

Phytate 분해능을 지닌 유산균을 이용한 현미의 Phytate 감소효과 및 품질특성

강미란·송정희·박성희¹·이종희·박해웅·김태운[†]

세계김치연구소 미생물발효연구단, ¹세계김치연구소 산업지원연구센터

Phytate Reduction and Quality Characteristics of Brown Rice Inoculated with Phytate-degrading Lactic Acid Bacteria

Miran Kang · Jung-Hee Song · Sung-Hee Park¹ · Jong-Hee Lee · Hae Woong Park · Tae-Woon Kim[†]

Microbiology and Fermentation Research Group, World Institute of Kimchi, Gwangju 503-360, Korea

¹Industry Service Research Center, World Institute of Kimchi, Gwangju 503-360, Korea

Abstract

Brown rice contains both excellent nutritional value and functional advantages. However, its utilization is limited due to its rough texture and higher concentrations of phytic acid compared to white rice. We made brown rice inoculated with *Lactobacillus sakei* Wikim001 having phytate activity for 12 h (BRWK-12) and 24 h (BRWK-24) at 30°C and evaluated the quality characteristics in an attempt to solve these problems. The pH of brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 was reduced time dependently. A concentration of phytic acid in brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 was decreased as compared normal brown rice (BR). BRWK-24 showed significantly high values in the brightness, redness and yellowness ($p < 0.05$). BRWK-24 received higher scores in texture and overall acceptability than those of BR on the sensory evaluation test. Taken together, it is expected that a treatment of *L. sakei* Wikim001 in brown rice is useful for the development of new fermented brown rice with reduced phytic acid.

Key words: *Lactobacillus sakei*, phytate, brown rice

I. 서론

현미는 최근 기능성 식품에 대한 높은 관심과 함께 그 수요가 점차 늘고 있다(Lee SM과 Yoo SS 2011, Kim HG 등 2014). 현미는 백미에 비해 식이섬유 함량이 2배 정도 높고(Lee YS 등 2008, Choi SN 등 2013) 칼슘, 나트륨, 인, 철분 등의 각종 무기질과 비타민 B군을 비롯한 다양한 비타민류가 많이 함유되어 있다(Lee SY 2008, Jeong SY 등 2011). 또한, 현미에는 폴리페놀(polyphenolics), 플라보노이드(flavonoids), γ -oryzanol, phytate, inositol 및 arabinoxylyan 등의 기능성 성분들을 함유하고 있으며, 이 같은 성분들은 생리활성 물질로 콜레스테롤 수치 저하, 항암성, 면역력 증강 및 혈압강하 등의 다양한 효과를 가지고 있다(Lee MH와 Oh MS 2006, Ko MR 등 2011). 하지만 현미의 뛰어난 영양성과 기능성에도 불구하고 단단한 껍질, phytate 등으로 인한 소화 흡수성 저하 및 까

칠한 식미 등으로 인하여 백미를 주식으로 하는 사람이 많다.

Phytate(myo-inositol hexakisphosphate)는 inositol에 6개의 인산기가 결합된 인산 ester 구조로 곡류에 있어서 인의 주요 저장 형태이다. Phytate는 킬레이트 활성에 의하여 중금속 제거, 항암작용 등과 같은 긍정적인 효과도 보고되어 있으나, 호소(湖沼)에서 부영양화를 유발하여 환경오염을 유발시키는 원인 물질이며 생체 내에서 Mg, Ca, Fe, Zn 등의 무기질이나 영양 성분의 체내 흡수를 저해하는 항영양인자(antinutrient)로도 작용한다. 따라서 식품에서 phytate 함량을 낮추는 것은 영양학적으로 중요하다 할 수 있겠다(In MJ 등 2009). Phytase는 phytate를 분해하여 myo-inositol과 무기태인을 형성하게 하는 효소로서 식품, 동물의 장관 및 미생물 등에 존재하는 것으로 알려져 있다(Wodzinski RJ와 Ullah AH 1996, De Angelis M 등 2003, Lee SH 2006). 유산균 및 효모의 phytase 활성에 대해서 국외에서는 꾸준히 연구되어 왔으며, 특히 통 밀가루(whole wheat flour)로 sourdough를 제조하여 빵을 만드는 경우 유산균 배양으로 반죽의 pH가 낮아지고 밀에 존재하는 phytase 활성화로 밀가루에 함유된 피틴산이 효과적으로 분해되는 것으로 보고되어

Miran Kang and Jung-Hee Song contributed equally to this work.

[†]Corresponding author: Tae-Woon Kim, Microbiology and Fermentation Research Group, World Institute of Kimchi, Gwangju 503-360, Korea
Tel.: +82-62-610-1723
Fax: +82-62-610-1850
E-mail: korkimchiman@wikim.re.kr

있다(Reale A 등 2007). 우리나라 쌀의 phytate 함량은 현미의 경우 9.5 mg/g, 백미는 1.6~2.0 mg/g 수준으로 함유(Joung HJ 등 2004)되어 있는 것으로 알려져 있다. *Lecuconostoc mesenteroides* KC51 균주가 현미 당화액에서 phytate를 분해(In MJ 등 2009)한다고 알려져 있지만 현미의 무기질 흡수를 저해하는 현미 내 phytate를 감소시키기 위한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 현미의 phytate 함량을 감소시키기 위한 일환으로 phytate 분해활성이 있는 *Lactobacillus sakei* Wikim001 균주(Park SH 등 2013)를 현미에 처리한 후 이화학적 특성변화 및 phytate 함량 그리고 취반에 따른 관능적 특성 변화를 알아보았다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 현미는 2013년도 전라남도 강진에서 생산된 것으로 보람찬 품종을 사용하였으며, 라이스텍(Ricetec. Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea)으로 부터 제공받아 4°C의 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. 유산균의 분리 및 배양

본 연구에서 사용한 *L. sakei* Wikim001 균주는 김치로부터 분리·동정된 유산균이며(Park SH 등 2013), 균주의 배양은 MRS 배지(Difco, Detroit, MI, USA)를 사용하였으며, 3회 이상 계대배양을 거친 후 대수기에 있는 배양액에 글리세롤을 25%(v/v) 되게 첨가하여 -70°C에서 보관(DF8520, Ilshinbiobase Co., Ltd, Yangju, Gyeonggi-do, Korea)하였다. 실험에 사용할 경우 5 mL MRS 액체배지에 1차 계대배양 하고 다시 MRS 액체배지에 2차 계대하여 30°C에서 24시간 정치배양(IB-02G-4C, JEIOTECH, Daejeon, Korea)하였다.

3. 유산균처리 현미의 제조

현미의 제조는 *L. sakei* Wikim001 균주를 일반현미에 접종시켜 배양하였으며, 제조방법의 순서는 Fig. 1과 같다. 현미 10 g 당 1×10^6 CFU/mL의 *L. sakei* Wikim001의 균주를 처리하였다. 현미를 30°C 온도 조건하에 12시간(BRWK-12)과 24시간(BRWK-24)의 시료로 구분하여 제조하였다. 배양 후, 95°C에서 15분간 건조(VS-1202D9, Vision scientific Co., Ltd, Daejeon, Korea)하고 시료는 냉장 보관하여 사용하였다.

4. pH

pH는 현미 10 g을 취하여 10배량의 증류수와 혼합하여 믹서(MR 5550 MCA, BRAUN, Paranaque, Poland)로 갈

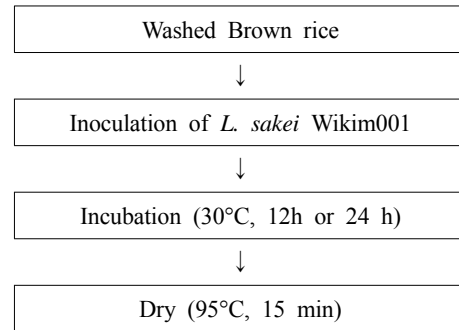


Fig. 1. Manufacture process of fermented brown rice

고 여과(Adventec no.1)한 후에 pH meter(ORION 3 STAR, Thermo, Beverly, MA, USA)를 사용하여 pH를 측정하였다.

5. 색도

현미의 색도는 투명한 petri dish(50×12 mm)에 담아 색차계(CR-400, Konica Minolta Sensing INC., Osaka, Japan)로 시료의 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)를 측정하였으며, 각 시료당 5회 반복 측정 한 평균값으로 나타내었다. 이때 사용한 백색 판의 L값은 95.33, a값은 -0.39, b값은 3.80이었다.

6. Phytate 함량 측정

현미의 phytate 함량 측정방법은 In MJ 등(2009)의 방법에 의해 평가하였다. 시료 5 g을 채취하여 증류수 30 mL를 첨가하고 그라인더(MR 5550 MCA, BRAUN, Paranaque, Poland)로 1분 동안 마쇄한 후 증류수를 가해 최종적으로 10배 희석하였다. 증류수로 10배 희석한 시료 3 mL에 Wade 시약(증류수에 0.03% FeCl₃·6H₂O와 0.3% sulfosalicylic acid 용해) 1 mL를 가한 후 vortex mixer(G560E, Scientific industries, INC., NY, USA)로 10초간 혼합하고 0.45 μm syringe filter로 여과하여 500 nm에서 여과액의 흡광도(SPECTRO STAR nano, BMG LABTECH, Ortenberg, Germany)를 측정하였다. Phytate 함량은 Na-phytate 표준 곡선을 이용하여 계산하였다.

7. 관능평가

현미의 관능평가 측정을 위한 취반 방법은 현미 200 g에 증류수 300 g(1.5배)을 가수하고 전기밥솥(CR-0352FR, Cuckoo, Yangsan, Gyeongsangnam-do, Korea)을 이용하여 취사하였다. 취사 후, 10분간 뜸을 들이고 15분간 식힌 다음 뚜껑이 있는 관능용기에 담아 시료를 준비하였다. 발효현미의 관능검사는 세계김치연구소 연구개발본부 연구원 중 10명의 panel을 선정하여 이들에게 실험목적을 설명하고 현미밥의 측정 세부항목에 대해 잘 인지하도록

참고지를 전달하는 방식으로 Park JD 등(2005)의 방법에 의해 평가하였다. 평가방법은 7점 척도(최고점 7점, 최저점 1점)로 강도(색깔, 윤기, 단맛, 거침성, 경도, 부착성, 씹힘성, 응집성, 탄력성)와 선호도(외관, 향, 맛, 조직감, 전반적인 기호도)를 조사하였다.

8. 통계처리

각 항목에 따른 실험 결과는 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 실험결과를 평균±표준편차로 나타내었다. 실험군 간의 유의성을 검정하기 위하여 SPSS version 18.0 (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 ANOVA test를 실시하여 유의성이 있는 경우, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. pH

현미의 pH는 *L. sakei* Wikim001 균주를 처리한 시간이 길수록 유의적으로($p < 0.05$) 감소하였다. 대조군(BR)은 7.13으로 가장 높은 값을 나타내었고, 현미에 *L. sakei* Wikim001을 12시간 처리한 시료(BRWK-12)에서는 6.14, 24시간 처리한 시료(BRWK-24)에서는 5.30으로 낮게 측정되었으며, 처리군 모두 대조군 보다 낮은 값을 보였다 (Table 1). 이는 유산균이 가지고 있는 효소를 이용하여 현미의 유기물을 분해시켜 최종 생성물인 젖산을 생성한 결과라고 사료된다. In MJ 등(2009)의 연구에서도 현미 당화액에 *Leuconostoc mesenteroides* KC51 접종 시 배양 시간이 길어질수록 산의 생성으로 인해 pH가 감소된다는 결과와 유사하였다. 또한 시간에 따른 현미의 pH 변화는 균의 증식을 판단하는 간접적 지표(Indicator)로 활용 할 수 있을 것으로 사료되었다.

2. 색도

L. sakei Wikim001 균주를 처리한 현미의 색도 측정 결과는 Table 2와 Fig. 2와 같다. 명도를 나타내는 L값은 유

Table 1. pH value of fermented brown rice

Samples ¹⁾	BR	BRWK-12	BRWK-24
pH	7.13±0.06 ^{2)a3)}	6.14±0.03 ^b	5.30±0.03 ^c

¹⁾BR: brown rice.

BRWR-12: brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 for 12 hour at 30°C.

BRWR-24: brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 for 24 hour at 30°C.

²⁾Results are represented as mean±S.D. (n=3).

³⁾Different letters on the bars (a-c) differ significantly ($p < 0.05$).

Table 2. Color value of fermented brown rice

Samples ¹⁾	BR	BRWK-12	BRWK-24
L (lightness)	43.51±6.05 ^{2)c3)}	43.88±0.14 ^b	44.39±0.18 ^a
a (redness)	1.01±0.03 ^c	1.17±0.03 ^b	1.21±0.04 ^a
b (yellowness)	7.00±0.04 ^c	7.36±0.08 ^b	8.10±0.23 ^a

¹⁾BR: brown rice.

BRWR-12: brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 for 12 hour at 30°C.

BRWR-24: brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 for 24 hour at 30°C.

²⁾Results are represented as mean±S.D. (n=3).

³⁾Different letters on the bars (a-c) differ significantly ($p < 0.05$).

산균 접종 시간이 길어짐에 따라 43.51(BR), 43.88(BRWK-12), 44.39(BRWK-24)으로 유의적인($p < 0.05$) 증가를 나타내었다. 적색도(a)의 경우에는 1.01(BR), 1.17(BRWK-12), 1.21(BRWK-24)의 값을 나타내었으며, 황색도(b)는 7.00(BR), 7.36(BRWK-12), 8.10(BRWK-24)의 값을 나타내어 명도와 마찬가지로 균주 처리에 따라 유의적($p < 0.05$)으로 증가하였다. 발아현미의 경우 온도, 수분, 산소 등의 공급에 의해 L값이 증가한다고 알려져 있다(Kum JK 등 2004). 본 연구에서는 유산균 처리시 수분이 현미 무게 대비 10% 첨가되는데, *L. sakei* Wikim001 균주를 처리한 현미의 색도 변화는 유산균 처리 현미 제조 시 첨가되는 수분과 유산균 첨가에 따른 당의 소모 및 다양한 대사산물의 생성 때문으로 사료된다.

3. Phytate 함량

L. sakei Wikim001을 처리한 현미의 phytate 함량 측정 결과는 Fig. 3과 같다. 일반현미에 유산균을 접종하고 12시간과 24시간 처리 후에 phytate의 감소 경향을 대조군(BR)과 비교한 결과, 대조군 대비 BRWK-12는 71.11%, BRWK-24는 59.76% 수준으로 phytate 함량이 유의적($p < 0.05$)으로 감소하였다. 현미 당화물에 *Leu. mesenteroides* KC51 균주를 이용하여 phytate 분해능을 확인한 결과(In MJ 등 2009)에서도 배양시간이 경과됨에 따라 phytate가 45% 이상 분해되는 것으로 나타났었다. 또한, 이는 통 밀가루(whole wheat)에 *Leu. citreum*과 *Weisslla koreensis*의 유산균을 활용하여 phytate를 25% 감소시켰다는 연구와도 일치하는 결과를 나타내었다(De Angelis M 등 2003). 양 등(Yang SY 등 2001)의 보고에 의하면 phytate 함량 감소는 유산균과 곡물의 종류에 따라 달라, *L. paracasei* subsp. *paracasei*를 대두와 밀에 접종한 후 phytate 감소율을 확인한 결과 각각 17% 및 77%의 감소율을 나타냈으나, 쌀겨의 경우에는 5% 수준의 감소율을 나타내었다. 즉, 유산균을 이용하여 발효곡물 제조 시, 곡물의 종류에 따라 phytate 함량과 유산균의 phytate 분해율이 다른 점



Fig. 2. Photography of brown rice shapes

BR: brown rice.

BRWK-12: brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 for 12 hour at 30°C.

BRWK-24: brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 for 24 hour at 30°C.

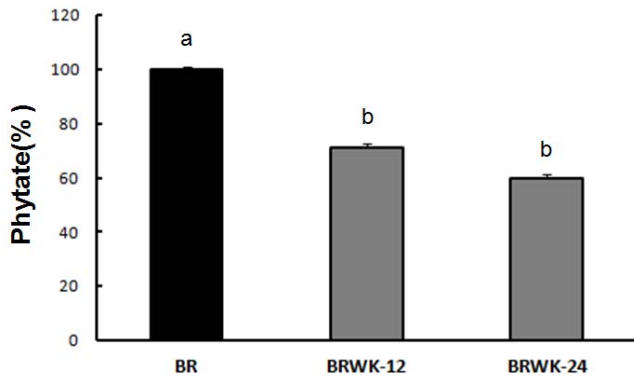


Fig. 3. Degradation of phytate in brown rice by *L. sakei* Wikim001

¹⁾BR: brown rice.

BRWK-12: brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 for 12 hour at 30°C.

BRWK-24: brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 for 24 hour at 30°C.

²⁾Results are represented as mean±S.D. (n=3).

³⁾Different letters on the bars (a-c) differ significantly ($p < 0.05$).

을 고려하여 곡물에 유산균을 적용해야 할 것이다. 본 연구에서는 *L. sakei* Wikim001 균주의 처리가 현미의 phytate 함량을 대조군 대비 59% 수준으로 감소시키는 것으로 측정되어 현미의 phytate 분해에 효과적이라고 판단되었다.

4. 관능검사

현미를 취반한 후 관능검사를 실시하였다. 관능검사 항목은 강도와 선호도로 나누어 측정하였으며, 그 결과는 Table 3과 같다. 강도와 선호도 조사 항목과 평가방법은 Shin MK 등(1993), Yau NYN과 Huang JJ(1996)의 방법을 활용하여 측정하였다. 강도조사에서 색(color)에 대한 평가는 시료간에 유의적($p < 0.05$)인 차이를 보였으며, BRWK-12 및 BRWK-24 시료가 대조군 보다 높은 점수를 나타내었다. 이는 현미에 유산균주를 접종하고 배양하는 시간이 증가할수록 명도(L Value)가 증가하여 기호도에 영향을 미친 것으로 판단되었다(Table 2). 또한 윤기(glossiness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness) 항목에서도 대조군(BR)보다 BRWK-24균이 상대적으로 높게 나타났다. 선호도 조사에서는 외관(appearance), 맛(taste), 전반적 선호도(overall acceptability) 항목에서 *L. sakei* Wikim001 균주를 24시간 처리한 현미가 BR보다 높게 평가되었으나 유의적이지 않았으며, 조직감(texture)에 있어서는 *L. sakei* Wikim001 균주의 처리시간이 길어질수록 유의적($p < 0.05$) 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 현미는 벼에서 왕겨만을 제거한 것으로 외피가 두껍고 질겨 백미와 비교하여 맛과 식감이 떨어지는 단점이 있다(Kim KJ 등 1984). 이러한 현미의 특성을 개선시키기 위한 목적으로 현미를 발아(Kim DJ 등 2012)시키거나, 건조 중에 현미에 균열을 가하여 취반 시 수분 침투를 용이하게 하고,

Table 3. Sensory characteristics of fermented brown rice

Category	Samples ¹⁾	BR	BRWK-12	BRWK-24
Intensity	Color	4.64±0.92 ^{2)c3)}	4.82±0.98 ^b	4.91±0.70 ^a
	Glossiness	3.64±0.67 ^c	4.00±0.89 ^b	4.36±1.03 ^a
	Sweet taste	3.82±0.98 ^c	4.36±1.36 ^a	4.27±1.27 ^b
	Roughness	5.64±0.81 ^a	4.73±1.27 ^b	4.36±1.03 ^b
	Hardness	5.64±0.92 ^a	4.73±0.79 ^b	4.64±1.03 ^b
	Adhesiveness	3.09±1.30 ^c	3.45±1.04 ^b	4.00±1.10 ^a
	Chewiness	5.27±1.35 ^a	4.73±0.90 ^b	4.45±1.37 ^c
	Cohesiveness	3.09±1.45 ^c	3.36±0.92 ^b	3.64±0.92 ^a
	Springness	4.55±1.21 ^a	4.45±1.04 ^b	4.18±1.25 ^c
Palatability	Appearance	4.73±0.47 ^{NS4)}	4.82±0.75 ^{NS}	4.73±0.47 ^{NS}
	Taste	4.09±1.30 ^{NS}	4.18±1.17 ^{NS}	4.18±0.60 ^{NS}
	Texture	3.36±1.36 ^c	4.09±1.38 ^b	4.55±1.21 ^a
	Overall	4.45±1.13 ^{NS}	4.55±1.21 ^{NS}	4.55±1.21 ^{NS}

¹⁾BR: brown rice.

BRWR-12: brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 for 12 hour at 30°C.

BRWR-24: brown rice inoculated with *L. sakei* Wikim001 for 24 hour at 30°C.

²⁾Each value in mean±S.D. (n=10).

³⁾Different letters within a same row (a-c) differ significantly ($p<0.05$).

⁴⁾NS : not significant.

섭취 후 소화 흡수가 용이하도록 한 연화 현미(Jeon HJ 1997)와 칼집 현미(Kim JY와 Back SH 2012)등의 연구가 시도되었다. 더불어 Pin KT와 Kim KC (2013)의 연구에서는 생물학적인 개념으로 현미에 효소(pectinase)를 처리하여 고유의 영양성분을 보존하면서 미감과 식감을 개선하는 기술들도 보고되었다. 본 연구의 결과를 종합해 보면 phytate 분해능을 지닌 유산균을 현미에 처리함으로써, 현미의 식감과 기호성을 증대시킬 수 있었다. 이는 유산균을 이용하여 phytic acid 함량이 감소된 기능성 현미의 제조가 가능할 것으로 사료되었다.

IV. 결론

본 연구에서는 현미의 phytate 함량을 감소시키기 위한 일환으로 phytate 분해활성이 있는 *L. sakei* Wikim001 균주를 현미에 처리한 후 이화학적 특성변화 및 phytate 함량 그리고 취반에 따른 관능적 특성 변화를 알아보았다. 현미의 pH는 *L. sakei* Wikim001 균주를 처리함에 따라 감소하였다. 일반현미에 비해 *L. sakei* Wikim001 균주 처리 현미는 명도가 약간 높아져 밝아지는 경향을 나타내었으며, 적색도와 황색도도 *L. sakei* Wikim001의 처리시간이 길어짐에 따라 유의적으로 값이 높아졌다.

현미에 *L. sakei* Wikim001 균주를 접종하고 12시간과 24시간 처리 후에 phytate의 감소 경향을 일반현미와 비교한 결과, 현미의 phytate 함량은 각각 71.11%, 59.76%

수준으로 유의적으로 감소하였다.

관능검사에서는 *L. sakei* Wikim001 균주를 24시간 처리한 시료에서 현미의 조직감(texture)이 유의적으로 높게 나타났으며, 전반적 선호도(overall acceptability)는 일반현미에 비해 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 외관(appearance), 맛(taste) 항목에서도 *L. sakei* Wikim001 균주를 처리한 현미가 높게 평가되었으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 이 같은 결과를 종합했을 때 *L. sakei* Wikim001 균주 처리 현미의 경우 현미의 phytate 함량을 감소시키고, 조직감의 개선 효과를 나타내었다. 이는 phytate 함량이 낮으며 유산균이 함유된 발효현미를 제조하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료되었다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가가치식품기술개발사업(과제번호: 111003-3)에 의해 수행된 결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Choi SN, Chung NY, Kim HJ. 2013. Quality characteristics of waffle by adding brown rice flour. Korean J Food Cook Sci 29(1):47-52

- De Angelis M, Gallo G, Corbo MR, McSweeney PL, Faccia M, Giovine M, Gobetti M. 2003. Phytase activity in sourdough lactic acid bacteria: purification and characterization of a phytase from *Lactobacillus sanfranciscensis* CB1. *Int J Food Microbiol* 87(3):259-270
- In MJ, Choi SY, Kim HR, Park DB, Oh NS, Kim DC. 2009. Acid production and phytase degradation using a *Leuconostoc mesenteroides* KC51 strain in saccharified-rice suspension. *J Appl Biol Chem* 52(1):33-37
- Jeon HJ. 1997. Softened unpolished rice and production thereof. Korean patent 1997-0046668
- Jeong SY, Park MJ, Lee SY. 2011. Physicochemical properties of Jeung-pyun dough containing with different amounts of brown rice. *Korean J Food Cook Sci* 27(2):9-17
- Joung HJ, Nam GY, Yoon S, Lee JM, Shim JE, Paik HY. 2004. Bioavailable zinc intake of Korean adults in relation to the phytate content of Korean foods. *J Food Compos Anal* 17(6):713-724
- Kim DJ, Oh SK, Lee JH, Yoon MR, Chio IS, Lee DH, Kim YG. 2012. Change in quality properties of brown rice after germination. *Korean J Food Sci Technol* 44(3):300-305
- Kim HG, Kim JN, Whang EM, Shin WS. 2014. Effects of brown rice and brown rice powder mixing ratio on the preference analysis of the waffles and rice ball. *Korean J Food Cook Sci* 30(2):146-152
- Kim JY, Back SH. 2012. Hydration and cooking properties of brown rice scratched with a knife. *Korean J Food Sci Technol* 44(6):722-727
- Kim KJ, Pyun UR, Choi HT, Lee SK, Kim SK. 1984. Cooking properties of Akibare and Milyang 23 brown rice. *Korean J Food Sci Technol* 16(4):457-62
- Ko MR, Choi HJ, Han KB, Yoo SS, Kim HS, Choi SW, Hur NY, Kim CN, Kim BY, Baik MY. 2011. Antioxidative components and antioxidative capacity of brown and black rices. *Food Eng Prog* 15(3):195-202
- Kum JK, Choi BK, Lee HY, Park JD, Park HJ. 2004. Physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J Food Preserv* 11(2):182-188
- Lee MH, Oh MS. 2006. Quality characteristics of cookies with brown rice flour. *Korean J Food Culture* 21(6):685-694
- Lee SH, Kwon HS, Koo KT, Kang BH, Kim TY. 2006. Characterization of phytase from *Bacillus coagulans* IDCC 1201. *Korean J Microbiol Biotechnol* 34(1):28-34
- Lee SM, Yoo SS. 2011. Quality characteristics of yakpyun by brown rice. *Korean J Food Cook Sci* 27(4):47-54
- Lee YS, Kim AJ, Rho JO. 2008. Quality characteristics of sprouted brown rice Dasik with yujacheong add. *Korean J Food Cook Sci* 24(4):494-500
- Lim SY. 2008. Inhibitory effect of methanol extracts from Korean *Oryza sativa* and *Coix lachryma-jobi* var. *mayuen* on mutagenicity and growth of human cancer cells. *J Life Sci* 18(10):1415-1419
- Park JD, Choi BK, Kum JS, Lee HY. 2005. Quality properties of cooked germinated-brown rice. *J Korean Food Preserv* 12(2):101-106
- Park SH, Yang SY, Lee JH, Kang MR. 2013. Selection of phytate-degrading lactic acid bacteria from kimchi and reaction properties in brown rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(4):627-632
- Pin KT, Kim KC. 2013. Analysis on physical changes of pectinase-treated brown rice (*Oryza sativa*). *J Life Sci* 23(4):554-559
- Reale A, Konietzny U, Coppola R, Sorrentino E, Greiner R. 2007. The importance of lactic acid bacteria for phytate degradation during cereal dough fermentation. *J Agric Food Chem* 55(8):2993-2997
- Shin MK, Kum JS, Rhyu MR, Kim GH. 1993. A study on the development of cooking technology for improving quality of cooking rice. KFRI report G1045-0364
- Wodzinski RJ, Ullah AH. 1996. Phytase. *Adv Appl Microbiol* 42(1):263-302
- Yang SY, Song MD, Kim CW, Yu JH, Chung KC. 2001. Isolation and application of phytate-hydrolysing lactic acid bacteria. *Korean J Appl Microbiol Biotechnol* 29(4):195-200
- Yau NYN, Huang JJ. 1996. Sensory analysis of cooked rice. *Food Qual Prefer* 7:263-270

Received on July 22, 2014/ Revised on Aug. 12, 2014/ Accepted on Aug. 13, 2014