

가수분해도가 상이한 현미 가수분해물에서 *Leuconostoc mesenteroides* KC51 균주 발효물의 특성

인만진^{1*} · 오남순² · 김동청³

¹청운대학교 식품영양학과

²공주대학교 식품공학과

³성균관대학교 기초과학연구소

Characteristics of Fermented Brown-Rice Suspension Prepared from *Leuconostoc mesenteroides* KC51 Strain

Man-Jin In^{1*}, Nam-Soon Oh², and Dong Chung Kim³

¹Dept. of Human Nutrition and Food Science, Chungwoon University, Chungnam 350-701, Korea

²Dept. of Food Science and Technology, Kongju National University, Chungnam 340-802, Korea

³Institute of Basic Science, Sungkyunkwan University, Gyeonggi 440-746, Korea

Abstract

Brown-rice hydrolyzates with different degrees of hydrolysis (DH) were fermented using *Leuconostoc mesenteroides* (*Ln. mesenteroides*) KC51 strain at 30°C for 15 hr. Changes in pH, titratable acidity, viable cell counts and phytate degradation during fermentation were investigated. The acid production was increased with increasing DH of brown-rice hydrolyzate. At high DH (48.2%), the pH and titratable acidity reached to pH 3.41 and 0.82% after 15 hr fermentation, respectively. Regardless of DH of brown-rice, however, the viable cell population of *Ln. mesenteroides* KC51 was slightly increased to 4.0~7.2×10⁸ CFU/g during the 6 hr of cultivation. The phytate content in brown-rice hydrolyzates decreased with increasing DH of brown-rice hydrolyzates. The level of phytate was reduced to around 50% of initial concentration at high DH condition. When the fermented brown-rice was kept at 4°C, pH, titratable acidity and number of viable cells were nearly maintained for 14 days.

Key words: brown rice, *Leuconostoc mesenteroides*, phytate degradation

서 론

우리나라에서 쌀은 백미 기준으로 매년 450~500만톤 생산되고 있으나 국민 1인당 쌀 소비량은 최근 10년간 크게 감소(99.2 kg, 1998년→75.8 kg, 2008년)하였으며, 이러한 경향은 일본의 2007년 1인당 쌀 소비량이 61.4 kg인 점을 고려하면 지속될 것으로 예측된다. 우리나라에서 소비되는 쌀의 98% 이상은 주식으로 사용되므로 쌀의 소비를 향상시키기 위해서는 쌀을 이용한 다양한 가공식품 개발이 필요하다. 쌀의 가공식품 중 미생물을 이용한 발효식품으로 우리나라에서는 술이 대부분이며 막걸리를 이용하여 제조하는 증편이 알려져 있다. 그러나 세계적으로 곡류를 주식으로 소비하는 지역에서는 곡류를 발효원으로 사용한 다양한 전통 발효식품과 음료가 제조, 소비되고 있으며, 특히 쌀 발효식품인 인도, 스리랑카 및 동남아시아 지방의 *idli*, *dosa*, *dhokla*는 그 지역에서 매우 대중적인 식품으로 알려져 있다(1). 곡류

발효식품에서 효모와 유산균이 중요한 미생물로 발견되며 특히 *idli*에서는 *Ln. mesenteroides*와 *Streptococcus faecalis*가 중요한 미생물로 보고되어 있다(2). 따라서 이러한 미생물을 starter로 이용하여 곡류 발효식품을 제조하는 연구가 진행되고 있으며(3,4), 최근 국내에서도 증편의 제조에 효모와 유산균을 혼합 배양한 starter를 이용하는 연구가 보고(5)된 바 있다. 특별히 유산균을 이용한 곡류 발효식품은 요구르트와 같은 발효 유제품처럼 기능성식품 중 살아있는 유산균을 함유한 probiotic food로 관심이 집중되고 있다(6,7).

그러나 대부분의 곡류에는 생체내에서 Mg, Ca, Fe 등의 무기질이 영양분의 흡수를 저해하는 항영양인자(antinu-trient)로 작용하는 phytate가 존재하므로(8), 식품 중 phytate의 함량을 낮추는 것은 영양학적으로 중요하다. 실제로 phytate의 분해에 관한 연구는 통 밀가루(whole wheat flour)로 sourdough를 제조하여 빵을 만드는 분야에 집중되어 있을 뿐이다(9,10). 특히 우리나라 쌀에는 phytate가 7.3~

*Corresponding author. E-mail: manjin@chungwoon.ac.kr
Phone: 82-41-630-3278, Fax: 82-41-632-3278

12.4 mg/g 수준으로 함유(11)되어 있음에도 불구하고 쌀 가공품 중 phytate의 거취에 관한 연구는 매우 미미하다.

곡류 발효식품의 제조과정에서 미생물에 의한 발효와 동시에 phytate를 분해하는 것은 매우 효율적인 방법이다. 이때 phytate 분해활성을 갖는 유산균을 starter로 사용한다면 phytate 함량이 감소되고 probiotics를 함유한 새로운 형태의 곡류 발효식품을 제조할 수 있을 것이다. 최근 우리 연구팀은 김치에서 분리한 *Ln. mesenteroides* KC51 균주가 현미 당화물에 함유된 phytate를 분해하는 활성이 있음을 발견하고(12), 그 결과를 바탕으로 현미의 분해 정도가 *Ln. mesenteroides* KC51 균주의 생육과 phytate의 분해에 미치는 영향을 조사하였다. 그리하여 쌀을 이용하여 phytate 함량이 낮으며 유산균이 함유된 곡류 발효식품을 제조하기 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에서는 김치에서 분리한 *Ln. mesenteroides* KC51 균주를 사용하였다(13). 미생물 배양에 사용한 쌀은 수라 품종(2006년 충남 당진산)으로 현미로 도정된 후 증류수로 3회 수세하고 4°C에서 24시간 수침하였으며 물기를 제거하고 roll mill로 2회 제분하여 사용하였다.

현미 분해물의 제조 및 유산균 배양

현미 분해물 제조: 현미 분말을 다음과 같이 2종류로 가수분해하였다(14). (A) 현미 액화물(brown-rice liquefaction; BR-L): 현미 분말 20 g을 증류수 100 g에 현탁하고 80°C에서 10분간 가열하여 전분을 호화시킨 후 *Bacillus amyloliquefaciens* 기원의 α -amylase(Sigma Chem., St. Louis, MO, USA) 0.1 mL를 가하고 80°C에서 1시간 반응시켰다. (B) 현미 당화물(brown-rice liquefaction & saccharification; BR-LS): 현미 분말을 액화물을 제조한 후 반응액의 pH를 4.8로 조절하고 *Aspergillus niger* 기원의 amyloglucosidase(Sigma Chem.) 0.1 mL를 가한 후 60°C에서 다시 1시간 반응시켰다. 각각의 조건에서 최종 반응액을 동결 건조한 후 -20°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

유산균 배양: 본 배양용 starter는 보관 중인 *Ln. mesenteroides* KC51을 Lactobacilli MRS broth(Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에 1백금이 접종하여 30°C에서 15시간 동안 진탕 배양하여 준비하였다. 동결 건조한 현미 분해물을 각각 4%(w/w)로 증류수에 현탁하고 autoclave하여 제조한 본 배양 배지에 미리 준비한 starter를 5%(v/v) 접종하고 30°C에서 150 rpm으로 진탕 배양하였다. 당화하지 않은 현미 분말 4%(w/w) 현탁액을 대조군으로 사용하였다.

현미 배양액의 분석

pH 및 적정산도: 발효액의 pH는 pH-meter(model 720P,

istek, Seoul, Korea)를 이용하여 직접 측정하였다. 적정산도는 발효액 5 g에 멸균 증류수 45 g을 가하여 잘 혼합한 후 10 mL를 취하여 0.01 N NaOH로 적정하고 NaOH 소모량을 젯산으로 환산하여 나타내었다.

총균수: 배양액 1 g를 멸균 식염수를 이용하여 10배 희석법으로 연속적으로 희석하였다. 평판에서 희석액 1 mL에 멸균한 MRS agar(Difco Laboratories) 배지를 부어 혼합하고 30°C에서 36시간 배양하여 형성된 colony를 계측하였다. *Ln. mesenteroides* KC51의 생균수를 시료 g당 colony forming units(CFU/g)로 나타내었다.

유기산: 발효액의 유기산 함량은 HPLC(Dionex, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 칼럼은 Aminex HPX-87H(Bio-Rad Lab., Hercules, CA, USA), 용매는 8 mM H₂SO₄(유속 0.7 mL/min), 검출기는 UV detector(210 nm)를 사용하였다.

Phytate 함량: 배양액 중 phytate 함량은 변형된 Wade 방법으로 측정하였다(15). 증류수로 3배 희석한 배양액 3 mL에 Wade 시약(증류수에 0.03% FeCl₃·6H₂O와 0.3% sulfosalicylic acid 용해) 1 mL를 가한 후 vortex mixer로 10초간 혼합하고 0.45 μ m syringe filter로 여과하여 500 nm에서 여과액의 흡광도를 측정하였다. Phytate 함량은 Na-phytate 표준곡선을 이용하여 계산하였다.

현미 배양액의 저장성

각각의 현미 분해물에 *Ln. mesenteroides* KC51 균주를 배양한 시료를 4°C에 2주일간 보관하면서 배양액의 pH, 적정산도 및 총균수의 변화를 경시적으로 조사하였다.

결과 및 고찰

현미 분해물

추가로 배지성분을 사용하지 않고 쌀만을 이용하여 유산균을 배양하기 위하여 비타민, 미네랄과 같은 미량성분의 함량이 우수한 현미를 재료로 사용하였다. 유산균은 전분 당화효소의 활성이 미약하므로 현미 분말에서 유산균의 생육을 향상시키기 위하여 현미 분말의 가수분해가 필요하다. 현미에 탄수화물이 약 76% 함유되어 있으므로(16) 현미 분말에 전분 액화효소인 α -amylase와 당화효소인 glucoamylase를 처리하여 현미를 가수분해하였다. 현미 분말의 가수분해 정도는 전분의 가수분해도를 나타내는 DE(dextrose equivalent)값과 유사하게 현미 분해물의 환원당 함량을 DNS법으로 측정하여 전체 고형분 중 환원당의 비율로 나타내었다. 현미 분말(BR-C)은 1.47%, α -amylase만을 처리한 경우(BR-L)는 22.5%, α -amylase와 glucoamylase를 사용한 분해물(BR-LS)은 48.21%의 가수분해도를 나타내었으며(Fig. 1) 전분을 가수분해하여 포도당을 얻는 공정과 매우 유사한 경향이였다. BR-LS에서 포도당 제조공정보다 당화

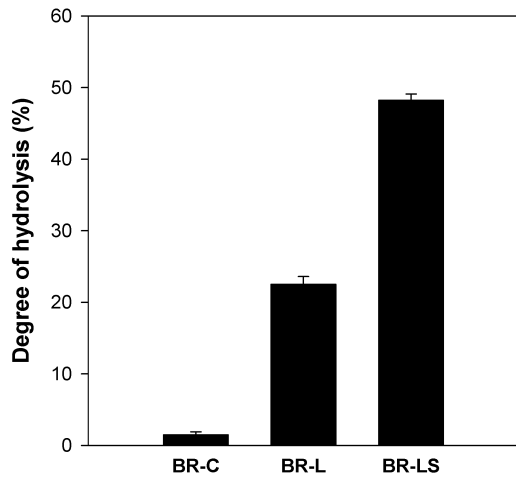


Fig. 1. Degree of hydrolysis of brown rice flour by enzyme treatments.

효소인 glucoamylase를 단시간(1시간) 처리하여 환원당의 함량이 크게 증가하지 않은 것으로 판단되었다.

현미 분해물에서 생육 특성

현미 분해물만을 4%(w/w)의 농도로 증류수에 각각 현탁하여 멸균한 후 *Ln. mesenteroides* KC51을 접종하고 30°C에서 15시간 진탕배양하면서 3시간 간격으로 pH, 적정산도와 총균수의 변화를 측정하였다. 동시에 분해하지 않은 4%(w/w) 현미 분말 현탁액을 대조군으로 사용하여 동일하게 배양하면서 비교하였다. BR-L의 경우 발효 시간에 따른 배양액의 pH는 배양 6시간까지 pH 3.92로 급격히 감소하였으나 그 이후 15시간까지는 pH 3.66으로 점진적인 감소를 보였다. 반면에 BR-LS는 배양 12시간까지 pH 3.44로 급속히 감소한 후 15시간 배양 시 pH 3.41을 나타내었다. 또한 효소를 사용하지 않은 대조군(BR-C)의 pH는 배양 전 pH 4.65에서 15시간 후 pH 4.17로 변화의 폭이 작았다(Fig. 2A). 적정산도의 변화는 현미 분해물의 가수분해도에 따른 pH 변화 경향이 유사하여 BR-LS의 경우 배양 15시간에 0.82%, BR-L은 0.61%를 기록하였으며 대조군인 BR-C에서는 0.27% 수준으로 큰 변화가 없었다(Fig. 2B). 배양액 중 유기산의 함량을 분석한 결과, 젖산과 초산이 대략 3:2의 비율로 함유되어 있었으며 함량은 현미 분해물의 가수분해도에 따라 증가하였다. 15시간 동안 배양한 후 가수분해도에 따라 젖산이 0.327%(BR-LS), 0.212%(BR-L), 0.0561%(BR-C) 생성되었으며 초산도 동일한 경향으로(Table 1), *Ln. mesenteroides* KC51 균주의 생육에서 젖산과 초산의 생성은 현미 가수분해도에 비례하였다. 또한 DNS법으로 환원당을 분석한 결과, 배양 15시간 후 환원당은 초기농도의 62.5%(BR-LS), 35.9%(BR-L)가 감소되어 유기산의 함량 증가와 일치하는 경향이였다. 이는 가수분해도의 향상에 의하여 유산균이 쉽게 이용할 수 있는 저분자 성분의 증가에 기인하는 것으로 판단된다.

본 연구와 유사하게 쌀을 쪄 후 α -amylase와 glucoamy-

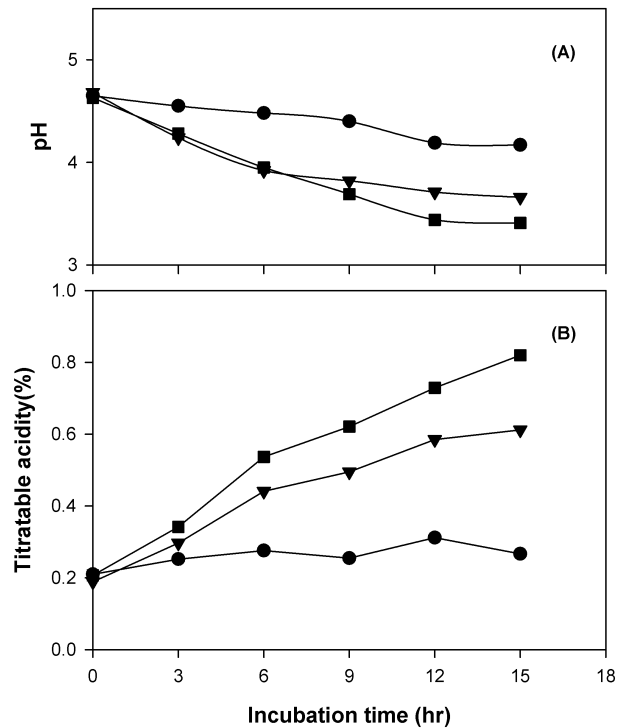


Fig. 2. Change of pH (panel A) and titratable acidity (panel B) of hydrolyzed-rice fermented with *Leuconostoc mesenteroides* KC51 strain at brown rice suspension with different degrees of hydrolysis. ●, BR-C; ▼, BR-L; ■, BR-LS.

Table 1. Effect of degree of hydrolysis of brown rice on the production of organic acid in saccharified-rice suspension fermented with *Leuconostoc mesenteroides* KC 51 strain after 15 hr cultivation

Medium ¹⁾	Lactic acid (%)	Acetic acid (%)
BR-C	0.0561	0.0364
BR-L	0.212	0.142
BR-LS	0.327	0.200

¹⁾BR-C is cultivated in 4% non-saccharified brown rice suspension.

lase를 처리하고 유산균을 18시간 배양한 경우 적정산도가 0.53~0.74%라는 보고(17)는 BR-LS 조건의 적정산도(0.82%)보다 낮은 결과로 이는 사용한 균주의 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 또한 젖산과 초산의 생성량(0.527%, BR-LS)은 곡류와 탈지분유를 혼합하여 유산균을 배양한 결과 젖산 함량이 0.7~0.8%라는 보고(18)보다 낮으나 *Lactobacillus rhamnosus* GG 균주를 옥수수과 보리 가루 혼합물에 배양한 경우(19)의 0.4%보다 높은 결과이다. 이는 우유를 사용하지 않는 조건에서도 *Ln. mesenteroides* KC51 균주가 유기산 생산 능력이 우수함을 나타낸다. 식품에서 유산균에 의한 pH 감소는 병원성 미생물의 생육을 억제할 수 있으므로(20) *Ln. mesenteroides* KC51 균주의 우수한 산 생산력은 추후 제품의 안전성 확보에 도움이 될 수 있을 것이다.

현미 분해물에서 가수분해도는 *Ln. mesenteroides* KC51 균주의 생육에 큰 영향이 없었다(Fig. 3). 모든 조건에서 생

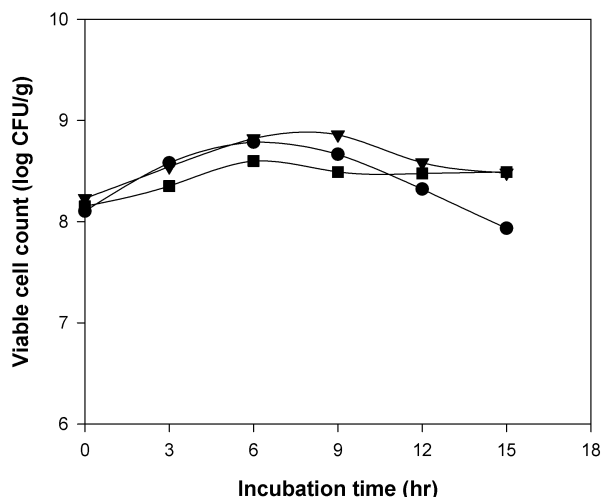


Fig. 3. Growth of *Leuconostoc mesenteroides* KC51 strain in brown rice suspension with different degrees of hydrolysis. ●, BR-C; ▼, BR-L; ■, BR-LS.

균수 $1.3\sim 1.7\times 10^8$ CFU/g 수준으로 접종하고 6시간 후에 생균수가 $4.0\sim 7.2\times 10^8$ CFU/g 수준까지 소폭 증가한 후 생육에 큰 변화는 없었다. 그러나 BR-C 조건에서는 접종 9시간 후 생균수가 다소 감소하였으며 이는 영양분의 고갈이 원인일 것으로 사료된다. 그러나 현미를 분해물에 배양한 경우 생균수의 감소가 나타나지 않았다. 동일한 균주를 두유에 배양할 때(13)보다 생균수가 적은 것은 영양성분의 차이에 기인하며, 현미 분해물의 농도를 증가시키면 생균수를 향상시킬 수 있음을 이미 보고한 바 있다(12).

현미 분해물에서 phytate의 분해

가수분해도가 상이한 현미 분해물에서 *Ln. mesenteroides* KC51 균주의 생육에 의한 phytate의 분해정도를 측정하였다. 배양 12시간 후 배양액 중 phytate의 함량을 측정하여 배양 전 함량에 대한 잔존량으로 나타내었다(Fig. 4). 배양액 중 phytate 잔존량은 현미의 가수분해도가 증가함에 따라 감소하여 가수분해도가 48.2%로 가장 높은 BR-LS의 경우 약 50%가 분해되었으며 가수분해도가 22.5%로 낮은 BR-L에서는 거의 분해되지 않았다. Phytate가 단백질, 전분 등의 생체 고분자 물질과 소화되지 않는 복합체를 형성하는 특성(21)을 가지므로 가수분해도가 높은 경우 고분자 물질이 저분자화되어 phytase가 용이하게 작용할 수 있으므로

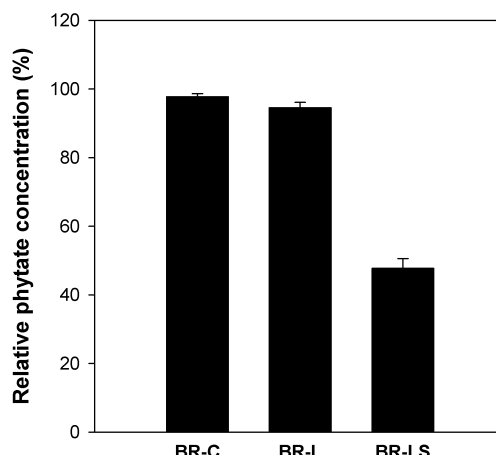


Fig. 4. Degradation of phytate dissolved in brown rice suspension with different degrees of hydrolysis by *Leuconostoc mesenteroides* KC51 strain after 12 hr cultivation.

phytate의 분해가 증가하는 것으로 판단된다. *Ln. mesenteroides* KC51 균주의 배양과정에서 phytate가 완전히 분해되지 못하는 것은 유산균의 phytase 활성이 매우 낮으며(22), 배양과정에서 pH가 변하므로 최적 pH 조건이 오랫동안 지속되지 못하는 것에 기인할 것으로 판단된다. 쌀에 존재하는 phytate를 분해하는 phytase는(23) 배지를 멸균하는 과정에서 실활되었으므로 본 연구의 결과는 기존의 결과(12)와 동일하게 *Ln. mesenteroides* KC51 균주의 phytate 분해활성에 기인하는 것으로 판단된다. Phytate 분해활성을 갖는 유산균은 대부분 *Lactobacillus* 속의 미생물(24,25)이 보고되어 있으며, *Leuconostoc* 속 유산균에 관한 보고는 미미하다.

현미 분해물의 저장성

Ln. mesenteroides KC51 균주로 곡류 발효식품을 제조하기 위한 기초 데이터로 유산균 발효식품은 저온에서 유통되므로 저장 중 품질의 변화를 확인하기 위하여 가수분해도가 상이한 현미 분해물에서 9시간 발효시킨 후 4°C에서 냉장 보관하면서 pH, 적정산도 및 생균수의 변화를 조사하였다(Table 2). 14일까지 저장하였을 때 가수분해도와 무관하게 pH와 적정산도는 거의 유사하였다. 또한 생균수도 저장 14일까지 큰 변화를 보이지 않아 *Ln. mesenteroides* KC51 균주의 현미 발효물은 저장성에도 문제가 없는 것으로 판단되었다. 추후 *Ln. mesenteroides* KC51 균주의 현미 발효물을

Table 2. Changes in quality of fermented brown-rice suspension with different degrees of hydrolysis during storage at 4°C

		Period of storage (days)						
		0	2	4	7	9	12	14
pH	BR-L	3.78	3.85	3.85	3.83	3.75	3.82	3.90
	BR-LS	3.62	3.63	3.67	3.62	3.58	3.56	3.68
Titratable acidity (%)	BR-L	0.369	0.405	0.405	0.405	0.423	0.414	0.414
	BR-LS	0.390	0.396	0.414	0.441	0.441	0.414	0.405
Viable cell counts (CFU/g)	BR-L	3.1×10^8	2.8×10^8	2.9×10^8	1.5×10^8	1.2×10^8	1.2×10^8	1.4×10^8
	BR-LS	2.6×10^8	1.3×10^8	1.5×10^8	1.6×10^8	1.3×10^8	1.1×10^8	1.9×10^8

활용한 곡류 발효식품의 formulation 개발 시 유산균의 저장 안정성에 효과가 있는 β -glucan과 같은 다당체(26,27)를 첨가하면 더욱 효과적일 것이다.

요 약

쌀을 이용한 새로운 probiotic food를 개발하기 위한 기초 연구로 본 연구를 수행하였다. 먼저 호화시킨 현미 현탁액에 α -amylase, α -amylase와 glucoamylase를 처리한 후 동결 건조하여 가수분해도가 상이한 현미 분해물을 제조하였다. 김치에서 분리한 유산균인 *Ln. mesenteroides* KC51 균주를 4%(w/w) 현미 분해물 현탁액에 진탕배양하면서 현미의 가수분해도가 산의 생성, 균의 생육과 phytate의 분해에 미치는 영향을 조사하였다. 동시에 효소를 처리하지 않은 현미 분말 현탁액을 대조군으로 비교하였다. 배양액의 pH는 현미의 가수분해도가 증가함에 따라 감소하였으며 α -amylase와 glucoamylase로 분해한 경우 접종 후 15시간에 pH 3.41로 급속히 감소하였다. 이때 배양액에 젖산과 초산이 각각 0.327%와 0.200% 함유되어 있었다. 적정산도의 변화도 pH의 변화와 유사하게 가수분해도에 비례하여 증가하였다. 모든 현미의 분해물에서 *Ln. mesenteroides* KC51 균주는 접종 후 6시간에 $4.0\sim 7.2\times 10^8$ CFU/g 수준까지 증가한 후 생육에 큰 변화는 없었으나 대조군에서는 접종 9시간 후 생균수가 다소 감소하였다. 항영양인자인 phytate의 함량은 현미 가수분해도가 증가할수록 감소하여 α -amylase와 glucoamylase로 분해하여 가수분해도가 가장 높은(48.2%) 경우 phytate의 약 50%가 분해되었으며 α -amylase로 처리하여 가수분해도가 낮은(22.5%) 경우에는 거의 분해되지 않았다. *Ln. mesenteroides* KC51 균주 배양액의 저장성은 4°C에서 14일간 저장 후 pH와 적정산도, 생균수는 거의 유사하였다.

문 헌

- Blandino A, Al-Aseeri ME, Pandiella SS, Cantero D, Webb C. 2003. Cereal-based fermented foods and beverages. *Food Res Int* 36: 527-543.
- Ramakrishnan CV. 1993. Indian idli, dosa, dhokla, khaman, and related fermentations. In *Handbook of indigenous fermented foods*. Steinkraus KH, ed. Marcel Dekker, New York, USA. p 149-165.
- Mugula JK, Narvhus JA, Sørhaug T. 2003. Use of starter cultures of lactic acid bacteria and yeasts in the preparation of *togwa*, a Tanzanian fermented food. *Int J Food Microbiol* 83: 307-318.
- Kedia G, Wang R, Patel H, Pandiella SS. 2007. Use of mixed cultures for the fermentation of cereal-based substrates with potential probiotic properties. *Process Biochem* 42: 65-70.
- Oh CW, In MJ, Oh NS. 2008. Characteristics of rice sourdough for *Jeungpyun* prepared by mixed culture of *Saccharomyces cerevisiae* and *Leuconostoc mesenteroides* strains. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 660-665.
- Charalampopoulos D, Wang R, Pandiella SS, Webb C. 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *Int J Food Microbiol* 79: 131-141.
- Angelov A, Gotcheva V, Kuncheva R, Hristozova T. 2006. Development of a new oat-based probiotic drink. *Int J Food Microbiol* 112: 75-80.
- Sandberg AS. 1994. Antinutrient effects of phytate. *Nutrition* 18: 429-432.
- Lopez HW, Krespine V, Guy C, Messenger A, Demigne C, Remesy C. 2001. Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium. *J Agric Food Chem* 49: 2657-2662.
- 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: 2993-2997.
- Huang LS, Sok DE, Kim HC, Yoon WK, Kim HM, Kim MR. 2006. Phytate determination in various cultivars of Korean rice. *J Food Sci Nutr* 11: 67-72.
- In MJ, Choi SY, Kim HR, Park DB, Oh NS, Kim DC. 2009. Acid production and phytate degradation using a *Leuconostoc mesenteroides* KC51 strain in saccharified-rice suspension. *J Appl Biol Chem* 52: 33-37.
- Oh NS, In MJ. 2008. Production of a fermented soymilk using a new strain *Leuconostoc mesenteroides* KC51 isolated from *Kimchi*. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 51: 88-91.
- Park DJ, Oh S, Ku KH, Mok C, Kim SH, Imm JY. 2005. Characteristics of yogurt-like products prepared from the combination of skim milk and soymilk containing saccharified-rice solution. *Int J Food Sci Nutr* 56: 23-34.
- Latta M, Eskin M. 1980. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *J Agric Food Chem* 28: 1313-1315.
- Son TW, Sung JW, Kang WW, Moon KD. 2003. *Food Processing*. Hyungseul Publishing Co., Seoul, Korea. p 227.
- Mok C, Han J, Kim YJ, Kim N, Kwon DY, Nam YJ. 1991. Lactic acid fermentation of rice and quality improvement by amyolytic enzyme treatment during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 23: 739-744.
- Bae HC, Paik SH, Nam MS. 2004. Fermentation properties of rice added yogurt made with various lactic acid bacteria. *J Anim Sci & Technol* 46: 677-686.
- Helland MH, Wicklund T, Narvhus JA. 2004. Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria, in maize porridge with added malted barley. *Int J Food Microbiol* 91: 305-313.
- Yang Y, Tao WY, Liu YJ, Zhu F. 2008. Inhibition of *Bacillus cereus* by lactic acid bacteria starter cultures in rice fermentation. *Food Control* 19: 159-161.
- Martinez C, Ros G, Periago MJ, Lopez G, Ortuno J, Rincon F. 1996. Phytic acid in human nutrition. *Food Sci Technol Int* 2: 201-209.
- Oh NS, In MJ. 2009. Phytate degradation by *Leuconostoc mesenteroides* KC51 cultivation in soymilk. *Afr J Biotechnol* 8: 3023-3026.
- Liu BL, Rafiq A, Tzeng YM, Rob A. 1998. The induction and characterization of phytase and beyond. *Enzyme Microb Technol* 22: 415-424.
- Sreeramulu G, Srinivasa DS, Nand K, Joseph R. 1996. *Lactobacillus amylovorus* as a phytase producer in submerged culture. *Lett Appl Microbiol* 23: 385-388.
- Kim EY, Kim YH, Rhee MH, Song JC, Lee KW, Kim KS, Lee SP, Lee IS, Park SC. 2007. Selection of *Lactobacillus* sp. PSC101 that produces active dietary enzymes such as amylase, lipase, phytase and protease in pigs. *J Gen Appl Microbiol* 53: 111-117.

26. Yang SH, Seo SH, Kim SW, Choi SK, Kim DH. 2006. Effect of ginseng polysaccharide on the stability of lactic acid bacteria during freeze-drying process and storage. *Arch Pharm Res* 29: 735-740.
27. Vasiljevic T, Kealy T, Mishra VK. 2007. Effects of beta-glucan addition to a probiotic containing yogurt. *J Food Sci* 72: C405-411.

(2009년 4월 16일 접수; 2009년 7월 6일 채택)