KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 35, No. 5, pp. 830~834 (2003)

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
©The Korean Society of Food Science and Technology

홍국으로부터의 monacolin K 생성 및 추출 최적화

곽은정 · 차성관 · 임성일*
한국식품개발연구원

The Optimal Condition for the Production and Extraction of Monacolin K from Red-Koji

Eun-Jung Kwak, Seong-Kwan Cha and Seong-Il Lim*
Korea Food Research Institute

The optimal condition for the production and extraction of monacolin K was reported. HPLC was used to determine monacolin K a kind of metabolite of *Monascus* from red-koji made of *Monascus purpureus* CBS 281.34. After culturing *Monascus* in solid and liquid media at 30°C for 10 days, each of these were inoculated with soybean, wheat, barley, waxy rice, and rice and cultivated at 30°C for 11 days. The production of monacolin K was the highest (0.35 g/100 g) when cultured with rice. The yield of monacolin K in red-koji increased with drying temperature and time according to the removal of water. Considering monacolin K content and the degree of death of *Monascus*, red-koji was dried at 80°C for 60 min. Although monacolin K in red-koji was mostly extracted by 80% ethanol, there was no difference in monacolin K between shaking for 1 min and extraction for 0~24 hr after sonication for 7 mim. The extracted yield of monacolin K was the highest when the ratio of red-koji and 80% ethanol was 1 : 9. Moreover, the production of monacolin K appeared to be parallel with that of the pigment.

Key words: *Monascus purpureus*, red-koji, monacolin K, pigment

서 론

홍국은 *Monascus*속 곰팡이를 백미에 증식시켜 만든 koji로 600여 년 전부터 중국, 대만 등지에서 술, 두부, 어육제품의 착색제[1-3]나 보존제[2,3]로 사용해 왔다. *Monascus*속 곰팡이가 생산하는 색은 자색에서 적색을 띄며[4], 홍국 색소는 황색의 monascin과 ankaflavin, 오렌지색의 rubropunctatin과 monascorubrin, 적색의 rubropunctamine과 monascorubramine 등 10여 종 이상의 색소가 복합적으로 구성되어 있는 것으로 밝혀졌다[1,5,6]. 또한 홍국은 항균 및 진균 효과[7,8]와 함께 콜레스테롤 생합성을 억제하거나, 혈압강하 및 혈관이완 효과 등 다양한 약리 효능[4,9,10]을 갖는 것으로도 알려져 있다. 최근 홍국균 대사산물의 일종인 monacolin K가 혈중 지질을 저하시킨다[11]는 것이 입증되었고[12,13], 혈중 catalase 활성을 증가시켜 H_2O_2와 같은 활성산소에 의한 동맥경화증의 예방 기능 등의 효과도 보고[14]되는 등 홍국을 이용해 새로운 기능성 건강식품을 개발하려는데 관심이 모아지고 있다.

이와 같이 기능성 성분인 monacolin K에 관해서는 임상효과[10-15], 측정조건[1,16-18], 생성경로[19,20], monacolin K를 생산해 내는 균주탐색[21] 등이 연구되어 왔으나 monacolin K의 최적 생성 및 추출조건에 관한 보고는 거의 찾아 볼 수 없다.

이에 본 연구에서는 monacolin K의 약리 효과를 새로운 기능성 건강식품의 개발에 응용하기 위한 기초연구로써 배지성분과 배양조건을 달리해 제조한 홍국을 가지고 다양한 추출조건에서 monacolin K의 생성과 추출의 최적화를 위해 행하였다.

*Corresponding author : Seong-Il Lim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-ku, Seongnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea
Tel: 82-31-780-9277
Fax: 82-31-780-9234
E-mail: silim@kfri.re.kr

재료 및 실험방법

재료 및 시약

콩, 밀, 보리, 찹쌀, 백미는 시중(경기도 성남) 재래시장에서 구입하여 사용하였다. Monacolin K 추출용 ethanol, methanol, ethylacetate, water는 HPLC분석용(Fisher Co. USA)을 사용하였다. 표준품 monacolin K(mevinolin)는 Sigma사로부터 구입하여 사용하였다.

홍국 종균 및 홍국 제조

홍국균 *Monascus purpureus* CBS 281.34는 한국식품개발연

구원에 보관중인 것을 사용하였다. 홍국 제조를 위한 종균으로는 고체와 액체배지에서 배양한 홍국균을 사용하였다. 고체 배양한 종균은 PDA(potato dextrose agar: Difco Co. USA) 배지를 사용하여 30°C에서 4일간 균체를 배양한 후, 배지 중량의 10%에 상당하는 멸균수를 배지에 첨가하고 분쇄하여 사용하였다. 액체 배양한 종균은 rice powder 3%, sodium nitrate 0.15%, magnesium sulfate 0.1%, potassium dihydrogen phosphate 0.25% 조성의 액체 배지 50 mL에 PDA 배지에서 배양한 균주 1 백금이를 접종해 30°C에서 4일간 진탕 배양하여 사용하였다.

홍국 제조를 위한 콩, 밀, 보리, 찹쌀, 백미는 일야 수침하여 탈수한 후 스테인레스체에 담아 120°C에서 20분간 증자하였다. 다음 증자한 곡물에 고체나 액체배지에서 배양한 종균을 5%가 되도록 접종하고, 1.5 kg을 아크릴재질의 상자(30×30×10 cm^3)에 담아 2겹의 거즈로 덮은 후 인큐베이터(48×45×50 cm^3)에 상하로 2상자씩을 넣었다. 그리고 이들을 30°C에서 10일간 배양한 후 건조, 제분하여 사용하였다.

건조조건에 따른 monacolin K 함량

백미에 홍국균을 배양하여 제조한 홍국(이하 홍국)을 건조기를 이용하여 80°C와 100°C에서 20, 40, 60분간 건조하였다. Monacolin K 측정에는 홍국 분말 1 g에 ethanol 9 mL을 가해 인위적으로 1분간 상하로 흔들어 추출한 상등액을 사용하였다. 대조구로는 배양 직후 건조하지 않은 홍국을 사용하였다. 또한 건조온도와 시간을 달리하여 제조한 홍국 분말을 PDA배지에 백금이로 도말하여 30°C에서 4일간 배양한 후 건조온도와 시간에 따른 홍국균의 사멸 정도를 알아보았다.

추출조건에 따른 monacolin K 함량

추출용매에 따른 monacolin K 함량의 차이는 홍국 분말 1 g에 ethanol, methanol, ethylacetate, water 9 mL을 각각 가하고 건조조건에 따른 측정 시와 동일한 방법에 의해 알아보았다. 추출 방법에 따른 차이는 건조조건에 따른 측정 시와 동일하게 monacolin K를 추출하거나, 초음파기(Sonic & Materials Inc. USA)를 사용하여 7분간 균체를 파쇄하고 3, 6, 12, 24시간 방치 후 여과하여(Wattman No. 2) 얻은 상등액을 사용하여 알아보았다. Ethanol 농도에 따른 차이는 홍국 분말 1 g에 0, 20, 40, 60, 80, 100% ethanol 9 mL을 가해 건조조건에 따른 측정 시와 동일한 방법에 의해 알아보았다. 그리고 홍국 분말과 ethanol간 비율에 따른 차이는 홍국 분말 1, 0.5, 0.25 g에 80% ethanol 9, 9.5, 9.75 mL을 각각 가해 홍국 분말과 ethanol간의 비율을 각각 10, 20, 40배로 하여 건조조건에 따른 측정 시와 동일한 방법에 의해 알아보았다.

Monacolin K 함량측정

Monacolin K를 추출한 후 HPLC(Jasco PU-987 pump, Tokyo, Japan)를 이용하여 함량을 측정하였다. HPLC 분석은 hypersil ODS column(5 μm pore size; 150×4.6 mm; Supelco Inc.)을 사용하여 acetonitrile: 0.1% phosphoroc acid = 65 : 35(v/v)로 한 용액을 이동상으로 하고 1 mL/min의 유속으로 10 μL를 투여 시 238 nm(Jasco UV-975 detector, Tokyo, Japan)에서 측정하였다. 그 함량은 표준물질로 같은 조건에서 작성한 검량선으로부터 산출하였다.

홍국 색소 측정

홍국 분말에 0, 20, 40, 60, 80, 100% ethanol을 가해 이들 ethanol 용액 가용성 모든 홍국 색소를 추출하고 적정 농도로 희석한 후 500 nm에서 흡광도를 측정한(Hewlett Packard spectrophotometer, model 8753, Germany) 것을 홍국 색소 추출양으로 하였다.

결과처리

실험결과는 2차례의 평균값을 구하여 mean±standard deviation으로 나타내었다.

결과 및 고찰

Monacolin K의 생산조건

콩, 밀, 보리, 찹쌀 및 백미에 고체와 액체배지에서 배양한 홍국균 종균을 접종 시의 monacolin K의 함량(Table 1)은 쌀에서 가장 많은 양의 monacolin K를 생성하였고 다음으로 밀과 보리인 것으로 나타났다. 콩과 찹쌀에서는 거의 생성되지 않았다. 이는 쌀 배지의 경우 탄소나 질소원 등이 홍국균의 생육에 적합하며 쌀 입자간에 산소가 통기할 수 있는 공간이 적당히 형성되어 호기성인 홍국균의 배양에 이상적이나, 콩은 산소가 통기할 수 있는 공간은 형성되어 있지만 영양원이 홍국균에 적합하지 않고, 찹쌀의 경우는 증자 후 강한 찰기가 형성되 홍국균이 균일하게 배양될 수 없었기 때문인 것으로 사료된다. 밀 이용 홍국에서는 고체 배양한 홍국균을 백미에 접종한 홍국의 약 1/9, 보리 이용 홍국은 1/90 정도만의 monacolin K가 생성되었다. Kang 등[9]은 메밀을 이용해 홍국을 제조 시 홍국균의 종류에 따라 0.035 g과 0.041 g/100 g의 monacolin K가 생산되어 백미보다 15배나 많은 monacolin K가 생성되었다고 보고하였다. Ma 등[11]도 상업적 홍국에서 추출된 총 monacolin 함량은 0.4%w/w 정도이며 이중 monacolin K는 0.2%에 이르는 것으로 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 monacolin K 함량이 메밀에서 생성된 양보다 약 10배나 많이 백미에서 생성되었는데 이는 균주, 영양원, 배양조건 등에 따라 생성량에 큰 차이를 나타내는 것[22]으로 사료되었다. 따라서 콩, 밀, 보리, 찹쌀, 백미의 5종의 곡물 중에서는 백미가 가장 많은 양의 monacolin K를 생성하여 홍국 생성에 가장 적당한 것을 알 수 있었으며, 실

Table 1. The effect of the culture condition on the monacolin K contents (g/100g)[1)]

	Liquid culture	Solid culture
Soybean	0.000±0.00[2)]	0.000±0.00
Wheat	0.030±0.00	0.038±0.00
Barley	0.008±0.00	0.004±0.00
Waxy rice	0.001±0.00	0.002±0.00
Rice	0.289±0.03	0.354±0.02

[1)]Monacolin K was extracted after shaking for 1 min from the mixture solution of 1 g of red-koji flour and 9 mL of ethanol.
[2)]Mean±standard deviation (n=2).

Table 2. The effect of drying temperature and time of red-koji on the monacolin K contents

Drying condition	Moisture (%)	Monacolin K[1] (g/100 g)	Degree of cell growth
Control[2]	58.22±0.35[3] (41.78)[4]	0.199±0.01	+++[6]
80°C, 20 min	37.13±0.23 (62.89)	0.255±0.01 (0.299)[5]	++
40 min	22.60±0.18 (77.40)	0.298±0.02 (0.368)	+
60 min	10.94±0.05 (89.06)	0.354±0.02 (0.424)	-
100°C, 20 min	21.57±0.13 (78.43)	0.280±0.01 (0.373)	-
40 min	9.38±0.07 (90.62)	0.330±0.02 (0.431)	-
60 min	4.54±0.05 (98.46)	0.368±0.03 (0.455)	-

[1]Monacolin K was extracted after shaking for 1 min from the mixture solution of 1 g of red-koji flour and 9 mL of ethanol.
[2]Control was used the red-koji prepared immediately without drying.
[3]Mean±standard deviation (n=2).
[4]Dry weight basis of red-koji (%).
[5]Values of monacolin K calculated as the dry weight basis.
[6]+; grown, -; not grown.

험에 사용한 홍국균 *Monascus purpureus* CBS 281.34는 보고된 연구에 사용한 홍국균 *Monascus ruber*보다 monacolin K 생성능력이 우수한 것으로 나타났다.

한편 고체와 액체배지로 종균 배양조건을 달리 하였을 때 monacolin K 생성량의 차이는 거의 없었으나, 고체 배양한 홍국균을 접종한 경우 다소 높은 경향이었다(Table 1). 이는 수분함량의 차이 때문인 것으로 사료된다.

홍국 제조의 최적 건조조건

홍국을 기능성 건강식품 제조에 이용하기 위해서는 홍국을 건조·멸균 상태로 하여 보존기간을 늘려 유통시켜야 한다. 이에 80°C와 100°C에서 20~60분간 가열건조 시, 건조온도와 건조시간이 증가함에 따라 monacolin K의 수율은 증가하였으나, 그 함량에는 차이가 없었다(Table 2). 이는 대조구의 수분함량이 58.22%인데 비해 80°C와 100°C에서 60분간 건조 시 각각 10.94%와 4.5%로 크게 감소된 결과에서와 같이 건조에 따른 수분증발로 인해 상대적으로 monacolin K 함량이 증가했기 때문이다. 따라서 건조조건에 따른 monacolin K의 수율은 고온에서의 가열건조에 따른 monacolin K의 안정성을 고려했을 때 단순한 수율 비교보다는 수분함량을 배제한 건물량을 기준으로 하여 비교해야 할 것으로 사료되었다. 이 같은 사항을 고려해 가열에 따른 monacolin K의 파괴 등의 우려가 없는 대조구(건물량 41.78%)의 monacolin K 함량에 대해 건조처리에 따라 건물량이 62~95%로 증가시의 monacolin K 함량을 비례적으로 계산해서 그의 값을 나타냈다.

그 결과 각 온도에서 건조시간이 증가함에 따라 실제로 얻어진 monacolin K 함량은 수분함량을 배제한 건물량만으로 계산된 함량에 비해 낮았으며, 이 같은 현상은 동일 건조시간이라도 80°C보다 100°C에서 현저하였다. 즉 80°C에서 60분간 건조한 경우 건물량만으로 계산된 monacolin K 함량은 0.424 g/100 g이나 실제로는 0.354 g만 얻어졌으며, 100°C에서 60분간 건조한 경우는 계산치가 0.455 g/100 g이나 0.368 g만 얻어져 각각 0.070 및 0.087 g씩 수율이 감소하였다. 건물량만으로 계산된 함량과 실제 수율량간의 차이가 가장 적은 조건은 80°C에서 20분간 건조한 경우였으며, 본 실험의 건조조건에 따라 약 15~25%까지의 수율이 계산치보다 감소한 사실로부터 monacolin K는 가열건조에 다소 안정하지 못한 것으로 사료되었다. 한편 홍국균은 100°C에서 20분 건조해도 사멸되었으나, 80°C에서는 건조시간에 비례해 사멸정도가 증가하였고 60분은 건조해야 사멸되는 것으로 나타났다. 이후 monacolin K의 수율과 홍국균의 사멸정도를 고려해 홍국은 80°C에서 60분 건조하여 사용하였다.

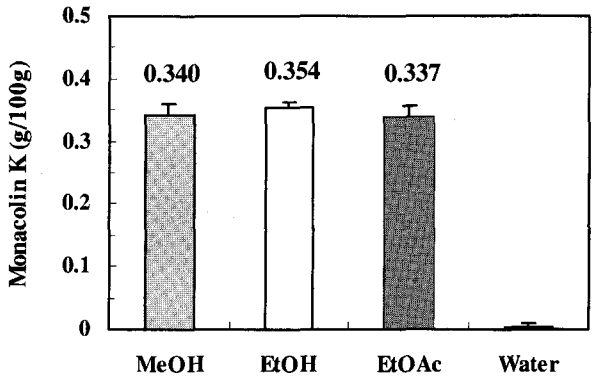

Fig. 1. Effect of solvent on monacolin K contents from red-koji. Monacolin K was extracted after shaking for 1 min from the mixture solution of 1 g of red-koji flour and 9 mL of solvent. Each value is the mean for two replicates, and the vertical bars indicate standard deviations.

Monacolin K의 최적 추출조건

용매에 따른 monacolin K의 최적 추출조건을 확립하기 위해 ethanol, methanol, ethyl acetate, 물을 사용하여 monacolin K를 추출하고 그 함량을 측정한 결과(Fig. 1), monacolin K는 ethanol로 추출한 경우 최대값을 나타내었으며 물에서는 거의 추출되지 않은 것으로 보아 유기용매 가용성임을 알 수 있었다. 그리고 유기용매간에는 큰 차이가 없었다.

Monacolin K의 추출 수율이 가장 높게 나타난 ethanol을 용매로 사용하여 추출방법 및 sonication후 방치시간별에 따른 monacolin K 함량을 측정하여 최적 추출 조건을 알아본 결과, Table 3에서와 같이 인위적으로 1분간 흔들어 추출한 후 즉시 측정한 경우나 7분간 초음파기로 균체를 파쇄하고 0~24시간 방치하면서 추출해도 monacolin K 함량은 거의 유사하였다. 이 결과로부터 monacolin K는 균체외 분비성 대

Table 3. The effect of extraction method and time on monacolin K contents (g/100 g)

Extraction time (hr)	Immediate extraction[1)]	Extraction after sonication[2)]
0	0.354±0.02[3)]	0.350±0.02
3	-	0.354±0.02
6	-	0.370±0.03
12	-	0.370±0.02
24	-	0.370±0.04

[1)]Monacolin K was extracted after shaking for 1 min from the mixture solution of 1 g of red-koji flour and 9 mL of ethanol.
[2)]Monacolin K was extracted after sonication for 7 min from the mixture solution of 1 g of red-koji and 9 mL of ethanol.
[3)]Mean±standard deviation (n=2).

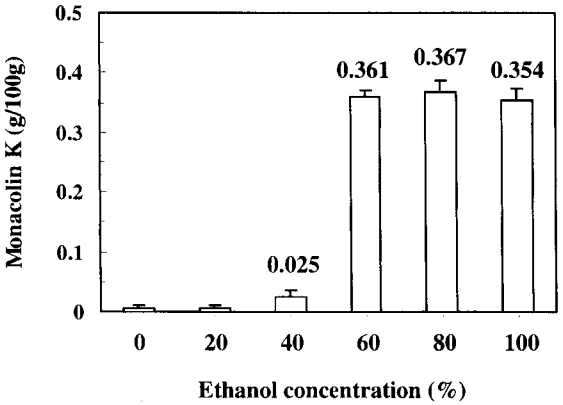

Fig. 2. Effect of ethanol concentration on monacolin K contents from red-koji.
Monacolin K was extracted after shaking for 1 min from the mixture solution of 1 g of red-koji flour and 9 mL of each ethanol solution. Each value is the mean for two replicates, and the vertical bars indicate standard deviations.

사산물임을 알 수 있었다.

또한 ethanol을 용매로 사용하여 농도를 0, 20, 40, 60, 80, 100%로 달리하여 monacolin K의 추출량을 비교한 결과(Fig. 2), ethanol 농도가 증가함에 따라 monacolin K의 추출량이 증가하였다. Ethanol 농도가 60% 이상에서의 추출량에는 큰 차이를 볼 수 없었으나 최적 ethanol 농도는 80%인 것으로 나타났다.

마지막으로 홍국 분말에 대한 80% ethanol의 첨가량을 10, 20, 40배로 하여 monacolin K를 추출한 후 이의 함량을 측정한 결과(Fig. 3), 10배 비율로 추출했을 때가 추출량이 가장 많았으나 비율간의 차이는 크지 않았다.

홍국 색소

Monacolin K와 대표적인 *Monascus*속 곰팡이의 대사산물의 하나인 색소와의 관계를 알아보기 위해 500 nm에서의 ethanol 농도별 모든 홍국 색소 함량을 측정하였다(Fig. 4). 그 함량은 monacolin K 추출량과 평행하게 증가하였다. 한편 색소 생성량이 많은 홍국은 monacolin K 함량도 높은 경향으로 나타나, 색소와 monacolin K는 비례적으로 생성되는 것으로 나타났다. 이는 곰팡이에서 생성되는 색소를 포함한

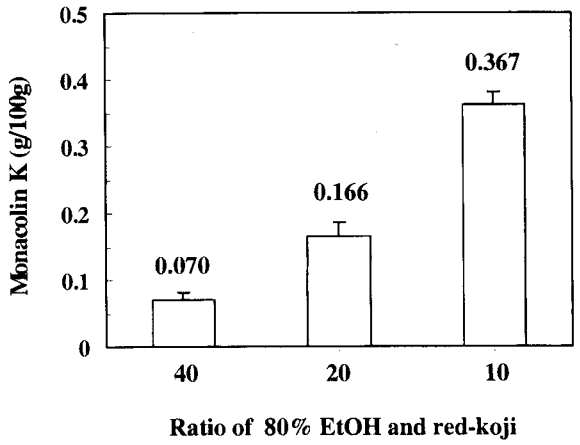

Fig. 3. Effect of ratio of 80% ethanol and red-koji on monacolin K contents.
Monacolin K was extracted after shaking for 1 min from the mixture solution of red-koji flour and 80% ethanol with 10, 20 and 40 times which were the ratios between red-koji and 80% ethanol. Each value is the mean for two replicates, and the vertical bars indicate standard deviations.

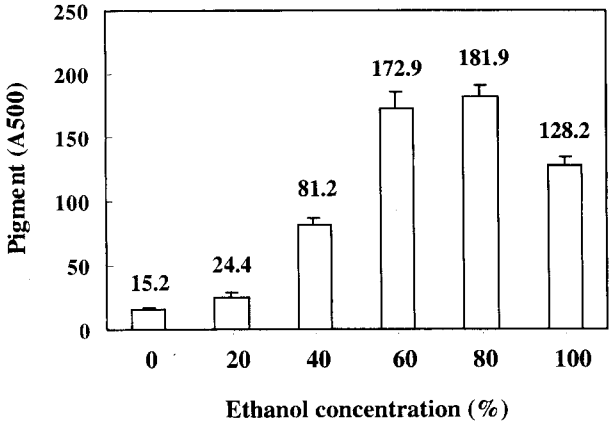

Fig. 4. Pigment extraction according to ethanol concentration.
Pigment was extracted after shaking for 1 min from the mixture solution of 1 g of red-koji flour and 9 mL of each ethanol solution. Each value is the mean for two replicates, and the vertical bars indicate standard deviations.

많은 2차 대사산물들이 공통적인 polyketide pathway를 경유해 합성되기 때문인 것으로 사료되었다[19,20]. 홍국 색소는 80% ethanol에서 최고치를 나타내 monacolin K 함량의 결과와도 일치하였다. 또한 Lee 등[23]은 순수 홍국균 배양액을 ethanol로 추출 시 80%농도에서 가장 다량의 색소가 추출되었다고 한 결과와도 일치하였다. 그러나 맛살, 소시지 햄 등에서 홍국 색소를 추출할 경우는 100% ethanol에서의 색소 추출율이 최고였다고 보고하여[6] 식품중의 색소 추출 시는 다소 다른 경향을 나타내었다.

요 약

Cholesterol 생합성의 저해, 혈압강하 등의 생리기능을 갖는 물질로 알려진 *Monascus*속 곰팡이의 대사산물인 mona-

colin K의 최적 생성 및 추출조건에 대해 검토하였다. 고체와 액체 배양한 홍국균 종균을 콩, 밀, 보리, 찹쌀, 백미에 배양 시 백미에 고체 배양한 종균을 접종한 경우의 monacolin K 생성량이 가장 많았다(0.35 g/100 g). 또한 홍국을 고온에서 장시간 건조하여 수분을 제거함에 따라 monacolin K의 수율도 증가하였으며, 홍국균 사멸과 monacolin K 함량을 고려 시 80°C에서 60분 건조가 최적 조건이었다. Monacolin K는 유기용매 가용성으로 80% ethanol에서 가장 높은 수율을 나타냈다. 한편 홍국 분말을 인위적으로 1분간 흔들어 추출한 경우와 초음파로 균체를 파쇄하고 0-24시간 방치하면서 추출한 경우의 monacolin K 함량은 거의 유사하였다. 홍국 분말과 80% ethanol간의 비율을 1 : 9로 추출 시 monacolin K 함량이 가장 많았으며, 홍국 색소량과는 비례관계를 보였다.

감사의 글

본 연구는 농림기술관리센터의 연구비 지원에 의한 것으로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Wild, D., Tóth, G. and Humpf, H.-U. New *Monascus* metabolite isolated from red yeast rice (ankak, red koji). J. Agric. Food Chem. 50: 3999-4002 (2002)
2. Chung, S.H., Suh, H.J., Hong, J.H., Lee, H.K. and Cho, W.D. Characteristics of *kochujang* prepared by *Monascus anka* koji. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 61-66 (1999)
3. Blanc, P.J., Laussac, J.P., Le Bars, J., Le Bars, P., Loret, M.O., Pareilleux, A., Prome, D., Prome, J.C., Santerre, A.L. and Goma, G. Characterization of monascidin A from *Monascus* as citrinin. International J. Food Microbiol. 27: 201-213 (1995)
4. Park, M.J., Yoon, E.K. and Kim, S.D. Stability of pigment produced by *Monascus pilosus*. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 541-545 (2002)
5. Kim, S.J., Rhim, J.W,. Kang S.G. and Jung, S.T. Characteristics and stability of pigments produced by *Monascus anka* in a jar fermenter. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 60-66 (1997)
6. Lee, T.S., Lee, Y.J., Kwon, Y.K., Park, J.S., Ko, H.S., Sim, K.C., Lee, J.Y., Shin, J.W., Song, J.W. and Lee, C.W. Studies on the determination method of *Monascus* pigments in foods. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 641-644 (2001)
7. Robinson, J.A. Polyketide synthase complexes: their structure and function in antibiotic biosynthesis. Phil. Trans. R. Soc. Lond B. 332: 107-114 (1991)
8. Martinkova, L., Juzlova, P. and Vesely, D. Biological activity of polyketide pigments produced by the fungus Monascus. J. Appl. Bacteriol. 79: 609-616 (1995)
9. Kang, D.Z., Um, J.B., Lee, S.K. and Lee, J.H. Content of rutin and monacolin K in the red buckwheat fermented with *Monascus ruber*. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 242-245 (2003)
10. Rhyu, M.R. and Kim, E.Y. The relation between antihypertensive effect and γ-aminobutyric acid, mycelial weight and pigment of *Monascus*. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 737-740 (2002)
11. Ma, J., Li, Y., Ye, Q., Li, J., Hua, Y., Ju. D., Zhang, D., Cooper, R. and Chang, M. Constituents of red yeast rice, a traditional Chinese food and medicine. J. Agric. Food Chem. 48: 5220-5225 (2000)
12. Endo, A. Monacolin K. A new hypocholesterolemic agent produced by a *Monascus* sp.. J. Antibiol. 32: 852-854 (1979)
13. Endo, A. Monacolin K. A new hypocholesterolemic agent that specifically inhibits 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme a reductase. J. Antibiol. 33: 334-336 (1980)
14. Yu, T.S., Kim, H.H. and Yoon, C.G. Hepatic oxygen free radical metabolizing enzyme activities and serum lipid profile in rats fed diet supplemented with *Monascus* pigment. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 244-249 (2003)
15. Kim, E.Y. and Rhyu, M.R. The chemical properties of doenjang prepared by *Monascus* koji. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 1114-1121 (2000)
16. Kysilka, R. and Kren, V. Determination of lovastatin (mevinolin) and mevinolinic acid in fermentation liquids. J. Chromatogr. 630: 415-417 (1993)
17. Friedrich, J., ZuZek, M., Bencina, M. and Cimerman, A. Strancar, A. and Radez, I. High-performance liquid chromatographic analysis of mevinolin as mevinolinic acid in fermentation broths. J. Chromatogr. A. 704: 363-367 (1995)
18. Morovjan, G., Szakacs, G. and Fekete, J. Monitoring of selected metabolites and biotransformation products from fermentation broths by high-performance liquid chromatogrphy. J. Chromatogr. A 763: 165-172 (1997)
19. Vinci, V.A., Hoerner, T.D., Coffman, A.D., Schimmel, T.G., Dabora, R.L., Kirpekar, A.C., Ruby, C.L. and Stieber, R.W. Mutants of lovastatin-hyperproducing *Aspergillus terreus* deficient in the production of sulochrin. J. Ind. Michrobiol. 8: 113-120 (1991)
20. Hajjaj, H., Blanc, P.J., Groussac, E., Goma, G., Uribelarrea, J.L. and Loubiere, P. Improvement of red pigment/citrinin production ratio as a function of environmental conditions by *Monascus ruber*. Biotechnol. Bioeng. 64: 497-501 (1999)
21. Bang, I.Y., Whang, S.H., Kim, J.W., Kim, S.Y. and Park, C.S. Screening of fungal strains producing lovastatin, an Antihyperchoelsterolemic agent. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 442-446 (2003)
22. Kang, S.G. and Jung, S.T. Pigment production and color difference of liquid beni-koji under submerged cultural conditions. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 23: 472-478 (1995)
23. Lee, S.M., Kim, H.S. and Yu, T.S. The Optimal condition for production of red pigment by *Monascus anka* on solid culture. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 155-160 (2003)

(2003년 7월 23일 접수; 2003년 10월 3일 채택)