

연구노트

## 홍국발효가 백태와 서리태의 생리활성 성분에 미치는 영향

진유정 · 표영희\*

성신여자대학교 식품영양학과

### Effect of *Monascus*-Fermentation on the Content of Bioactive Compounds in White and Black Soybeans

Yoo-Jeong Jin and Young-Hee Pyo\*

Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University

**Abstract** Changes in the contents of mevinolins (natural statins, 0-568.18 µg), coenzyme Q10 (CoQ10, 26.41-65.59 µg), and tocopherols (232.80-312.87 µg/g dry weight) in *Monascus*-fermented soybean were determined using HPLC. Significant increases ( $p < 0.05$ ) in mevinolins and CoQ10 were obtained in *Monascus*-fermented soybean after 20 days of fermentation compared with unfermented soybean (0 days), whereas no significant change ( $p > 0.05$ ), or a slight decrease, in tocopherols was observed. The results indicate that *Monascus*-fermentation has great potential for enriching mevinolin and CoQ10 in soybeans.

**Keywords:** *Monascus* sp., soybean, mevinolin, coenzyme Q10, tocopherol

## 서론

콩(*Glycine max* L. Merrill)은 우리나라의 전통발효식품의 주된 원료로 영양성과 단백질 함량이 높아 그 사용 가치는 매우 광범위하고 다양하다. 최근에는 콩에 함유된 미량의 페놀성 물질 뿐 아니라 사포닌이나 GABA ( $\gamma$ -Aminobutyric acid) 등의 새로운 생리활성물질의 기능이 알려지면서 콩의 식품학적 가치는 날로 새로워지고 진화되어 가고 있다.

*Monascus*속의 식용곰팡이는 분류학상 반자낭균과(Hemiascomycetaceae) 중 홍국균속(Monascaceae)에 속하며 약 70종의 균주가 분리되어 동정되어 왔다(1). *Monascus*속의 곰팡이를 증백미에 접종한 것을 홍국(red yeast rice, red koji)이라 하며, 홍국은 전통적으로 동아시아에서 와인제조나 육류, 생선 등의 요리에 천연색소로 사용되어 왔으며, 소화촉진과 혈행 개선 등의 약효성 소재로도 활용되어 왔다(2). 무엇보다 홍국균은 배양발효 중에 콜레스테롤 합성 저해물질인 mevinolin (lovastatin, monacolin K,  $C_{24}H_{36}O_5$ )을 생산하는 것으로 많은 관심을 받아 왔다(3,4). Mevinolin은 콜레스테롤 생합성 경로에서 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A (HMG-CoA) 환원효소를 억제하여 콜레스테롤 생성경로의 중요한 중간체인 mevalonate의 합성을 저해함으로써 체내의 콜레스테롤 농도를 저하시킨다(3). 그러나 mevinolin은 콜레스테롤과 동일한 생합성 경로를 공유하는 유비퀴논(ubiquinone, coenzyme Q10, CoQ10)의 체내 합성도 저해하여 유비퀴논의 결핍으로 인한 에너지 대사의 부작용을 야기하는 것으로 알려져 있다(5). 예를 들어,

세계적인 항콜레스테롤 약제인 스타틴 계열의 약물을 장기복용하거나 고농도로 복용한 사람들의 가장 빈번한 부작용의 사례는 경미한 근육통에서 치명적인 횡문근변성에 이르는 다양한 근육병변이 보고되어 왔다(5,6). 스타틴 사용과 관련한 이 같은 근육병변의 기전은 아직 완전히 밝혀지지 않았음에도 가장 주목받는 이론은, 스타틴 복용으로 인한 CoQ10의 결핍으로 설명되고 있다(7). CoQ10은 진핵세포에 자연 발생적으로 분포하는 지용성화합물로, 동식물의 모든 조직세포에 미량 존재한다(8). 미토콘드리아의 전자전달계에 필수적인 운반체로 에너지생산에 중요한 역할을 하는 CoQ10은 토코페롤과 함께 대표적인 내인성의 지용성 항산화물질로 분류된다. 특히  $\alpha$ -토코페롤은 세포막 지질의 peroxy radicals과 직접 작용하여  $\alpha$ -tocopheroxyl radicals이 되지만 CoQ10에 의해 다시  $\alpha$ -토코페롤로 재생된다(9). 최근 Pyo와 Seo (10)는 홍국균을 두류나 곡류 등의 고상 기질에 접종하여 천연 스타틴인 mevinolin과 CoQ10이 동시에 함유된 천연의 고부가가치의 기능성 소재를 탐색하여 발표한 바 있다. 그러나 홍국발효와 관련한 대부분의 연구는 홍국발효 쌀이 주로 보고되었으며(11,12), 홍국발효 콩에 관한 연구보고는 충분하지 않다. 특히 백태와 서리태의 고상 기질에서 홍국균의 발효 동안 미량의 생리활성 물질인 메비놀린, 유비퀴논, 토코페롤 등의 농도 변화에 대한 연구는 미흡하다. 따라서 본 연구는 한국인이 즐겨 소비하는 백태와 서리태를 고상 기질로 활용할 때 홍국발효가 기질의 생리활성물질에 어떠한 영향을 미치는지 그 결과를 관찰하여 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 시약

본 실험에 사용한 백태(white soybean)와 서리태(black soybean)는 국내에서 2013년에 생산된 콩(Kangwon, Korea)으로, 서울에 위치한 대형 마트에서 구입하였다. 한국 미생물보존센터에서 분양받은 홍국균(*Monascus pilosus* KCCM 60084)은 PDA (potato

\*Corresponding author: Young-Hee Pyo, Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University, Seoul 142-732, Korea  
Tel: 82-2-920-7588  
Fax: 82-2-920-2076  
E-mail: rosapyo@sungshin.ac.kr  
Received March 21, 2015; revised April 24, 2015;  
accepted May 1, 2015

dextrose agar, Difco, MI, USA) 배지에 접종하여 활성화한 후, 홍국균 종배양액(rice powder 34 g/L, peptone 11 g/L, glycine 26 g/L, glucose 129 g/L) 제조에 사용하였다. 표준 시약으로 사용한 mevinolin, CoQ10, tocopherols은 모두 sigma (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)제품을 구입하여 사용하였다.

### 홍국발효 콩 제조

콩을 12시간 이상 침지한 다음, 물빼기를 한 시료 100 g (수분 함량 55-60%)을 500 mL의 삼각플라스크에 넣고 지전으로 밀봉한 뒤, 121°C에서 20분간 멸균하여 고상발효의 기질로 사용하였다. 홍국균 종배양액을 멸균시료에 10% (v/w,  $10^6$  cfu/mL) 농도로 접종한 다음 30°C의 배양기에서 30일간 발효하면서 경시적으로 일정량을 채취하여 동결 건조하였다. 이 때 홍국균을 접종하지 않은 멸균한 시료는 대조군으로 사용하였다.

### Mevinolins 함량

홍국발효 콩의 mevinolins 함량은 시료 0.1 g에 1 mL의 70% ethanol을 가해, 초음파기(5510R-DHT, Branson Ultrasonics Clearance, USA) 사용하여 1시간 동안 균체를 파쇄하고 원심 분리하여 상층액을 시료로 사용하였다. 분석에 사용한 HPLC는 HP 1100 series (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)를 이용하였고, ZORBAX Eclipse plus C<sub>18</sub> (2.1×50 mm, 3.5-micron particle size; Agilent)컬럼을 사용하여 mevinolins 함량을 분석하였다. 5 µL의 시료를 주입하여 1% acetic acid를 함유한 acetonitrile/H<sub>2</sub>O의 이동상 용매를 0.3 mL/min의 유속으로 용출시켜 238 nm에서 검출하였다. 표준물질의 mevinolinic acid는 Friedrich 등(13)의 알칼리 가수분해방법으로 제조하여 시료의 mevinolin과 mevinolinic acid의 동정에 활용하였다. 시료에서 얻어진 각 peak의 retention time과 spectrum을 표준물질과 비교하여 동정한 다음 표준 검량곡선을 작성하여 정량하였다.

### CoQ10 함량

홍국발효 시료의 유비퀴논(CoQ10) 함량은 검화와 유기용매 추출과정을 적용하였다(14). 시료 1 g에 Pyrogallol, NaOH, methanol, 증류수를 혼합하여 hot plate 상에서 20분간 검화한 후 *n*-hexane 60 mL을 가하여 3회 반복 추출하였다. 유기용매 층을 모아 회전 진공농축기(N-100, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 용매를 완전히 제거한 후 2-propanol로 재용해하여 여과(0.20 µm membrane syringe filter)한 다음 분석에 사용하였다. HPLC 장비는 HP 1100 series였으며, LC-MS는 Agilent 6130 series를 사용하였다. 컬럼은 ZORBAX Eclipse plus C<sub>18</sub> (2.1×50 mm, 3.5-micron particle size; Agilent)를 사용하였으며, 컬럼의 온도는 30°C를 유지하였다. 시료의 주입량은 1 µL, 유속은 0.3 mL/min으로 설정하였고 이동상 용매는 ammonium formate (5 mmol/L)를 함유한 methanol과 2-propanol (50:50, v/v)의 혼합액을 사용하였다. LC-MS/MS분석 조건은 양이온 모드에서(ESI needle voltage 4000 V, gas temperature 350°C, gas flow 10 L/min, nebulizer pressure 45 psi) 시료의 CoQ10 ( $M^+$  863.7, 880.7, 881.7 m/z)의 peak를 표준물질과 확인하여 정량하였다.

### Tocopherol 함량

홍국발효 시료의 tocopherol 함량은(15) 시료 0.5 g에 *n*-hexane을 가해 150 rpm에서 3시간 동안 교반하였다. 추출한 시료를 원심 분리하여 상층액만 취해 용매를 제거한 다음 2-propanol로 재용해한 후 0.2 µm membrane filter로 여과하여 분석에 사용하였다.

HPLC 장비는 HP 1100 series였고, 컬럼은 Supelcosil™ ABZ plus HPLC column (25 cm×4.6 mm, 5 µm; Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)를 사용하였으며 컬럼의 온도는 40°C를 유지하였다. 시료의 토코페롤 함량 분석은 20 µL의 시료를 주입하여 1 mL/min의 유속으로 acetonitrile/H<sub>2</sub>O의 이동상 용매로 용출하여 298 nm에서 검출하였다. 이동상은 물과 acetonitrile을 기울기 구배(gradient)로 25분 동안 15%에서 100%의 비율에 걸쳐 이동시켰다. 홍국발효 콩에 함유된 토코페롤 유도체의 정량은  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -토코페롤 표준물질의 검량곡선을 이용하여 각각 정량하였다.

### 통계분석

본 실험의 결과는 시료를 3회 각각 채취하여 반복 측정된 후 평균±표준편차로 나타내었다. 각 실험결과에 대한 통계분석은 SAS (Ver. 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 사용하여 분산분석을 행한 후 Duncan's multiple range test로 발효 동안 시료간의 유의적 차이를 5% 수준에서( $p<0.05$ )검정하였다. 백태와 서리태 시료간의 유의성 검증은 Microsoft excel program의 Student's t-test를 사용하여  $p<0.05$  수준에서 실시하였다.

## 결과 및 고찰

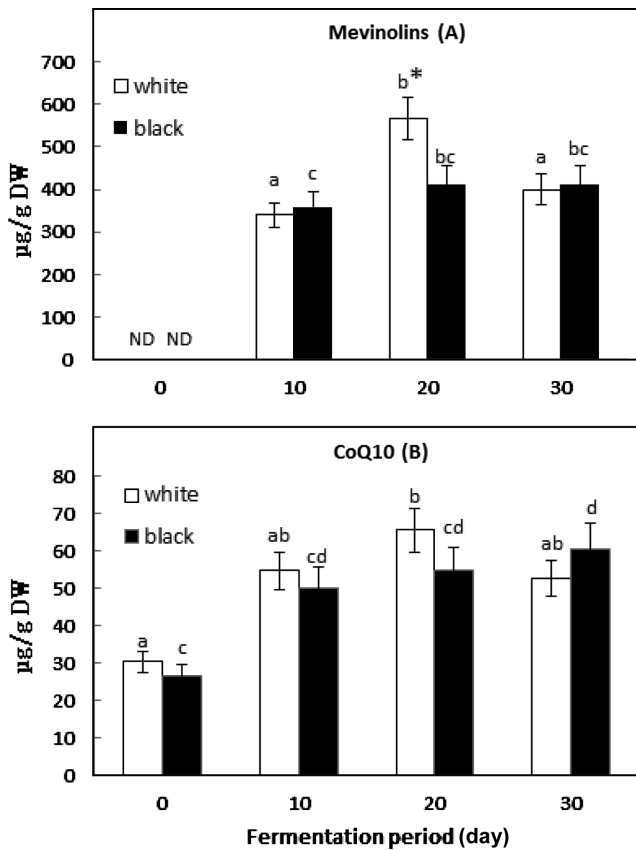
### Mevinolins 함량

혈액내의 콜레스테롤 수치를 낮추는 약물계열인 스타틴(statin)과 동일한 분자구조의 메비놀린은 간에서의 콜레스테롤 합성을 저해하여 혈중 콜레스테롤치를 낮추기 때문에 천연 스타틴이라고도 불린다(11).

*Monascus pilosus* KCCM 60084를 백태와 서리태에 접종시켜 30일간 발효시킨 발효물의 mevinolin 생산량은 Fig. 1(A)와 같다. 발효전의 콩 시료에서는 발견되지 않는 mevinolin은 홍국발효 20일에서 백태와 서리태의 경우, 건조시료 g당( $\mu$ g/g DW) 각각  $568.18\pm 6.13$ 과  $411.59\pm 4.69$   $\mu$ g을 생산하였다. 메비놀린의 생산량은 이미 알려진 바와 같이 기질의 종류와 형태는 물론 사용 균주 등의 배양환경 및 조건에 따라 크게 달라지는 것으로 보고된 바 있다(16,17). 일반적으로 기질의 표면적이 넓고 입자간의 호흡가스 이동이 용이할수록 균주가 생산하는 이차대사산물의 농도는 증가하는 것으로 보고되었다(17). 본 실험의 백태 발효물의 메비놀린의 농도는 Fig. 1(A)와 같이 최대치에 도달한 후 감소하는 경향으로 나타났다( $p<0.05$ ). 이 같은 결과는 *Monascus* 균주가 기질의 영양원을 대부분 소모하여 더 이상 이차대사산물을 생성하지 않는 한편 이미 생산된 mevinolin은 분해되기 때문으로 설명할 수 있다. 또한 두 시료간의 메비놀린 농도의 차이는 발효 10일 까지 서리태의 함량이 백태에 비해 약 5% 정도 높았으나 발효일이 경과할수록 오히려 백태의 농도가 증가하는 것으로 나타나, 발효 20일에서 백태의 최대치가 서리태에 비해 13% 더 높은 것으로 비교되었다( $p<0.05$ ). 그러나 Fig. 1(A)에서와 같이 나머지 대부분의 백태와 서리태 시료간의 유의적 차이는 관찰되지 않아 메비놀린 생산량에 대한 콩 품종의 차이는 뚜렷한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 고상 기질의 백태와 서리태의 원료에 존재하지 않는 천연 스타틴, 메비놀린은 콩의 고상 기질에서도 홍국발효에 의해 유의적인( $p<0.05$ ) 생산량이 관찰되었다. 일반적으로 발효에 의한 식물의 세포벽 붕괴는 여러 가지 생리활성 물질의 방출이나 합성을 유도하는 것으로 보고 되었다(18).

### CoQ10 함량

인체 내에서 생성되는 대표적인 항산화제인 CoQ10은 도처에



**Fig. 1. Changes of mevinolins (A) and CoQ10 (B) in white and black soybeans during *Monascus*-fermentation at 30°C.** Each value is mean±SD (*n*=3). Different letters on bars indicate significant difference at the *p*<0.05 among the same soybean. \**p*<0.05: significantly difference between white and black soybean. ND, not detected

분포한다는 의미의 유비퀴논으로도 불려진다(8). 모든 세포의 에너지 생성에 관여하는 필수 보조인자로서 에너지 활력소와 항산화기능으로(19) 오늘날은 기능성 건강보조제품으로 널리 활용되고 있다. 특히 스타틴 계열의 약물로 인한 근육통이나 근육염 등의 근육변증의 부작용이 CoQ10 결핍과 관련될 수 있다는 보고에(5,7) 따라 일부 의료계의 처방은 스타틴계 약물과 CoQ10을 함께 섭취할 것을 권고 하고 있다(6).

*Monascus pilosus* KCCM 60084 홍국발효 콩의 30일 발효 후의 CoQ10 생산량의 변화는 Fig. 1 (B)와 같다. 백태와 서리태는

홍국발효에 의해 CoQ10 함량이 발효 전에 비해 각각 2.2배와 2.4 배 증가한 것으로 나타났다(*p*<0.05). 백태는 발효 20일에 65.59±9.53 µg/g의 최대치를 나타낸 반면 서리태는 발효 25일에 64.13±2.43 µg의 최대치를 나타내었으나 30일 이후에는 감소하였다(자료 미제시). 또한 발효 동안 백태와 서리태의 두 시료간의 CoQ10 함량의 분포는, 대부분의 시료에서 유의적인 차이를 보이지 않아 (*p*>0.05) 홍국발효에 의한 두류 품종에 따른 COQ10 함량의 농도 변화는 유도되지 않는 것으로 나타났다. 일반적으로 모든 식품에는 비타민처럼 미량의 CoQ10이 함유되어 있으나 동물성 식품이 식물성에 비해 그 농도가 높으며, 특히 심장이나 간 등의 내장기관에 많이 함유된 것으로 알려진다(20). 그 밖에 콩기름 등의 식물성유와 견과류에도 다른 식품에 비해 그 함량이 높은 것으로 보고되었다(21). 본 실험에서, 백태와 서리태의 발효 전의 CoQ10 함량은 건조시료 g당 각각 30.25±2.43과 26.41±4.78 µg이었으나 홍국발효에 따른 CoQ10의 함량은 발효 20일 이후에 두 시료 모두 2배 이상 증가하여 홍국발효가 콩 기질의 CoQ10 농도 증대를 유도하는 것으로 나타났다.

**Tocopherol 함량**

생체 세포막의 활성산소에 의한 손상을 막아주어 항산화비타민 혹은 혈관비타민으로 잘 알려져 있는 vitamin E의 동족체(Homologs)는 α-, β-, γ-, δ-토코페롤과 불포화 유도체인 α-, β-, γ-, δ-tocotrienol이 있다(22). 토코페롤의 동족체는 식물과 광합성을 하는 생물에서 합성되며, 그 중 가장 생물학적 활성이 높은 것은 α-토코페롤로 알려진다(23). 최근 Pacanowski 등(24)은, 스타틴의 장기복용은 혈장내 CoQ10의 농도 뿐 아니라 Vitamin E와 같은 지용성 항산화비타민의 농도도 감소시키는 것으로 발표하였다. 이들 두 화합물은 미토콘드리아 내막에서 유리 라디칼을 소거하는 대표적인 내인성 항산화 물질로서, 특히 CoQ10은 α-토코페롤의 절약작용 혹은 재생작용(sparing/regeneration)에 관여하는 것으로 알려진다(9).

발효 전의 백태에 함유된 총 토코페롤 함량은 건조시료 g당 312.87 µg으로 서리태의 256.76 µg 보다 약 22% 더 높았으며, 가장 많이 함유된 토코페롤 종류는 γ-토코페롤로 나타났다(Table 1). γ-토코페롤은 식품에서 발견되는 대표적인 토코페롤로, 유도체 중 항산화작용이 가장 높으며 콩에 함유된 주요 토코페롤 종류로 보고되어 왔다(25). Table 1에서와 같이 홍국발효 콩에 함유된 γ-토코페롤의 함량은 전체의 약 55%를 차지하는 것으로 나타났으며, 홍국발효 동안 4개의 토코페롤 동족체의 전체적인 농도의 변화는 발효 전의 농도와 대부분의 시료에서 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다(*p*>0.05). 백태와 서리태의 발효 30일 후의 총 토

**Table 1. Effect of *Monascus*-fermentation on the concentrations (µg/g DW) of tocopherols in white and black soybeans**

Fermentation (day)	α-Toc		β-Toc		γ-Toc		δ-Toc		Total-Toc	
	White	Black	White	Black	White	Black	White	Black	White	Black
0	30.72 ±0.81 <sup>b1)</sup>	13.09 ±1.95 <sup>a</sup>	3.08 ±0.21 <sup>a</sup>	2.05 ±0.21 <sup>b</sup>	172.03 ±1.90 <sup>ab</sup>	148.53 ±3.13 <sup>b</sup>	107.04 ±1.02 <sup>b</sup>	93.09 ±5.58 <sup>a</sup>	312.87 ±3.28 <sup>b</sup>	256.76 ±8.11 <sup>a</sup>
10	26.62 ±0.90 <sup>a</sup>	16.14 ±0.18 <sup>b</sup>	2.66 ±0.40 <sup>a</sup>	2.28 ±0.15 <sup>a</sup>	168.95 ±7.25 <sup>a</sup>	134.01 ±1.96 <sup>a</sup>	105.72 ±4.74 <sup>ab</sup>	99.70 ±1.20 <sup>b</sup>	303.95 ±11.41 <sup>c</sup>	268.64 ±3.42 <sup>b</sup>
20	25.57 ±0.35 <sup>a</sup>	16.35 ±0.66 <sup>b</sup>	2.65 ±0.41 <sup>a</sup>	2.31 ±0.04 <sup>a</sup>	168.02 ±2.44 <sup>a</sup>	142.67 ±3.29 <sup>ab</sup>	101.42 ±1.54 <sup>a</sup>	99.24 ±2.28 <sup>b</sup>	297.66 ±3.62 <sup>a</sup>	260.58 ±6.24 <sup>b</sup>
30	25.76 ±0.87 <sup>a</sup>	16.10 ±0.34 <sup>b</sup>	2.43 ±0.31 <sup>a</sup>	2.25 ±0.19 <sup>a</sup>	174.36 ±7.08 <sup>ab</sup>	148.04 ±9.76 <sup>b</sup>	105.74 ±3.95 <sup>ab</sup>	107.70 ±5.39 <sup>c</sup>	308.29 ±10.91 <sup>c</sup>	274.09 ±3.99 <sup>c</sup>

Each value is mean±SD (*n*=3).

<sup>1)</sup>Different letters in the same column indicate significant difference at the *p*<0.05.

코페롤 함량은 건조시료 g당 각각 308.29  $\mu\text{g}$ 과 274.09  $\mu\text{g}$ 으로 나타나, 백태는 오히려 발효에 의해 1.5% 정도 감소하였으나 서리태는 6.7% 증가한 것으로 나타났다. 그러나 발효 전후의 총 토크페롤 함량의 농도는 백태가 서리태에 비해 평균 17.2% 높은 함량으로 비교되어 품종간의 유의적인 차이가 관찰되었다( $p < 0.05$ ). 일반적으로 식품속의 토크페롤의 조성분과 함량은 품종, 생육조건, 저장기일, 조리과정 등의 조건에 따라 달라지며 pH, 가열, 압력 등에 의해 분해되는 것으로 보고되고 있다(26). 홍국발효 콩에 함유된 토크페롤 유도체의 분포는  $\gamma > \delta > \alpha > \beta$ 의 순으로 나타났으며,  $\gamma$ -와  $\delta$ -토크페롤의 농도가 전체의 90.2-93.3%로 확인되었다(Table 1). 이 같은 결과는 5가지 품종의 콩에 함유된 토크페롤 함량의 순위가  $\gamma > \delta > \alpha$ 순이었다는 Guzman 등(27)의 보고와 유사한 결과로 보여진다. 일반적으로 두류에는  $\beta$ -토크페롤이 존재하지 않는 것으로 대부분 보고되어 왔으나(25,27), 본 연구의 결과는 비록 미량의 2.03-3.08  $\mu\text{g}$ 의 농도이지만 백태와 서리태에서  $\beta$ -토크페롤이 정량되어 토크페롤 분석방법과 조건에 따라 그 농도가 달라짐을 알 수 있었다. 전체 발효기간 중의  $\gamma$ -와  $\delta$ -토크페롤의 농도는 백태의 경우, 발효 동안 증감을 반복하다 발효 30일 이후에는 발효 전의 농도에 비해 오히려 감소하였으나, 서리태는 발효 전에 비해 약간 증가하였다(자료 미제시). 이 같은 결과는 홍국발효 쌀의 토크페롤 함량이 발효 동안 증가하다 다시 감소하였다는 Yang 등(28)의 결과와 유사하였다. 따라서 홍국발효는 백태와 서리태에 함유된 토크페롤의 전체 농도에 뚜렷한 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

## 요 약

*Monascus pilosus* KCCM 60084를 백태와 서리태에 각각 접종시켜 30°C에서 발효한 후, 홍국발효 콩에 함유된 미량의 생리활성물질에 대한 영향을 측정하였다. 천연 스타틴 성분인 mevinolin은 발효 전의 미 검출에서 홍국 발효 20일 후에 건조시료 g당( $\mu\text{g/g DW}$ ) 최대 568.18  $\mu\text{g}$  생산하였고, CoQ10의 함량은 발효전의 농도에 비해 발효 20일 후에 백태와 서리태 모두 2배 이상 증가하여 각각 65.59 $\pm$ 9.53과 54.92 $\pm$ 5.27  $\mu\text{g}$ 으로 나타났다. 토크페롤 함량은 홍국발효에 의해 뚜렷한 변화가 관찰되지 않았다. 발효 전의 백태에 함유된 총 토크페롤 함량은 312.87  $\mu\text{g}$ 으로 서리태의 256.76  $\mu\text{g}$  보다 약 22% 더 높았으며( $p < 0.05$ ), 가장 많이 함유된 토크페롤 종류는  $\gamma$ -토크페롤로 전체 농도의 약 55%를 차지하였다. 따라서 홍국발효는 콩의 메비놀린과 CoQ10 성분의 농도를 발효과정을 통해 변화시키는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2014R1A1A2057576)의 결과로 감사드립니다.

## References

- Martinkova L, Juzlova P, Vesely D. Biological activity of polyketide pigments produced by the fungus *Monascus*. J. Appl. Bacteriol. 79: 609-616 (1995).
- Ma J, Li Y, Ye Q, Li J, Hua Y, Ju D, Zhang D, Cooper R, Chang M. Constituents of red yeast rice, a traditional Chinese food and medicine. J. Agr. Food Chem. 48: 5220-5225 (2000)
- Monacolin K. A new hypocholesterolemic agent produced by a *Monascus* species Endo. J. Antibiot. 32: 852-854 (1979)
- Wild D, Toth G, Humpf HU. New *Monascus* metabolite isolated from red yeast rice (angkak, red koji). J. Agr. Food Chem. 50: 3999-4002 (2002)
- Rallidis LS, Fountoulaki K, Anastasiou-Nana M. Managing the underestimated risk of statin-associated myopathy. Int. J. Cardiol. 159: 169-176 (2012)
- Marcoff L, Thompson PD. The role of coenzyme Q10 in statin-associated myopathy: A systematic review. J. Am. Coll. Cardiol. 49: 2231-2237 (2007)
- Schaefer WH, Lawrence JW, Loughlina AF, Stoffregena DA, Mixsonb LA, Deanc DC, Raabc CE, Yuc NX, Lankasa GR, Frederick CB. Evaluation of ubiquinone concentration and mitochondrial function relative to cerivastatin-induced skeletal myopathy in rats. Toxicol. Appl. Pharm. 194: 10-23 (2004)
- Bentinger M, Tekle M, Dallner G. Coenzyme Q-biosynthesis and functions. Biochem. Biophys. Res. Commun. 396: 74-79 (2010)
- Niklowitz P, Sonnenschein A, Janetzky B, Andler W, Menke T. Enrichment of coenzyme Q10 in plasma and blood cells: Defense against oxidative damage. Int. J. Biol. Sci. 3: 257-262 (2007)
- Pyo YH, Seo SY. Simultaneous production of natural statins and coenzyme Q<sub>10</sub> by *Monascus pilosus* fermentation using different solid substrates. Food Sci. Biotechnol. 19: 1635-1641 (2010)
- Jourmoud M, Jones PJH. Red yeast rice: A new hypolipidemic drug. Life Sci. 74: 2675-2683 (2004)
- Hong MY, Seeram NP, Zhang Y, Heber D. Anticancer effects of Chinese red yeast rice versus monacolin K alone on colon cancer cells. J. Nutr. Biochem. 19: 448-458 (2008)
- Friedrich J, Žužek M, Bencina M, Cimerman A, Štrancar A, Radež I. High-performance liquid chromatographic analysis of mevinolin as mevinolinic acid in fermentation broths. J. Chromatogr. A. 704: 363-367 (1995)
- Pyo YH, Oh HJ. Ubiquinone contents in Korean fermented foods and average daily intakes. J. Food Compos. Anal. 24: 1123-1129 (2011)
- Slavin M, Yu L. A single extraction and HPLC procedure for simultaneous analysis of phytoosterols, tocopherols and lutein in soybeans. Food Chem. 135: 2789-2795 (2012)
- Pyo YH, Lee YC. Mevinolin production by *Monascus pilosus* IFO 480 in solid state fermentation of soymeal. Food Sci. Biotechnol. 15: 647-649 (2006)
- Juzlová P, Martinková L, Kren V. Secondary metabolites of the fungus *Monascus*: A review. J. Ind. Microbiol. 16: 163-170 (1996)
- Barrios-Gonzalez J, Fernandez FJ, Tomasini A, Mejia A. Secondary metabolites production by solid-state fermentation. Malays. J. Microbiol. 1: 1-6 (2005)
- Littarru GP, Tiano L. Bioenergetic and antioxidant properties of coenzyme Q<sub>10</sub>: Recent developments. Mol. Biotechnol. 37: 31-37 (2007)
- Mattila P, Kumpulainen J. Coenzymes Q<sub>9</sub> and Q<sub>10</sub>: Contents in foods and dietary intake. J. Food Compos. Anal. 14: 409-417 (2001)
- Rodríguez-Acuña R, Brenne E, Lacoste F. Determination of coenzyme Q<sub>10</sub> and Q<sub>9</sub> in vegetable oils. J. Agr. Food Chem. 56: 6241-6245 (2008)
- Bramley PM, Elmadfa I, Kafatos A, Kelly FJ, Manios Y, Roxborough HE, Schuch W, Sheehy PJA, Wagner KH. Vitamin E: Tocopherols and tocotrienols. J. Sci. Food Agr. 80: 913-938 (2000)
- Tucker JM, Townsend DM. Alpha-tocopherol: Roles in prevention and therapy of human disease. Biomed. Pharmacother. 59: 380-387 (2005)
- Pacanowski MA, Frye RF, Enogieru O, Schofield RS, Zineh I. Plasma coenzyme Q10 predicts lipid-lowering response to high-dose atorvastatin. J. Clin. Lipidol. 2: 289-297 (2008)
- Jiang Q, Christen S, Shigenaga MK, Ames BN.  $\gamma$ -Tocopherol, the major form of vitamin E in the US diet, deserves more attention. Am. J. Clin. Nutr. 74: 714-722 (2001)
- Chung IM, Yong SJ, Lee JH, Kim SH. Effect of genotype and cultivation location on  $\beta$ -sitosterol and  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, and  $\delta$ -tocopherols in sorghum. Food Res. Int. 51: 971-976 (2013)
- Guzman GJ, Murphy PA. Tocopherols of soybean seeds and soybean curd (tofu). J. Agr. Food Chem. 34: 791-795 (1986)
- Yang JH, Tseng YH, Lee YL, Mau JL. Antioxidant properties of methanolic extracts from monascus rice. LWT-Food Sci. Technol. 39: 740-747 (2006)