

Stability of Monascus Pigment Produced by *Monascus* sp. MK2

Chun-Pyo Jeon¹, Jung-Bok Lee^{2*} and Gi-Seok Kwon^{2*}

¹Department of Medicine Quality Analysis, Andong Science College, Andong 760-709, Korea

²Department of Bioresource Sciences, Andong National University, Andong 760-749, Korea

Received March 12, 2013 / Revised May 23, 2013 / Accepted May 28, 2013

The stability of monascus pigment produced by *Monascus* sp. MK2 was investigated according to light, pH, temperature, organic acid, synthetic antioxidant, and natural substance. The light stability was increased (sun light < fluorescent lamp < ultraviolet rays < dark condition) when storing the monascus pigments. Although the monascus pigments were stable in the range of pH 3.0, the degradation rate of pigment was increased at pH 11.0. The stability of monascus pigment gradually decreased as temperature increased. In addition, pigment stability was increased by adding the synthetic antioxidant and natural substance.

Key words : *Monascus* sp., monascus pigment, red yeast rice, stability

서 론

색소는 식품, 의약품, 화장품 그리고 의류염색 등 매우 다양한 용도로 이용되어 왔고, 그 중에서도 특히 식품에 있어서의 색소는 관능성을 높여 제품의 가치를 높이며, 소비자의 구매 충동과 식욕을 돋우어 주는 중요한 역할을 한다[3, 8, 12]. 식용으로 사용되는 색소는 일반적으로 화학적 합성색소와 천연색소로 구분되며, 가격이 저렴하고 착색이나 염색하기 쉬운 것 등의 장점으로 인하여 타르게 인공합성 색소가 오늘날까지 각종 식품에 성공적으로 적용되어 왔다[18, 25].

1960년대 타르게 색소에서 발암물질이 검출된 후 최근에 이르기까지 식품에 사용되고 있는 인공합성 색소의 안전성에 대한 여러 가지 문제점이 대두되면서 이에 대한 각종 규제가 강화되고 있으며 현재 사회에서 많은 문제로 대두되고 있다[19]. 합성색소에서 발생한 문제점을 보면 미국에서 1950년에 발생한 인공색소 오렌지 1호의 과용으로 인한 어린이들의 집단 중독사건을 계기로 그 동안 식품첨가물로서 사용이 허가되었던 각종 인공색소들에 대한 전면적인 재검토가 시작되었다[1]. 그 결과 식용 적색색소 1호는 간장독(hepatotoxic agent)으로 작용하는 것이 밝혀졌고[24], 식용 황색색소 5호 및 6호에서는 발암성 물질(carcinogen)인 β -naphthylamine이 형성된다는 사실이 밝혀졌다[4].

따라서 천연색소에 대한 소비자의 요구도가 증대됨에 따라 천연색소의 사용량이 증가하고 있는 실정으로[10], 천연색소의 공급원으로는 특정 식물의 꽃, 잎, 뿌리 및 열매로부터 얻는 식물성 천연색소와 미생물이 생산하는 미생물 천연색소가 그 주류를 이루고 있다. 특히 미생물 유래의 천연색소는 그 배양 기간이 타 천연색소 공급원보다 짧고 비교적 저비용으로 생산이 가능하다는 점에서 많은 장점을 가지고 있다. 미생물 색소의 공급원으로 중국대륙과 대만을 중심으로 아시아 지역에서 600 여년 전부터 사용되어 홍주, 육류가공, 홍두부 및 기타 음식물의 착색에 이용되는 홍국(Ang-khak)이 있다[9].

한편, *Monascus* 속 균주가 생산하는 홍국색소의 안정성에 관한 연구로는 홍국색소의 생성능이 우수한 *M. pilosus*, *M. purpureus* 등의 균주가 생산하는 홍국색소에 대한 안정성 연구[15, 21]와, 홍국의 황색색소 monascin에 대한 안정성 연구[22] 등이 있으며 아직까지 홍국색소의 안정성에 관한 연구는 미흡한 실정이며, 이러한 홍국색소의 안정성은 사용하는 균주의 종류에 따라서도 다소 차이가 있으리라 생각된다.

따라서 본 연구에서는 다량의 홍국색소를 생산하는 균주인 *Monascus* sp. MK2 균주를 이용하여 홍국쌀을 제조한 다음 80% ethanol 가용성 색소를 추출하였으며, 이들 홍국색소의 광, 온도, pH, 유기산, 합성 항산화제 및 천연물 추출물의 첨가에 따른 홍국색소의 안정성을 조사하였으며 그 결과를 보고하고자 한다.

*This author contributed equally to this work.

*Corresponding author

Tel : +82-54-820-5909, Fax : +82-54-820-6252

E-mail : gskwon@andong.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

재료 및 방법

사용 균주 및 배양

본 실험에 사용한 균주는 본 연구실에서 신규 분리한 균주들 중에서 홍국색소 생산능이 우수한 것으로 조사된 *Monascus* sp. MK2 균주[6]를 홍국쌀 제조에 발효 균주로 선발하여 본

실험에 사용하였다. 홍국쌀 제조를 위해 *Monascus* sp. MK2의 전배양 기본 배지로 3% rice powder, 0.15% NaNO₃, 0.1% MgSO₄ · 7H₂O 및 0.25% KH₂PO₄, pH 6.0으로 구성된 Lin's 배지[16]를 사용하였으며, 본 배양은 전 배양과 동일한 Lin's 배지에 *Monascus* sp. MK2 전 배양액을 2% (v/v)로 접종한 후 초기 pH 6.0, 배양온도 30°C에서 130 rpm으로 5일간 진탕 배양하여, 홍국쌀의 제조를 위한 종균으로 사용하였다.

홍국쌀의 제조

홍국쌀을 제조하기 위하여 경북 안동시 풍산 RPC 양반쌀(추청)을 사용하였으며, 쌀은 세척하여 불순물을 제거한 다음 30분간 침지 후 1시간 이상 물 빼기를 하여, 초기 수분함량이 28~30% 되게 맞추고 각각 100 g을 배양 용기에 넣어서 121°C에서 30분간 증자하였다. 30°C 정도가 되게 냉각 후 본 배양한 배양액을 2% (v/v)가 되도록 접종하여 30°C 항온배양기에서 20일간 배양하였고, 홍국균 배양체의 덩어리를 하루에 3회 흔들어 주어 덩어리 형성을 방지하였으며, 배양 완료 후에는 50°C에서 수분함량 10% 이하로 건조하여, 냉장보관하면서 실험에 사용하였다.

홍국색소의 추출과 정량

Ethanol 가용성 홍국색소 추출을 위하여 80% ethanol을 사용하였으며 홍국쌀과 ethanol 간의 비율은 1 : 9로 하여 추출하였다. 이것은 홍국쌀 50 g에 80% ethanol을 450 ml 가하여 30°C에서 1 시간 동안 130 rpm으로 진탕하여 80% ethanol 가용성 색소를 추출하고, 이를 여과하여 상등액을 80% ethanol로 희석하여 본 실험에서의 시료로 사용하였으며, 홍국색소의 측정은 UV-VIS spectrophotometer (Hewlett Packard 8453, Germany)를 사용하여 500 nm에서 흡광도를 측정하였다.

천연물 추출물의 제조

천연물 시료인 복분자와 생강을 증류수와 1 : 10의 비율로 하여 80°C에서 12시간 열수 추출하고 Whatman No. 2 여과지로 여과하여, 그 액을 동결건조 한 후 본 실험에서의 시료로 사용하였다.

광에 대한 안정성

홍국색소 추출액을 태양광 조건, UV 조건, 실내(형광) 조건 및 암 조건하에 각각 8주간 보관하면서 흡광도를 측정하여 홍국색소의 변화 정도를 조사하였다.

온도에 대한 안정성

홍국색소 추출액을 4, 30°C에서 8주간, 50, 70 및 90°C에서 12시간 각각 보관하면서 저장시간에 따른 흡광도를 측정하여 홍국색소의 변화 정도를 조사하였다.

pH에 대한 안정성

홍국색소 추출액을 1 N NaOH 또는 1 N HCl을 사용하여 pH를 3.0, 5.0, 7.0, 9.0 및 11.0으로 조절하여 각각의 시료를 암 조건하에 8주간 보관하면서 흡광도를 측정하여 홍국색소의 변화 정도를 조사하였다.

유기산의 첨가에 따른 안정성

홍국색소 추출액에 acetic acid, citric acid 및 lactic acid를 각각 0.1, 0.3, 0.5%로 첨가하여, 암 조건 하에 8주간 보관하면서 흡광도를 측정하여 홍국색소의 변화 정도를 조사하였다.

합성 항산화제 및 천연물 첨가에 따른 태양광 안정성

홍국색소 추출액에 합성 항산화제로서 Vitamin-C를 0.1, 0.3, 0.5%와 천연물로서 복분자, 생강 추출물을 0.1, 0.3, 0.5%로 각각 첨가하였을 때, 태양광 조건에서 8주간 보관하면서 흡광도를 측정하여 홍국색소의 변화 정도를 조사하였다.

결과 및 고찰

광에 대한 안정성

미생물 유래 천연색소인 *Monascus* sp. MK2가 생산하는 홍국색소를 식품첨가물로 이용시 합성색소 대체 가능성을 위한 기초자료로서 광에 대한 홍국색소의 안정성을 조사하기 위하여 홍국색소 추출액을 태양광, 실내(형광), 자외선 및 암소에 8주간 두면서 저장시간에 따른 홍국색소의 함량변화를 측정하였다.

그 결과 Fig. 1과 같이 암소에 보관할 때가 가장 높은 안정성을 보였는데 저장 4주까지는 홍국색소 함량의 변화를 거의 보이지 않았으나, 그 이후로는 서서히 감소하기 시작하여 저장 8주째에는 초기 홍국색소 함량의 약 85.0%로서 15.0%의 감소율을 나타내었다. 그 다음으로는 태양광<실내(형광)<자외선 조건 순서로 안정함을 볼 수 있었으며 태양광 조건에서는 홍국색소가 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 자외선 조건과 실내(형광)에서는 저장 2주까지는 초기 홍국색소 함량의 97.1%, 95.6%로서 비교적 안정하였으나 저장 8주째에는 초기 홍국색소 함량의 55.4%, 48.9%로 저장기간이 길어질수록 안정성이 낮아지는 것으로 나타났다. 태양광 조건에서는 저장 1주째부터 홍국색소 함량이 감소하기 시작하여 저장 8주째에는 초기 홍국색소 함량의 15.6%로 약 84.4%의 감소율을 나타내었다.

이러한 결과는 *Monascus* 속을 이용한 식용 홍국색소의 제조에 있어서 자외선이나 형광조건에서는 비교적 안정하였지만 태양광 조건에서는 급격한 색소의 감소를 보였다고 발표한 Kim 등[11]과 Kim 등[9]의 결과와 일치하였다. 이로써 홍국색소는 태양광 조건에서의 안정성이 요구되므로 저장시에 암 조건이나, 갈색병류 등에 보관한다면 홍국색소의 안정성 향상

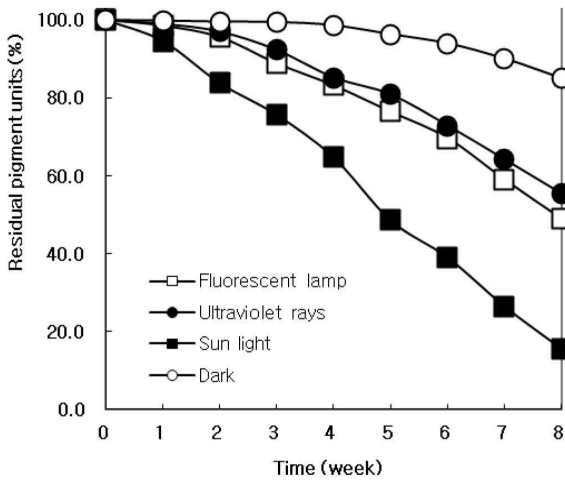


Fig. 1. Stability of pigment produced by *Monascus* sp. MK2 during storage under different light conditions at 8 weeks. Stability rate of pigment (%) was calculated by the ratio of degradation rate of monascus pigment from *Monascus* sp. MK2 at room temperature after storage for 8 weeks in the different light conditions (fluorescent lamp, ultraviolet rays, sun light and dark).

에 효과적일 것으로 생각된다.

온도에 대한 안정성

홍국색소 추출액의 온도(4, 30°C에서 8주간, 50, 70 및 90°C에서 12시간)에 대한 안정성을 알아보기 위하여 각각의 시료를 8주 및 12시간 동안 두면서 저장시간에 따른 홍국색소의 함량변화를 측정하여 결과를 보면 Fig. 2와 같다.

Fig. 2와 같이 4°C와 30°C에서는 저장 2주째까지 각각 99.2%, 95.2%로 비교적 높은 안정성을 보였으나, 저장 3주째부

터는 점차 감소하기 시작하여 저장 8주째에는 초기 홍국색소 함량의 각각 86.8%, 69.8%로 약 13.2%, 30.2%의 감소율을 나타내었다(A). 또한, 50, 70 및 90°C에서의 저장시간에 따른 홍국색소의 함량변화를 측정하여 결과를 보면 50°C에서는 저장 12시간째에 초기 홍국색소 함량의 87.43%로 약 12.57%의 감소율을 나타내었고, 70°C에서는 저장 12시간째에 초기 홍국색소 함량의 81.4%로 약 18.6%의 감소율을 나타내었으며, 90°C에서는 저장 12시간째에 초기 홍국색소 함량의 60.76%로 약 39.24%의 비교적 높은 감소율을 나타내었다(B). 이러한 결과를 보았을 때 홍국색소는 온도가 높아지고, 처리시간이 길어짐에 따라 색소의 감소율 또한 비례적으로 증가하는 것을 알 수 있었으며, 본 색소를 사용하여 식품첨가물로서 실제 적용시킬 경우 50~90°C 정도에서 30분~1시간 정도의 단시간 열처리 시간을 통한다면 약간의 색도 변화는 예상되지만 크게 색도나 품질의 저하를 가져올 정도는 아닌 것으로 생각된다.

Park 등[21]은 *Monascus pilosus* 유래의 ethanol 가용성 홍국색소의 경우 60~80°C에서의 열안정성은 매우 높다고 하였으며 Min [17], Kim 등[11] 및 Lim 등[15]은 70% ethanol에 용해되는 균체내 적색색소 및 황색색소가 60~100°C에서 1시간 동안 안정하였다고 보고하였고, 이러한 결과는 본 연구에서도 유사한 결과를 나타내었다. 그러나 Park 등[20]이 보고한 com-et 무에 함유된 적색계인 anthocyanin의 경우 40°C에서 10일간 저장시의 감소율이 50%, Lee 등[14]이 보고한 맨드라미꽃에 함유된 적색계 색소인 betacyanin의 경우에는 100°C에서 60분간 처리하였을 때의 감소율 92%와 비교하였을 때 *Monascus* 색소의 열안정성은 일반 천연색소에 비하여 매우 높다고 할 수 있으며, 이러한 anthocyanin, chlorophyll, carotenoid와 같은 색소의 열안정성도 가열온도와 저장시간의 경과와 함께 저하하는 것으로 알려져 있다[2, 5, 13].

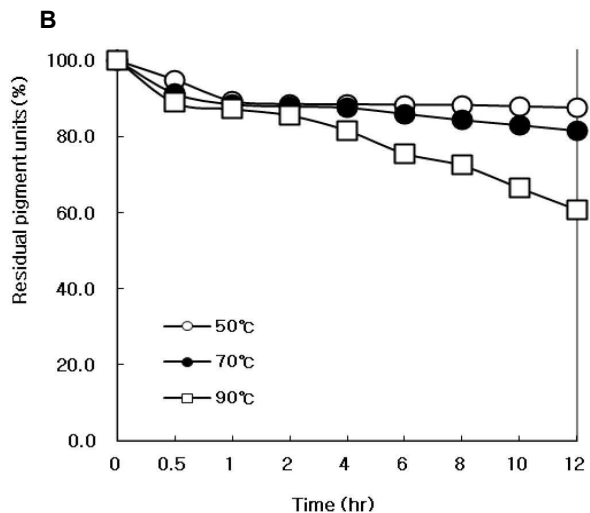
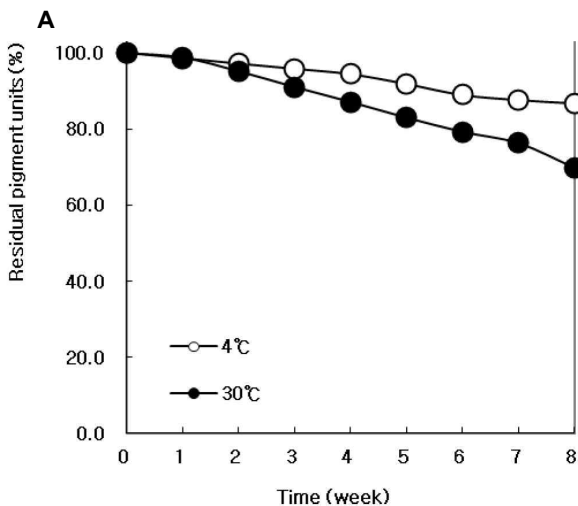


Fig. 2. Stability of pigment produced by *Monascus* sp. MK2 during storage at different temperature. Stability rate of pigment (%) was calculated by the ratio of degradation rate of monascus pigment from *Monascus* sp. MK2 after storage in the different temperature conditions (4, 30, 50, 70 and 90°C).

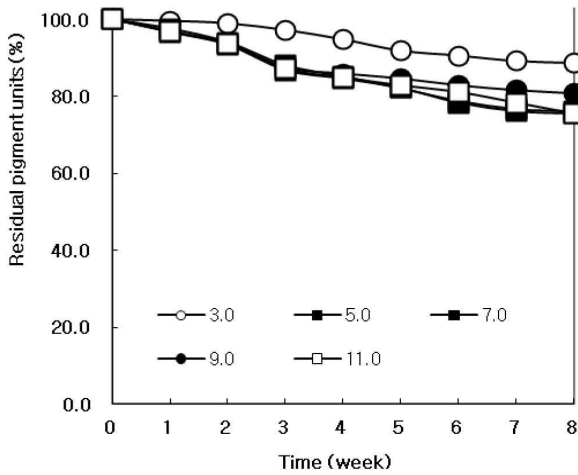


Fig. 3. Effect of pH on the stability of pigment produced from *Monascus* sp. MK2 during storage at dark condition. Stability rate of pigment (%) was calculated by the ratio of degradation rate of monascus pigment from *Monascus* sp. MK2 at room temperature after storage for 8 weeks in the different pH conditions (3.0, 5.0, 7.0, 9.0 and 11.0).

pH에 대한 안정성

홍국색소 추출액을 1 N NaOH 또는 1 N HCl을 사용하여 pH를 3.0~11.0으로 조절한 후 20°C, 암소에서 8주간 저장하면서 홍국색소의 함량변화를 측정된 결과를 보면 Fig. 3과 같다.

Fig. 3과 같이 산성영역인 pH 3.0에서는 저장 3주째에 초기 홍국색소 함량의 97.2%로 약 2.8%의 낮은 감소율을 나타내었으며, 그 이후 저장기간에 길어짐에 따라서 서서히 감소되기 시작하여 저장기간 8주째에는 초기 홍국색소 함량의 88.6%로 약 11.4%의 감소율을 나타내었다. 그러나, pH 5.0 및 pH 7.0에서는 저장기간 1주째부터 홍국색소의 함량이 감소되기 시작하여 저장기간 8주째에는 각각 초기 홍국색소 함량의 76.2%, 75.5%로 약 23.8%, 24.5%의 감소율을 나타내었다. 하지만 pH 9.0인 알칼리 영역에서는 저장기간 1주째에 초기 홍국색소 함량의 96.9%로 약 3.1%의 감소율을 보였으며, 저장기간 8주째에는 초기 홍국색소 함량의 80.8%로 약 19.2%의 감소율을 보였다. 이러한 결과는 pH 5.0 및 pH 7.0과 비교하였을 때 비교적 높은 안정성을 나타내었다. 한편 pH 11.0의 강 알칼리 영역에서는 저장기간 1주째에 초기 홍국색소 함량의 96.8%로 pH 9.0일 때와 비슷한 결과를 보였으나, 저장기간이 길어짐에 따라 안정성이 떨어지기 시작하여 저장기간 8주째에는 초기 홍국색소 함량의 75.5%로 약 24.5%의 감소율을 나타내었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 본 실험에 이용된 홍국색소는 산성영역과 알칼리 영역의 2가지 영역에서 비교적 안정함을 보임을 알 수 있었다. 이 같은 결과는 pH 4.0~8.0 영역에서의 감소율은 4.2~5.5%로 비교적 안정하였으나 pH 9.0에서의 감소율은 13.7%로 pH가 3.0 이하로 낮아지거나 9.0 이상으로 높을 경우에 감소율이 높았다는 Park 등[21]과 Lim 등[15]의

보고와 유사하였으나, Kim 등[11]이 *Monascus anka* 배양액으로부터 추출한 색소의 경우는 pH 2.0~12.0 범위에서 안정한 것으로 나타나 균주에 따른 차이가 있음을 알 수 있었다.

유기산에 대한 안정성

식초에서 나는 신맛은 acetic acid에 의한 것으로 식초에는 약 4%가량 포함되어 있는데 식초의 원료로 사용되며, citric acid는 레몬이나 딸 익은 감귤 등 감귤류의 과일에 특히 많이 함유되어 있는데, 보통 과즙·청량 음료에 첨가하거나 음료에 신맛을 내는 데에 주로 사용된다. 또한, lactic acid는 요구르트 등의 발효유 및 젖산균 음료에 함유되어 있는데 신맛이 나며 식용으로는 과일엑기스·시럽·청량 음료의 산미제로 주로 이용된다.

이러한 식품에 천연색소인 홍국색소를 첨가할 경우, 유기산에 대한 색소의 안정성에 관한 자료가 필요할 것으로 생각되어 홍국색소 추출물에 acetic acid, citric acid 및 lactic acid를 각각 0.1%, 0.3% 및 0.5%로 첨가하여 20°C, 암소에서 8주간 저장하면서 홍국색소의 함량변화를 측정된 결과를 보면 Fig. 4와 같다.

Fig. 4와 같이 acetic acid를 각각 0.1%, 0.3% 및 0.5%로 첨가하였을 때 저장기간 2주까지는 홍국색소 함량의 변화가 거의 없었으나, 저장기간이 길어짐에 따라 홍국색소 함량은 서서히 감소되기 시작하여 저장기간 4주째에 각각 초기 홍국색소 함량의 93.3%, 93.4% 및 93.4%로 약 6.7%, 6.6% 및 6.6%의 감소율을 나타내었고, 저장기간 8주째에는 각각 초기 홍국색소 함량의 83.8%, 85.7% 및 85.0%로 약 16.2%, 14.3% 및 15.0%의 감소율을 나타내었다(A). Citric acid를 각각 0.1%, 0.3% 및 0.5%로 첨가한 실험에서는 저장 2주까지 홍국색소 함량의 변화가 낮았으며, 저장기간이 길어짐에 따라 홍국색소 함량은 점차 감소하기 시작하여 저장기간 8주째에는 각각 초기 홍국색소 함량의 86.8%, 86.8% 및 85.9%로 약 13.2%, 13.2% 및 14.1%의 감소율을 나타내었다(B). 또한 lactic acid를 각각 0.1%, 0.3% 및 0.5%로 첨가한 실험에서는 acetic acid 및 citric acid와 마찬가지로 저장기간 2주까지는 홍국색소 함량의 변화가 거의 없었으나 저장기간이 길어짐에 따라 홍국색소 함량은 점차 감소하기 시작하여 저장기간 8주째에는 각각 초기 홍국색소 함량의 84.8%, 84.8% 및 84.9%로 약 15.2%, 15.2% 및 15.1%의 감소율을 나타내었다(C).

이러한 결과를 보면 3가지 유기산간의 차이는 크지 않았으며 3가지 유기산중 lactic acid 첨가 시 가장 높은 감소율을 보였으나 대조구와의 차이는 약 0.1%로 거의 차이가 없었다. 이것으로 보아 본 연구에 사용된 홍국색소는 유기산 하에서는 비교적 안정한 것으로 사료되며, Kim 등[11]은 홍국균 균체내의 색소는 실온에서 20시간 보관시 propionic acid, formic acid, butyric acid 및 malic acid 존재하에서 13~45% 범위로 분해되었고, tartaric acid와 citric acid 첨가시에는 63~83%나

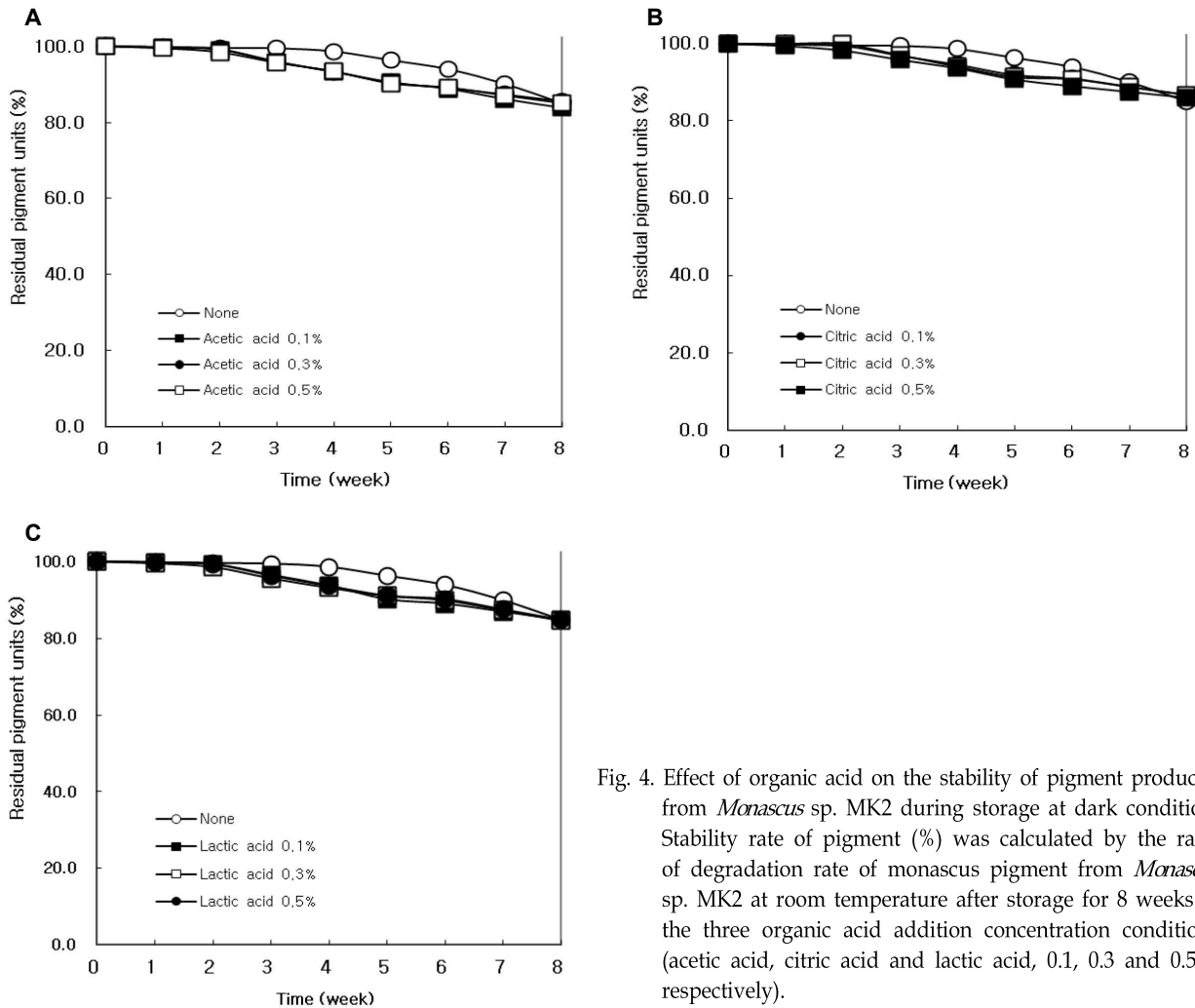


Fig. 4. Effect of organic acid on the stability of pigment produced from *Monascus* sp. MK2 during storage at dark condition. Stability rate of pigment (%) was calculated by the ratio of degradation rate of monascus pigment from *Monascus* sp. MK2 at room temperature after storage for 8 weeks in the three organic acid addition concentration conditions (acetic acid, citric acid and lactic acid, 0.1, 0.3 and 0.5%, respectively).

분해되어 이들 유기산은 색소의 안정성에 크게 영향을 미친다고 보고하였지만, 본 연구결과에서는 citric acid 첨가시 색소의 안정성이 가장 높은 것으로 나타났으며 Lim 등[15]의 결과와 유사한 것으로 조사되었다. 이 같은 결과는 사용한 균이나 유기산 첨가 농도 및 시료 조제상의 차이에 기인한 것으로 사료된다.

합성 항산화제와 천연물 추출물의 첨가에 따른 태양광 안정성
 홍국색소를 비롯한 많은 천연색소는 빛, 열, pH, 금속이온 등에 대한 안정성이 매우 약하고 식품에서 가공 또는 저장 과정 중에 쉽게 탈색되는 결점이 있다[23]. 일반적으로 합성 항산화제로 널리 사용되고 있는 Vitamin-C는 그 효과와 안정성 때문에 주로 사용해 왔지만 경제성 등의 문제로 인하여 대체 항산화제의 개발이 요구되고 있다. 따라서 인체에 무해하고 항산화 효과가 우수한 천연 항산화제에 관한 연구가 오래 전부터 진행되어 왔으며, 지금까지 보고된 대부분의 천연 항산화제는 식물 유래이다. 따라서, 본 연구에서는 홍국색소

추출액에 합성 항산화제로서 Vitamin-C를 0.1%, 0.3% 및 0.5%로 첨가하여 홍국색소의 함량 변화를 조사하였으며, 천연물로서 항산화 효과가 우수하다고 Jeong 등[7]이 보고한 복분자와 생강 추출물을 홍국색소 추출액에 0.1%, 0.3% 및 0.5%로 각각 첨가하여 태양광 조건에서 8주간 저장하면서 홍국색소의 함량 변화를 조사한 결과는 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서의 (A)와 같이 합성 항산화제로서 Vitamin-C를 각각 0.1%, 0.3% 및 0.5%로 첨가하였을 때 저장 1주부터 홍국색소의 함량이 점차 감소되기 시작하여, 저장기간 4주째에 각각 초기 홍국색소 함량의 86.1%, 84.7% 및 83.9%로 약 13.9%, 15.3% 및 16.1%의 감소율을 나타내었고, 저장기간 8주째에는 각각 초기 홍국색소 함량의 69.5%, 67.2% 및 67.2%로 약 30.5%, 32.8% 및 32.8%의 감소율을 나타내었다.

천연물로서 Fig. 5에서의 (B)와 같이 복분자 추출물을 각각 0.1%, 0.3% 및 0.5%로 첨가한 경우에는 저장초기에 구기자 추출물 첨가구와 비교시 비교적 안정하다가 저장기간 6주째부터 안정성이 낮아지기 시작하여 각각 초기 홍국색소 함량의

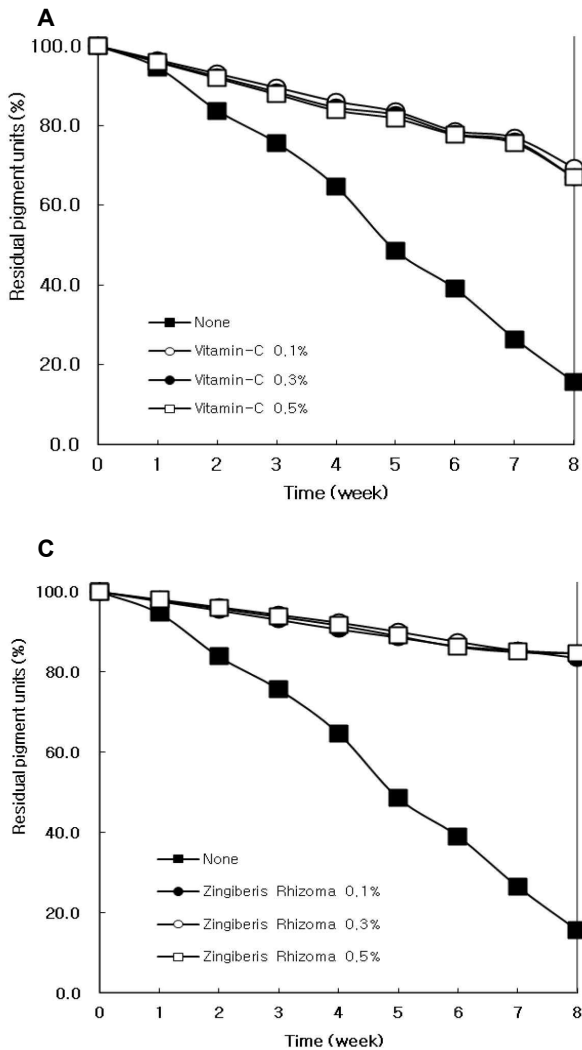
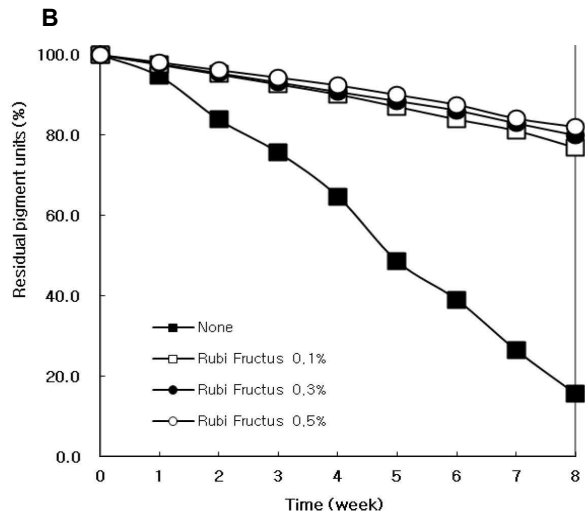


Fig. 5. Effect of vitamin C and rubi fructus, ginger extracts on the stability of pigment produced from *Monascus* sp. MK2 during storage at sun light condition. Stability rate of pigment (%) was calculated by the ratio of degradation rate of monascus pigment from *Monascus* sp. MK2 at sun light condition after storage for 8 weeks as the vitamin C and rubi fructus, ginger extracts addition concentration conditions (0.1, 0.3 and 0.5%, respectively).

83.9%, 86.1% 및 87.5%로 약 16.1%, 13.9% 및 12.5%의 감소율을 나타내었으며, 저장기간 8주째에는 각각 초기 홍국색소 함량의 76.8%, 79.8% 및 81.9%로 약 23.2%, 20.2% 및 18.1%의 감소율을 나타내었다. (C)와 같이 생강 추출물을 각각 0.1%, 0.3% 및 0.5%로 첨가한 경우에는 저장 초기에 구기자, 복분자 추출물 첨가구와 비교 시 비교적 안정하다가 저장기간 3주째부터 안정성이 점차 낮아지기 시작하여 각각 초기 홍국색소 함량의 93.0%, 94.2% 및 93.8%로 약 7.0%, 5.8% 및 6.2%의 감소율을 나타내었으며, 저장기간 8주째에는 각각 초기 홍국색소 함량의 83.5%, 84.6% 및 84.7%로 약 16.5%, 15.4% 및 15.3%의 감소율을 나타내었다. 이러한 결과를 보면 천연물 첨가구 모두에서 첨가 농도가 높아짐에 따라 홍국색소의 안정성 또한 비례적으로 높아지는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하여 보면 본 실험에 사용된 *Monascus* sp. MK2 균주가 생산하는 홍국색소의 안정성은 합성 항산화제 및 천연물 추출물 첨가구 모두에서 대조구과 비교시 매우 높은 안정성을 보였으며, 그 중에서도 천연물 추출물 첨가구



모두에서 높은 안정성을 보였다. 이로써, 홍국색소를 식품이나 다른 상품에 이용 시 보존제로서 기존의 합성 항산화제에 의존하던 것을 천연물의 첨가로서 천연 항산화제의 개념에서 대체가 가능할 것으로 사료되며, 이는 홍국색소가 가지고 있는 기능성과 천연물이 가지고 있는 기능성 성분의 복합적인 요소로서 이용이 가능하리라 생각된다. 이와 관련하여 현재 색소의 분해와 항산화 활성 및 기타 생리활성과의 상관관계를 규명하기 위하여 추가적인 연구가 진행 중에 있다.

References

1. Bau, Y. S. and Wong, H. C. 1979. Zinc effects on growth, pigmentation and antibacterial activity of *Monascus purpureus*. *Physiol Plant* **46**, 63-67.
2. Cho, S. B., Kim, H. J., Yoon, J. I. and Chun, H. S. 2003. Kinetic study on the color deterioration of crude anthocyanin extract from Schizandra frurt (*Schizandra chinensis fructus*). *Korean J Food Sci Technol* **35**, 23-27.

3. Francis, F. J. 1986. Handbook of Food Colorant Patents, p. 181. Food and Nutrition Press, Westport, CT.
4. Hajjaj, H., Klæbe, A., Loret, M. O., Tzedakis, T., Goma, G. and Blanc, P. J. 1997. Production and identification of N-Glucosylrubropunctamine and N-Glucosylmonascorubramine from *Monascus ruber* and occurrence of electron donor-acceptor complexes in these red pigments. *Appl Environ Microbiol* **63**, 2671-2678.
5. Han, B. H., Bae, T. J. and Kim, B. S. 1984. Stability of chlorophyll II during processing and storage at salted *Undaria pinnatifida*. *Korean J Food Sci Technol* **16**, 71-77.
6. Jeon, C. P., Lee, J. B., Choi, S. Y., Lee, O. S., Choi, C. S. and Kwon, G. S. 2006. Optimal conditions for production of water-soluble monascus natural pigments by *Monascus purpureus* MK2. *Kor J Microbiol Biotechnol* **34**, 250-256.
7. Jeong, S. J., Lee, J. H., Song, H. N., Seong, N. S., Lee, S. E. and Baeg, N. I. 2004. Natural products, organic chemistry; screening for antioxidant activity of plant medicinal extracts. *Korean J Soc Appl Biol Chem* **47**, 135-140.
8. Judie, D. D. 1987. Applications food colorants. *Food Technol* **23**, 78-88.
9. Kim, C. S., Rhee, S. H. and Kim, I. 1977. Studies on production and characteristics of edible red color pigment produced by mold (*Monascus* sp.). *Korean J Food Sci Technol* **9**, 277-283.
10. Kim, J. Y. and Kim, K. H. 1997. Isolation and characterization of *Bacillus* sp. PY123 producing water-soluble yellow pigment. *Korean J Appl Microbiol Biotechnol* **25**, 454-458.
11. Kim, S. J., Fhi, J. W., Kang, S. G. and Jung, S. T. 1997. Characteristics and stability of pigments produced by *Monascus anka* in a jar fermenter. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **26**, 60-66.
12. Kim, S. J., Rhim, J. W., Lee, L. S. and Lee, J. S. 1996. Extraction and characteristics of purple sweet potato pigment. *Korean J Food Sci Technol* **28**, 345-351.
13. Lee, D. S. and Kim, H. K. 1989. Carotenoid destruction and non-enzyme browning during red pepper drying as functions of average moisture content and temperature. *Korean J Food Sci Technol* **21**, 425-429.
14. Lee, S. Y., Cho, S. J., Lee, K. A., Byun, P. H. and Byun, S. M. 1989. Red pigment of the Korean cockcomb flower: color stability of the red pigment. *Korean J Food Sci Technol* **21**, 446-452.
15. Lim, S. I. and Kwak, E. J. 2004. Stability of the Pigments from *Monascus purpureus* CBS 281.34. *Korean J Food Sci Technol* **33**, 711-715.
16. Lin, C. F. 1973. Isolation and cultural conditions of *Monascus* sp. for the production of pigment in a submerged culture. *J Ferment Technol* **51**, 107-114.
17. Min, K. H. 1992. Fermentative production of natural edible red-pigment. The Research Reports of Mowon Research Institute of Korean Food and Dietary Culture. 759-783.
18. Oser, B. L. and Hall, R. L. 1975. Recent progress in the consideration of flavoring Ingredients under the food additives amendment, 5. GRAS substance, *Food Technol* **29**, 70
19. Oser, B. L. and Hall, R. L. 1978. Recent progress in the consideration of flavoring Ingredients under the food additives amendment, 5. GRAS substance, *Food Technol* **32**, 60.
20. Park, C. J., Na, M. K. and Oh, S. K. 1993. Study on the stability of anthocyanin pigment in Comet radish. *Korean J Food Sci Technol* **25**, 407-410.
21. Park, M. J., Yoon, E. K. and Kim, S. D. 2002. Stability of pigment produced by *Monascus pilosus*. *Korean J Food Sci Technol* **34**, 541-545.
22. Park, Y. H. and Chae, J. M. 1997. Stability of Monascin pigment isolated from *Monascus purpureus*. *J Food Hyg Safety* **12**, 15-19.
23. Ryu, B. H. and Kim, M. J. 2000. Production of red pigment from marine bacterium utilizing colloidal chitin. *Korean J Microbiol Biotechnol* **28**, 264-269.
24. Wong, H. C. and Bau, Y. S. 1977. Pigmentation and antibacterial activity of fast neutron-and X-ray-induced strains of *Monascus purpureus* went. *Physiol Plant* **60**, 578-581.
25. Yoon, H. H. and Kim, M. S. 1999. Some natural food colorants. *Food Industry Nutr* **4**, 24-32.

초록 : *Monascus* sp. MK2 균주가 생산하는 홍국색소의 안정성

전춘표¹ · 이중복^{2*} · 권기석^{2*}

(¹안동과학대학교 의약품질분석과, ²안동대학교 생명자원과학과)

본 연구에서는 *Monascus* sp. MK2가 생산하는 홍국색소의 안정성에 대하여 조사한 결과에서 광 안정성에서는 암 조건>자외선>실내(형광)>태양광 조건 순서로 안정하였으며, 온도에 대한 안정성은 온도가 증가하고 저장시간에 길어짐에 따라 홍국색소의 감소를 또한 비례적으로 증가하였고, pH에 대한 안정성은 전체적인 pH 영역에서 비교적 안정하였으며, 유기산 첨가에 대한 홍국색소의 안정성은 높은 것으로 생각되며, 합성 항산화제와 천연물 추출물 첨가시에는 안정성이 증대되는 것으로 조사되었다.