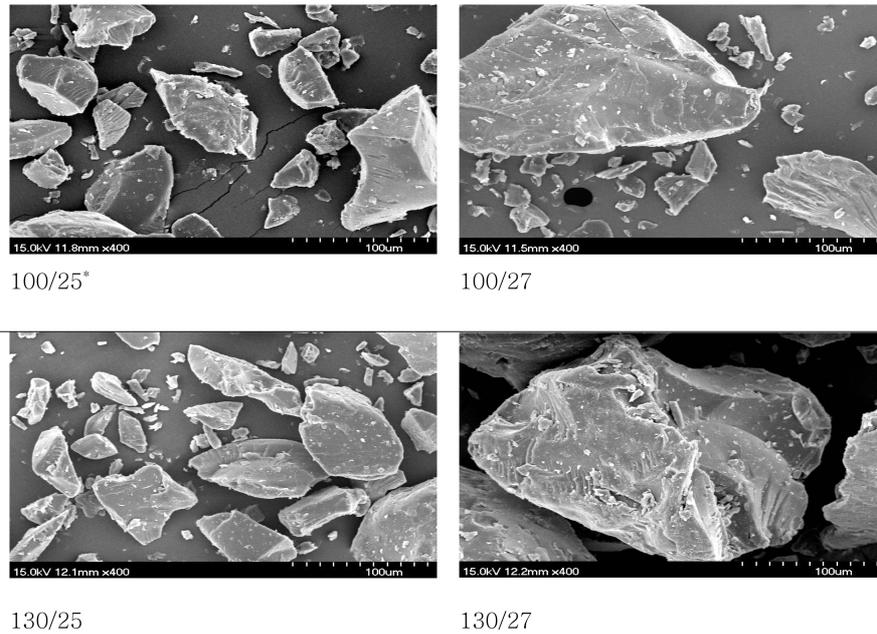


Fig. 2. SEM images of extruded rice flours. *Extrusion condition (Temperature/Moisture content)

호화, 용융 등의 반응과 구조적 변화를 일으키며 쌀가루는 압출성형 후 무정형 상태가 되었고 원래의 입자의 형태를 잃은 것으로 보인다.

압출쌀가루의 수분흡착지수, 수분용해지수, 팽윤력 특성
 각 압출 쌀가루의 수분흡착지수, 수분용해지수, 팽윤력 측정결과를 Table 2에 나타내었다. 압출쌀가루는 30°C에서도 WAI와 SP가 높게 나타났으며 WSI도 증가하는 것으로 나타났다. 압출쌀가루는 낮은 온도에서도 수분을 흡수하여 호화가 되었으며 80°C에서도 수분흡수력, 수분용해도 및 팽윤력도 생쌀가루에 비하여 높게 나타났다. 압출 공정 온도가 증가할수록 압출쌀가루의 WAI와 SP는 감소하였으며 WSI는 증가하는 것으로 나타났다. 또한 각 온도에서 압출 쌀가루는 압출 공정 중 수분함량이 증가할수록 WAI와 SP가 증가하였으나 반면 WSI는 감소하였다. 이 결과는 Kadan et al.(2003)의 연구와 일치하였다. 생쌀가루와 압출

쌀가루의 수분흡수력, 수분용해지수, 팽윤력 측정 결과에서 압출쌀가루의 입자는 압출공정에서 배럴의 온도와 수분함량의 차이가 입자에 가해지는 전단력과, 마찰력이 다르며 온도가 증가하거나 수분함량이 감소될수록 쌀가루는 입자의 파괴로 인한 fragmentation 현상이 증가하는 것으로 보인다. 이러한 결과는 Hagenimana et al.(2006)의 연구 결과와 일치하였다.

압출쌀가루의 점도 특성

압출쌀가루의 RVA 측정 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 압출쌀가루는 전형적인 RVA 그래프가 나타나지 않았으며 특징적인 peak viscosity가 나타나지 않았다. 생쌀가루는 온도가 증가함에 약 60°C에서 점도가 증가하였다. 100°C 압출 쌀가루는 초기 50°C에서 점도가 4.95와 5.9 RVU로 높게 측정되며 130°C 압출쌀가루는 0.65와 0.83 RVU로 생쌀가루(0.02 RVU)보다는 높았다. 압출쌀가루는 α -화되었기 때

Table 2. Hydration properties of the extruded rice flours.

Extrusion condition	WAI (30 ^{**})	WAI (80)	WSI (30)	WSI (80)	SP (30)	SP (80)
Native rice	2.0±10.11 ^{**}	5.8±0.12 ^b	0.9±0.14 ^c	1.4±0.3 ^c	2.0±0.11 ^d	5.9±0.13 ^c
100/25 ^{***}	5.4±0.06 ^b	7.6±0.39 ^a	10.3±0.12 ^c	20.1v±0.43 ^b	6.1±0.07 ^c	9.5±0.46 ^a
100/27	5.7±0.17 ^a	7.7±0.20 ^a	8.0±0.04 ^d	17.8±0.55 ^b	6.2±0.18 ^{bc}	9.4±0.31 ^a
130/25	5.1±0.08 ^c	5.7±0.37 ^b	25.2±0.23 ^b	31.1±2.2 ^a	6.9±0.08 ^a	8.2±0.30 ^b
130/27	4.8±0.11 ^d	5.6±0.48 ^b	27.9±0.81 ^a	30.8±2.47 ^a	6.7±0.22 ^{ab}	8.1±0.91 ^b

WAI= water absorption index, WSI=water solubility index, SP=swelling power

*Means with the same letter within the same column are not significantly different ($p < 0.05$)

**Test temperature

***Temperature/Moisture content

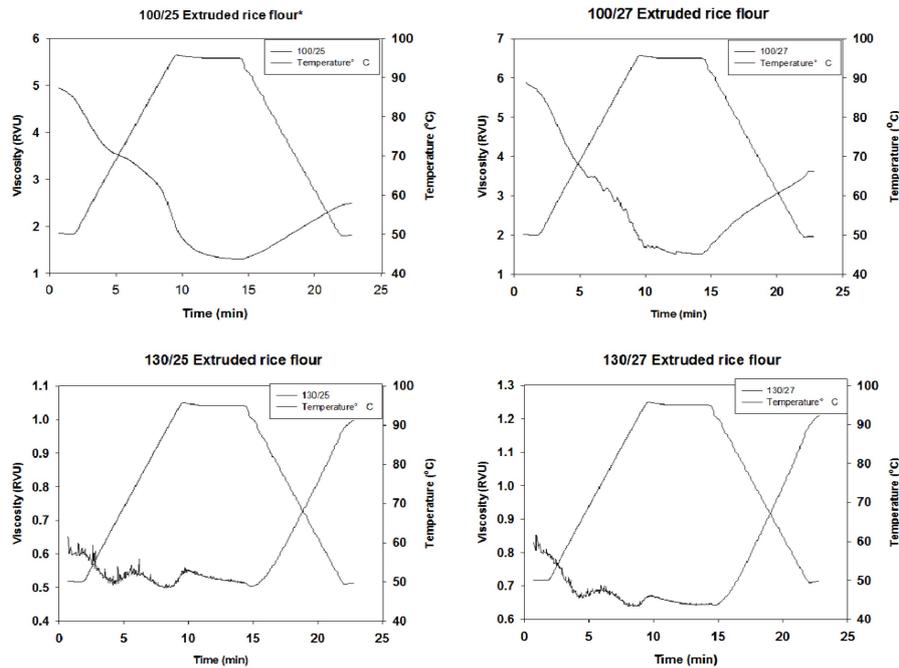


Fig. 3. Pasting properties of extruded rice flours. *Extrusion condition (Temperature/Moisture content)

문에 낮은 온도에서 호화가 일어나 생쌀가루와 달리 낮은 온도에서 점도가 높았다. 반면 생쌀가루는 87.2°C 에서 가장 높게 점도(14.05 RVU)가 측정되었으며 전형적인 RVA 그래프가 나타났다. 압출쌀가루는 낮은 온도에서 호화가 일어나며 점도가 높게 측정되어 음료, 영유아용 식품, 환자식, 인스턴트 미음에 적용 시킬 가능성이 있다고 하였다 (Kadan et al., 2003).

압출 쌀가루는 수분함량이 높은 쌀가루의 점도가 높게 측정 되었으며 또한 130°C에서 압출된 쌀가루는 100°C에서 압출된 쌀가루에 비해 점도가 급격하게 감소하였다. 압출 공정 중 압출쌀가루는 배럴의 온도가 증가함에 따라 130°C에서 입자의 파괴가 더 발생되었기 때문으로 생각된다.

온도가 증가하는 동안에 100°C 압출쌀가루는 점도의 감소되었다. 100°C 압출쌀가루는 압출공정 중에 호화나 입자의 파괴가 일어나지 않은 일부의 쌀가루 입자들이 재호화가 일어나 50°C에서 점도가 높게 나타나며 이 후 온도가 증가함에 따라 팽윤된 입자가 파괴되어 점도가 감소되는 것으로 보인다. 100°C 압출쌀가루는 온도가 증가함에 따라 감소되어 90°C에서 가장 낮은 값이 측정되었다.

90°C 이후 온도가 감소되어 50°C를 유지하는 구간에서 100°C 압출쌀가루는 초기보다 낮은 점도가 측정되었다. 이와 반대로 130°C 압출쌀가루는 초기 점도는 낮게 측정되었으며 온도가 증가하더라도 점도의 변화가 100°C 압출쌀가루와 비교하여 점도의 변화가 거의 없으며 입자의 파괴 정도가 100°C 때보다 많이 발생되어 알파화 되는 과정의

점도 상승 현상이 적은 것으로 사료된다. 또한 90°C 이후 온도가 감소하는 구간과 50°C를 유지하는 구간에서 점도가 증가하는 것으로 나타났으며 초기의 점도보다 높은 값이 측정되었으나 100°C 압출쌀가루보다 낮은 값이 측정되었다. 점도의 상승은 온도가 감소하며 나타나는 입자들의 재결정 현상으로 압출 공정 중 물리적 힘에 의해 발생하는 입자의 파괴로 인한 짧은 아밀로오스와 같은 사슬들의 영향으로 생각된다.

압출쌀가루의 입자는 압출공정에서 고온상태에서 스크류에 의한 고온, 전단력, 입자들간의 마찰로 fragmentation 현상에 일어나 입자가 녹거나 파괴되며 또한 팽화로 인한 사출과정에서 탈수현상으로 인한 알파화가 발생되어 초기 점도가 높으며 생쌀가루와 같은 전형적인 RVA그래프가 나타나지 않는 것으로 보고되었다(Haralampu, 1999). 압출 쌀가루의 점도변화는 압출공정조건으로 온도와 수분함량에 따라 쌀가루 입자에 가해지는 전단력의 차이로 입자의 붕괴와 호화의 정도가 다르게 나타난 것으로 생각된다(Ilo et al., 1999; Hagenimana et al., 2006).

압출쌀가루의 소화도 특성

각 압출쌀가루의 소화도에 관한 결과는 Table 3에 나타났다. 압출쌀가루의 소화도는 slowly digestible starch(SDS) 함량이 51-60%로 rapidly digestible starch(RDS)의 함량 4.59-5.72%보다 많으며 효소에 의해 분해되는 속도가 천천히 진행되며 RS의 함량도 31-39%로 분해가 되지 않았다.

Table 3. *In vitro* digestion of extruded rice flours.

Extrusion condition	RDS	SDS	RS
100/25*	5.72±1.63***	51.59±4.48 ^a	39.65±6.12 ^a
100/27	4.97±2.08 ^a	53.67±19.7 ^a	39.51±1.67 ^a
130/25	4.60±0.87 ^a	59.78±3.07 ^a	31.28±5.46 ^a
130/27	4.59±0.34 ^a	58.93±1.56 ^a	34.21±3.95 ^a

RDS=rapidly digestible starch, SDS=slowly digestible starch, RS=resistant starch

*Temperature/Moisture content

**means with the same letter within the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

압출쌀가루는 압출 공정에서 온도가 증가할수록 RDS함량은 감소되었고 SDS의 함량은 증가하였으며 resistant starch(RS)의 함량이 다소 감소되었다. 압출쌀가루의 소화도는 압출 공정 중에 입자가 받는 전단력 등의 차이가 결정성 파괴, 호화의 정도에 따라 차이가 발생한다. 압출 공정은 쌀가루의 반죽과정뿐 아니라 열, 물리적 전단력을 쌀가루에 결정성 파괴와 입자의 fragmentation을 부분적 또는 전체적으로 변형시킨다고 보고되었다(Hagenimana et al., 2006). 저항전분 개발연구에서 전분, 구아검, 구연산을 혼합하여 압출하였을 때 구연산은 전분의 노화를 촉진하는 소재로서 이용되었으며 구아검과 전분만을 압출하였을 때보다 구연산을 첨가하였을 때 저항전분의 함량이 증가하는 결과가 보고된 바 있다(Jing et al., 2007). 하지만 130°C 압출쌀가루는 구연산이 쌀가루의 노화를 촉진시켜 SDS함량을 증가시키지만 스크류에 의한 전단력에 의해 생성되는 작은 입자의 증가로 효소의 영향을 받을 수 있기 쉬운 형태로 되어 RS의 함량이 감소되는 것으로 생각된다. 압출 공정에서는 단백질의 변성, 전분과 지질, 단백질과 지질, 전분과 단백질 사이에 복합체를 형성한다고 연구되었다(Colonna et al., 1983; Ho et al., 1992; Juliano, 1992). 압출쌀가루의 소화도의 영향을 주는 요인으로 전분과 지질의 복합체는 소화를 지연시키며(Rao, 1976) 또한 압출쌀가루의 소화도는 입자 크기, 아밀로오스와 아밀로펙틴 비율, amylose-lipid complex 함량 등 여러 요인이 복합적으로 영향을 받는다고 보고되어있다(Lai et al., 2000).

압출쌀가루가 첨가된 쿠키의 품질 특성분석

쿠키의 경도는 Table 4에 나타내었다. 쿠키 표면의 경도는 130°C, 25% 압출쌀가루가 첨가된 쿠키가 2.29로 가장 낮게 측정되었으며 이외의 쿠키(3.02-3.34)는 밀가루 쿠키(2.70)보다 높게 측정되었다. 압출쌀가루가 첨가된 쿠키는 압출공정에서 수분함량이 높은 쌀가루가 첨가된 쿠키에서 경도가 증가하는 특징이 나타났다. Cho (2001)의 연구에서 압출쌀가루를 혼합한 빵은 밀가루 빵과 비슷한 경도가 측정되었던 것과 일치하였다. 낮은 농도의 구연산을 혼합하여 압출한 쌀가루는 three-dimensional network를 형성하여

Table 4. Hardness and spread factor of the cookies added with wheat and extruded rice flours cookies.

Extrusion condition	Hardness (N)	Spread factor
Wheat flour	2.70±0.1 ^{b**}	24.5±0.1 ^a
100/25*	3.07±0.46 ^a	19.92±0.34 ^b
100/27	3.34±0.34 ^a	19.83±0.25 ^b
130/25	2.29±0.2 ^c	18.4±0.43 ^c
130/27	3.02±0.19 ^{ab}	19.42±0.24 ^b

WAI= water absorption index, WSI=water solubility index, SP=swelling power

*Temperature/Moisture content

**means with the same letter within the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 5. Change in color values of cookies added with wheat and extruded rice flours.

Extrusion condition	L	a	b
Wheat flour	75.61±1.08***	-3.51±0.33 ^c	30.56±1.14 ^a
100/25*	69.96±1.42 ^d	0.54±1.22 ^a	29.51±1.41 ^b
100/27	71.27±1.53 ^c	1.13±0.74 ^a	29.21±1.4 ^{ab}
130/25	73.78±1.54 ^b	-2.6±0.48 ^b	26.46±1.4 ^c
130/27	74.99±1.85 ^b	-2.98±0.14 ^{bc}	26.68±0.58 ^c

WAI= water absorption index, WSI=water solubility index, SP=swelling power

*Temperature/Moisture content

**means with the same letter within the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

쿠키의 쿠키의 경도를 감소시키는 것으로 생각된다(Pedrosa Silva Clerici et al., 2009).

각 쿠키의 퍼짐성 지수는 Table 4에 나타내었다. 밀가루로 만들어진 쿠키는 압출쌀가루 쿠키에 비해 더 높게 측정되었다. 밀가루는 글루텐이 형성하는 구조적 영향으로 팽창제에 의해 굽는 과정에서 부피의 증가가 크며 압출쌀가루 쿠키는 이러한 부피증가를 할 수 있는 구조적 형성이 밀가루에 비해 부족한 것으로 보인다. 그러나 압출쌀가루는 밀가루 쿠키에 비해 부피의 증가는 적으나 쿠키를 제조하는데 있어서 모양과 형태를 유지하는 데 더 좋은 영향을 주는 것으로 보인다.

각 쿠키의 색에 대한 결과는 Table 5에 나타내었다. 각 쿠키의 색은 100°C에서 압출쌀가루가 첨가된 쿠키가 색이 짙고 더 노란색을 띄었다. 100°C에서 압출 쌀가루는 b값이 높게 측정되었으며 L값이 낮게 측정되었으며 이러한 결과는 압출쌀가루의 색의 영향으로 쿠키의 색에 영향을 주는 것으로 생각된다. 압출쌀가루의 색이 노란색으로 된 이유는 압출성형 후 수분이 완전하게 증발되지 않은 상태에서 쌀가루의 maillard reaction 또는 캐러멜화 반응으로 인해 건조과정에서 색이 변한 것으로 생각한다. 가열 처리하여 난소화성 개발연구에서 열처리가 된 전분은 색이 짙어지고 노란색이 증가한 결과와 동일하였다(Han et al., 2003).

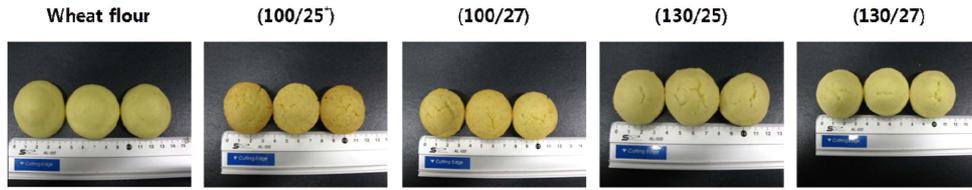


Fig. 4. Appearance of cookies added with wheat and extruded rice flours. *Extrusion condition (Temperature/Moisture content)

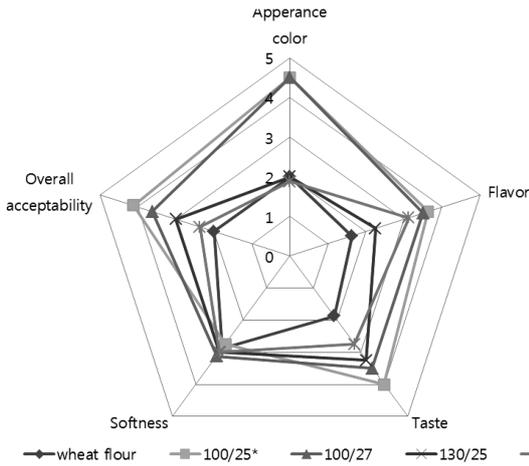


Fig. 5. Sensory evaluation of cookies in terms of color, flavor, taste, softness, and overall acceptability. *Extrusion condition (Temperature/Moisture content)

쌀가루가 혼합된 쿠키는 맛의 평가에서 4와 3.5로 유의적 차이를 보였으며 130°C, 25% 압출쌀가루가 혼합된 쿠키는 3.25, 130°C, 27% 압출쌀가루가 혼합된 쿠키는 2.75로 평가되어 밀가루 쿠키(1.88)과 유의적 차이를 보이며 높은 평가를 받았다. 그리고 압출 쌀가루가 혼합된 쿠키의 부드러운 정도(2.8 -3.1)는 유의적 차이가 보이지 않았으며 밀가루 쿠키(2.9)와 비슷한 범위에서 평가를 받았다.

밀가루와 압출쌀가루가 혼합된 쿠키의 전체적인 기호도에 관한 평가는 100°C에서 25%, 27% 압출쌀가루가 혼합된 쿠키가 4.5와 3.6으로 유의적 차이가 있는 높은 점수를 받았다. 다음으로 130°C에서 27%, 25%로 압출쌀가루가 혼합된 쿠키가 3과 2.4 이었으며, 밀가루 쿠키는 가장 낮은 평가를 받았다. 압출쌀가루와 밀가루가 혼합된 쿠키는 관능평가에서 색, 향, 부드러움, 맛, 전체적인 기호도에서 좋은 평가를 받았으며 또한 퍼짐성 지수가 낮으며 쿠키의 형태를 유지하는데 도움을 줄 수 있어 쿠키의 소재로 적합할 것으로 생각된다.

쿠키의 관능평가

밀가루에 압출 쌀가루를 혼합한 쿠키의 관능적 품질 특성은 Fig. 5에 나타내었다. 쿠키의 관능평가 척도로는 쿠키의 색, 향, 맛, 부드러운 정도, 전체적인 선호도를 사용하였다. 압출쌀가루가 혼합된 쿠키는 대체적으로 밀가루 쿠키와 비교하여 높은 점수를 받았다.

밀가루에 압출 쌀가루를 혼합한 쿠키의 색은 평가 점수(1.8-4.5)가 밀가루 쿠키(2)보다 비교적 높게 평가되었다. 100°C에서 25%, 27% 압출쌀가루가 혼합된 쿠키의 색이 4.5로 높았다. 130°C, 25%, 27% 압출쌀가루가 혼합된 쿠키의 색은 밀가루 쿠키와 비슷한 점수를 받았으며 유의적 차이가 없었다.

밀가루에 압출쌀가루가 혼합된 쿠키의 향기는 유의적 차이가 있었으며 밀가루 쿠키(1.6)보다 높은 관능평가 점수를 받았다. 이러한 결과는 Cho(2001)의 결과에서 압출쌀가루와 밀가루를 혼합한 빵의 향기가 밀가루 빵보다 우수하였다는 결과와 일치하였다. 밀가루 쿠키에 비하여 100°C에서 25%, 27% 압출쌀가루가 혼합된 쿠키의 향기가 3.6와 3.5의 순으로 높았으며 130°C에서 27%로 압출쌀가루가 혼합된 쿠키가 3.1로 평가되었다.

밀가루에 압출쌀가루가 혼합된 쿠키가 맛의 평가는 밀가루 쿠키보다 높게 평가되었다. 100°C에서 25%, 27% 압출

요 약

쌀가루를 온도와 수분함량을 조절하여 압출 한 쌀가루의 특성과 밀가루와 7:3의 비율로 혼합된 쿠키의 품질을 경도, 색도, 관능평가를 실시하여 쿠키에 적용가능성을 확인하였다. 압출 쌀가루는 호화가 이루어져 α 화 되었으며 압출온도가 100°C에서 130°C로 증가할수록 점도가 급격하게 감소되었으며 수분함량이 25%에서 27%로 증가할수록 점도가 다소 감소되는 것을 확인하였다. 압출쌀가루의 수분흡수력, 수분용해도, 팽윤력은 대체적으로 높게 측정되었으며 30°C와 80°C에서 수분용해도와 팽윤력은 생쌀가루에 비해 높게 측정되었으나 80°C에서는 130°C 압출쌀가루는 생쌀가루와 비슷하였다. 압출 공정 온도가 증가할수록 수분용해도는 급격하게 증가하였다. 밀가루와 각 압출쌀가루가 혼합된 쿠키는 밀가루 쿠키와 비교하여 경도가 높았으며 퍼짐성지수는 낮았다. 100°C 압출쌀가루가 첨가된 쿠키는 색이 짙었으며 130°C 압출쌀가루가 첨가된 쿠키는 밀가루와 비슷하였다. 압출쌀가루가 첨가된 쿠키는 관능 평가에서는 향기, 맛, 전체적인 기호도가 높았으며, 부드러운 정도는 비슷한 평가를 받았다. 압출쌀가루를 사용하여 밀가루 함량을 감소시키기 위한 연구를 실시한 결과, 압출쌀가

루는 밀가루 함량을 줄여 사용할 때 가공적성문제점을 보완할 수 있었다. 또한 다양한 분야로 압출쌀가루 연구를 통해 쌀의 활용을 확대될 가능성이 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 농청진흥청에서 주관하는 ‘쌀가루 이용성 증진 연구 및 실용화 기술 개발’의 연구 과제의 일부로 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- de la Barca AMC, Rojas-Martínez ME, Islas-Rubio AR, Cabrera-Chávez F. 2010. Gluten-free breads and cookies of raw and popped amaranth flours with attractive technological and nutritional qualities. *Plant Food Hum. Nutr.* 65: 241-246.
- Cho SJ. 2001. Bread property and sensory quality of differently processed rice flour compounded bread. *Korean Soc. Comm. Living Sci.* 12: 69-85.
- Colonna P, Mercier C. 1983. Macromolecular modifications of manioc starch components by extrusion-cooking with and without lipids. *Carbohydr. Polym.* 3: 87-108.
- Gallagher E, Gormley TR, Arendt EK. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends Food Sci. Tech.* 15: 143-152.
- Gujral HS, Guardiola I, Carbonell JV, Rosell CM. 2003. Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *J. Agr. Food Chem.* 51: 3814-3818.
- Hagenimana A, Ding X, Fang T. 2006. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *J. Cereal. Sci.* 43: 38-46.
- Han MR, Kim WK, Kang NE, Lee SJ, Kim MH. 2003. Studies for processing condition optimization and physicochemical property of resistant starch. *J. Food Sci. Nutr.* 32: 1193-1199.
- Haralampu SG. 1999. Resistant starch-a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydr. Polym.* 41: 285-292.
- Ilo S, Liu Y, Berghofer E. 1999. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. *LWT-Food Sci. Technol.* 32: 79-88.
- Jing W, Zhengyu J, Xiaoping Y. 2007. Preparation of resistant starch from starch-guar gum extrudates and their properties. *Food Chem.* 101: 20-25.
- Juliano BO. 1992. Structure, chemistry, and function of the rice grain and its fractions. *Cereal Food World* 37(10): 772-774, 776-779.
- Kadan RS, Bryant RJ, Boykin DL. 2001. Effects of processing conditions on qualities of rice fries. *J. Food Sci.* 66: 610-613.
- Kadan RS, Bryant RJ, Pepperman AB. 2003. Functional properties of extruded rice flours. *J. Food Sci.* 68: 1669-1672.
- 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.
- Kim MH, Kim JO, Shin MS. 2001. Effects of resistant starches on the characteristics of sponge cakes. *J. Food Sci. Nutr.* 30: 623-629.
- Kim MJ, Jang MS. 2005. Quality characteristics of sponge cakes with addition of corn starch. *J. Food Sci. Nutr.* 34: 1427-1433.
- Lai VMF, Lu S, Lii CY. 2000. Molecular characteristics influencing retrogradation kinetics of rice amylopectins. *Cereal Chem.* 77: 272-278.
- Lee CY, Kim SK, Marston PE. 1979. Rheological and baking studies of rice-wheat flour blends. *Korean J. Food Sci. Technol.* 11: 99-104.
- Moore MM, Heinbockel M, Dockery P, Ulmer HM, Arendt EK. 2006. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chem.* 83: 28-36.
- Pedrosa Silva Clerici MT, Airoidi C, El-Dash AA. 2009. Production of acidic extruded rice flour and its influence on the qualities of gluten-free bread. *LWT-Food Sci. Technol.* 42: 618-623.
- Rao PS. 1976. Nature of carbohydrates in pulses. *J. Agr. Food Chem.* 24: 958-961.
- Sciarini L, Ribotta P, León A, Pérez G. 2010. Influence of gluten-free flours and their mixtures on batter properties and bread quality. *Food Biopro. Technol.* 3: 577-585.
- Turabi E, Sumnu G, Sahin S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. *Food Hydrocolloid* 24: 755-762.
- Ying J, Kexue Z, Haifeng Q, Huiming Z. 2007. Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. *Food Chem.* 104: 53-58.