

양고추냉이 분말을 첨가한 저염 고추장의 숙성 중 미생물과 효소 활성의 변화

오지영¹ · 김용석² · 신동화

전북대학교 응용생물공학부(식품공학 전공)

¹(주)두산 R&D 센터, ²전북대학교 바이오식품소재개발 및 산업화연구센터

Changes in Microorganisms and Enzyme Activities of Low-salted Kochujang added with Horseradish Powder during Fermentation

Ji-Young Oh¹, Yong-Suk Kim², and Dong-Hwa Shin*

Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University

¹R&D Center, Doosan Co.

²Research Center for Industrial Development of BioFood Materials, Chonbuk National University

To reduce salt content in Korean traditional *kochujang*, horseradish powder (1.2%, w/w) was added to *kochujang* with 4-10% salt, and its microbial characteristics, enzyme activities, and gas formation in *kochujang* were evaluated during fermentation for 120 days at 25°C. All treatments of *kochujang* had no effects on total viable bacterial numbers, which kept constant level, during fermentation (7.32-8.76 log CFU/g). Yeast numbers did not change under all treatments up to 90 days of fermentation, then decreased thereafter. α -Amylase and β -amylase, and neutral- and acid-protease activities of *kochujang* added with horseradish powder were higher than those of control group. β -Amylase activity of *kochujang* increased in proportion to salt concentration. Total accumulative volume of gas produced during fermentation of *kochujang* without horseradish powder was 5,892 mL/pack, then decreased to 121-347 mL/pack with low-salted *kochujang* (salt 4%, 6%) added with horseradish powder. Major gas produced was CO₂ (74-80%). Results indicate salt contents of *kochujang* could be lowered up to 6% by addition of horseradish powder without gas formation and quality alteration.

Key words: *kochujang*, horseradish, gas formation, α - and β -amylase, low-salt

서 론

고추장은 저장성을 부여하기 위하여 다른 장류와 비슷하게 고농도로 소금을 첨가하는데, 일정량의 식염은 체내 대사의 균형과 생명유지에 필수조건인 항상성을 유지하는데 필요하지만 과잉의 식염 섭취는 고혈압, 혈관질환, 신장장애 등과 관계가 있는 것으로 알려져 있어(1,2) 소비자의 소금섭취 기피현상이 두드러지고 있다. 우리나라는 1일 식염 섭취량을 8.7 g으로, 일본은 10 g 미만이 되도록 권장하고 있다(3). 그러나 우리나라 사람들의 1일 평균 식염 섭취량은 18.4 g으로 권장량의 2배에 이르고 미국인의 3배, 일본인의 1.4배가 된다(4). 한편 식염 섭취량의 약 73% 정도가 장류식품 등에서 섭취한다는 보고(5)가 있으며, 고추장의 다이어트 효과와 혈압강하 효과로 인하여 일

본과 국내 시장에서 고추장에 대한 관심이 증가(6)하고 있음에도 불구하고 고추장의 평균 식염농도가 10%를 넘고 있어서 이에 대한 대처가 필요하다(7,8).

고추장의 품질은 원료의 배합비율, 제조방법, 숙성조건 등에 따라 다르며 메주 또는 *koji*의 종류에 따라 그 품질 특성이 좌우된다(9). 또한, 발효·숙성시킨 고추장은 저장·유통 중의 포장형태(10,11)와 저장온도(12,13) 등이 고추장의 품질에 중요한 영향을 미치며, 가스발생(14,15)과 변색(16)이 상품성을 저하시키는 요인이 되기도 한다.

고추장 제조시 식염농도가 낮을 경우 산폐와 같은 이상발효가 일어나기 쉬우며 보존성도 악화 되는 등 많은 문제점을 안고 있다. 이런 관점에서 저자들은 저염화에 의한 이상발효를 억제하고 보존성을 부여하기 위하여 고추장의 매운맛과 잘 어울리는 양고추냉이를 고추장에 첨가하여 발효관리가 가능함을 확인하였다(17,18). 또한 겨자나 양고추냉이에 포함되어있는 성분은 각종 발효식품에서 가스 생성에 관여하는 효모들의 생육을 억제한다고 보고되고 있다(19,20). 고추냉이 뿐만의 정유성분은 *Staphylococcus* 등에 대하여 최소증식저해농도가 0.003-0.4%였다고 보고되었다(21).

*Corresponding author: Dong-Hwa Shin, Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University, Dukjin-Dong, Jeonju, Jeonbuk 561-756, Republic of Korea
 Tel: 82-63-270-2570,
 Fax: 82-63-270-2572
 E-mail: dhshin@chonbuk.ac.kr

장류 발효시 저염화에 관한 연구는 알코올첨가(22,23), 젖산첨가(23), 혹은 청주박을 넣어 고추장의 저염화를 시도한 바 있으며, *Bacillus subtilis*를 접종하여 저염화 및 그 품질을 평가(24)하여 고추장 발효시 저염화 가능성을 확인하고 있다. 또한 간장에서도 젖산 및 알코올 발효를 유도하여 저염화를 시도(25)하는 등 장류에서 저염화는 소비자 요구에 부응하려는 연구자와 제조업자의 큰 관심사가 되고 있다.

이 연구에서는 지금까지 시도되지 않았던 천연보존제로서 가능성이 있는 양고추냉이 분말을 식염첨가량을 달리한 고추장에 첨가하여 전통 고추장 발효 및 유통 중 문제가 되는 가스 팽창문제를 해결하면서, 발효·숙성 중 미생물과 효소활성의 변화를 관찰하여 저염 고추장의 제조가능성을 제시하였다.

재료 및 방법

실험재료

고추는 2004년 가을 순창지역에서 생산된 디복 품종을, 소금은 국내산 천일염을 사용하였다. 또한 전북 순창군 동계산 참쌀, 순창산 백태 콩을 사용하여 고추장을 제조하였다. 양고추냉이는 중국에서 수입한 건조품을 8, 40, 120 mesh로 3단 분쇄하여 분말로 만들어 사용하였다.

고추장 제조

고추장은 순창지역의 전통식 방법에 따라 배합하였고 그 배합비율은 Table 1과 같다. 고추장 제조에 사용된 식혜는 찹쌀을 하룻밤 물에 불린 후 마쇄하여 엿기름 추출물과 잘 혼합하여 60°C에서 1시간 당화시킨 후 여과한 것으로 하였고, 각 시료는 식염의 농도와 양고추냉이 분말의 첨가 유무에 따라 5개의 실험구로 구분하여 제조하였다.

즉, 대조구는 일반 고추장과 같이 식염 농도를 10%(w/w)로 하고 양고추냉이 분말을 첨가하지 않았다. 처리구는 고추장의 식염농도를 4, 6, 8, 10%(w/w)로 하였으며, 이들 고추장에 양고추냉이(allyl isothiocyanate 331 ppm 함유)(17) 분말을 효모의 증식을 억제하는 것으로 보고(20)된 1.2%씩 첨가하였다. 이들 실험구들은 각각 150 g씩 포장용기(150×200 mm, nylon/15 μm + polyethylene/15 μm + linear low density polyethylene/60 μm, (주)성일화학, 청주, Korea)에 충전하고 탈기·밀봉하여 25°C 항온기에서 120일간 발효시키면서 30일 간격으로 채취하여 미생물과 효소의 활성을 분석하였다.

미생물 수 측정

고추장 5 g을 0.1% peptone액으로 희석한 후 세균은 30°C 항온기에서 24시간 동안 배양하여 형성된 집락수를 계수하였다.

Table 1. The mixing ratio of raw ingredients for the preparation of kochujang

Raw materials	Treatments (%), w/w)	
	Control	Horseradish
Glutinous rice	22.2	22.2
Red pepper powder	23.1	23.1
Meju powder	6.2	6.2
Malt digested syrup	38.5	37.3-43.3
Salt	10.0	4, 6, 8, 10
Horseradish powder	0	1.2
Total	100	100

효모는 Yeast & Mold Count Plates(petrifilm™, 3M, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 25°C에서 4-5일간 배양 후 형성된 집락을 계수하였다.

가스 발생량 및 이산화탄소와 산소의 비율

고추장의 팽창 정도에 따라 발효 8, 10, 12, 13, 120일에 고추장 포장재에 미리 도포된 실리콘을 통하여 의약용 주사기(50 mL)로 생성되는 가스를 뽑아내었고 매회 그 용량을 누적하여 가스 발생 총량으로 하였다. 채취된 가스는 채취 직후에 산소-이산화탄소 분석기(Abiss VAK-12, France)를 사용하여 가스 중 산소와 이산화탄소 비율을 측정하였다.

Amylase 및 protease 활성 측정

조효소액은 Pack과 Oh의 방법(26)으로 고추장 10 g에 증류수 100 mL를 넣고 실온에서 4시간 동안 진탕 추출한 후 4°C에서 17,000 g로 10분간 원심분리(Model J2-21 Centrifuge, Beckman Ltd., USA)하여 얻은 상정액을 조효소액으로 하였다. α-Amylase 활성은 1% 전분용액을 조효소액(고추장 물추출액)으로 30°C에서 30분간 반응시킨 후 3.33×10^{-4} N 요오드액에 의한 반응 전후의 흡광도 차이로 측정하였으며, β-amylase 활성은 조효소액 1 mL를 0.5% 전분용액과 30°C에서 30분간 반응시킨 후 생성되는 maltose의 mg수로 나타내었다. Protease 활성은 산성(pH 3.0)과 중성(pH 6.0)으로 나누어 각각의 조건에서 조효소액을 1% casein(pH 3.0, pH 6.0)에 30분간 반응시킨 후 생성되는 tyrosine의 μg 수로 나타내었다.

결과 및 고찰

세균수 및 효모수 변화

양고추냉이 분말을 첨가한 고추장의 식염 농도에 따른 일반 세균수의 변화는 Fig. 1과 같다. 세균수는 발효 초기에 약간 증가하는 경향을 나타내었으나 발효 30일 이후 120일까지 7.32-8.76 log CFU/g 수준을 유지하였으며, 처리구 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않아 양고추냉이의 첨가가 고추장의 일반세균의 증식에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 양고추냉이나 겨자 첨가가 고추장의 균수에 별다른 영향을 미치지 못했다는 결과(17)와 전국 각 지역에서 수집된 전통고추장의 세

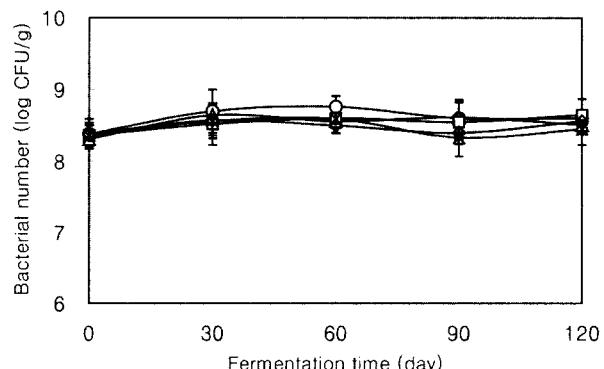


Fig. 1. Changes in bacterial number of kochujang added with horseradish during fermentation at 25°C.

○: control (Salt 10%), △: salt 4% + horseradish powder 1.2%, □: salt 6% + horseradish powder 1.2%, ◇: salt 8% + horseradish powder 1.2%, ✖: salt 10% + horseradish powder 1.2%. Error bars represent standard deviation (n = 3).

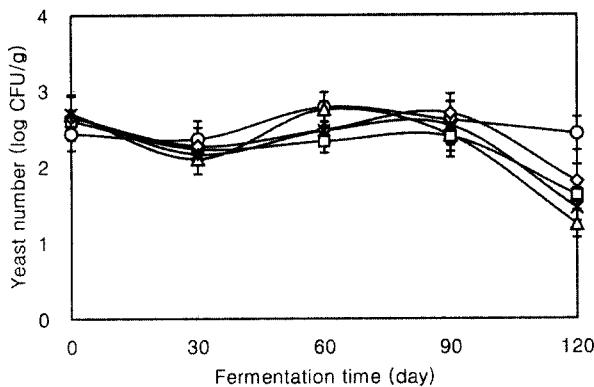


Fig. 2. Changes in yeast number of *kochujang* added with horseradish during fermentation at 25°C.

See Fig. 1 for symbols. Error bars represent standard deviation ($n=3$).

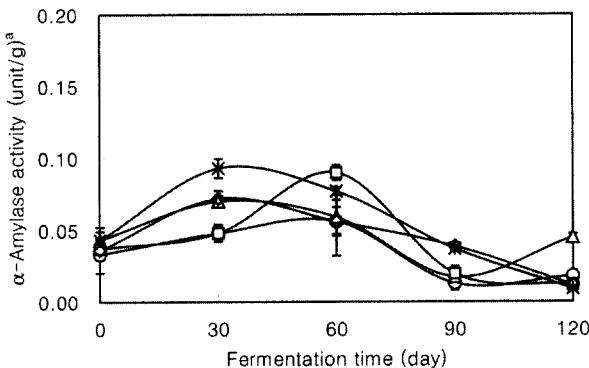


Fig. 3. Changes in α -amylase activity of *kochujang* added with horseradish during fermentation at 25°C.

See Fig. 1 for symbols. Error bars represent standard deviation ($n=3$). ^aBasis on dry weight.

균수는 2.24×10^7 CFU/g이었다는 결과는 본 실험과 비슷한 경향을 나타냈으나(7,27,28), 담금원료에 따른 전통식 고추장(29)의 경우 본 실험의 경향과는 달리 숙성 후반기에 균수가 감소하는 경향을 나타내었다.

고추장 발효·숙성 중 효모수의 변화는 Fig. 2와 같다. 효모수는 초기 2.43-2.69 log CFU/g에서 발효 90일까지 큰 변화를 보이지 않았으나 발효 120일에 대조구(2.43 log CFU/g)를 제외한 다른 처리구는 1.24-1.80 log CFU/g로 감소하였으며, 식염 함량에 따른 유의적 차이는 관찰되지 않았다. 이와 같은 결과는 고추장에 방사선을 조사하였을 때 담금 초기부터 발효기간 동안 효모가 전혀 검출되지 않았다는 결과(30)와 양고추냉이와 겨자를 첨가한 고추장에서 발효 60일 또는 90일 이후에 효모가 검출되지 않았다는 결과(17)와는 다른 경향을 나타내었다. 그러나 알코올을 첨가한 저염고추장에서 발효 60-80일경에 효모수가 급격히 증가하였다는 Lee 등(22)의 결과와는 달리 본 실험에서는 효모수가 증가하지 않거나 감소하는 것으로 나타나 양고추냉이의 첨가에 의해 효모의 증식이 지연 또는 억제되는 것으로 추정된다.

Amylase 활성의 변화

고추장 전분질원의 액화에 관여하는 α -amylase의 활성 변화는 Fig. 3과 같다. α -Amylase 활성은 모든 처리구에서 발효·

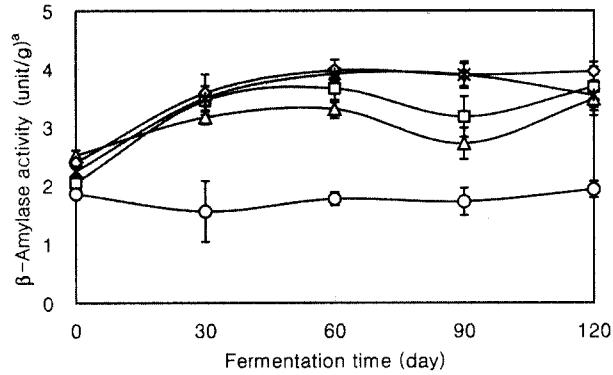


Fig. 4. Changes in β -amylase activity of *kochujang* added with horseradish during fermentation at 25°C.

See Fig. 1 for symbols. Error bars represent standard deviation ($n=3$). ^aBasis on dry weight.

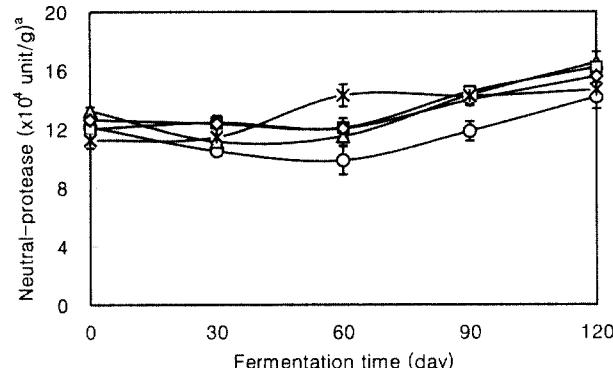


Fig. 5. Changes in neutral-protease activity of *kochujang* added with horseradish during fermentation at 25°C.

See Fig. 1 for symbols. Error bars represent standard deviation ($n=3$). ^aBasis on dry weight.

숙성 30일까지 증가하다가 이후 감소하는 경향을 나타내었으며, 양고추냉이 분말을 첨가한 처리구에서의 α -amylase 활성이 대조구보다 전반적으로 높게 나타났다. Kim 등(31)은 고추장내의 효소가 발효 40-50일경에 최대 활성을 나타내다가 이후에는 감소하였고, Oh와 Park(32)은 숙성된 메주 사용시 발효 30일째에 최대 활성을 보이다가 45일 이후 급격히 감소하였으며, Shin 등(28)은 숙성 20일까지 증가하다가 이후에 급격히 감소하였다고 보고하여 본 실험의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

양고추냉이 분말을 첨가한 고추장의 β -amylase 활성(Fig. 4)은 발효 60일까지 증가하다가 그 이후에는 활성을 유지하는 것으로 나타났다. 대조구의 경우 발효·숙성기간 동안 1.56-1.93 unit/g으로서 다른 처리구보다 낮은 값을 나타내었다. Shin 등(17)은 발효기간 동안 전반적으로 양고추냉이와 겨자를 첨가한 처리구의 활성이 높았고 그 값은 1.276-1.918 unit/g이라고 보고하여 본 연구의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 한편, 양고추냉이 분말 처리구의 경우 유의적 차이는 나타나지 않았으나 식염의 함량이 높을수록 β -amylase 활성이 높게 나타났다.

Protease 활성의 변화

증성 protease의 활성(Fig. 5)은 발효가 진행되면서 서서히 증가되는 경향으로 발효 120일째 가장 높은 활성을 나타내었으며, 발효 60일째 양고추냉이 분말과 식염 10%를 첨가한 처리

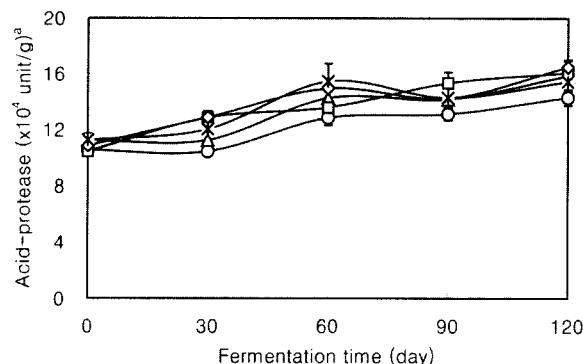


Fig. 6. Changes in acid-protease activity of kochujang added with horseradish during fermentation at 25°C.
See Fig. 1 for symbols. Error bars represent standard deviation ($n=3$). ^aBasis on dry weight.

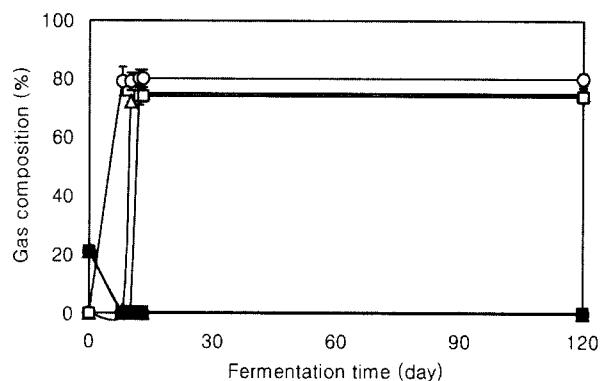


Fig. 8. Gas composition of kochujang pack added with horseradish during fermentation at 25°C.
○: CO_2 (salt 10%), △: CO_2 (salt 4% + horseradish powder 1.2%), □: CO_2 (salt 6% + horseradish powder 1.2%), ●: O_2 (salt 10%), ▲: O_2 (salt 4% + horseradish powder 1.2%), ■: O_2 (salt 6% + horseradish powder 1.2%). Error bars represent standard deviation ($n=3$).

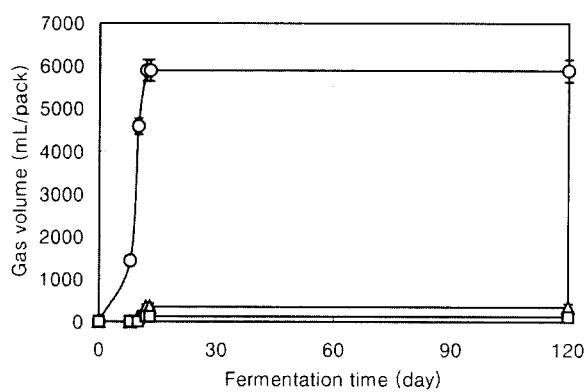


Fig. 7. Total accumulative volume of produced gas in kochujang added with horseradish during fermentation at 25°C.
See Fig. 1 for symbols. Error bars represent standard deviation ($n=3$).

구가 높은 활성을 나타낸 것을 제외하고는 처리구들 간에 유의적 차이가 없었다. 그러나 발효기간 중 전반적으로 양고추냉이 분말 처리구의 중성 protease 활성이 대조구보다 높은 것으로 나타났다. 이 결과는 발효 중 일정시점까지 중성 protease의 활성이 증가하다가 다시 감소되었다는 Oh 등(32) 및 Kim 등(33)의 결과와는 다른 경향을 나타내었으나 Shin 등(17)의 결과와는 비슷하였다.

산성 protease의 활성(Fig. 6)의 경우 발효 기간에 따른 증가 경향은 중성 protease와 유사하였으며 처리구들 간에 뚜렷한 차이는 관찰되지 않았으며, 양고추냉이 및 겨자를 첨가한 고추장(17)과 식혜고추장(28)에서도 본 연구의 결과와 비슷한 경향이 관찰되었다.

중성 및 산성 protease 활성은 양고추냉이 분말을 첨가한 경우 전반적으로 대조구보다 높은 것으로 나타났으며, 식염의 첨가농도에 따른 유의적 차이는 없는 것으로 관찰되었다.

가스 발생량 및 조성

고추장의 발효기간 중 효모에 의해 생성된 가스의 누적량은 Fig. 7과 같다. 양고추냉이 분말과 식염 4% 처리구의 경우 발효 8일까지 가스가 발생되지 않다가 12일 이후 347 mL/pack의 가스가 발생하였고, 양고추냉이 분말과 식염 6% 처리구는 발효 10일까지 가스가 발생되지 않다가 12일 이후 121 mL/pack

의 가스가 발생하였다. 그러나 대조구의 경우 발효 12일까지 급격히 증가(5,892 mL/pack)한 이후 발효기간 동안 그 발생량이 유지되었다. 이때 발생한 가스의 조성(Fig. 8)은 74-80%가 이산화탄소였으며, 산소의 조성은 0.5% 미만이었다.

식염의 농도가 낮은 고추장에 양고추냉이 분말을 첨가했을 때 amylase 및 protease의 활성에 영향을 주지 않거나(α -amylase) 약간 증가시켰으며, 효모의 수에는 영향을 주지 않으면서 (Fig. 2) 효모에 의한 가스발생은 감소시키는 것으로 추정되었다. 또한 Oh 등은 전보(34)에서 양고추냉이 분말을 첨가했을 때 식염 첨가농도 6% 이상에서 맛과 기호도에서 대조구보다 우수하였다고 보고하였다. 따라서 고추장에 첨가되는 식염 첨가량을 현재의 10% 수준에서 6-8% 정도로 낮추는 대신 양고추냉이 분말을 첨가(1.2%)함으로써 소비자들의 식염 섭취량을 감소시키면서 유통 중 가스발생에 의한 고추장의 품질저하를 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

요약

전통고추장의 유통 중 문제가 되는 가스팽창을 억제하면서 식염 첨가량을 낮추기 위하여 양고추냉이 분말 1.2%(w/w)를 첨가한 저염 고추장(식염 4-10%)을 25°C에서 120일 동안 발효·숙성시키면서 미생물과 효소 활성의 변화 및 가스발생량에 대하여 시험하였다. 일반 세균수는 발효 기간 중 7.32-8.76 CFU/g의 수준을 유지하였으며, 처리구간에 차이는 없었고, 효모수는 발효 90일까지 차이가 없었다. 양고추냉이 분말을 첨가한 고추장의 α - 및 β -amylase, 중성 및 산성 protease 활성을 발효·숙성기간 중 전반적으로 대조구보다 높게 나타났으며, β -amylase 활성은 식염의 농도가 높을수록 높게 나타났다. 양고추냉이 분말을 첨가하지 않은 대조구는 발효 초기부터 급격히 가스를 발생(5,892 mL/pack)시켰으며, 식염 4% 및 6% 첨가한 양고추냉이 처리구는 각각 발효 8일 및 10일까지 가스가 발생되지 않다가 그 이후 약간의 가스(121-347 mL/pack)를 발생시켰다. 이때 가스의 주성분으로서 이산화탄소가 74-80%를 차지하였으며, 산소의 조성비는 0.5% 미만이었다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부 지정, 전라북도 지원 지역협력연구센터인 전북대학교 바이오식품소재개발 및 산업화연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었으며, 또한 전북 순창군의 연구비 지원에도 감사드립니다.

문 헌

1. Dahl LK. Salt and hypertension. Am. J. Clin. Nutr. 25: 231-244 (1972)
2. Arlene WC, Rena RW, Mary PN, Milas NC, Seung L, Herbert L. The measurement of sodium and potassium in take. Am. J. Clin. Nutr. 42: 391-398 (1985)
3. Korean Recommended Dietary Allowance. 6th ed. Korean Society of Nutrition, Seoul, Korea. p. 14 (1994)
4. MOHW. '95 National Nutrition Survey Report. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea. pp. 46-47 (1997)
5. Nam HW, Lee GY. A study on the sodium and potassium intake and their metabolism of the pregnant women in the Korea. Korean J. Nutr. 18: 194-200 (1985)
6. Seo HJ, Jeong SH. Inhibitory effect of *kochujang* on angiotensin converting enzyme. Bull. Korean Diet. Cult. pp. 143-157 (1997)
7. Shin DH, Kim DH, Choi U, Lim DK, Lim MS. Studies on the physicochemical characteristics of traditional *kochujang*. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 157-161 (1996)
8. Kim YS. Studies on the physicochemical characteristics and volatile compounds of traditional *kochujang* during fermentation. PhD thesis, University of Sejong, Seoul, Korea (1993)
9. Cho HO, Pack SA, Kim JG. Effect of traditional and improved *kochujang koji* on the quality improvement of traditional *kochujang*. Korean J. Food Sci. Technol. 13: 319-327 (1981)
10. Jung SW, Kim YH, Koo MS, Shin DH, Chung KS, Kim YS. Change in physicochemical properties of industry-type *kochujang* during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 403-410 (1994)
11. Lee KY, Kim HS, Lee HG, Han O, Chang UJ. Studies on the prediction of the shelf-life of *kochujang* through the physicochemical and sensory analyses during storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 588-594 (1997)
12. Kim JO, Lee KH. Effect of temperature on color and color-preference of industry-produced *kochujang* during storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 23: 641-646 (1994)
13. Shin DB, Park WM, Yi OS, Koo MS, Chung KS. Effect of storage temperature on the physicochemical characteristics in *kochujang* (red pepper soybean paste). Korean J. Food Sci. Technol. 26: 300-304 (1994)
14. Lee JS, Choi YJ, Kwon SJ, Yoo JY, Chung DH. Screening and characterization of osmotolerant and gas-producing yeasts from traditional *doenjang* and *kochujang*. Food Sci. Biotechnol. 5: 54-58 (1996)
15. Kim GT, Hwang YI, Lim SI, Lee DS. Carbon dioxide production and quality changes in Korean fermented soybean paste and hot pepper-soybean paste. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29: 807-813 (2000)
16. Kim MS, Ahn YS, Shin DH. Analysis of browning factors during fermentation of *kochujang*. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 1149-1157 (2000)
17. Shin DH, Ahn EY, Kim YS, Oh JY. Fermentation characteristics of *kochujang* containing horseradish or mustard. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 1350-1357 (2000)
18. Jeong DY, Song MR, Shin DH. Prevention of swelling and quality improvement of Sunchang traditional *kochujang* by natural additives. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 605-610 (2001)
19. Shofran BG, Purrington ST, Breidt F, Fleming HP. Antimicrobial properties of sinigrin and its hydrolysis products. J. Food Sci. 63: 621-624 (1998)
20. Ahn ES, Kim JH, Shin DH. Antimicrobial effects of allyl isothiocyanates on several microorganisms. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 206-211 (1999)
21. Seo KL, Kim DY, Yang SL. Studies on the antimicrobial effect of wasabi extracts. Korean J. Nutr. 28: 1073-1077 (1995)
22. Lee KS, Kim DH. Trial manufacture of low-salted *kochujang* (red pepper soybean paste) by the addition of alcohol. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 146-154 (1985)
23. Lee KS, Kim DH, Moon CO. Effect of ethanol and lactic acid on the preparation of low salted *kochujang*. Theses Collection of Wonkwang Univ., Iksan, Korea. 20: 143-164 (1986)
24. Lee KS, Kim DH. Effect *Bacillus subtilis* on the quality of the low salted *kochujang*. Thesis Collection of Wonkwang Univ., Iksan, Korea. 23: 431-447 (1989)
25. Choi KS, Chung YG, Choi C, Chung HC, Im MH, Choi JD, Lee CW. Lactic acid and alcoholic fermentation of low-salted raw *kochujang* digestion liquor made from *Bacillus subtilis* var. *globigii* and *Scopulariopsis brevicaulis* inoculated meju. Agric. Chem. Biotechnol. 41: 405-409 (1998)
26. Pack JM, Oh HI. Changes in microflora and enzyme activities of traditional *kochujang meju* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 56-62 (1995)
27. Lee KH, Lee MS, Park SO. Studies on the microflora and enzymes influencing on Korea native *kochujang* (red pepper soybean paste) aging. J. Korean Agric. Chem. Soc. 19: 82-92 (1976)
28. Shin DH, Ahn EY, Kim YS, Oh JY. Changes in the microflora and enzyme activities of *kochujang* prepared with different *koji* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 94-99 (2001)
29. Shin DH, Kim DH, Choi U, Lim MS, Ahn EY. Changes in microflora and enzymes activity of traditional *kochujang* prepared with various raw materials. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 901-906 (1997)
30. Kim MS, Kim IW, Oh JA, Shin DH. Effect of different *koji* and irradiation on the quality of traditional *kochujang*. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 196-205 (1999)
31. Kim KH, Bae JS, Lee TS. Studies on the quality of *kochujang* prepared with grain and flour of glutinous rice. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 29: 227-236 (1986)
32. Oh HI, Park JM. Changes in microflora and enzyme activities of traditional *kochujang* prepared with a *meju* of different fermentation period during aging. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 1158-1165 (1997)
33. Kim YS, Kwon DJ, Koo MS, Oh HI, Kang TS. Changes in microflora and enzyme activities of traditional *kochujang* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 25: 502-509 (1993)
34. Oh JY, Kim YS, Shin DH. Changes in physicochemical characteristics of low-salted *kochujang* with natural preservatives during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 835-841 (2002)