

Research Note

강황 발효를 위한 최적 배양 조건 탐색과 김치 유래 발효균주 선발

윤소정 · 한겨래 · 이기연 · 나동하 · 이형재*

단국대학교 식품공학과

Determination of Optimum Culture Conditions and Screening of Bacterial Isolates from Kimchi for Fermentation of Turmeric (*Curcuma longa* L.)

So Jung Youn, Gyeore Han, Gi Yeon Lee, Dong Ha Na, and Hyungjae Lee*

Department of Food Engineering, Dankook University

Abstract

The purpose of this study is to optimize the composition of the medium for turmeric fermentation and to select competent turmeric fermentation strains using bacterial isolates from kimchi. Initially, 30 isolates from kimchi were cultured in 5% (w/v) yeast extract and 1% (w/v) maltodextrin to determine viability. As a result, eight strains showed a tendency to maintain viability until the fifth day of fermentation. Subsequently, the eight isolates were fermented in an optimum medium for turmeric fermentation, 5% (w/v) yeast extract, 1% (w/v) maltodextrin, and 5% (w/v) turmeric for seven days to determine the viable cell count and antioxidant capacity. The antioxidant capacities of turmeric fermented by the eight isolates were similar or higher than turmeric fermented by *Lactococcus lactis* KCTC 2013, while maintaining high viable cell counts of both the eight isolates and *L. lactis* KCTC 2013 until the seventh day of fermentation. The antioxidant capacities of the selected five strains during fermentation might increase possibly due to the biological conversion of active compounds in turmeric by fermentation. Consequently, a total of five strains of the isolates showing higher antioxidant capacity (4.81 ± 0.19 - 5.81 ± 0.04 VCE/mL) than fermentation day 0 were selected for fermentation of turmeric.

Key words: fermentation, turmeric, bacterial isolates from kimchi, viability, antioxidant capacity

서 론

전 세계적으로 건강에 대한 소비자 인식이 높아지기 시작하면서 식품을 건강하게 섭취하기 위한 사람들의 관심이 증대되고 있다. 또한 천연의 물질에 대한 수요가 높아지고 있고, 같은 식품이라 하더라도 체내흡수율이나 생리활성물질의 함량이 높거나 기능성이 증대된 식품으로 섭취하려는 요구가 높아지고 있다. 강황(*Curcuma longa* Linn.)은 구조상으로 볼 때 크게 덩이뿌리를 뜻하는 울금과 뿌리와 줄기를 일컫는 강황을 포함하고 있으며, 색상으로는 울금은 옐렌지색, 강황은 진한 노란색을 띠는다고 알려져 있지만, 식품에서는 각각의 부위를 구분하며 사용하지 않아 혼용되어 왔다(Ahn, 2000; Kim et al., 2005). 식품학적으로 강황은 탄수화물의 함량이 전체 비중의 70%를 차지하며, 나머지

는 주로 curcuminoid 계열의 생리활성 물질로 이루어져 있고, 이 중 대표 물질인 curcumin이 풍부하여 기능성 물질로 많이 활용되고 있는 향신료이다(Anandakumar et al., 2014; Ra & Kim, 2016). 최근 강황 연구는 강황 추출물을 이용하여 항산화능(Oh et al., 2010; Singh et al 2010; Jung et al., 2012), 항균활성(Kim et al., 2011), 비알코올성 지방간 개선(Lee et al., 2020), 항염증(Oh et al., 2010; Oh et al., 2011; Jung, 2018) 등 강황 자체의 기능성을 확인하는 연구가 많았다. 강황의 물리적, 화학적 가공방법(Sung et al., 2018)과 발효(Yang et al., 2011; Gereltuya et al., 2015; Kang et al., 2015; Ra & Kim 2016) 등의 연구도 활발히 진행되고 있다. 강황은 열대 및 아열대 지역에서 주로 재배되며, 그 자체로 높은 기능성을 가진 것으로 알려져 있으나 강황 특유의 강한 향을 내는 화합물인 turmerone과 zungerene 등으로 인해 쓴맛과 이취를 생성하여 소비자 기호도를 떨어뜨린다(Choi et al., 2013; Kim, 2006). 발효는 유기화합물이 화학적으로 분해되어 기능성을 증대시키고, 식물체 내에 효소에 의해 체내 흡수율을 높일 수 있으며, 여러 생리활성 물질의 분해와 생성을 통해 기능성을 향상시킬 수 있고(Ra & Kim, 2016), 이취 성분을

*Corresponding author: Hyungjae Lee, Department of Food Engineering, Dankook University, 119 Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan, Chungnam 31116, Korea
Tel: +82-41-550-3561, Fax: +82-41-559-7868
E-mail: lee252@dankook.ac.kr
Received November 17, 2020; revised November 19, 2020; accepted November 19, 2020

masking하여 기호도를 높일 수 있다는 장점이 있다. 발효 생강의 품질특성 연구(Chun & Chung, 2011)에서 젖산균으로 생강을 발효하였을 때, 생강의 이취성분이 감소하는 경향을 보였으며, 발효 오미자 연구(Lee et al., 2016)에서는 오미자의 강한 신맛과 쓴맛을 개선하기 위해 젖산균을 이용하여 발효액을 제조하였고, 발효 대사산물로 생산된 유기산 등이 맛과 풍미를 증진시켰다고 연구된 바 있다. 강황을 발효하여 기능성을 확인한 연구(Kim et al., 2008; Yang et al., 2011; Kang et al., 2015)는 비교적 많으나 아직까지 김치 유래 미생물을 이용한 발효 연구는 거의 진행되지 않았다. 강황을 발효 시 강황의 항균성분에 의해 강황 자체로는 발효가 쉽게 진행되지 않아 발효 조건을 최적화하는 단계가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 김치에서 분리된 균주를 이용하여 강황을 발효하기 위한 배지 조성 및 최적 조건을 탐색하고, 생존력이 높고 항산화능을 향상시킬 수 있는 강황 발효 최적 균주를 선발하고자 한다.

재료 및 방법

균주 분리

전라남도(곡성, 여수)에서 2019년에 생산된 갓김치, 배추김치, 총각김치, 열무김치, 파김치를 구입하였다. 시료 1g에 멸균 3차증류수 225g을 가하여 혼합한 후 균질기(BagMixer 400CC, Interscience, France)를 이용하여 균질화하였다. 이후 혼합액을 멸균 3차증류수로 단계희석하여 0.2% (w/v) CaCO₃ (Daejung Chemicals & Metals Co., Siheung, Korea)가 포함된 MRS (BD, Sparks, MD, USA) 한천배지에 도말하였다. 도말한 배지는 30°C에서 24-48시간 동안 BD Gaspak™ EZ Anaerobe Container System (BD)을 사용하여 혐기적 조건 하에 배양한 후, 투명한 환(clear zone)을 형성하는 균주들을 1차 선별하였고, 형태학적 차이가 나는 여러 집락을 2차 선별하였다. 분리 균주들은 MRS 한천배지를 사용하여 30°C에서 혐기적 조건하에 배양하였다(Choi & Kim, 2017).

시료의 전처리

2017년 10-12월 사이에 수확한 강황을 사용하여 세척, 절단한 후 슬라이스 형태로 건조된 것을 (주)비봉허브(Yangju, Korea)에서 제공받아 사용하였다. 믹서(HMF-1600PB, Hanil Electronic., Seoul, Korea)로 90초간 분말화한 뒤 300 µm 체(Chung Gye Sieve Co., Seoul, Korea)에 통과시킨 분말을 상온에서 밀봉 보관하며 시료로 사용하였다(Ko & Jeong, 2017).

YM 배지 조성 및 최적 YM배지 제조

강황 발효를 위한 균주의 배양을 위해 질소원으로 yeast extract (BD; Y)를 0.5, 1, 2.5, 5% (w/v), 탄소원으로

maltodextrin (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA; M)은 1, 2.5, 5, 7.5, 10% (w/v)로 최종 농도가 되도록 배합(YM 배지)하고 1 mL씩 24 well cell culture plate (SPL, Pocheon, Korea)에 분주하였다. MRS Broth에 30°C에서 12시간 배양한 김치분리균주 배양액 1% (v/v)를 배지에 접종하고, 30°C에서 450 rpm으로 7일간 진탕배양하였다. 배양 중 0일, 2일, 5일, 7일차에 sample을 회수하여 MRS 한천배지에 도말하였고, 30°C에서 24시간 배양 후 생균수를 확인하였다.

김치분리균주의 생장성

YM 배지에 강황(turmeric powder, T)을 첨가한 배지(YMT 배지)를 김치분리균주로 발효하기 전, YM배지에서 균주의 생존율을 확인하였다. 이를 위해 24 well cell culture plate (SPL)에 분주된 최적 YM 배지 1 mL에 MRS broth (BD)에 배양된 김치분리균주 배양액 1% (v/v)를 접종하여 30°C에서 450 rpm으로 5일간 진탕배양하며, 0일, 2일, 5일차에 생균수를 확인하였다. 일별로 수집한 배양액은 연속 희석하여 MRS 고체배지에 도말하였으며, 30°C에서 24시간 배양하고 형성된 집락을 계수하였다.

분리균주의 강황발효배지 생균수 측정

강황 발효를 위한 균주의 배양을 위해 최적화 된 발효용 YMT 배지를 250 mL 삼각플라스크에 넣고 121°C, 15분간 멸균 후 사용하였다. *Lactococcus lactis* KCTC 2013 균주를 발효 대조군으로 사용하였고, YM 배지에서 높은 생존율을 보인 분리균주 8종을 MRS Broth에 접종한 뒤 30°C에서 12시간 배양한 배양액을 최적화된 YMT 배지에 1% (w/v) 접종하여 30°C에서 450 rpm으로 7일간 진탕배양하였다. 발효 0일, 2일, 5일, 7일차에 발효액을 회수하였고, 일별로 수집한 배양액은 단계희석하여 MRS 한천배지에 도말 후 30°C에서 24시간 배양하고 형성된 집락을 계수하여 CFU/mL로 환산하였다.

강황 발효 추출물 제조

추출 방법은 Jung 등의 방법(Jung et al., 2012)을 실험에 맞게 변형하여 사용하였다. 강황 발효액은 발효 0일, 2일, 5일, 7일차마다 1 mL씩 회수하고, 95% ethanol을 5.3 mL씩 가하여 발효액 추출 용매 농도가 80% ethanol (v/v)이 되도록 하였으며, sonicator (8510R-DTH, Branson, Danbury, CT, USA)로 상온에서 2시간동안 추출하였다. 추출물을 4°C에서 3,134 g로 10분간 원심분리(LABOGENE 1580R, Seoul, Korea)하였다. 이후 centrifugal evaporator (CVE-3000, EYELA, Tokyo, Japan)를 사용하여 상등액을 40°C에서 감압 농축 후, 동결건조(Alpha 1-4, CHRIST, Osterode am Harz, Germany)한 후, -20°C에서 냉동 보관하며 시료로 사용하였다.

강황 발효 추출물의 항산화능(ABTS radical scavenging activity)

ABTS radical scavenging activity의 경우 1.0 mM AAPH (2,2'-azobis-(2-amidinopropane)HCl) (Sigma-Aldrich)와 2.5 mM ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) (Sigma-Aldrich)를 PBS와 혼합하여 70°C에서 반응시킨 후 syringe filter (PTFE, 0.2 µm, Tokyo Roshi Kaisha Ltd., Tokyo, Japan)로 여과한 후 ABTS·-시약과 시료를 10분 동안 반응시켰다. 반응온도는 37°C이었으며, 흡광도는 96 well microplate reader (iMark, Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA)를 이용하여 750 nm에서 3회 반복 측정하였다. 실험방법은 Re 등의 방법(Re et al., 1999)을 변형하여 실험하였다.

결론 및 고찰

강황발효 배지 최적화

Maltodextrin은 젓산균의 생장에 이용되는 maltose을 생산하며, Shin의 연구(2002)에서는 김치에서부터 분리한 *Lactobacillus brevis*의 maltose별 성장곡선을 확인하였을 때, maltose를 2% 첨가 시 젓산균의 생균수가 가장 높았다고 하였다. Maltodextrin은 젓산균의 생장에 영향을 미치는 주요 탄소원이며, 젓산균을 동결건조 시 저장안정성을 높이는 방법으로 가장 많이 쓰이는 성분이다(Semyonov et al., 2010). Yeast extract는 젓산균 배양 시 질소원으로 가장 일반적으로 많이 사용하며, *Lactobacillus* sp. 계열의 경우 젓산을 생산하는 가장 좋은 질소원으로 알려져 있다(Cho et al., 1995; Shin 2002; Reddy et al., 2009). 젓산균 발효를 위한 최적 배지를 제조하기 위해 탄소원인 maltodextrin과 질소원인 yeast extract의 비율을 조정하여 김치에서 분리된 균주 1종(YRK #2-3)을 접종 후, 7일간 배양하며 생균수를 확인하였다. Table 1의 결과를 볼 때, 모든 조건에서 발효일수가 증가할수록 더 높은 생균수를 보였고, 같은 maltodextrin 농도에서는 yeast extract의 양이 증가할수록 높은 생균수를 보였으며, maltodextrin의 농도와는 상관없이 yeast extract 최고 농도인 5% 농도에서 5일차 또는 7일차에서 가장 높은 생균수를 보였다. 그 중 1% (w/v) maltodextrin, 5% (w/v) yeast extract 농도에서 5일차 생균수가 0일차 보다 약 2 log 이상 증가하는 경향을 보였다. 따라서 김치 분리균주의 생균수에 따른 YM배지의 최적 비율은 1:5, 농도는 1% (w/v) maltodextrin, 5% (w/v) yeast extract로 최적화 하였다.

YM최적배지 생장성

강황발효배지에 적용하기 전 최적 YM 배지에서 분리된 균주 30종에 대한 생균수를 확인하였다. 각각의 균주를 접종한 발효강황은 30°C에서 진탕배양했으며, 발효일수별로 발

Table 1. Viable cell count of YRK #2-3, an isolated from kimchi grown using different percentage of maltodextrin and yeast extract

Maltodextrin (%)	Yeast extract (%)	Fermentation periods (day, CFU/mL)			
		0	2	5	7
1	0.5	3.3×10 ⁵	6.5×10 ⁴	-	2.7×10 ⁵
	1	3.2×10 ⁵	1.1×10 ⁵	2.7×10 ³	1.2×10 ⁵
	2.5	6.6×10 ⁵	1.2×10 ⁵	1.2×10 ⁵	2.2×10 ⁵
	5	3.5×10 ⁵	2.5×10 ⁷	1.4×10 ⁸	2.2×10 ⁶
2.5	0.5	3.2×10 ⁵	1.6×10 ⁵	6.7×10 ⁴	2.8×10 ⁵
	1	3.7×10 ⁵	2.0×10 ⁵	-	1.6×10 ⁵
	2.5	2.9×10 ⁵	2.5×10 ⁵	7.6×10 ⁴	2.0×10 ⁵
	5	2.3×10 ⁵	3.1×10 ⁶	2.1×10 ⁷	1.2×10 ⁶
5	0.5	1.5×10 ⁵	1.4×10 ⁵	-	-
	1	2.0×10 ⁵	1.8×10 ⁵	2.6×10 ⁵	-
	2.5	2.6×10 ⁵	1.7×10 ⁶	8.5×10 ⁴	2.1×10 ⁶
	5	1.7×10 ⁵	1.5×10 ⁶	1.8×10 ⁶	2.3×10 ⁶
7.5	0.5	2.1×10 ⁵	8.0×10 ⁴	1.5×10 ⁴	-
	1	2.2×10 ⁵	2.8×10 ⁵	2.5×10 ⁵	1.9×10 ⁵
	2.5	2.7×10 ⁵	2.4×10 ⁵	3.6×10 ⁴	1.4×10 ⁵
	5	2.1×10 ⁵	2.9×10 ⁵	2.7×10 ⁶	3.0×10 ⁵
10	0.5	2.4×10 ⁵	7.3×10 ⁴	2.1×10 ⁵	2.7×10 ⁴
	1	2.4×10 ⁵	2.7×10 ⁵	3.2×10 ³	4.3×10 ⁴
	2.5	2.9×10 ⁵	2.9×10 ⁵	1.3×10 ⁵	2.0×10 ⁵
	5	2.1×10 ⁵	2.7×10 ⁶	3.1×10 ⁶	2.7×10 ⁶

효액을 회수하여 MRS 한천배지에서 생균수를 측정하였다 (Table 2). 그 결과, GOT SY #1 1-2, GOT SY #5 1-2, CGK KT #3 2-1, CGK KT #5 1-9, YRK KT #3 1-2, YRK KT #3 1-3, CCK KT #3 1-2, CCK KT #5 1-2 등 분리균주 8종은 발효 5일차에서 4.0×10⁶-2.1×10⁸ CFU/mL의 높은 생균수를 보였고, 나머지 22개의 발효균은 5일차에 그 이하의 생존율을 보이거나 사멸하였다. 발효 대조구로 사용한 *L. lactis* KCTC 2013 균주도 5일차에는 생균수가 낮게 나타났다. 따라서 YM 배지에서 높은 생균수를 보인 분리균주 8종을 선발하여 YMT 배지에 적용하였다.

발효일수 별 김치분리균주의 생균수

발효 대조구인 *L. lactis* KCTC 2013과 선발된 김치에서 분리된 균주 8종을 YMT 배지에서 7일간 배양하며 발효일수 별 발효강황의 생균수를 확인하였다(Table 3). 발효 0일차에는 생균수가 1.0×10⁶-2.3×10⁷ CFU/mL으로 강황 균주 간에 큰 차이를 보이지 않았고, 발효 2일차에 균수가 감소하였던 분리균주 GOT SY #1 1-2, CGK KT #3 2-1, CGK KT #5 1-9, YRK KT #3 1-2, YRK KT #3 1-3, CCK KT #3 1-2 균주들은 발효 5일차에 균수가 0.15-1.92 log CFU/mL 만큼 다시 증가한 것을 확인할 수 있었다. 발효 7일차에는 생균수가 8.2×10⁴-3.0×10⁶ CFU/mL으로, GOT SY #5 1-2 균주를 제외한 7종의 발효균에서 상대적

Table 2. Viable cell count of 30 isolates from kimchi grown in YM medium

Isolates from kimchi	Fermentation periods (day, CFU/mL)		
	0	2	5
Turmeric (not inoculated)	-	-	-
<i>Lactococcus lactis</i> KCTC 2013	1.6×10^9	1.4×10^9	-
GOT KT #5 1-6	5.1×10^7	-	-
GOT KT #5 1-8	1.4×10^8	6.4×10^7	-
GOT SY #1 1-2	3.3×10^7	2.7×10^8	1.4×10^8
GOT SY #3 2-8	7.5×10^7	-	-
GOT SY #3 2-10	6.4×10^7	-	-
GOT SY #5 1-2	1.6×10^7	1.1×10^8	2.8×10^7
GOT SY #5 1-10	5.3×10^7	-	-
GOT SY #5 2-1	1.7×10^7	1.3×10^8	-
CGK KT #3 1-1	6.7×10^7	-	-
CGK KT #1 1-3	4.5×10^7	-	-
CGK KT #1 1-4	2.0×10^7	-	-
CGK KT #3 1-6	7.8×10^7	-	-
CGK KT #3 1-7	6.1×10^7	-	-
CGK KT #3 2-1	9.0×10^6	2.0×10^8	5.5×10^6
CGK KT #3 2-3	7.5×10^7	4.3×10^8	-
CGK KT #3 2-3	7.5×10^7	4.3×10^8	-
CGK KT #3 2-5	1.8×10^7	1.9×10^8	-
CGK KT #3 2-7	1.0×10^8	1.9×10^8	-
CGK KT #5 1-9	1.8×10^7	2.5×10^8	2.1×10^8
CGK SY #3 1-1	5.9×10^7	-	-
YRK KT #1 1-6	2.9×10^7	-	-
YRK KT #1 2-5	2.2×10^7	-	-
YRK KT #3 1-2	4.0×10^6	1.9×10^8	9.8×10^7
YRK KT #3 1-3	1.1×10^7	2.2×10^8	4.9×10^7
YRK KT #3 1-5	4.2×10^7	1.7×10^8	-
YRK SY #3 1-3	2.1×10^7	3.5×10^7	-
CCK KT #1 1-4	2.7×10^6	2.4×10^8	-
CCK KT #3 1-2	1.3×10^7	2.1×10^8	1.8×10^8
CCK KT #3 1-6	2.1×10^7	5.3×10^8	-
CCK KT #5 1-2	4.0×10^6	9.0×10^8	4.0×10^6

으로 높은 생균수를 유지하는 것을 확인할 수 있었다.

발효일수 별 강황 발효액 추출물의 항산화능

ABTS radical scavenging capacity를 확인한 결과, 접종하지 않은 YMT 배지는 발효기간동안 4.31 ± 0.10 - 4.83 ± 0.03 mg VCE/mL로 낮은 항산화능을 보였으며, 발효기간 7일 동안 항산화능이 점차 감소하는 경향을 보였다. 대조구인 *L. lactis* KCTC 2013를 접종한 발효강황의 경우 4.69 ± 0.11 - 5.41 ± 0.16 mg VCE/mL 범위의 항산화능을 보였다(Table 4). 김치에서 분리한 8균주로 발효된 강황의 항산화능은 4.81 ± 0.19 - 6.31 ± 0.32 VCE/mL이었다. 분리균주의 경우, CGK KT #3 2-1, CGK KT #5 1-9 균주로 발효한 강황은 발효 0일차에 항산화능이 가장 높았으나, 2일차에서 항산화능이

Table 3. Viable cell count of eight isolates from kimchi grown in YMT Medium

Isolates from kimchi	Fermentation periods (day, CFU/mL)			
	0	2	5	7
<i>Lactococcus lactis</i> KCTC 2013	1.0×10^6	2.8×10^6	6.8×10^5	5.5×10^5
GOT SY #1 1-2	2.3×10^7	1.0×10^7	2.0×10^7	3.0×10^6
GOT SY #5 1-2	1.5×10^7	2.6×10^6	1.4×10^6	8.2×10^4
CGK KT #3 2-1	3.2×10^6	1.6×10^5	2.5×10^6	1.0×10^6
CGK KT #5 1-9	1.3×10^7	1.7×10^5	1.4×10^7	1.8×10^6
YRK KT #3 1-2	1.2×10^7	3.6×10^5	2.1×10^6	1.0×10^6
YRK KT #3 1-3	8.8×10^6	1.4×10^6	2.0×10^6	1.6×10^6
CCK KT #3 1-2	3.0×10^6	2.1×10^5	1.7×10^6	9.7×10^5
CCK KT #5 1-2	2.9×10^6	2.2×10^7	2.5×10^6	1.0×10^6

낮아지다가 그 이후 7일차까지 유지하는 경향을 보여 발효에 의한 항산화능의 증가는 보이지 않았다. 따라서, 발효 0일차에 가장 높은 활성을 보였던 CGK KT #3 2-1, CGK KT #5 1-9를 접종한 발효균은 제외하였다. 반면에 CGK KT #3 2-1, CGK KT #5 1-9 제외한 6종의 분리균주 발효균(GOT SY #1 1-2, GOT SY #5 1-2, YRK KT #3 1-2, YRK KT #3 1-3, CCK KT #3 1-2, CCK KT #5 1-2)에서는 발효가 진행될수록 항산화능이 발효 0일차보다 높아졌다. 그 중, GOT SY #1 1-2, YRK KT #3 1-2, YRK KT #3 1-3, CCK KT #5 1-2를 접종한 발효강황균은 2일차에서 각각 5.79 ± 0.16 mg VCE/mL, 5.48 ± 0.06 , 5.55 ± 0.21 mg VCE/mL, 5.81 ± 0.04 mg VCE/mL로 가장 높은 항산화능을 보였고, CCK KT #3 1-2는 5일차에서 5.64 ± 0.21 mg VCE/mL로 가장 높은 항산화능을 보였다. 이를 통해 가장 높은 항산화능을 보인 발효일수는 균주마다 다른 것을 확인할 수 있었다. 최적 배양 일수는 젖산균주의 특성에 따라 차이가 날 수 있다는 연구(Kim et al., 2012; Lee & Hong, 2015)와 동일한 경향을 보였다. 배추김치에서 분리한 *Lactobacillus plantarum* 균주로 천궁을 발효하여 ABTS 라디칼 소거능과 DPPH 라디칼 소거능을 확인한 연구(Jeong et al., 2019)에서는 비발효균에서 보다 발효균에서 높은 소거능 활성을 보였으며, ABTS 라디칼 소거능보다 DPPH 라디칼 소거능이 더 높은 활성을 보였다. 본 연구에서는 Jeong 등(2019)과는 다르게 DPPH 라디칼 소거능 보다 ABTS 라디칼 소거능이 더 높은 활성을 보였는데(data not shown), 이는 발효 시 발효일수, 발효원료, 균종 등에 따라 생리활성물질 조성이 달라질 수 있기 때문으로 생각된다. 발효강황의 항산화능은 균주에 의해 강황이 발효되면서 강황 자체에는 없거나 미량이었던 유효성분이 발효에 의한 생물전환에 의해 증가했을 것으로 생각되며(Wu et al., 2016), 이를 통해 새로운 기능성을 확인할 수 있을 것으로 기대된다.

Table 4. ABTS radical scavenging activities of 80% ethanol extract of the turmeric fermented by eight isolates from kimchi

Isolates from kimchi	Fermentation periods (day, mg VCE/mL)			
	0	2	5	7
YMT ¹⁾ (not inoculated)	4.83±0.03 ²⁾	4.70±0.10	4.33±0.00	4.31±0.10
<i>Lactococcus lactis</i> KCTC 2013	5.41±0.16	5.32±0.26	5.19±0.06	4.69±0.11
GOT SY #1 1-2	5.68±0.12	5.79±0.16	5.74±0.06	4.81±0.19
GOT SY #5 1-2	5.80±0.13	5.44±0.05	5.27±0.05	5.86±0.09
CGK KT #3 2-1	6.31±0.32	5.27±0.06	5.36±0.09	5.41±0.22
CGK KT #5 1-9	6.02±0.40	5.43±0.07	5.50±0.03	5.61±0.10
YRK KT #3 1-2	4.94±0.09	5.48±0.06	5.03±0.07	4.85±0.01
YRK KT #3 1-3	4.99±0.00	5.55±0.21	5.12±0.06	4.83±0.05
CCK KT #3 1-2	5.43±0.07	5.41±0.06	5.64±0.21	4.94±0.11
CCK KT #5 1-2	5.33±0.07	5.81±0.04	5.01±0.05	4.89±0.10

¹⁾ YMT; 5% yeast extract, 1% maltodextrin, 5% turmeric

²⁾ Mean±SD, replicated in three times

강황발효 균주 선발

총 8종의 균주에서 발효과정 중 7일차에 생균수가 크게 낮아진 GOT SY #5 1-2와 발효를 통해 항산화능이 증가하지 않은 2종(CGK KT #3 2-1, CGK KT #5 1-9)을 제외한 GOT SY #1 1-2, YRK KT #3 1-2, YRK KT #3 1-3, CCK KT #3 1-2, CCK KT #5 1-2 등 김치분리균주 5종을 강황 발효를 위한 균주로 최종 선발하였다. 본 연구를 통해 강황을 발효할 때 생존력이 높고 항산화능을 향상시킬 수 있는 발효 최적 균주를 김치로부터 분리하였고, 이를 추후 강황발효에 적용하고자 한다.

요 약

본 연구에서는 김치에서 분리한 균주를 이용하여 강황을 발효하기 위한 최적 배지를 제조하였으며, 최적배지에서 발효한 강황의 생균수와 항산화능을 측정하여 강황 발효 최적 균주를 선발하였다. 구매한 김치에서 균주 30종을 분리하였고 YM 배지에서 생균수를 유지한 분리균주 8종을 선발하였고, 이후 강황발효배지(YMT; 5% yeast extract, 1% maltodextrin, 5% turmeric)에 접종하여 배양하였다. YMT 배지에서 배양한 발효액을 0일, 2일, 5일, 7일차에 회수하여 생균수와 항산화능을 측정하였다. 발효강황의 항산화능은 생균수와 직접적인 연관성은 없었으나 비발효 대조구인 접종하지 않은 YMT 배지와 비교하였을 때 항산화능이 높아졌으며, 발효 7일차까지 높은 항산화능을 유지하였다. 따라서 발효 전보다 발효에 의해 항산화능이 높아지는 경향을 보였다. 동시에 높은 생균수를 유지하였던 분리균주는 GOT SY #1 1-2, YRK KT #3 1-2, YRK KT #3 1-3, CCK KT #3 1-2, CCK KT #5 1-2으로 총 5종이었다. 본 연구에서는 강황 발효를 위한 김치분리균주를 배양할 수 있는 배지의 조성을 탐색, 선발하였고, 최적배지 내에서

높은 생균수와 항산화능을 확인하였다. 발효기간 내 항산화능의 증가는 발효가 진행되면서 생물전환에 의해 유효성분이 증가했기 때문으로 생각되며, 강황의 발효를 통해 강황의 기능성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호 PJ01314403)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

References

- Ahn DG. 2000. Korean herbal flora. Kyohak Publishing Co., Seoul, Korea. p 568-569.
- Anandakumar S, Joseph JA, Bethapudi B, Agarwal A, Jung EB. 2014. Anti-inflammatory effects of turmeric (*Curcuma longa* L.) extract on acute and chronic inflammation models. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 43: 612-617.
- Cho YK, Cho KH, Hong SS, Lee HS. 1995. Optimization of medium components for lactic acid production. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 23: 12-16.
- Choi SN, Choi EH, Yoo SS. 2013. Quality characteristics and antioxidative activities of Majakgwa added with fermented turmeric powder. Korean J. Food Cook. Sci. 29: 223-231.
- Choi CY, Kim MD. 2017. Isolation of a potent protease producing *Bacillus subtilis* from kimchi. Microbiol. Biotechnol. Lett. 45: 12-18.
- Chun YG, Chung HY. 2011. Quality properties of fermented gingers. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 249-254.
- Gereltuya R, Son JY, Magsar U, Paik SH, Lee JY, Nam MS. 2015. Fermentation properties and inflammatory cytokines modulating of fermented milk with *Curcuma longa* L. powder. Korean Soc. Life Sci. 25: 75-83.
- Jeong SJ, Kim BH, Lee JH, Park YE, Kin JG, Kwon GS, Lee JB. 2019. Increased antioxidant activity of the fermented *Cnidium*

- officinale* extract by *Lactobacillus plantarum* BHN-LAB 33. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 48: 1053-1060.
- Jung YS, Park SJ, Park JH, Jhee KH, Lee IS, Yang SA. 2012. Effects of ethanol extracts from *Zingiber officinale* Rosc., *Curcuma longa* L., and *Curcuma aromatica* Salisb. on acetylcholinesterase and antioxidant activities as well as GABA content. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1395-1401.
- Jung EJ. 2018. Inhibitory effect of *Curcuma longa* extract on nitric oxide in RAW264.7 Cell. Korean Soc. Cosmet. and Cosmetol. 8: 61-67.
- Kang YH, Kim KK, Kim TW, Yang CS, Choe M. 2015. Evaluation of the anti-obesity activity of *Platycodon grandiflorum* root and *Curcuma longa* L. root fermented with *Aspergillus oryzae*. Korean J. Food Sci. Technol. 47: 111-118.
- Kim CR. 2006. Enhancement of liver function by curcuma extract on acute hepatotoxicity in rat. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 26: 386-393.
- Kim HJ, Lee JW, Kim YD. 2011. Antimicrobial activity and antioxidant effect of *Curcuma Longa*, *Curcuma aromatica* and *Curcuma zedoaria*. Korean J. Food Preserv. 18: 219-225.
- Kim KS, Choung MG, Park SH. 2005. Quantitative determination and stability of curcuminoid pigments from turmeric (*Curcuma longa* L.) root. Korean J. Crop Sci. 50: 211-215.
- Kim MO, Oh SC, Kim SS. 2008. Method of manufacturing *Curcuma domestica* fermented extract. Korean Patent NO. 1013411263.
- Kim NM, Lee JS. 2003. Effect of fermentation periods on the qualities and physiological functionalities of the mushroom fermentation broth. Korean Soc. Mycol. 31: 28-33.
- Kim OS, Park SS, Sung JM. 2012. Antioxidant activity and fermentation characteristics of traditional black rice wine. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1693-1700.
- Ko SH, Jeong HC. 2017. Quality characteristics of Julpyun with added beet powder. J. Korean Soc. Food Cult. 32: 576-582.
- Lee DH, Hong JH. 2015. Physicochemical properties and storage stability of blueberry fermented by lactic acid bacteria. Korean J. Food Preserv. 22: 796-803.
- Lee HS, Kwon SY, Lee SO, Lee SP. 2016. Production of fermented *Omija* (*Schizandra chinensis*) beverage fortified with high content of gamma-amino butyric acid using *Lactobacillus plantarum*. Korean J. Food Preserv. 23: 326-334.
- Lee SM, Choi HN, Shin JH, Lee EY. 2012. An investigation of the solubilization of primary sewage sludge using lactic acid bacteria cultured in a glucose and yeast extract medium. Korean J. Microbiol. Biotechnol. 40: 424-429.
- Lee YS, Lee DY, Kwon DY, Kang OH. 2020. Improvement effect of non-alcoholic fatty liver disease by *Curcuma longa* L. Extract. Korean J. Medicinal Crop Sci. 28: 276-286.
- Oh H, Park H, Ju MS, Jung SY, Oh MS. 2010. Comparative study of anti-oxidant and anti-inflammatory activities between *Curcuma longa* Radix and *Curcuma longae* Rhizom. Korean J. Herbology. 25: 83-91.
- Oh SW, Cha JY, Jung JE, Chang BC, Kwon HJ, Lee BR, Kim DY. 2011. Curcumin attenuates allergic airway inflammation and hyper-responsiveness in mice through NF-kB inhibition. J. Ethnopharmacol. 136: 414-421.
- Ra HN, Kim HY. 2016. Antioxidant and antimicrobial activities of *Curcuma aromatica* Salisb. with and without fermentation. Korean J. Food Cook Sci. 32: 299-306.
- Reddy KBPK, Awasthi SP, Madhu AN, Prapulla SG. 2009. Role of cryoprotectants on the viability and functional properties of probiotic lactic acid bacteria during freeze drying. Food Biotechnol. 23: 243-265.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free. Radic. Biol. Med. 26: 1231-1237.
- Semyonov D, Ramon O, Kaplun Z, Levin-Brener L, Gurevich N, Shimoni E. 2010. Microencapsulation of *Lactobacillus paracasei* by spray freeze drying. Food Res. Int. 43: 193-202.
- Shin EH. 2002. Studies on growth characteristics of *Lactobacillus brevis* isolated from kimchi-Optimization of nutrient composition in sourdough media. Korean J. Food & Nutr. 15: 215-219.
- Singh G, Kapoor IPS, Singh P, Heluani CS, Lampasona MP, Catalan CAN. 2010. Comparative study of chemical composition and anti-oxidant activity of fresh and dry rhizomes of turmeric (*Curcuma longa* Linn.). Food Chem. Toxicol. 48: 1026-1031.
- Sung YK, Son HJ, Hong JG. 2018. Effects of extrusion process on the chemical properties and pigment stability of turmeric. Korea J. Food Sci. Technol. 50: 457-463.
- Wu XB, Kim EK, Ra HN, Byeon YS, Kim HY. 2016. Antioxidant activity, sensory characteristics, and microbial safety of *Sunsik* with fermented turmeric powder. Korean J. Food Cook. Sci. 32: 600-608.
- Yang CY, Cho MJ, Lee CH. 2011. Effects of fermented turmeric extracts on the obesity in rats fed a high-fat diet. J. Ani. Sci. Technol. 53: 75-81.

Author Information

- 윤소정: 단국대학교 식품공학과 대학원생(박사과정)
 한겨레: 단국대학교 식품공학과 대학원생(석사과정)
 이기연: 단국대학교 식품공학과 대학원생(석박사통합과정)
 나동하: 단국대학교 식품공학과 대학원생(석사과정)
 이형재: 단국대학교 식품공학과 교수