

고체평판배지에서의 홍국균의 배양, monacolin K 및 색소생산 특성

김경선 · 안준배¹ · 김창섭² · 박윤제*

차의과학대학교 바이오공학과, ¹서원대학교 의식산업학과, ²한밭대학교 화학생명공학과

Characteristics of growth, monacolin K and pigment production by *Monascus* strains on plate culture

Kyungsun Kim, Junbae Ahn¹, Chang Sup Kim², and Youn-Je Park*

Department of Applied Bioscience, CHA University

¹Department of Food Service Industry, Seowon University

²Department of Chemical and Biological Engineering, Hanbat National University

Abstract

The production of color pigments and monacolin K by *Monascus* strains were investigated on agar plates while monitoring cell growth patterns. Thirty five different strains were collected and cultured on potato dextrose yeast extract agar (PDYA), potato dextrose agar (PDA) and malt extract agar medea (MEA) at two different incubation temperature conditions, 25°C and 30°C. The growth rates of most of strains were highest on PDYA medium, and hyphal growth was faster at 30°C than at 25°C. Both red and yellow pigments were highly produced by high pigment-producing strains on agar plate cultures. High pigment-producing strains produced less amount of monacolin K while low pigment-producing strains produced much more monacolin K. Any citrinin was not detected from the monacolin K-producing strains. These results imply that the selection of low pigment-producing strains cultured on agar plates could be applied for primary screening of *Monascus* strains for preparation of red mold rice.

Key words: *Monascus*, plate culture, growth rate, monacolin K, pigment

서 론

쌀(*Oryza sativa* L)은 세계인구의 절반가량이 주식으로 사용하고 있는 영양공급원일 뿐 아니라 중요한 식량자원중 하나이다. 특히 우리나라에서는 단순한 밥 형태 외에도 막걸리, 떡 등의 다양한 식품 원료로도 사용되어 왔으며, 최근에는 쌀의 생리적 효능이 밝혀지면서 쌀을 이용한 기능성 소재 개발도 이루어지고 있다(Kim et al, 2011). 이러한 기능성 쌀의 개발은 쌀의 품종 개량을 통한 기능성 성분 강화나, 다양한 색깔을 띠게 만드는 방법이 이용되고 있고 (Park & Ryu, 2006), 쌀에 버섯이나 곰팡이 균주를 접종하여 발효함으로써 기능성을 강화하는 방법이 사용되고 있다 (Yoo & Kang, 2005).

이 중 전통적으로 사용되어 온 방법 중의 하나가 홍국(紅

麴)균을 이용하여 홍국쌀을 만드는 것이다. 홍국쌀은 홍국균이 쌀 등의 곡류에 발효되어 붉은 색깔을 띠는 쌀로서, 우리나라를 비롯하여 중국, 일본, 대만 등 동아시아 지역에서 오래전부터 전통적으로 사용되어 왔으며, 중국의 본초강목에는 소식활혈(消食活血)이나 건비조위(健脾燥胃)의 기능이 기록되어 있고, 한국의 동의보감에도 홍국은 피를 잘 돌게 하고 음식을 소화시키며 이질을 멎게 하는 신곡(神麴)이라고 기록되어 있다(Choi & Jeon, 2009). 그 외에도 홍국은 오래전부터 착색, 양조, 방부 등의 기능으로 사용되어 왔고, 식품과 한약재의 원료로 사용되어 왔다.

홍국은 그 대사산물 중 하나인 monacolin K 성분이 혈중 콜레스테롤 수치를 저하시키는 기능을 한다는 것이 일본의 Endo(1979)에 의해 밝혀진 이후 여러 가지 생체기능이 연구되기 시작하였고, 특히 monacolin K 성분에 의한 고지혈 예방 및 치료기능을 갖는 건강기능식품으로 개발되기 시작하였다. 뿐만 아니라 항암(Ho & Pan, 2009), 항산화(Park et al, 2005), 항염효과(Hsu et al, 2012) 등이 밝혀지고 있으며, 최근엔 염증반응을 줄임으로써 알콜성 간질환 예방효과(Cheng & Pan, 2011)와 고혈압에도 효과가 있다는 동물실험 결과가 제시되었다(Lee & Pan, 2012). 이러

*Corresponding author: Youn-Je Park, Department of Applied Bioscience, College of Life Science, CHA University, 502 Yatap-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-840, Korea
Tel: +82-31-8017-9464; Fax: +82-31-8017-9464
E-mail: yjpark@cha.ac.kr

Received October 23, 2012; revised October 31, 2012; accepted November 5, 2012

한 결과를 바탕으로 미국, 유럽 등에서는 홍국을 분쇄한 분말이나 추출물을 건강기능식품으로 개발하여 제품을 판매하고 있으며, 우리나라에서도 홍국쌀을 일반 식품 혹은 건강기능식품으로 개발하여 판매하고 있다.

홍국쌀을 만드는 홍국균(紅麴菌)은 *Monascus* 속 균류가 쌀 등에 발효하여 생성된 선흥색 누룩으로서, van Tieghem (1884)에 의해 감자에서 처음 분리되었고, 쌀에서는 Went (1895)에 의해 처음 분리되었다. 이 균은 분류학적으로 자낭을 만드는 자낭균류에 속하며, Ascomycotina 문, Plectomycetes 강, Eurotiales 목, Monascaceae 과, *Monascus* 속(홍국균속)으로 분류되고 있다. Hawkworth & Pitt(1983)는 동양의 전통 식품으로부터 분리된 *Monascus* 균주를 *M. purpureus*, *M. ruber*, *M. pilosus* 등 3 개의 종으로 재분류하여 정리하였다.

이러한 홍국균을 이용하여 홍국쌀을 제조할 때, 홍국쌀의 제조에 적합한 균주의 선정이 매우 중요하다. 균주의 선정은 주로 홍국균을 쌀에 접종하여 배양 후 생산하는 monacolin K의 함량이나 색소성분의 생산량, 그리고 독소성분으로 알려진 citrinin의 함량을 기준으로 진행하는데, Ryu et al.(1995)은 21 개의 균주를 이용하여 monacolin K 생산 균주를 선발한 바 있으며, Kwak et al.(2004)도 29 개 균주를 수집하여 새로운 균주를 선발하고 동정한 바 있다. 그러나, 이들 홍국 균주의 고체평판배지에서 배양시 균체의 성장특성이나 유용성분의 생산량에 대한 보고는 없었다. 본 연구에서는 쌀을 이용한 홍국제조에 적합한 균주를 찾기 위한 방법으로 국내에 있는 35 종의 *Monascus* 균주를 대상으로 고체평판배지에서의 균주별 특성과 monacolin K 생산성 및 색소 생산성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

균주 및 배지

실험에 사용한 홍국균은 식약청에서 건강기능식품 제조에 사용할 수 있도록 인정하고 있는 균주인 *M. ruber*, *M. purpureus*, *M. pilosus*, *M. anka* 4 종에 속하는 균주를 수집하여 사용하였다. 수집기관은 한국미생물보존센터(KCCM), 생명공학연구원 미생물지원센터(KCTC)를 이용하였고, 해외 기관인 CBS에서 보관하고 있는 해외 균주들은 한국농업미생물지원센터(KACC)를 통하여 분양 받아 사용하였다(Table 1).

실험에 사용한 총 균주수는 35 개 균주로 *M. purpureus* 15 종, *M. ruber* 13 종, *M. pilosus* 7 종이 수집 되었고 이를 이용하여 실험에 사용하였다.

실험균주의 성장배지는 기본적으로 추천되고 있는 배지인 potato dextrose yeast extract agar(PDYA), potato dextrose agar(PDA), malt extract agar(MEA) 등을 사용하였고, 일부 균주는 Sabouraud dextrose agar(SDA), corn meal agar(CMA) 배지 등을 추가로 사용하였다(Table 2). 각 균주는

Table 1. List of *Monascus* strains used in this study.

No.	Species	Strain name	Recommended condition
1	<i>Monascus ruber</i>	KCCM 60141	PDYA ¹⁾ , 24°C
2	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 11832	MEA ²⁾ , 26°C
3	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 12002	PDA ³⁾ , 24°C
4	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 60170	MEA, 30°C
5	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 60461	PDYA, 24°C
6	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 60462	PDYA, 24°C
7	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 60016	PDA, 24°C
8	<i>Monascus ruber</i>	KCCM 60167	PDA, 24°C
9	<i>Monascus pilosus</i>	KCCM 60084	PDYA, 24°C
10	<i>Monascus pilosus</i>	KCCM 60160	MEA, 26°C
11	<i>Monascus ruber</i>	KCCM 11845	MEA, 30°C
12	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 11847	MEA, 26°C
13	<i>Monascus ruber</i>	KCCM 11876	PDYA, 26°C
14	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 35473	MEA, 26°C
15	<i>Monascus ruber</i>	KCCM 60142	PDYA, 24°C
16	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 60168	MEA, 30°C
17	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 60344	MEA, 30°C
18	<i>Monascus pilosus</i>	KCCM 60399	MEA, 30°C
19	<i>Monascus pilosus</i>	KCCM 60398	SDA ⁴⁾ , 26°C
20	<i>Monascus pilosus</i>	KCCM 60396	MEA, 26°C
21	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 60169	MEA, 24°C
22	<i>Monascus ruber</i>	KCCM 60392	PDA, 28°C
23	<i>Monascus ruber</i>	KCCM 60394	SDA, 26°C
24	<i>Monascus purpureus</i>	KCCM 60397	MEA, 26°C
25	<i>Monascus ruber</i>	KCCM 60400	SDA, 30°C
26	<i>Monascus ruber</i>	KCCM 60401	MEA, 30°C
27	<i>Monascus purpureus</i>	KCTC 6121	PDA, 24°C
28	<i>Monascus ruber</i>	KCTC 6122	PDA, 24°C
29	<i>Monascus pilosus</i>	KACC 46219	PDA, 24°C
30	<i>Monascus purpureus</i>	KACC 46221	CMA ⁵⁾
31	<i>Monascus purpureus</i>	KACC 46222	PDA
32	<i>Monascus ruber</i>	KACC 46224	PDA
33	<i>Monascus ruber</i>	KACC 46225	CMA, 24°C
34	<i>Monascus ruber</i>	KACC 46226	CMA
35	<i>Monascus pilosus</i>	KACC 46319	PDA, 24°C

¹⁾ PDYA: Potato dextrose yeast extract agar medium

²⁾ MEA: Malt extract agar medium

³⁾ PDA: Potato dextrose agar medium

⁴⁾ SDA: Sabouraud dextrose agar medium

⁵⁾ CMA: Corn meal agar medium

각각의 PDYA, PDA, MEA 배지에서 25°C에서 7 일간 균체를 배양하여 사용하였고, 생리적 활성을 유지하기 위하여 1 주 간격으로 계대 배양하여 실험을 진행 하였다.

고체평판배지에서의 성장 특성

각 균주별로 성장 속도를 측정하기 위하여 고체평판배지에서의 날짜별 환의 크기를 측정하였다. 각 종류별로 고체평판 배지 가운데 크기 5 mm 디스크를 접종하여 25°C에서 배양하면서 배지별로 14 일간의 환의 크기를 측정하였다. 또한, 온도에 따른 영향을 살펴보기 위하여 동일한 방

Table 2. Composition of media.

Media	Ingredients
PDYA	2.4% potato dextrose broth(Difco), 0.5% bacto yeast extract(Difco), 2% bacto agar(Difco)
PDA	2.4% potato dextrose broth(Difco), 2% bacto agar(Difco)
MEA	1.5% malt extract broth(Difco), 2% bacto agar(Difco)
SDA	3% Sabouraud dextrose broth(Difco), 2% bacto agar(Difco)
CMA	1.7% corn meal agar(Difco)

법으로 30°C에서 고체평판배지에서의 균주별 성장속도를 측정하였다.

색소성분 분석

고체배양 후 각 균주가 생산하는 색소량을 측정하기 위하여 고체배양한 agar 평판배지에서 크기 11 mm 디스크 5 개를 올려내어 ethanol 5 mL을 가한 후 25°C에서 1 시간 동안 180 rpm 으로 색소를 추출하였다. 추출액을 96 well plate에 100 µL 씩 분주한 다음 spectrophotometer(Infinite M200Pro, TECAN)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 각 균주의 색소 생산량은 황색 색소는 385 nm에서, 적색 색소는 495 nm에서 측정된 값을 생산량으로 하였다(Kim et al., 1997).

Monacolin K 및 citrinin 분석

각 균주의 monacolin K와 citrinin 생산량을 분석하기 위하여 각각의 균주를 고체평판배지에서 25°C에서 배양하였다. Agar plate에서 크기 11 mm 디스크 5 개를 올려내어 ethanol 5 mL을 가한 후 25°C에서 1 시간 동안 180 rpm으로 추출한 후 이 추출액에 포함된 monacolin K와 citrinin을 HPLC로 분석 하였다.

홍국균이 생산하는 주요 유용성분인 monacolin K와 신장 독소로 작용하는 citrinin의 분석은 식약청에서 고시한 건강 기능식품의 기준 및 규격의 시험방법 III.3.6.6과 III.2.5.4에 따라 표준분석방법인 HPLC 방법을 사용하여 분석하였다(KFDA, 2010).

Monacolin K의 분석은 HPLC(Dionex ultimate 3000)를 이용하여 UV detector를 이용하여 237 nm에서 측정하였다. 컬럼은 C18 column(4.6 mm × 250 mm, 5 µm)을 사용하여 0.2% phosphoric acid: acetonitrile = 65:35(v/v)로 한 용액을 이동상으로 하고 농도 변화를 주며 1 mL/min의 유속으로 주입하여 분석하였다. 표준물질은 비활성형의 경우 Sigma 사로부터 구입하여 표준물질 10 mg을 75% 에탄올 50 mL에 녹여 200 µg/mL 농도로 한 다음 사용하였고, 활성형은 비활성형 표준물질 용액 2 mL를 0.5 mL 0.05 N NaOH에 혼합한 후 실온에서 방치 한 후 표준용액으로 사용하였다.

Citrinin의 분석은 HPLC(Dionex ultimate 3000)를 이용하여 fluorescence detector를 이용하여 측정하였다. 컬럼은 C18 column(4.6 mm × 250 mm, 5 µm)을 사용하여 0.12% trifluoroacetic acid: acetonitrile = 60:40(v/v)로 한 용액을 이동상으로 하

고 1 mL/min의 유속으로 fluorescence detector를 이용하여 λ_{ex} = 335 nm, λ_{em} = 502 nm에서 측정하였다. 표준물질은 Sigma사로부터 구입하여 메탄올로 녹여 사용하였다.

결과 및 고찰

고체평판배지에서의 조건별 성장속도

고체평판배지에서 25°C 조건에서 *Monascus* spp. 균주를 PDYA, PDA, MEA 배지에서 배양한 결과 대부분의 균주들이 PDA나 MEA 배지에서보다 PDYA 배지에서 가장 빠르게 자라는 것을 확인할 수 있었다. 또한, MEA 배지에서는 전반적으로 배양속도가 늦어져 배지별 균주의 성장속도는 PDYA > PDA > MEA 순임을 알 수 있었다(Fig. 1). 그러나, 30°C에서 배양할 경우에는 PDYA 배지와 PDA 배지에서 성장속도의 차이가 크게 나타나지 않는 것을 확인하였다. 또한, 25°C와 30°C에서의 성장속도를 비교할 경우 모든 균주에서 25°C보다 30°C에서 훨씬 더 빨리 자라는 것을 확인할 수 있었는데, 이러한 결과는 각 균주 제공기관에서 제시하는 균주별 배양조건과는 상이한 결과이다.

우선, Table 1에 나타난 균주별 기본 배양조건을 보면, 총 35 개 균주 중에서 6 개 균주에 PDYA 배지가 제시되었고, 10 개 균주에 PDA 배지, 13 개 균주에는 MEA 배지가 추천되었고, 기타 SDA, CMA 배지가 6 개 균주에 기본 배지로 제시되었다. 그러나, 25°C 배양조건일 경우에는 대부분이 PDYA 배지가 가장 빠른 결과를 보였고, 30°C 배양조건일 경우에도 배지별 차이를 크게 보이지 않음으로써 균주제공기관에서 제시하는 배양조건이 최적조건은 아님을 알 수 있었다. 또한, 온도별 성장속도를 비교할 경우에도, 30°C 조건이 제시된 균주는 7 개에 불과하였고, 기타 대부분이 24°C나 26°C 배양조건이 추천되었으나 본 실험결과로는 모든 균주에서 25°C보다 30°C에서 훨씬 더 빠르게 생장이 일어나는 것으로 나타나 각 균주별 고체평판배지에서의 생장은 30°C가 더 유리할 것으로 판단된다.

각 균주들의 성장패턴을 비교해 보면 25°C에서 배양할 경우 대부분의 균주에서 12 일까지는 비교적 일정한 균사 생장이 일어나다가 12 일이 지나면 성장속도가 둔화하는 경향을 보였다(Fig. 2(A)). 14 일까지 균주의 성장속도를 측정된 결과 지름이 79 mm까지 성장하여 성장속도를 계산하면 가장 빨리 자라는 균주인 경우 2.82 mm/day의 성장속

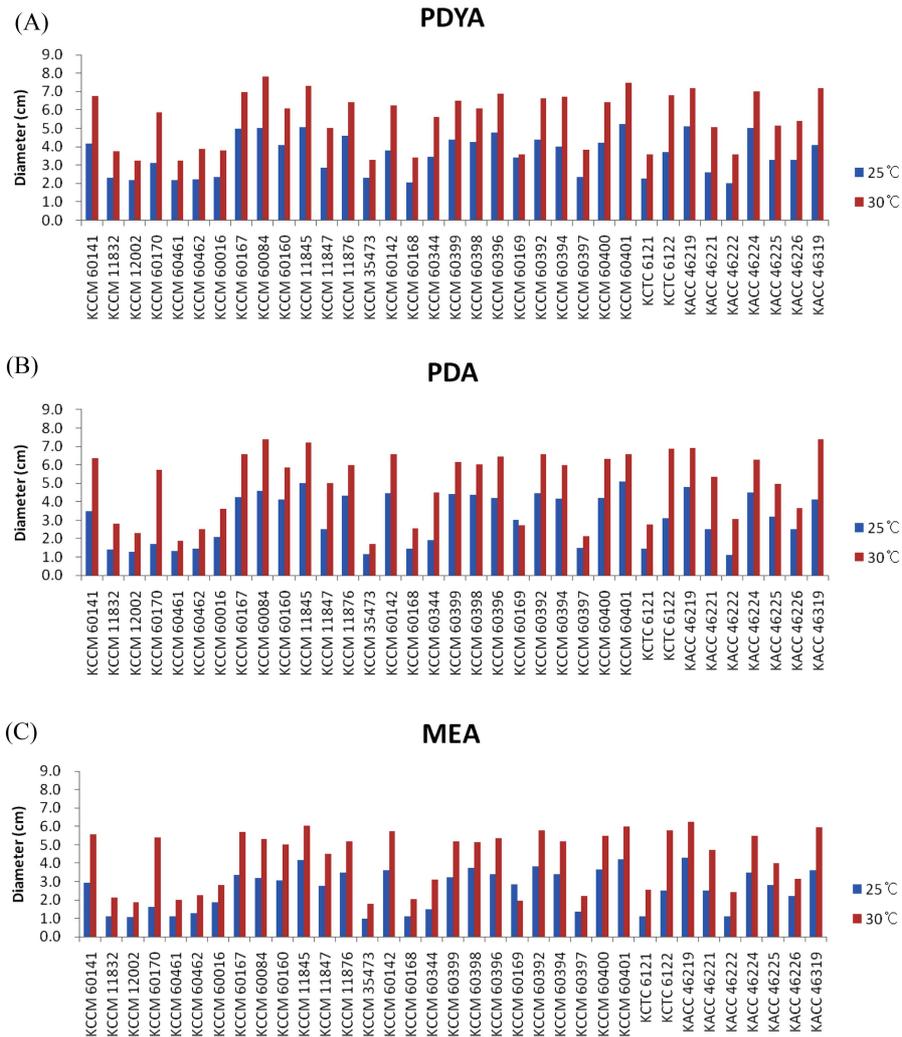


Fig. 1. Growth rates of *Monascus* strains in each medium. Mycelium diameter (cm) was measured after 8 days at both 25°C and 30°C (A) PDYA (B) PDA (C) MEA.

도를 보이는 것을 알 수 있었다. 한편 30°C에서 배양할 경우에 있어서는 그 성장속도가 전반적으로 빨라지는 것을 알 수 있었고(Fig. 2(B)), 대략 8 일이 지나면서 성장 속도가 줄어드는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 25°C보다 30°C 배양조건에서 균사의 성장속도가 최소 30% 이상 빨라 자라는 것을 의미하는 것으로, Lin et al.(2008)이 균사생장을 위해서는 30-35°C의 온도가 유지되어야 한다는 내용과 일치한다. 또한, 이 같은 균사성장 속도가 빠른 조건은 홍국 쌀의 생산 시에도 배양 시간을 단축시킬 수 있는 조건이 될 것으로 보인다. 그러나, 일반적으로 배양이 잘 이루어지는 조건과 생산이 잘 되는 조건은 일치하지 않는 경우가 많으므로 실제 생산 조건에서는 추가적인 확인이 필요하다(Babitha et al, 2007).

균주별로 성장 속도를 비교해 본 결과 8 일을 기준으로 볼 때 빨리 자라는 균주와 늦게 자라는 균주로 크게 2 그룹으로 나눌 수 있었는데, *M. ruber* KCCM 60141, *M.*

perpureus KCCM 60170, *M. ruber* KCCM 60167, *M. pilosus* KCCM 60084, *M. pilosus* KCCM 60160, *M. ruber* KCCM 11845, *M. ruber* KCCM 11876, *M. ruber* KCCM 60142, *M. perpureus* KCCM 60344, *M. pilosus* KCCM 60399, *M. pilosus* KCCM 60398, *M. pilosus* KCCM 60396, *M. ruber* KCCM 60392, *M. ruber* KCCM 60394, *M. ruber* KCCM 60400, *M. ruber* KCCM 60401, *M. ruber* KCTC 6122, *M. pilosus* KACC 46219, *M. ruber* KACC 46224, *M. pilosus* KACC 46319 등 20 개의 균주는 빨리 자라는 그룹으로 분류할 수 있으며, 향후 균주 선정 때 이들을 활용하는 것이 홍국생산에 더 나을 것으로 판단되었다.

고체평판배지에서의 성장특성

같은 균주라도 배지종류에 따라 환의 크기 뿐만 아니라 색깔과 형태적 특성이 다르게 나타나는 것을 확인하였다. *M. ruber* KCCM 60142 균주의 경우에는 PDYA나 PDA

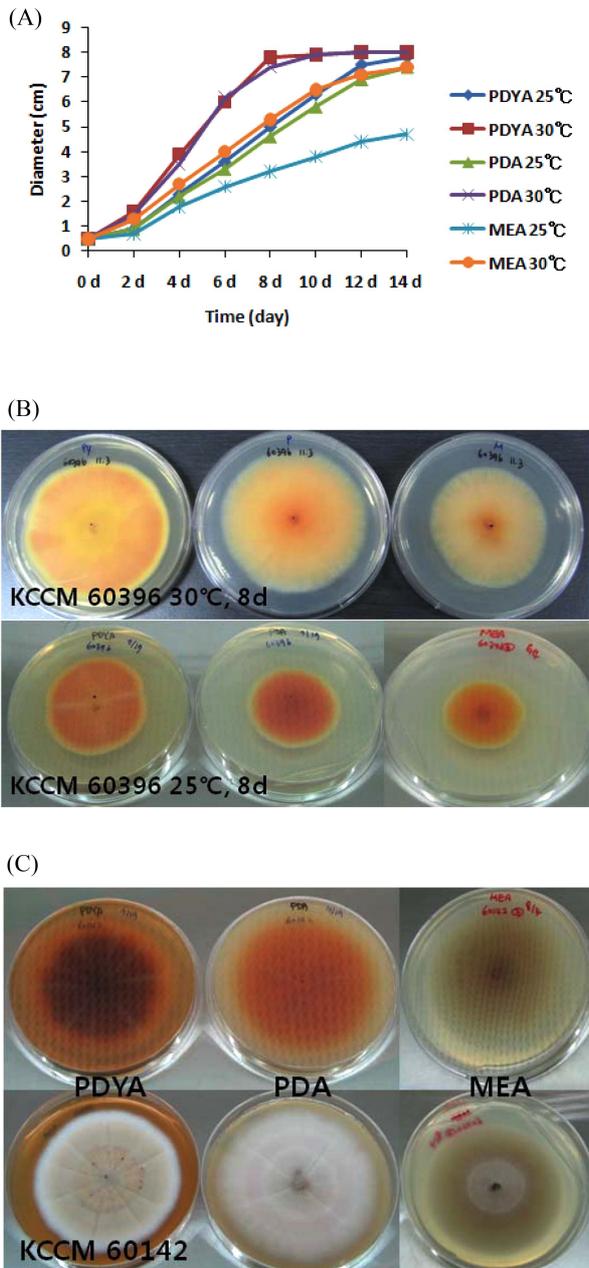


Fig. 2. Growth characteristics of *Monascus* strain. (A) Typical growth pattern in each medium at 25°C and 30°C of *M. pilosus* KCCM 60084, (B) Reverse side of media cultured at 25°C and 30°C for 8 days by *M. pilosus* KCCM 60396, (C) Photographs of front and reverse side of media cultured by *M. ruber* KCCM 60142.

배지에서는 붉은 색을 띠었으나, MEA 배지에서는 붉은 색을 나타내지 않는 특성을 보여 주었다(Fig. 2(C)). 특히 *M. perpureus* KCCM 60170, *M. perpureus* KCCM 11847, *M. pilosus* KCCM 60398, *M. ruber* KCCM 60400 등 몇 균주는 붉은 색을 나타내지 않았으며, *M. ruber* KCCM 60392, *M. ruber* KCCM 60401, *M. ruber* KCTC 6122, *M. perpureus* KCCM 60169, *M. pilosus* KCCM 60396,

M. pilosus KCCM 60399, *M. perpureus* KCCM 60168, *M. ruber* KCCM 60142, *M. ruber* KCCM 11876, *M. ruber* KCCM 11845, *M. pilosus* KCCM 60160, *M. pilosus* KCCM 60084, *M. ruber* KCCM 60167 등은 배지의 앞면과 뒷면의 색깔이 다르게 나타남을 알 수 있었다. 이는 배지의 앞면에서는 균사체의 성장으로 인해 균사의 색깔인 흰색으로 나타났으나, 뒷면에서는 배양하면서 생기는 이차대사산물인 색소 등의 성분이 배지내로 분비되면서 나타나는 현상으로 생각된다. 그러나, 실제 홍국쌀을 제조하기 위해서는 균사체의 색깔 자체가 붉은 색으로 변하는 것이 중요하므로 균사의 색깔이 전체적으로 붉은 색깔을 많이 띠고 있는 *M. ruber* KCCM 60141, *M. perpureus* KCCM 60016, *M. perpureus* KCCM 35473, *M. perpureus* KCCM 60344, *M. ruber* KCCM 60401, *M. perpureus* KCCM 60397 등의 균주가 색깔 면에서는 유용할 것으로 판단되었다.

균주별 색소 생산

각 균주를 고체평판배지에서 배양 한 후 각 균주가 생산하는 색소함량을 spectrophotometer로 분석한 결과 *M. perpureus* KCCM 11832, *M. perpureus* KCCM 12002, *M. perpureus* KCCM 60461, *M. perpureus* KCCM 60462, *M. perpureus* KCCM 60016, *M. perpureus* KCCM 35473, *M. perpureus* KCCM 60397, *M. perpureus* KCTC 6121, *M. perpureus* KACC 46221, *M. perpureus* KACC 46222, *M. ruber* KACC 46225 균주의 색소 함량이 높은 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3). *M. ruber* KACC 46225를 제외하면 색소함량이 높은 균주들은 대부분 *M. perpureus*에 해당되었는데 이는 이들 종의 특성 자체가 색소 생산과 연관성이 있기 때문인 것으로 보인다. 색소를 생산하는 균주의 경우 대부분의 균주가 PDYA, PDA, MEA 어느 배지에서나 큰 차이 없이 모두 높은 흡광도를 보여주었으나, *M. ruber* KACC 46225의 경우에는 특이하게 배지별 차이가 크게 나는 것을 알 수 있었다. 또한, *M. perpureus* KACC 46221, *M. ruber* KACC 46225를 제외하면 적색 계열의 색깔을 많이 나타내는 균주의 대부분이 황색 계열의 생산량도 전반적으로 높게 나타나는 경향을 보여주었다. 이러한 결과는 균주별로 색소를 많이 생산하는 균주가 별도로 있음을 시사하는 것이라고 할 수 있다. 그러나, 흡광도를 이용한 색소 성분 생산 정도와 고체배양 후 육안으로 균사체의 색깔을 비교해 본 결과 색소생산량이 높다고 판단되는 균주가 균사체 색깔이 붉은 균주와 완전히 일치하지는 않아 균주 선정시에 흡광도를 이용한 방법과 육안관별을 같이 적용할 필요가 있을 것으로 판단된다.

Monacolin K 및 citrinin 함량

각 균주별로 유용성분으로 알려진 monacolin K의 생산

Table 3. Monacolin K and citrinin production by *Monascus* strains on each medium.

Strain	PDYA		PDA		MEA	
	Active monacolin K (ppm)	Citrinin (ppm)	Active monacolin K (ppm)	Citrinin (ppm)	Active monacolin K (ppm)	Citrinin (ppm)
<i>M. ruber</i> KCCM 60141	2.115	ND	1.220	ND	0.552	ND
<i>M. perpureus</i> KCCM 11832	ND ¹⁾	10.643	ND	5.594	ND	5.217
<i>M. perpureus</i> KCCM 12002	ND	20.256	ND	5.776	ND	6.447
<i>M. perpureus</i> KCCM 60170	ND	0.484	ND	ND	ND	ND
<i>M. perpureus</i> KCCM 60461	ND	4.037	ND	2.819	ND	4.614
<i>M. perpureus</i> KCCM 60462	ND	3.163	ND	1.316	ND	2.994
<i>M. perpureus</i> KCCM 60016	ND	9.303	ND	3.856	ND	4.518
<i>M. ruber</i> KCCM 60167	1.331	ND	0.565	ND	0.914	ND
<i>M. pilosus</i> KCCM 60084	1.558	ND	0.204	ND	0.207	ND
<i>M. pilosus</i> KCCM 60160	1.806	ND	0.327	ND	0.114	ND
<i>M. ruber</i> KCCM 11845	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. perpureus</i> KCCM 11847	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. ruber</i> KCCM 11876	0.020	ND	0.020	ND	0.020	ND
<i>M. perpureus</i> KCCM 35473	ND	25.425	ND	9.546	ND	8.674
<i>M. ruber</i> KCCM 60142	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. perpureus</i> KCCM 60168	ND	20.826	ND	11.942	ND	10.459
<i>M. perpureus</i> KCCM 60344	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. pilosus</i> KCCM 60399	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. pilosus</i> KCCM 60398	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. pilosus</i> KCCM 60396	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. perpureus</i> KCCM 60169	ND	0.033	ND	0.033	ND	0.033
<i>M. ruber</i> KCCM 60392	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. ruber</i> KCCM 60394	6.192	ND	4.339	ND	1.5825	ND
<i>M. perpureus</i> KCCM 60397	ND	2.344	ND	0.825	ND	0.024
<i>M. ruber</i> KCCM 60400	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. ruber</i> KCCM 60401	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. perpureus</i> KCTC 6121	ND	18.212	ND	11.455	ND	6.067
<i>M. ruber</i> KCTC 6122	1.932	ND	0.620	ND	0.553	ND
<i>M. pilosus</i> KACC 46219	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. purpureus</i> KACC 46221	ND	9.317	ND	18.421	ND	13.468
<i>M. purpureus</i> KACC 46222	ND	14.628	ND	17.302	ND	0.120
<i>M. ruber</i> KACC 46224	2.655	ND	3.595	ND	1.404	ND
<i>M. ruber</i> KACC 46225	ND	ND	ND	ND	0.089	ND
<i>M. ruber</i> KACC 46226	0.493	ND	7.050	ND	1.962	ND
<i>M. pilosus</i> KACC 46319	ND	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾ND ; not detected

MEA 3 개의 고체평판배지에서 25°C와 30°C에서 배양하였다. 대부분의 균주가 PDYA 배지에서 가장 빠른 성장을 보여주었으며, 25°C보다 30°C에서 훨씬 빠른 균사 성장을 보여주었다. 고체평판배지에서 적색계열의 색소생산량이 높은 균주는 황색계열의 색소생산량도 높았다. 그러나, 색소생산량이 높은 균주에서는 monacolin K의 생산량이 높지 않았으며, 오히려 색소생산량이 낮은 균주에서 monacolin K의 생산량이 높았다. 또한 monacolin K를 생산하는 균주에서는 독소성분인 citrinin 역시 검출되지 않았다. 이러한 결과로부터 monacolin K 생산균주의 기초 스크리닝에 고체평판배지에서의 색소생산량이 낮은 균주를 선별하는 방법

을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ90709 003)의 지원에 의한 연구결과와 일부로서 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

Babitha S, Soccol CR, Pandey A. 2007. Effect of stress on

- growth, pigment production and morphology of *Monascus* sp. in solid cultures. *J. Basic Microbiol.* 47: 118-126.
- Cheng CF, Pan TM. 2011. Protective effect of *Monascus*-fermented red mold rice against alcoholic liver disease by attenuating oxidative stress and inflammatory response. *J. Agric. Food Chem.* 59: 9950-9957.
- Choi CS, Jeon CP. 2009. Red yeast rice industry and green growth. *Food Ind. Nutr.* 14: 25-32.
- Endo A. 1979. Monacolin K, a new hypocholesteremic agent produced by a *Monascus* species. *J. Antibiotics* 32: 852-854.
- Hawksworth DL, Pitt JI. 1983. A new taxonomy for *Monascus* species based on the cultural and microscopical characters. *Aust. J. Bot.* 31: 51-61.
- Ho BY, Pan TM. 2009. The *Monascus* metabolite monacolin K reduces tumor progression and metastasis of Lewis lung carcinoma cells. *J. Agric. Food Chem.* 57: 8258-8265.
- Hsu WH, Lee BH, Liao, TH, Hsu YW, Pan TM. 2012. *Monascus*-fermented metabolite monascin suppresses inflammation via PPAR- α regulation and JNK inactivation in THP-1 monocytes. *Food Chem. Toxicol.* 50: 1178-186.
- KFDA. 2010. Health Functional Food Code, Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea.
- Kim DJ, Choi SM, Kim HY, Kim JH, Ryu SN, Han SJ, Hong SG. 2011. Evaluation of biological activities of fermented rice bran from novel black colored rice cultivar superC3GHi. *Korean J. Crop Sci.* 56: 420-426.
- Kim SJ, Rhim JW, Kang SG, Jung ST. 1997. Characteristics and stability of pigments produced by *Monascus anka* in a jar fermenter. *J. Korean Soc. food Sci. Nutr.* 26: 60-66.
- Kwak EJ, Lee HM, Lim SI. 2004. Screen and identification of *Monascus* strain producing monacolin K. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 164-169.
- Lee BH, Pan TM. 2012. Benefit of *Monascus*-fermented products for hypertension prevention. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 94: 1151-1161.
- Lin YL, Wang TH, Lee MH, Su NW. 2008. Biologically active components and nutraceuticals in the *Monascus*-fermented rice. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 77: 965-973.
- Park CD, Hang HJ, Lee HW, Kim HS, Yu TS. 2005. Antioxidant activity of *Monascus* pigment of *Monascus purpureus* P-57 mutant. *Korean J. Microbiol.* 41: 135-139.
- Park SZ, Ryu SN. 2006. Free radical scavenging and inflammatory from the rice varieties contained high C3G pigment. *Korean J. Crop Sci.* 51: 107-112.
- Ryu BH, Ahn MK, Park JO. 1995. Production of cholesterol inhibitor, monacolin produced from *Monascus pilosus* M-15. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 24: 92-97.
- Tieghem van P. 1884. *Monascus*, genre nouveau de l'ordre des Ascomycetes. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 31: 226-231.
- Went FAFC. 1895. *Monascus purpureus* le champignon de l'anguac une nouvelle thelebole. *Ann. Sc. Nat. Bot.* 8: 1-17.
- Yoo KA, Kang MY. 2005. Studies of cooking quality with various functional rice. *Korean J. Food Culture* 20: 293-298.