

Research Note

## 과열증기 처리가 현미의 산패에 미치는 영향

김고래 · 이석훈 · 박주안<sup>1</sup> · 신정규<sup>2\*</sup>

(주)바이오벤 부설연구소, <sup>1</sup>전주대학교 전통식품산업학과, <sup>2</sup>전주대학교 한식조리학과

### Effect of Superheated Steam Treatment on the Rancidity of Brown Rice

Go Rae Kim, Seok Hoon Lee, Juan Park<sup>1</sup>, and Jung-Kue Shin<sup>2\*</sup>

R&D Division, Biovan Ltd.

<sup>1</sup>Department of Traditional Food Industry, JeonJu University

<sup>2</sup>Department of Korean Cuisine, JeonJu University

#### Abstract

The purpose of this study is to investigate the effect of superheated steam (SHS) treatment on the inactivation of an enzyme involved in the acidity of brown rice as well as the degree of rancidity during storage of brown. Brown rice was treated with SHS at temperatures of 160°C, 200°C, and 240°C, and the result showed that the degree of starch damage was higher in the brown rice treated with SHS at higher temperature. Lipoxygenase was inactivated by treating with SHS for 20 s at 160°C, 15 s at 200°C, or 5 s at 240°C. The acidity and sensory evaluation of the brown rice treated with SHS showed that the acidity was decreased as the SHS treatment increased and SHS temperature became higher. The result of the sensory evaluation showed a similar tendency. These results show that the SHS treatment has potential as a method for improving the brown rice storage quality.

**Key words:** superheated steam (SHS), brown rice, lipoxygenase, acid value

## 서 론

세계의 쌀 생산국에서는 쌀을 대부분 벼의 형태로 저장하고 있으나, 일본은 현미의 형태로 저장을 하고 있다. 그러나 최근 현미에 대한 소비자의 관심이 증가하면서 우리나라에서도 현미의 형태로 저장하는 경우가 증가하고 있다 (Lee et al., 2014). 일반적으로 현미는 백미에 비하여 미생물에 의한 오염이 심하여 미생물의 증식과 미강 중의 지방의 산패로 인하여 저장하는 동안 변질, 변패되기 쉽기 때문에 수분 15%, 온도 15°C 이하에서 저온저장한다. 그러나 실제 유통은 20°C 이상의 상온에서 이루어지고 있어 이에 따른 미생물의 증식과 저장 중에 기생하는 해충에 의한 피해가 발생하고 있다. 해충에 의한 곡물의 피해가 양적 손실이라고 한다면, 미생물에 의한 피해는 맛과 향 등의 변화와 착색 등의 질적 손실이라고 할 수 있다. 특히 일부 미생물은 유독 물질을 생산하는 것으로 알려져 있다.

현재까지 알려진 곡류 저장 중의 유독 곰팡이로는 수분함량이 비교적 높은 쌀에는 *Penicillium islandicum* 등의 곰팡이가 생육할 수 있는데, 이 곰팡이는 islanditoxin이라는 간 질환 독소를 생산하는 것으로 알려져 있으며, 특징적으로는 쌀에 생육할 때 적황색의 색소를 생산한다. 또한 간암 유발 독소로 널리 알려진 aflatoxin을 생산하는 황국곰팡이인 *Aspergillus flavus*도 번식이 가능한 것으로 알려져 있다(Kim, 1998). 한편, 해충에 의한 손실은 전체 저장 곡물의 약 5% 수준인 것으로 알려져 있으나, 저장 및 유통 중에 발생하는 쌀벌레 등의 해충은 양적인 소실 문제 외에 소비자의 기호성에 심각한 문제를 일으키므로 보다 적극적으로 대처해야 할 필요성이 있다(Chun et al., 2013).

현미는 식이섬유, 미량원소, 비타민, 항산화제 등과 같은 질병 예방에 중요한 영양성분 및 기능성 성분을 풍부하게 함유하고 있어 변비개선, 콜레스테롤 값의 저하, 비만 해소, 혈당치 개선, 빈혈방지, 자율신경실조증에 대한 회복기능 등을 나타내는 것으로 알려져 있고, 최근 이와 같은 현미의 가치가 재인식되면서 현미와 현미 가공품에 대한 관심이 고조되고 있으며, 건강식품으로서의 가치가 높게 평가되고 있다(Kang & Song, 2016). 따라서 최근 현미를 선호하는 소비자의 기호도를 고려하였을 때 현미의 저장성 향상과 현미 및 현미 가공품의 안전성을 확보하기 위하여

\*Corresponding author: Jung-Kue Shin, Department of Korean Cuisine, College of Culture and Tourism, JeonJu University. 303 Cheonjam-ro, Wansan-gu, JeonJu, 55069. Republic of Korea  
Tel: +82-63-220-3081; Fax: +82-63-220-3264  
E-mail: sorilove@jj.ac.kr  
Received September 19, 2016; revised September 27, 2016; accepted October 2, 2016

현미의 오염 미생물의 저감화와 안정화의 필요성이 증대되고 있다.

포화수증기를 100°C 이상으로 가열했을 때 생성되는 과열증기(superheated steam)는 100°C-400°C 사이의 온도를 가진 고온의 증기로서 식품의 살균, 건조, 가열조리에 이용되고 있다(Kim et al., 2008). 과열 증기처리는 기존의 전통적 건조, 가열 처리방법과 비교하였을 때 단시간 고온처리에 의해 식품 유용성분의 산화, 변색 및 영양 손실율이 낮으며(Yoshoda & Hyodo, 1966), 미생물의 살균 효과가 있어 저장성을 증가시키고, 식품에 닿을 때 산소가 차단되는 환경이 조성되어 비타민 C 산화, 지방 산패, 산소에 의한 갈변 현상 등을 억제하여 식품의 이화학적 특성 변화를 줄일 수 있는 것으로도 보고되고 있다(Oh et al., 2014). 또한 과열 증기를 식품 조리에 적용하면 식품을 짧은 가열 시간동안 표면은 바삭하고 노릇하게 익혀주며, 기름을 제거하여 지방함량을 낮추고, 높은 열전달에 의해 식품 내 나트륨을 고르게 분포시켜주는 등의 장점도 있는 것으로 보고되고 있다(Daniel et al., 2005; Kim et al., 2008). 과열증기의 식품 공정에서의 적용에 관한 연구는 살균공정에서의 적용(Choi et al., 2013), tortilla chip, 감자칩, 고구마 칩의 가공 및 건조(Moreira, 2001; Taechapairoj et al., 2006; Wang et al., 2012), 스낵의 물성 개선(Lee et al., 2015), 면의 질감 개선(Pronyk et al. 2008), 닭고기의 조리 적용(Chun et al., 2013) 등이 있으나, 아직까지는 적용범위가 넓지는 않다.

본 연구는 과열증기 처리에 의한 현미 저장 중 산패에 관여하는 lipoxigenase의 불활성화와 저장 중 산패정도를 조사하여, 과열증기 처리가 현미의 저장성을 향상시키는 방법으로서의 가능성을 살펴보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 현미는 2013년에 재배된 백진주미를 부친의 시장에서 구입하였으며, 품질변화를 최소화하기 위하여 밀봉한 후 냉장보관하며 사용하였다.

### 과열증기 처리

현미에 2배의 물을 가수하여 1시간동안 상온에서 침지한 후 오븐형 과열수증기 발생장치(QF-5100CB-L-24H, Naomoto Crop., Osaka, Japan)를 이용하여 120°C, 160°C, 200°C 및 240°C의 과열증기로 5-20초간 처리하였다. 과열증기 처리한 현미를 상온에서 20분간 건조하여 수분함량을 14%로 조절하고 분쇄기(HGB25E, Warning Laboratory Science, Torrington, CT, USA)로 분쇄한 후 lipase와 lipoxigenase 활성을 측정하였으며, 과열증기 처리한 시료 중 일부는 알루미늄 재질의 파우치에 담아 밀봉한 후 50°C

incubator에서 15일간 저장 한 후 산가측정과 관능평가에 사용하였다.

### 전분손상도

쌀가루의 전분손상도는 Park et al. (2006)의 방법에 의하여 분석하였다. 시료 9 g을 100 mL 정용플라스크에 넣고  $\alpha$ -amylase solution (*Aspergillus oryzae* 125,000 unit in 450 mL acetate buffer) 45 mL를 첨가하여 잘 혼합한 다음 30°C 진탕수조에서 25분 반응시켰다. 이 용액에 3.68 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액 3 mL와 12% sodium tungstate 용액 2 mL를 가하여 잘 혼합한 후 2분간 정치시켜 Whatman No. 4 여과지로 여과를 하였다. 여액을 굴절당도계(WM-7, Agato, Tokyo, Japan)를 이용하여 brix를 측정 후 전분손상도 값을 계산하였다.

$$\text{Damaged starch (\%)} = \frac{(B_2 - B_1) \times V \times F}{M}$$

여기서 B<sub>1</sub>: Brix value of blank, B<sub>2</sub>: Brix value of sample, V: volume of slurry (50 mL), M: sample weight (g), F: conversion factor (1.64)이다.

### Lipoxigenase 활성 측정

Lipoxigenase의 활성 측정은 Kim & Lee (1997)의 방법을 참고하였다. 시료 5 g에 5배수의 0.05 M phosphate buffer (pH 7.0)를 넣어 10°C incubator에서 30분간 교반하여 추출한 후 원심분리한 상층액을 조효소로 사용하였다. 큐벳(cuvette)에 10 mM linoleic acid (Sigma, St. Louis, MO, USA)를 50배 희석한 용액 2.9 mL와 조효소액 0.1 mL를 넣고 반응시켜 생긴 과산화물을 234 nm에서 흡광도 (Model UV-1201, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)의 변화를 측정하였으며 이 때 온도를 25°C로 하였다. 대조구는 큐벳에 기질 2.9 mL와 0.05 M phosphate buffer (pH 7.0) 0.1 mL를 첨가한 것으로 하였으며, 분당 0.001의 흡광도 증가를 1 unit으로 계산하였다.

### 산가측정

산가측정은 AACC (1983)와 Sung et al. (2011)의 방법을 참고하였다. 시료를 분쇄 또는 세절하여 삼각플라스크에 넣고 검체가 잠길정도의 에테르를 넣고 가끔씩 흔들면서 약 2시간 방치하였다. 시료의 고형물이 유출되지 않게 건조여지로 여과하고 다시 삼각플라스크에 시료와 에테르를 넣고 흔들어 섞은 후 여과지로 거르는 과정을 3회 반복하였다. 여액을 분액 깔대기에 옮기고, 0.5배의 물을 가수하여 잘 흔들어 충분히 씻은 후 물층의 제거 조작을 2회 반복하고 에테르층을 분리하여 무수황산나트륨으로 탈수하였다. 탈수한 시료를 40°C에서 감압증발시켜 에테르를 제거하고 남은 유지를 수거하였다. 수거한 유지 5 g을 삼

각플라스크에 넣고 1:2 (v/v)로 혼합한 에탄올:에테르 혼합액 100 mL를 넣어 녹인 후 페놀프탈레인 지시약을 사용하여 옅은 홍색이 30초간 지속될 때까지 0.1 N 에탄올성 수산화칼륨 용액으로 적정하여 산가를 측정하였다.

$$\text{Acid value} = \frac{5.611 \times a \times f}{S}$$

여기서 S: 시료의 양(g), a: 0.1 N 에탄올성 KOH 적정 소비량, f: 0.1 N 에탄올성 KOH 용액의 conversion factor (1.004)이다.

### 관능평가

관능평가는 전주대학교 한식조리학과 학생 30명을 대상으로 실시하였으며, 과열증기 처리 후 15일간 저장한 시료를 제공하고 외관을 살펴보도록 하였으며, 정수된 물 30 mL에 시료 5 g을 혼합하여 난수표에서 추출한 세 자리의 번호를 부여한 후 무작위로 제공한 뒤 냄새, 맛, 그리고 전체적인 기호도를 평가하도록 하였다. 시료와 시료사이에는 물을 제공하여 입안을 헹구도록 하였다.

### 통계분석

모든 실험 데이터는 3회 측정하여 SPSS Version 21.0 package program (SPSS INC., Chicago, IL, USA)와 Microsoft Excel 2013 (Microsoft, Redmond, WA, USA)을 이용하여 통계처리 하였다.

## 결과 및 고찰

### 전분 손상도

현미의 과열증기에 의한 전분 손상도를 Fig. 1에 나타내었다. 과열증기 처리하지 않은 현미의 전분 손상도는 5.47%로 나타났다. 과열증기의 온도가 높아짐에 따라 전분의 손상도 증가하였으며, 처리시간이 길어짐에 따라 전분 손상도가 증가하는 경향을 보였으며, 특히 240°C의 과열증기 처리구의 경우 처리시간이 증가함에 따라 급격하게 전분손상도가 커져서 20초간 처리한 현미 시료의 경우 최대 22.78%의 손상도를 나타내었다. 전분의 손상도가 높아지게 되면 전분을 저장할 때 수분 흡수율이 증가하여 품질에 좋지 않은 영향을 미치게 된다(Han & Koh, 2012). 전분손상도에 따른 관능적 차이를 알아본 결과 전분손상도 15%까지는 차이를 보이지 않는 것으로 나타나(data not shown) 과열증기 처리가 가능한 범위는 160°C의 경우에는 20초, 200°C의 경우에는 15초, 240°C에서는 10초 정도인 것으로 나타났다.

### Lipoxygenase 활성 변화

임의의 온도의 과열증기로 시료를 처리한 후 상온에서

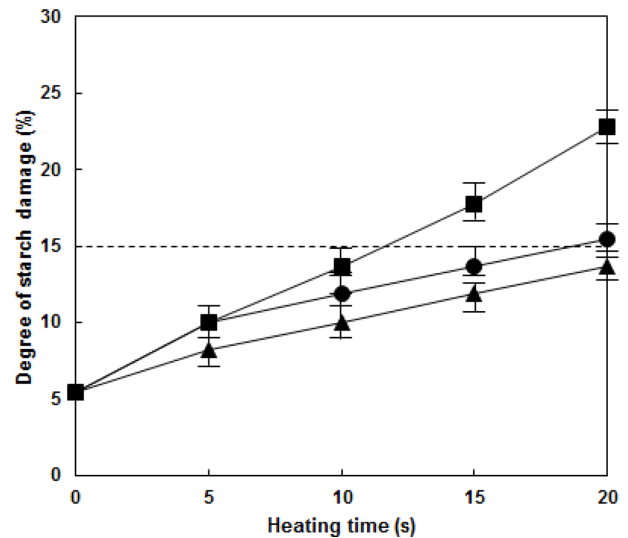


Fig. 1. Degree of starch damage in superheated steam-treated brown rice. Brown rice was treated at 160°C (▲), 200°C (●) and 240°C (■). Samples below the dashed line showed no difference in sensory test.

건조하여 수분함량을 14%로 조정하고 분쇄한 현미가루의 lipoxygenase 활성변화를 Fig. 2에 나타내었다. 160°C, 200°C, 240°C의 과열증기로 처리한 시료의 lipoxygenase의 활성 변화를 보면, 과열증기의 온도가 높을수록 높은 불활성화도를 나타내었다. 160°C의 과열증기 처리 시료의 경우에는 5초 처리한 시료는 약 10% 정도 불활성화되었으며, 15초 처리 후에는 70% 정도의 불활성화도를 보였고, 20초 처리 후에는 완전히 불활성화되었다. 200°C 과열증기 처리구의 경우에는 5초 처리만으로도 40% 정도의 불활성화를 나타내었으며, 15초 처리 후에는 95%의 불활성화를 나타내었다. 240°C 과열 증기 처리시료는 모든 시료의 효소가 불활성화되는 것으로 나타났다. Vetrmani et al. (1992)는 현미를 마이크로웨이브로 3분간 처리하였을 경우 lipase의 활성이 80% 정도 불활성화되어 과열증기가 마이크로웨이브에 비해 lipase를 불활성화시키는데 효과적인 것으로 보고하였으며, lipoxygenase는 현미의 표층과 배아에 존재 (Shastry & Rao, 1975; Yamamoto et al., 1980)하는데, 열처리를 할 경우 효소의 불활성화에 의해 rice bran oil의 품질을 안정화시킬 수 있다고 보고(Imai et al., 1999)하고 있어 고온의 과열증기 처리가 현미 또는 현미 가루를 장기간 저장하는데 적절한 처리방법임을 알 수 있었다.

### 산가 변화

과열증기 처리한 시료를 알루미늄 파우치에 100 g씩 넣어 밀봉한 후 50°C의 incubator에 넣어 15일간 저장한 후 시료의 산가를 측정한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 쌀의 저장 시에 화학적 성분 변화 중 한 가지는 지방산의 증가이며(Sung et al., 2011), 특히 현미에서 그 변화가 뚜렷하게 나타난다. 쌀에는 약 1% 정도의 지방질이 있는데 쌀의

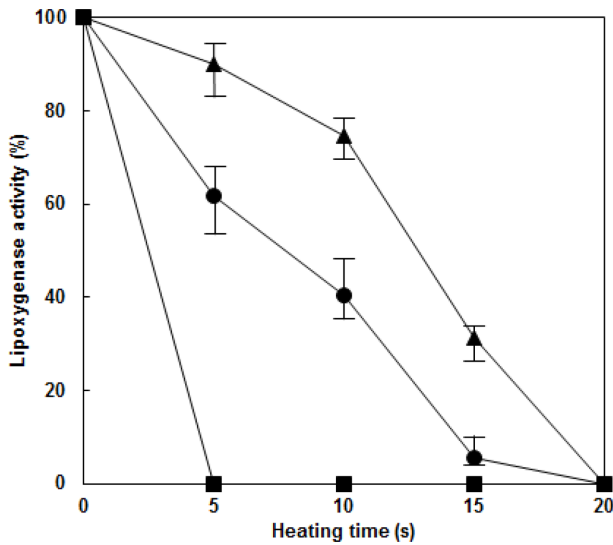


Fig. 2. Lipoxigenase activity of superheated steam treated brown rice. Brown rice was treated at 160°C (▲), 200°C (●) and 240°C (■). Lipoxigenase activity was expressed as a percentage of that of unheated (control), which was taken as 100%.

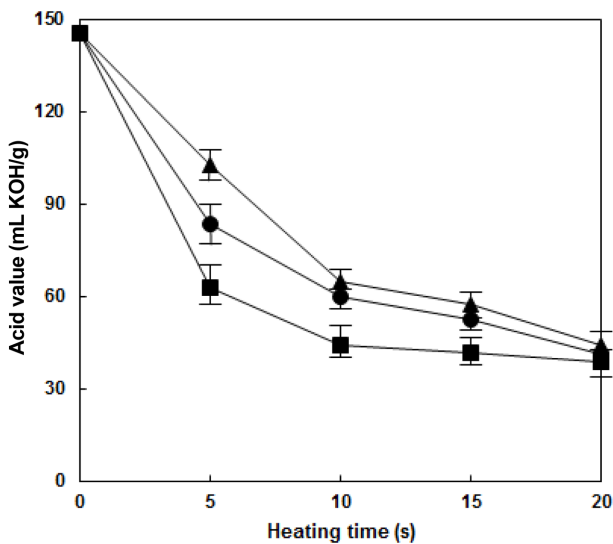


Fig. 3. Acid value of superheated steam treated brown rice after 15 day storage at 50°C. Brown rice was treated at 160°C (▲), 200°C (●) and 240°C (■).

저장 중 쉽게 산패되어 쓴맛과 냄새를 생성하거나 산가 증가에 영향을 미친다. 이러한 산가의 증가는 대개 lipase, lipoxigenase 등의 효소가 관여하여(Han et al., 1996)들이 관여하고 있는 것으로 알려져 있어 저장 중 품질 지표로서 이용된다(Ohtsubo et al., 1987). 50°C에서 15일 저장 후 무처리 시료의 산가는 145.6 mL KOH/g으로 나타났고, 과열증기 처리시간이 긴 시료의 산가가 낮게 나타나 240°C의 과열증기 처리한 시료의 경우 5초 처리한 시료는 62.59 mL KOH/g, 20초 처리한 시료는 39.59 mL KOH/g이었다. 과열증기처리 온도에 따른 산가의 변화를 보면 5초 처리하

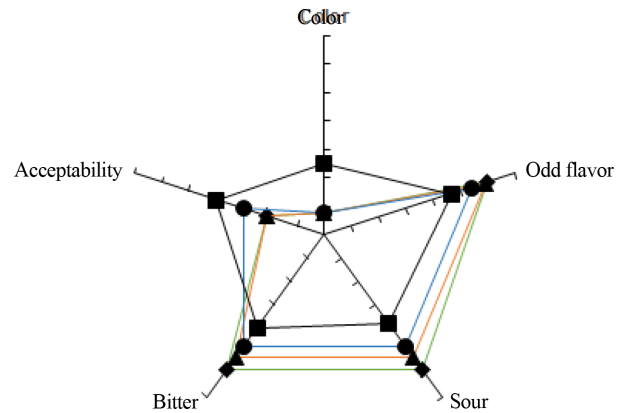


Fig. 4. Sensory evaluation of superheated steam treated brown rice after 15 day storage at 50°C. Brown rice was treated at 160°C (▲), 200°C (●), 240°C (■) and untreated (◆).

였을 경우 160°C 과열증기 처리시료는 102.83 mL KOH/g이었으나, 240°C 과열증기 처리시료는 62.59 mL KOH/g으로 과열증기의 온도가 높을수록 낮은 산가를 나타내어 높은 온도의 과열증기로 처리하는 것이 현미의 산패를 억제하고 저장성을 증가시키는데 도움이 되는 것으로 나타났다.

#### 관능평가

과열증기 처리 후 15일간 저장한 시료의 관능평가 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 색, 이취, 이미, 기호도를 평가한 결과 과열증기 무처리구의 경우 과열증기 처리구에 비해 이취와 이미(신맛, 쓴맛)는 높게 나타났으며, 색과 기호도는 낮은 것으로 나타났다. 색과 기호도에 있어서는 240°C 과열증기 처리구가 가장 높은 값을 나타냈으며, 이미와 이취도 가장 낮은 값을 나타내었다. 이는 과열증기 처리 직후 측정된 색을 관찰한 결과 240°C 과열증기 처리한 시료가 가장 밝은 색을 보였는데(data not shown), 15일 저장 후에도 밝은 색을 나타내었고, 앞선 실험결과에서 lipoxigenase의 불활성화 정도가 가장 높게 나타난 것이 영향을 미친 것으로 판단된다. Kang et al. (2013)의 실험결과에 의하면 적외선 가열처리가 현미의 관능평가에 있어 처리를 하지 않은 현미에 비해 전체적인 기호도, 향, 외관, 조직감등에 대해서 모두 높은 결과를 나타낸 것으로 나타나, 가열처리가 현미의 관능평가에 긍정적 영향을 미치는 것으로 보였다.

#### 요약

본 연구는 과열증기(superheated steam) 처리가 현미 저장 중 산패(rancidity)에 관여하는 효소의 불활성화(inactivation)에 미치는 영향과 저장 중 산패 정도를 조사하여, 과열증기 처리가 현미의 저장성을 향상시키는 방법으로서의 가능성을 살펴보고자 하였다. 160°C, 200°C 그리고

240°C의 과열증기로 현미를 처리한 결과 과열증기의 온도가 높을수록 높은 진분손상도를 나타내었다. Lipoxigenase는 160°C 과열증기로 20초, 200°C 과열증기로는 15초, 240°C의 과열증기로는 5초 처리하였을 때 불활성화시킬 수 있었다. 과열증기 처리한 시료를 15일간 저장한 후 산가와 관능평가 결과, 산가는 과열증기처리시간이 증가할수록, 과열증기의 온도가 높을수록 낮은 값을 나타내었으며, 관능평가 결과도 같은 경향을 보였다. 이상의 결과로 과열증기 처리가 현미의 저장성을 향상시킬 수 있는 방법으로서의 가능성을 보였다.

## 감사의 글

본 연구는 농림축산기술개발사업(고부가가치 식품기술개발사업)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## References

- AACC. 1983. Official methods of analysis. 8<sup>th</sup> ed. American Association of Chemists, Paul, MN, USA, p 1-2.
- Cheon HS, Lim TH, Cho WI, Hwang KT. 2016. Textural characteristics and bacterial reduction in glutinous rice and brown rice pretreated with ultra-high pressure. *Korean J. Food Sci. Technol.* 48: 92-95.
- Choi Y, Oh JH, Bae IY, Cho EK, Kwon DJ, Park HW, Yoon S. 2013. Changes in quality characteristics of seasoned soy sauce treated with superheated steam and high hydrostatic pressure during cold storage. *Korean J. Food Cookery Sci.* 29: 387-398.
- Chun JY, Kwon BG, Lee SH, Min SG, Hong GP. 2013. Studies on physico-chemical properties of chicken meat cooked in electric oven combined with superheated steam. *Korean J. Food Sci. Ani.* 33: 103-108.
- Daniel NS, Chantal S, Son TV, Ann VL, Marc H. 2005. Influence of pretreatment conditions on the texture and cell wall components of carrots during thermal processing. *J. Food Sci.* 70: 85-91.
- Deepali B, Santosh KY, Nandan SD. 2013. An oxidant and organic solvent tolerant alkaline lipase by *P. aeruginosa* mutant: Downstream processing and biochemical characterization. *Bra. J. Microbiol.* 44: 1305-1314
- Han HY, Koh BK. 2012. Quality characteristics of long-term stored rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1571-1576.
- Han JG, Kim K, Kang KJ, Kim KK. 1996. Shelf-life prediction of brown rice in laminated pouch by n-hexanal and fatty acids during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 643-648.
- Imai A, Ishizaki K, Kusunoki M. 1999. The method and equipment to prevent deterioration of rice bran. *Japan Kokkai Tokyo Koho.* 1999: 9207.
- Kang EJ, Yoo YM, Cho EK, Choi EH, Jeon HR, Lee JK. 2013. Effects of infrared heating on cooking properties of brown rice. *Food Eng. Prog.* 17: 19-23.
- Kang SM, Song SH. 2016. Major components and health functionality of brown rice, germinated brown rice, barley, and buckwheat. *Food Eng. Prog.* 20: 175-182.
- Kim JG. 1998. Variation of aflatoxin B1, production in brown rice inoculated with *Aspergillus parasiticus* under different storage conditions. *J. Fd. Hyg. Safety* 13: 47-52.
- Kim KJ, Lee CO. 1997. Lipoxigenase activity of milled fractions from brown rice. *Korean. J. Food Sci. Technol.* 29: 145-149.
- Kim OS, Lee DH, Chun WP. 2008. Eco-friendly drying technology using superheated steam. *Korean Chem. Eng. Res.* 46: 258-273.
- Lee SH, Chung MS, Min SC, Shin JK. 2014. Development of high efficiency and low carbon sterilization processes for powdered and granular foods. IPET project report. Project No. 313031-3
- Lee SY, Ko BS, Park JK, Choi EH, Lee MY, Yoo YM, Jo EK, Lee JK. 2015. Effect of superheated steam treatment on physicochemical properties of extruded rice snack. *Food Eng. Prog.* 19: 263-268.
- Moreira RG. 2001. Impingement drying of foods using hot air and superheated steam. *J. Food Eng.* 49: 291-295.
- Oh JH, Yoon S, Choi Y. 2014. The effect of superheated steam cooking condition on physico-chemical and sensory characteristics of chicken breast fillets. *Korean J. Food Cookery Sci.* 30: 317-324.
- Ohtsubo K, Yanase H, Ishma T. 1987. Colorimetric determination of fat acidity in rice-relation between quality change of rice during storage and fat acidity determined by improved Duncombe method. *Rep. Natl. Food Res. Inst.* 51: 59-65.
- Park JD, Choi BK, Kum JS, Lee HY. 2006. Physicochemical properties of brown rice flours produced under different drying and milling conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 495-500.
- Pronyk C, Cenkowski S, Muir WE, Lukow OM. 2008. Effects of superheated steam processing on the textural and physical properties of Asian noodles. *Dry Technol.* 26: 192-203.
- Shastry BS, Rao MRR. 1975. Studies on lipoxigenase from rice bran. *Cereal Chem.* 52: 597-603.
- Sung JH, Kim H, Choi HD, Kim YS. 2011. Fat acidity and flavor pattern analysis of brown rice and milled rice according to storage period. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 613-617.
- Taechapiroj C, Prachayawarakorn S, Soponronnarit S. 2006. Modelling of parboiled rice in superheated steam fluidized bed. *J. Food Eng.* 76: 411-419.
- Vetrimani R, Jyothirmai N, Haridas RP, Ramadoss CS. 1992. Inactivation of lipase and lipoxigenase in cereal bran, germ and soybean by microwave treatment. *LWT-Food Sci. Technol.* 25: 532-535.
- Wang TC, Chen BY, Shen YP, Wong JJ, Yang CC, Lin TC. 2012. Influences of superheated steaming and roasting on quality and antioxidant activity of cooked sweet potatoes. *J. Food Sci. Technol.* 47: 1720-1727.
- Yamamoto A, Fujii Y, Yasumoto K, Mitsuda H. 1980. Partial purification and study of some properties of rice germ lipoxigenase. *Agric. Biol. Chem.* 44: 443-445.
- Yoshoda T, Hyodo T. 1966. Superheated vapor speeds drying of foods. *J. Food Eng.* 38: 86-87.