

## Monacolin K 강화 홍국쌀 생산을 위한 균주 및 특성 연구

박지영 · 한상익<sup>†</sup> · 서우덕 · 나지은 · 심은영 · 남민희

농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부

### Study on *Monascus* Strains and Characteristic for Manufacturing Red Yeast Rice with High Production of Monacolin K

Ji-Young Park, Sang-Ik Han<sup>†</sup>, Woo Duck Seo, Ji-Eun Ra, Eun-Yeong Sim, and Min-Hee Nam

Department of Functional Crop, NICS, RDA, Miryang 627-803, Korea

**ABSTRACT** Red yeast rice (RYR) is the product of fermented yeast by *Monascus* strains on rice, and has recently become a popular dietary supplement as a traditional food in Asia. RYR contains monacolin K substances known to inhibit cholesterol synthesis as efficiently as statin drugs. To determine the optimal rice cultivar for manufacturing RYR, 7 rice cultivars (Goami, Goami2, Sangjuchalbyeo, Seolgaeng, Saegyejinmi, Yeonghojinmi and Chilbo) were fermented using two *Monascus* strains (*M. ruber* KCTC6122 and KCCM60141 of *M. ruber*) in this study. The monacolin K content of Sangjuchalbyeo were 47.24 ppm on KCTC6122 cultures and 117.03 ppm on KCCM60141 cultures, respectively. Other cultivars, especially Goami and Goami2, which had less content of monacolin K could not seem to ferment normally because those didn't show red color. These results imply that Sangjuchalbyeo can be optimal rice cultivar as a commercial RYR which is well fermented rice and has high content of monacolin K.

**Keywords** : *Monascus*, Monacolin K, Red yeast rice, Rice cultivar

**중국**, 일본, 태국, 인도네시아, 대만, 필리핀 등 아시아 국가에서, *Monascus*속 균주는 인간의 건강에 도움을 주는 각종 음식의 재료, 천연색소, 건강보조제로서 수백년 동안 이용되어왔다. 그 중 가장 유명한 것은 홍국쌀이고, 'red rice', 'red yeast rice, ang-kak, anka, anak, angkak, angquac, 그리고 beni-koji라는 다양한 이름으로 알려져 왔다(Patakova, 2005).

흰 백미에 홍국균(*Monascus perperereus*)을 접종하고 배양하여 만든 홍국쌀을 중국에서는 수세기 동안 식품으로서 뿐만 아니라 술을 비롯한 발효식품 제조에 향미 증진제, 또는 착색제로 사용되고 있으며 민간에서의 그 효과는 소화 촉진과 혈액 순환 개선에 효과가 있는 것으로 널리 알려져 왔다(Ma *et al.*, 2000).

홍국에는 콜레스테롤 합성 저해제인 monacolin K(lovastatin)가 함유되어 있어서 혈액 콜레스테롤 저하 작용이 있는 것으로 알려져 있으며(Wang *et al.*, 1997, Li *et al.*, 1998, Heber, 1999), 최근에는 홍국의 발효과정에서 생성되는 이차 대사산물들의 다양한 기능성이 보고되고 있다(Kwon, 2012).

홍국쌀에 함유되어 있는 azaphilone 색소들(monascidin, ankaflavin, rubropunctatin, monascorburin, rubropunctamine 및 monascorburamine)의 항염증 작용,  $\gamma$ -aminobutyric acid의 신경전달 및 혈압강하 효과, dimerumic acid, tannin, phenol 및 unsaturated fatty acids의 항산화 작용이 보고되어 있으며(Martinkova *et al.*, 1999; Akihisa *et al.*, 2005; Taira *et al.*, 2002; Lee, 2006), 알코올성 간손상에 대한 간보호작용(Cheong *et al.*, 2011), 그리고 Alzheimer's disease 발생과 관련 있는 amyloid  $\beta$ -peptide의 신경세포에 대한 독성 억제 효과(Lee, 2008) 등도 보고되고 있다.

한편, 쌀(*Oryza sativa* L.)은 전세계 인구의 60% 이상이 소비하고 있으며, 전 세계 인구의 40% 이상이 이를 주식으로 이용하고 있다(Stork *et al.*, 2005). 쌀은 에너지 공급원 뿐만 아니라 비만방지, 콜레스테롤 저하 등 인체에 다양한 생체 조절기능을 가진 식품으로 알려져 있다(Choe *et al.*,

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1217 (E-mail) han0si@korea.kr

<Received 5 March, 2014; Revised 20 March, 2014; Accepted 8 April, 2014>

2002; Kyoum *et al.*, 2006). 현재 국내 쌀 산업은 국제적인 곡물파동, 쌀에 대한 다양하고 고급화된 제품들에 대한 소비자의 요구 및 일반 식품으로서 쌀의 소비 감소 국제교역 자유화 추세들 때문에 어려움에 직면하고 있다(Kong *et al.*, 1997). 따라서 소비 및 수요 창출을 위해서는 가공률을 높이고 대량소비가 가능한 이용소재 개발과 그 품종에 적합한 가공식품 개발이 절실한 상황이다(Huh *et al.*, 2012).

미국, 유럽 등에서는 홍국을 분쇄한 분말이나 추출물을 건강기능식품으로 개발하여 제품을 판매하고 있으며, 우리나라에서도 홍국쌀을 일반 식품 혹은 건강기능식품으로 개발하여 판매하고 있다(Kim & Park, 2012).

홍국쌀을 제조할 때, 홍국쌀 제조에 적합한 균주의 선정이 필요한데, 균주의 선정은 주로 홍국균을 쌀에 접종한 후 배양하여 생산하는 monacolin K의 함량이나 색소성분의 생산량을 기준으로 진행한다. 일반적으로 monacolin K와 적색 색소의 생산량이 높은 균주를 선발하는 것이 중요하다. monacolin K 생산에 적합한 균주를 찾기 위한 방법에 관해서는 국내에 있는 35종의 *Monascus* 균주를 대상으로 액체 배지에서 균주별 배양 특성과 monacolin K 생산성 및 색소 생산성을 확인한 바 있다(Seo & Park, 2012).

하지만 홍국쌀 제조 시, 적합한 쌀의 품종에 관해서는 연구된 바가 없다. 고기능성 홍국쌀을 생산하기 위해서, 어떤 쌀 품종에서 monacolin K의 생산성이 높은지를 확인할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 균주의 배양과 monacolin K 생산에 적합한 쌀의 품종을 결정하기 위해 7종의 쌀 품종을 대상으로 비활성형(inactive monacolin K, lactone form)과 활성형 monacolin K(active monacolin K, hydroxy acid form)함량을 분석하였다. 활성형 monacolin K는  $\beta$ -하이드록시산이며, 락톤구조에서 고리 열림 반응에 의해 형성되며, 그 전구물질인 락톤구조의 비활성형 monacolin K 또한 활성형과 비슷하게 존재하며, pH 의존적으로 상호전환된다(Ana *et al.*, 2013).

## 재료 및 방법

### 홍국쌀 제조

홍국쌀 제조에 사용된 7종의 쌀 품종(고아미, 고아미2, 상주찰벼, 설갱, 세계진미, 영호진미, 칠보)은 농촌진흥청 국립식량과학원 포장에서 2012년 생산된 종자를 사용하였고, Kim & Park(2012)이 사용한 발효법으로 홍국쌀을 생산하였다. 발효법에서 사용된 균주 및 배지는 다음과 같다. 홍국쌀 제조에 사용된 홍국균은 식약처에서 건강기능식품 제조에 사용할 수 있도록 인정하고 있는 총 35개의 균주 중 *M.*

**Table 1.** Various rice cultivars used in this study for manufacturing Red Yeast Rice.

Type	Rice cultivars	The number
High Quality	Chilbo, Younghojinmi	2
High Yielding	Segejinmi	1
Processing Rice	Seolgaeng, Goami, Goami2	3
Glutinous Rice	Sangjuchalbyeon	1
Total		7

*perpureus*가 15종, *M. ruber*가 13종, *M. pilosus*가 7종이 수집되었고 이를 이용하여 실험에 사용하였다. 사용배지는 기본적으로 추천되고 있는 배지인 potato dextrose yeast extract agar(PDYA, Difco, USA), potato dextrose agar(PDA, Difco, USA), malt extract agar(MEA, Difco, USA) 등을 사용하였고, 일부 균주는 Sabouraud dextrose agar(SDA, Difco, USA), corn meal agar(CMA, Difco, USA) 배지 등을 추가로 사용하였다. 25°C에서 7일간 균체를 배양하여 사용하였고, 생리적 활성을 유지하기 위하여 1주 간격으로 계대 배양하여 실험을 진행하였다. 본 실험에서는 Park(2012)의 실험에서 monacolin K 생산량과 색소 생산량이 높은 *Monascus ruber* KCTC6122, KCCM 60141 2종의 균주를 선발하였고, 대부분의 균주가 더 빠르게 자라는 PDYA배지를 선택하였다. 홍국쌀 제조에 이용된 쌀 품종의 목록을 Table 1에 나타내었다. 다양한 품종이 사용되었는데, 고품질로 평가되는 칠보(Kim *et al.*, 2009), 영호진미(Yeo *et al.*, 2012), 그리고 수량이 높은 통일형 고품질 벼 세계진미(Cho *et al.*, 2012), 가공용 중 발효특성이 좋은 설갱(Hong *et al.*, 2011)과 고아밀로오스 품종인 고아미(Song *et al.*, 2008), 고아미2, 찹쌀 품종인 상주찰벼(Ryu *et al.*, 1988)로 총 7품종이다.

## 시 약

비활성형 monacolin K(lactone form)의 표준물질로서 Mevinolin, from *Aspergillus* sp.(Sigma-aldrich, USA)를 사용하였고, 활성형 monacolin K(acid form)의 표준물질은 비활성형 monacolin K의 표준품인 Mevinolin을 이용하여 조제하였다.

물, 아세트나이트릴 등의 용매는 J.T.Baker사(USA)의 HPLC 등급 시약을 사용하였고, 홍국쌀 추출에 사용된 에탄올은 Merck사(Germany)제품을 이용하였다. 이동상 조제에 0.1% 사용되었던 trifluoroacetic acid(TFA)는 sigma-aldrich사(USA)를 구입하였고, 모든 이동상은 0.2  $\mu$ m 필터에 여과 후 사용

하였다.

### 홍국쌀 추출 및 시료준비

시료 전처리는 각 품종별로 발효된 홍국쌀을 균일하게 분쇄하여 Kim & Park(2012)의 추출법과 식약청에서 고시한 건강기능식품의 기준 및 규격의 시험방법 III.3.6.6에 따라 준비하였다(KFDA, 2010). 시료 0.5 g을 정량하여 75% 에탄올 10 mL에 혼합한 다음 60분간 초음파 처리를 한다. 그 후 진탕배양기에서 60분간 더 추출한 다음, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 상등액을 0.2  $\mu$ m 멤브레인필터로 여과하여 시험용액으로 하였다.

### 기기분석조건

홍국균이 생산하는 주요 유용성분인 monacolin K의 분석은 B Avula(2009)에 따라 고속액체크로마토그래피를 이용하는 UPLC(Ultra-performance liquid chromatography)분석 방법으로 실험하였다(Avular *et al.*, 2009). 실제로 Monacolin K의 분석에 이용된 기기는 UPLC mass spectrometry(TQ

Detector, Acquity Ultra Performance LC, Waters)였고, monacolin K의 비활성형과 활성형을 각각 분석하였다. 컬럼은 C18 column(2.1 $\times$ 100 mm, 1.8  $\mu$ m)을 사용하여 0.1% TFA : acetonitrile = 60 : 40으로 한 용액을 이동상으로 하고 농도 변화를 주며 0.4 mL/min의 유속으로 주입하였고, UV detector 237 nm에서 정량 분석하였다

표준물질은 비활성의 경우 Sigma사로부터 구매한 메비놀린(Mevinolin, Monacolin K) 10 mg을 정밀하게 달아 75% 에탄올 50 mL에 녹여 비활성형 monacolin K 표준용액으로 사용하였고, 이 중 2 mL를 취하여 0.05 N 수산화나트륨에 탄올용액 0.5 mL를 넣고 실온에서 최소 30분 방치하여 활성형 monacolin K의 표준용액으로 사용하였다. PDA 검출기 237 nm 조건에서 정량분석하였다. LC-MS/MS 조건의 경우, 비활성형 monacolin K의 이온화 모드는 양이온 모드(ESI+)이며, 활성형 monacolin K는 음이온모드(ESI-)에서 검출이 양호하여 각 조건을 달리하여 분석하였다. LC-MS/MS 조건은 Table 2에 나타내었다.

### 통계처리

자료분석은 SAS 9.2(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) PC package를 이용하였다. 실험결과는 2번 반복값을 구하여 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었으며, 각 변수에 대해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 사후검정으로는 Duncan's multiple range test를 적용하였으며,  $\alpha=0.05$  수준에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 쌀 품종별 홍국쌀 발효

*Monascus ruber* KCTC6122과 KCCM60141 두가지 균주를 이용하여 홍국쌀을 생산한 결과는 Fig. 1과 같다. 홍국쌀 배양 후 나타나는 색은 균주의 차이에 따라서 같은 품종에서 다른 색으로 배양이 되어 생산이 되었지만, 균주보다는 품종에 따라서 매우 다르게 나타나는 경향을 보였다. 가장 붉게 생산된 쌀은 상주찰벼이고, 세계진미, 영호진미 등 붉은 정도는 비슷하였으나, 고아미는 거의 발효가 되지 않아 붉은 색소 함량이 거의 나타나지 않는 경향이였다. 붉은 색소함량이 많은 상주찰벼가 monacolin K 생산량이 많았지만, 다른 품종들을 비교해볼 때 색소와 monacolin K 함량이 상관관계가 크다고 판단되지 않는다. 이것은 Seo & Park (2012)이 monacolin K 생산균주의 대부분은 *M. ruber*에 해당하는 균주였고, 색소 생산능이 높다고 알려진 *M. purpureus* 종은 monacolin K 함량이 하나도 없는 특징을 보였다고 한

**Table 2.** UPLC-MS/MS parameters for the analysis of monacolin K.

Injection volume	2 $\mu$ L
Column	Endeavorsil C18 column (particle size 1.8 $\mu$ m, 2.1 $\times$ 100 mm, DIKMA)
Flow rate	0.4 mL/min
Column temperature	30 $^{\circ}$ C
Mobile phase	A: 0.1% TFA in H2O B: Acetonitrile
Gradient	solvent B(%) 40 50 70 100 100 40 40
Detector	PDA 237nm, TQ Detector (Acquity UPLC, Waters)
Ionization mode	Inactive (lactone form) - Positive(+) ion electrospray Active (hydroxy acid form) - Negative(-) ion electrospray
Capillary voltage	3.50 kV
Cone voltage	Inactive (lactone form) - 16 V Active (hydroxy acid form) - 20 V
Collision Energy	Inactive (lactone form) - 16 V Active (hydroxy acid form) - 22 V

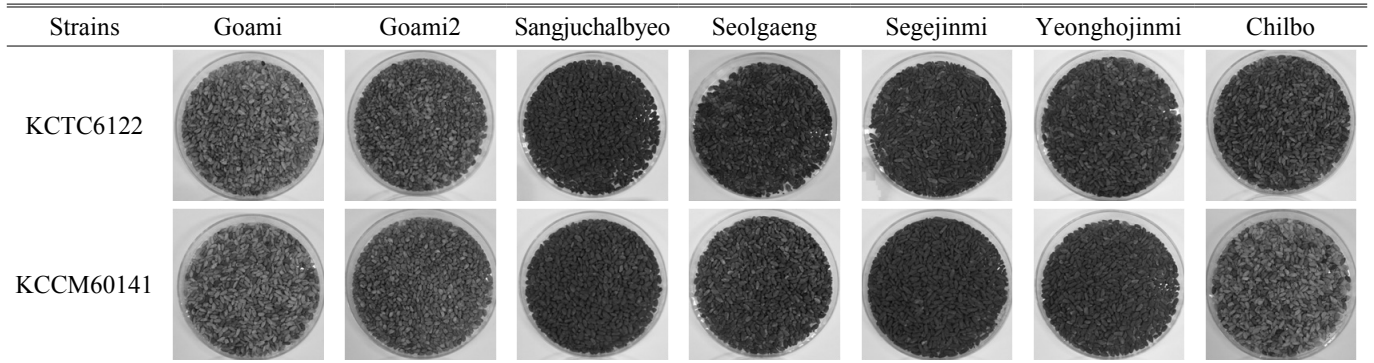


Fig. 1. RYR of various rice cultivars used in this study.

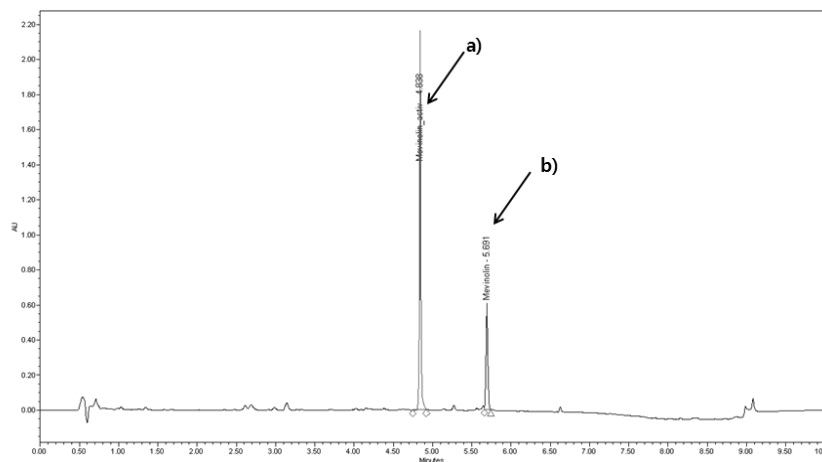


Fig. 2. UPLC chromatogram of monacolin K from red yeast rice: a) active monacolin K (acid form), b) inactive monacolin K (lactone form).

것에서도 확인할 수 있다. 본 실험에서는 *M. perpureus*종에 비해 색소생산량이 비교적 높은 *M. ruber* 두 균주를 가지고 다양한 품종별로 실험하였으며, 같은 균주라도 품종에 따라 색소 생산량이 다르다. 색소생산량만을 고려할 때, monacolin K생산을 위한 홍국쌀 품종선택에 절대적인 요소는 아니라고 판단된다.

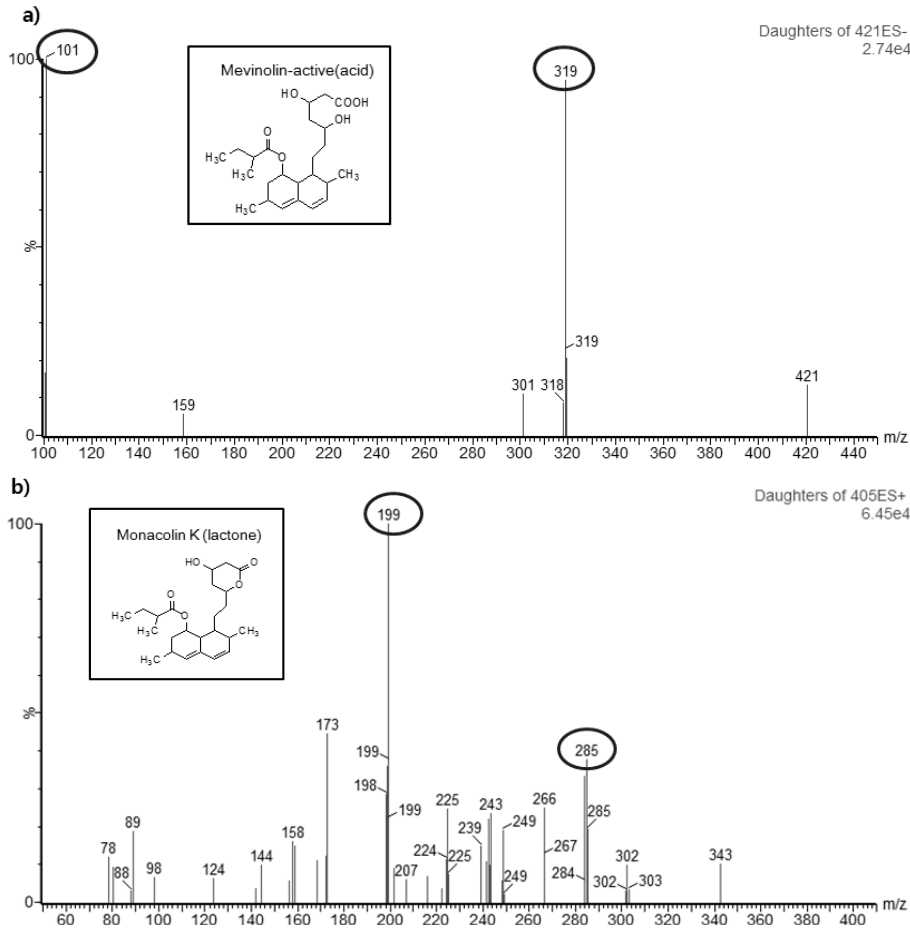
**홍국쌀의 monacolin K 분석**

홍국쌀 추출물의 monacolin K를 UPLC로 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2의 피크(peak) a)는 활성형 monacolin K을, 피크 b)는 비활성형 monacolin K의 머무름 시간(Retention time)을 나타낸다. 각각의 추출물 시료에 대한 크로마토그램을 얻었고, 그 피크의 분자량을 알기위해 질량 검출기로 분석하였다. Fig. 2의 첫 번째 피크인 활성형 monacolin K의 LC/MSMS결과는 Fig. 3의 a)에서 확인 할 수 있는데, 전기분무이온화(ESI) 방식의 음이온(-)모드에서 높은 감도를 나타내었으므로 음이온 모드를 사용하였다. 선

구이온(precursor ion)은 m/z 421을 선택하고, 충돌에너지를 가하여 m/z 101, 319의 생성이온(product ion)을 생성하여 MRM(multiple reaction monitoring)으로 검출하여 확인이온(criteria ion)으로 사용되었다. 한편, Fig. 3의 b)에서 비활성형 monacolin K의 LC/MSMS 분자량을 확인 할 수 있는데, ESI+에서 감도가 더 좋아 양이온 모드를 사용하였다. 선구이온(precursor ion)은 m/z 405로 확인하였고, 생성이온(product ion)은 m/z 199, 285이었다. 각각 홍국 추출물의 시료를 분석하여 Fig. 3의 생성이온 스펙트럼과 같은 결과를 얻었고, 비활성형과 활성형 monacolin K 선구이온 및 생성이온 분자량을 확인하였다. Table 3에서 활성형과 비활성형의 선구이온 및 생성이온 분자량에 대해 정리해서 나타내었다.

**홍국쌀의 쌀 품종별 monacolin K 함량**

홍국균 *M. ruber* KCTC6122와 *M. ruber* KCCM60141의 균주에 따른 쌀 품종별 홍국쌀의 monacolin K 함량에 대한 결과는 Table 4와 Table 5에 각각 나타내었다. KCTC 6122



**Fig. 3.** LC/MSMS spectrums: a) Product ion of active monacolin K by ESI- mode, b) Product ion of inactive monacolin K by ESI+ mode.

**Table 3.** MS spectral data of active and inactive monacolin K from RYR.

Compound	Precursor ion	Product ion (m/z)
Active monacolin K	421 m/z	101, 319 m/z
Inactive monacolin K	405 m/z	199, 285 m/z

균주를 이용하여 7 품종의 홍국쌀을 분석한 결과, 상주찰벼가 비활성형과 활성형 monacolin K 모두 가장 높은 함량을 나타내었고, 총 monacolin K 함량이 47.24 ppm으로 유의성 있는 결과값을 얻었다(Table 4). 비활성형에 비해서 활성형 monacolin K 함량이 5배 이상 높은 결과를 보였다. 그 다음으로 설갱과 세계진미가 각각 3.10, 3.07ppm으로 상주찰벼에 보다 현저하게 낮은 함량이었지만, 그 외 다른 4 품종의 결과에 비해 유의하게 높은 함량을 나타냈다.

KCCM60141균주를 이용하여 홍국쌀을 분석한 결과는 상주찰벼가 비활성형과 활성형 monacolin K 함량 모두 가장 높게 나타났고, 총 monacolin K 함량이 117.03 ppm으로

유의성 있는 결과를 얻었다(Table 5). 그리고 KCTC6122 균주에 생산한 상주찰벼 품종의 홍국쌀에 비해 2배 이상의 높은 총 monacolin K 함량을 나타내었다. 활성형 monacolin K가 1.6배하였지만, 비활성형 monacolin K 함량은 5배가량 증가하였다.

Alfred(1988)에 의하면 낮은 복용량에서는(in vivo) 활성형과 비활성형 monacolin K 모두 같은 억제활성을 보이지만, 복용량이 많아지거나, 좀 더 높은 농도가 될 때는 활성형 monacolin K(hydroxy acid)의 활성이 더 효과적이다. 하지만, 로바스타틴 같은 비활성형 monacolin K가 전구약물(prodrug)로서, 간에서 대사작용에 의해 활성형 monacolin K로 전환된다(Alfred, 1988). 따라서, KCCM 60141균주에서 발효된 상주찰벼가 활성형에 비해 비활성형 monacolin K의 많은 양이 증가하였지만, 체내에서 활성형으로 전환된다고 할 수 있으므로 총 유용성분 생산량이 47.24 ppm에서 117.03 ppm으로 약 2.5배 정도 증가된 것으로 보여진다. 그 외 다

**Table 4.** Monacolin K production by *M. ruber* KCTC6122.

Type	Goami	Goami2	Sangjuchalbyeo	Seolgaeng	Segejinmi	Younghojinmi	Chilbo
Inactive	0.01± 0.01 <sup>1)2)b</sup>	0.05± 0.00 <sup>b</sup>	7.56± 0.35 <sup>a</sup>	0.35± 0.08 <sup>b</sup>	0.31± 0.11 <sup>b</sup>	0.26± 0.00 <sup>b</sup>	0.15± 0.00 <sup>b</sup>
Active	0.23± 0.00 <sup>c</sup>	0.81± 0.02 <sup>c</sup>	39.68± 1.01 <sup>a</sup>	2.75± 0.02 <sup>b</sup>	2.76± 0.70 <sup>b</sup>	0.53± 0.04 <sup>c</sup>	0.22± 0.01 <sup>c</sup>
Total monacolin K	0.23± 0.00 <sup>c</sup>	0.86± 0.03 <sup>c</sup>	47.24± 0.66 <sup>a</sup>	3.10± 0.06 <sup>b</sup>	3.07± 0.59 <sup>b</sup>	0.79± 0.05 <sup>c</sup>	0.37± 0.01 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> All values are mean ±SD (n=3).

<sup>2)</sup> Means are significantly different( $\rho < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

**Table 5.** Monacolin K production by *M. ruber* KCCM60141.

Type	Goami	Goami2	Sangjuchalbyeo	Seolgaeng	Segejinmi	Younghojinmi	Chilbo
Inactive	0.04± 0.01 <sup>1)2)d</sup>	0.15± 0.01 <sup>d</sup>	52.73± 1.56 <sup>a</sup>	1.55± 0.01 <sup>c</sup>	3.91± 0.13 <sup>b</sup>	1.13± 0.06 <sup>cd</sup>	1.16± 0.03 <sup>cd</sup>
Active	0.40± 0.03 <sup>d</sup>	3.66± 0.01 <sup>c</sup>	64.30± 2.21 <sup>a</sup>	2.60± 0.09 <sup>cd</sup>	12.71± 0.08 <sup>b</sup>	1.30± 0.08 <sup>d</sup>	2.22± 0.72 <sup>cd</sup>
Total monacolin K	0.43± 0.03 <sup>c</sup>	3.80± 0.00 <sup>cd</sup>	117.03± 3.78 <sup>a</sup>	4.15± 0.10 <sup>c</sup>	16.62± 0.21 <sup>b</sup>	2.43± 0.140 <sup>cd</sup>	3.38± 0.74 <sup>cd</sup>

<sup>1)</sup> All values are mean ±SD (n=3).

<sup>2)</sup> Means are significantly different( $\rho < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

른 품종의 monacolin K 함량도 KCCM60141의 균주에서 생산한 홍국쌀이 KCTC6122을 이용하여 생산한 홍국쌀 보다 전체적으로 높은 경향이였다. 이 결과값으로 판단할 때, *M. ruber* KCCM60141이 KCTC 6122에 비해 홍국쌀 제조에 더욱 적합하다고 사료된다. 또한, 쌀 품종 중에서 상주찰벼로 홍국쌀을 가공했을 때 monacolin K 생산량을 가장 높게 함유하므로, 고품질 홍국쌀을 생산할 수 있을 것이라고 판단된다.

## 적 요

혈중 콜레스테롤 저하작용이 있는 monacolin K 고함유 홍국쌀 생산을 위해 2종의 홍국 균주와 7종의 쌀 품종을 사용하여 홍국쌀을 생산하였다. 생산된 홍국쌀의 monacolin K 함량을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 발효된 홍국쌀의 색은 균주에 비해 품종에 따라 차이가 크게 나는 경향이였으며, 상주찰벼가 붉은 색소 함량이 높았지만, monacolin K 생산량과 붉은 색소의 정도가 상관관계가 크다고 판단할 수 없다.
2. 홍국추출물을 UPLC로 이용하여 활성형 monacolin K와 비활성형 monacolin K가 분리 되었고, LC-MS/MS로 분자량을 확인한 결과, 활성형과 비활성형 monacolin

K의 선구이온(precursor ion)은 각각 m/z 421, 405였고, 생성이온(product ion) 중 활성형은 m/z 101,319, 비활성형은 m/z 199, 285의 분자량을 확인하였다.

3. *M. ruber* KCTC6122과 *M. ruber* KCCM60141 균주를 이용하여 쌀 품종별로 생산한 홍국쌀의 monacolin K 함량을 분석한 결과, 상주찰벼가 각각 47.24, 117.03ppm으로 가장 많은 함량을 나타내었다.
4. 7종의 품종을 비교했을 때, *M. ruber* KCCM60141이 KCTC6122과 비교하여 monacolin K 생산량이 더 높은 균주이고, 그 중 상주찰벼를 이용하는 것이 홍국쌀 생산에 적절한 품종 선택이라고 판단된다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 기관고유사업(과제번호: PJ009257)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인용문헌(REFERENCES)

- Ana, M., S. Miranda, and N. Biljana. 2013. Development of a rapid LC/DAD/FLD/MSn method for the simultaneous determination of monacolins and citrinin in red fermented

- rice products, *J. Agric. Food Chem.* 61 : 1072-1080
- Akihisa, T., H. Tokuda, K. Yasukawa, M. Ukiya, A. Kiyota, and N. Sakamoto. 2005. Azaphilones, furanoisophthalides, and amino acids from the extracts of *Monascus pilosus*-fermented rice (red-mold rice) and their chemopreventive effects. *J Agric Food Chem.* 53 : 562-565.
- Alfred, W. Alberts. 1988. Discovery, biochemistry and biology of lovastatin, *The American Journal of Cardiology.* 62 : 10-15.
- Avular, B., Y. H. Wang, T. S. Smillie, and I. A. Khan. 2009. Quantitative determination of lovastatin from dietary supplements containing red yeast rice extracts by using HPLC-UV-MS and UPLC-UV-MS methods, *planta medica.* 75 : 72.
- Cheng, C. and T. M. Pan. 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.
- Cho, J. H., N. B. Park, Y. C. Song, U. S. Yeo, U. G. Ha, and K. H. Jung. 2012. 'Saegyejinmi': Multiple disease resistance and mid-late maturing tongil type rice cultivar. *Kor. J. Breed. Sci.* 44(4) : 611-616.
- Choe, J. S., H. H. Ahn, and H. J. Nam. 2002. Comparison of nutritional composition in Korean rices. *K Korean Soc Food SciNutr.* 31 : 885-892,
- Heber, D., I. Yip, and J. M. Ashley. 1999. Cholesterol-lowering effects of a proprietary Chinese red-yeast-rice dietary supplement. *Am J Clin Nutr* 69 : 231-236.
- Hong, H. C., H. P. Moon, H. C. Choi, Y. G. Hwang, and Y. G. Kim. 2011. A lodging tolerant, opaque rice cultivar 'Seolgaeng'. *Kor. J. Breed. Sci.* 43(6) : 532-537
- Huh, C. K., J. W. Lee, and Y. D. Kim. 2012. Fermentation and quality characteristics of yakju according to different rice varieties. *Korean J. Food Preserv.* 19(6) : 925-932.
- KFDA, 2010. Health functional food code, Korea food and drug administration, Seoul, Korea.
- Kim, J. I., J. K. Chang, N. B. Park, U. S. Yeo, B. G. Oh, and J. H. Kang. 2009. A new high quality rice variety with high head rice ratio and milling recovery, "Chilbo" *Korean J. Breed. Sci.* 41(4) : 547-551
- Kim, K. S. and Y. J. Park. 2012. Characteristics of growth, monacolin K and pigment production by *Monascus* strains on plate culture, *Food Engineering Progress,* 16(4) : 347-354.
- Kong, X. D., H. X. Zhang, and X. J. Liu. 1997. Development of economical characters of japonica variety and prospects of high yield breeding. *Jiangsu Agric Sci.* 3 : 2-16.
- Kwon, C. S. 2012. Antioxidant properties of red yeast rice (*Monascus purpureus*) Extracts, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41(4) : 437-442.
- Kyoun, O. Y., S. H. Oh, H. J. Kim, Y. K. Yoon, H. M. Kim, and M. R. Kim. 2006. Analyses of nutrients and antinutrients of rice cultivars. *Korean J. Food Cookery Sci.* 22 : 949-956.
- Lee, C. L., J. J. Wang, S. K. L. Kuo, and T. M. Pan. 2006. *Monascus* fermentation of dioscorea for increasing the production of cholesterol-lowering agent-monacolin K and anti inflammation agent-monascin. *Appl. Microbiol Biotechnol.* 72 : 1254-1262.
- Lee, C. L., J. J. Wang, and T. M. Pan. 2008. Red mold rice extract represses amyloid beta peptide-induced neurotoxicity via potent synergism of anti-inflammatory and antioxidative effect. *Appl. Microbiol. Cell Physiol.* 79 : 829-841.
- Li, C. L., Y. Zhu, and Y. Wang. 1998. *Monascus purpureus*-fermented rice (red yeast rice): a natural food product that66 lowers blood cholesterol in animal models of hypercholesterolemia. *Nutr. Res.* 18 : 71-81.
- Martinkova, L., P. Patakova-Juzlova, V. Krent, Z. Kucerova, V. Havlicek, P. Olsovsky. 1999. Biological activities of oligoketide pigments of *Monascus purpureus*. *Food Addit Contam.* 16 : 15-24.
- Ma, J., Y. Li, Q. Ye, J. Li, Y. Hua, D. Ju, D. Zhang, R. Cooper, and M. Chang. 2000. Constituents of red yeast rice, a traditional chinese food and medicine. *J Agric Food Chem.* 48 : 5220-5225.
- Patakova, P. 2005. Red yeast rice. In: McGraw-Hill yearbook of science and technology, McGraw-Hill, New York. 286-288. ISBN 0-07-144504-8.
- Seo, J. W. and Y. J. Park. 2012. Characteristics of Growth, Pigment and Monacolin K Production by *Monascus* strains in Liquid Culture, *Korean Society Biotechnology and Bioengineering Journal.* 27 : 301-307.
- Song, Y. C., S. J. Lim, J. S. Lee, and H. Y. Kim. 2008. A New high amylose rice variety "Goamibyeo," *Korean J. Breed. Sci.* 40(4) : 447-451.
- Stork, C. R., L. P. Silva, and C. A. A. Fagundes. 2005. Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition. *J Food com Anal,* 18 : 333-341.
- Ryu, K. R., Y. C. Song, S. J. Lim, and S. C. Kim. 1988. A waxy rice variety with semi-early maturity, high quality, high yielding and resistance to blast "Sangjuchalbyeo." *Korean J. Breed. Sci.* 30(4) : 386.
- Taira, J., C. Miyagi, and Y. Aniya. 2002. Dimerumic acid as an antioxidant from the mold, *Monascus anka*: the inhibition mechanisms against lipid peroxidation and heme-protein-mediated oxidation. *Biochem. Pharmacol.* 63 : 1019-1026.
- Wang, J., Z. Lu, and J. Chi. 1997. A multi-center clinical trial of the serum lipid lowering effects of a *Monascus purpureus* (red yeast) rice preparation from traditional Chinese medicine. *Curr Ther Res.* 58 : 964-978.
- Yeo, U. S., C. S. Kim, J. H. Lee, D. Y. Kwak, J. H. Cho, D. S. Park, and Y. C. Song. 2012. 'Yeonghojinmi': High grain quality, multiple disease resistance, and mid-late rice cultivar, *Kor. J. Breed. Sci.* 44(2) : 180-184.