

*Monascus anka*를 이용한 홍국주의 제조 및 특성

방병호 · 이문수* · 김관필** · 이기원*** · †이동희***

을지대학교 식품영양학과, *한국생명공학연구원, **롯데제과, ***건국대학교 미생물공학과

Production and Characteristics of *Hongkuk-ju* using *Monascus anka*

Byung-Ho Bang, Moon-Soo Rhee*, Kwan-Pil Kim**, Ki-Won Lee*** and †Dong-Heui Yi***

Dept. of Food and Nutrition Science, Eulji University, Seongnam 461-713, Korea

*Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, Daejeon 305-333, Korea

**Lotte Confectionery Co., Ltd, Seoul 150-100, Korea

***Dept. of Microbial Engineering, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Abstract

To reproduce the brewing process of *Hongkuk-ju* and to identify the functional properties of it, *Hongkuk-ju* was brewed using different additions of *Hongkuk* (100%, 90%, 70%, 50%) and *Nuruk* (0%, 10%, 30%, 50%). The quality elements, including pH, total acidity, reducing sugar content, alcohol content and pigments (yellow, red, monacolin K and citrinin), were measured. The pH values of *Hongkuk-ju* showed a slight difference (pH 4.08~4.58) right after the 1st stage mash; further, the pH on all groups (H1, H2, H3 and H4) in the terminal of the 2nd stage mash (9 days in fermentation) were similar, ranging approximately at pH 3.70. The total acidity change did not show a difference directly the 1st stage mash (nearly 0.2 %); however, it began to show a slight difference at the terminal of the 2nd stage mash between the range of 0.69~0.76%. The residual reducing sugar of the content was decreased with the increased *Nuruk* content. The alcohol concentrations of the treatment brew with *Nuruk* ranging from 12.3% to 13.7% were higher than *Hongkuk* on its own. The yellow and red pigment contents of *Hongkuk-ju* ranged from 7.2~8.8 O.D. units (yellow pigment) and from 4.4~5.1 O.D. units (red pigment). The production of monacolin K and citrinin was the highest (9.48 mg/kg and 10.14 mg/kg) when the treatment solely brewed *Hongkuk*. The concentration of *Nuruk* and the preparation of the seed mash from it were critical factors compared to the treatment of rice in brewing *Hongkuk-ju*.

Key words: citrinin, *Hongkuk*, *Hongkuk-ju*, monacolin K, *Monascus* sp.

서론

전통주는 쌀과 누룩가루로써 담금하는데 누룩 미생물 중 곰팡이의 amylase에 의하여 쌀 전분을 발효당으로 분해하는 당화공정과 발효당을 알코올 발효능을 가진 효모에 의하여 ethanol로 전환되는 병행발효주이다. 삼한시대, 삼국시대 및 고려시대를 거쳐 다양한 양조법이 정착되었으며, 약주, 탁주, 소주 등 여러 형태의 술로 발전해 왔다(Baek 등 2012). 누룩 곰팡이로는 *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., *Absidia* sp.

및 *Monascus* sp. 등이 분포하는 것으로 알려져 있으며, 특히 *Monascus* sp. 단일균으로 만들어진 누룩을 홍국이라 한다. 홍국은 양조식품에 사용되는 누룩의 일종으로 쌀 등의 곡류에 *Monascus* 속의 홍국균을 배양, 증식한 것이다. *Monascus* 속 균주는 수세기 동안 동아시아 일대에서 증미된 쌀에 배양하여 “Anka”, “Red mold rice” 그리고 홍국으로 불리며, 식품의 천연 착색제나 보존제로 이용되어 왔다. *Rhizopus* sp.나 *Aspergillus* sp.를 이용한 재래방식의 국(麴)에 비하여 알코올 생성능이 좋고, 단향과 착색성이 강하여 우리나라를 비롯한 중국 등에

† Corresponding author: Dong-Heui Yi, Dept. of Microbial Engineering, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea. Tel: +82-2-450-3522, Fax: +82-2-3437-8360, E-mail: dhyi@konkuk.ac.kr

서 홍국의 색소와 생리적 기능을 이용해 홍주(anchu), 천태주, 건창홍주, 대만홍주 등의 주류와 홍두부 및 육류와 채소 가공에 이용되어 왔다(Park 등 2003).

Monascus 속의 홍국균은 현재 약 20종, 70여종의 균주가 분리 동정되어 있으며, 균의 종류에 따라 생물활성이 차이가 있고 이용면에서도 다양하다. 홍국은 합성 tar계 색소를 대체할 수 있는 천연색소로 주목받아왔다. 홍국균은 적색계와 황색계, 자색계의 여러 종류의 색소를 생산하며, 화학구조가 규명되어 있는 주요 색소에는 anthraquinone 유도체인 monascorubin 등 6종류가 있다(Park 등 2003; Kwak 등 2004).

홍국 색소는 배양조건에 따라 각각의 색소성분의 함량비율이 달라 색조에 차이를 나타내며, 저장 중 빛에 의해 변화를 받아 황갈색으로 변한다. 홍국 색소 중 monascorubin과 ankaflavin에는 항암 효과가 있는 것으로 보고되었으며(Nan-Wei 등 2005; Toshihiro 등 2005), 황색과 적색색소 추출물이 *E. coli*와 *B. subtilis*, *Streptococcus* 및 *Pseudomonas* sp.에 대해 생육 저해 및 항균 활성을 가진다는 결과가 발표되었다(Wong & Bau 1997; Wang 등 2002). 그 외 홍국의 약리효과로 *M. ruber*에서 cholesterol 생합성 저해물질인 monacolin K가 발견, 분리되었으며, 이와 유사한 구조를 갖는 다른 활성물질도 분리되었다(Kwak 등 2004; Li 등 2004). 이들 물질은 독성이 낮으며 cholesterol을 길항 저해하는 특징을 갖고 있고, 혈중 cholesterol을 감소시킬 뿐만 아니라 고콜레스테롤 혈중환자에 대해서도 유효하다. 특히 LDL(low density lipoprotein cholesterol)를 우선적으로 낮추는 작용이 있다(Wei 등 2003). 본 연구에서는 *Monascus anka* KCTC 6121로 홍국을 제조하여 기능성 홍국주를 제조한 후 그 홍주의 품질 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 원료 및 균주

실험에 사용한 백미와 찹쌀은 서울 시내 마켓에서 구입하였고, 누룩은 (주)송학곡자에서 구입하여 사용하였다. 본 실험에 사용한 균주는 *Monascus anka* KCTC 6121로 생명공학연구소 유전자은행으로부터 분양받아 사용하였으며, potato dextrose agar(PDA: Difco Co., Detroy, USA) 배지에 *M. anka* KCTC 6121를 접종하여 30°C에서 7일간 배양한 후 4°C에서 냉장 보관하였다. 계대배양은 PDA에 1개월 간격으로 하였다. *S. cerevisiae* KCTC 1199는 YM broth(Difco, Detroit, USA)에 접종하여 30°C, 180 rpm에서 24시간 회전 진탕배양 후 주모로 사용하였다.

2. 홍국의 제조

백미 30 g을 25°C로 조절된 증류수 60 ml에 6시간 침수시

킨 후 1시간 동안 쌀의 물기를 빼고 초기 수분함량 30%로 조절한 후 300 ml 삼각 플라스크에 담아 121°C에서 15분간 증자하였다. 증자한 백미에 포자현탁액을 10%(v/w) 접종하여 30°C에서 12일간 배양하였다. 배양이 끝난 홍국은 50°C에서 24시간 동안 건조 제분하여 사용하였다. 포자현탁액은 실험 균주를 PDA 배지를 사용하여 30°C에서 7일간 사면배양하여 종균 사용을 위해 멸균한 증류수 10 ml를 넣어 백미로 포자를 분리시킨 다음 희석하여, haemocytometer로 포자수가 $2.6 \times 10^6 \sim 7$ spores/ml가 되도록 조절하여 사용하였다.

3. 홍국주의 제조

홍국주는 찹쌀, 홍국, 누룩, 물을 원료로 복건홍국청주제조법(Koizmi 등 1998)을 변형하여 제조하였다. 최종 담금까지의 홍국비율은 23.7%, 담금수의 비율은 127%, 효모의 비율은 담금수를 제외한 총 원료의 7%로 조정하였고, 그 제조 과정을 요약하면, 찹쌀 300 g을 물 500 ml에 12시간 침지시킨 후 121°C에서 20분간 증자한 후, 홍국과 누룩가루를 물 500 ml와 혼합한 후 25°C에서 5일간 두어 1차 발효를 완성하였다. 2차 발효는 찹쌀가루 600 g에 물 1.0 l를 끓여 500 ml는 식히고 500 ml는 끓는 상태에서 찹쌀가루를 부어가며 익반죽하여 차게 식혔다. 익반죽이 식으면 식혀둔 물과 홍국가루 150 g, 1차 발효물을 혼합하여 25°C에서 4일간 발효 후 여과하여 홍국과 누룩의 사용량을 달리한 4종류의 홍국주를 제조하였다(Table 1).

4. 홍국주의 색소, Monacolin K 및 Citrinin 측정

발효액을 filter paper(Whatman No. 1)로 여과한 후 원심분리(4,000×g, 20분, 4°C)하여 얻은 상등액을 spectrophotometer (Amersham Bio., Ultrospec 3100pro)를 이용하여 390 nm와 490 nm에서 흡광도를 측정한 후 희석배율을 곱하여 황색과 적색 색소의 양(OD unit)을 나타내었다. 색소의 양은 OD 값 1.0을 1 unit로 하였다(Babitha 등 2007). 그리고 monacolin K와 citrinin은 HPLC로 분석하였으며, 내부 표준물질과 성분 peak area에 의하여 분석하였다. 표준물질은 mevinolin(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, USA)와 citrinin(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, USA)을 각각 사용하였다(Bang 등 2012).

5. pH 및 산도 측정

pH는 발효액을 filter paper(Whatman No. 1)로 여과한 후 원심분리(4,000×g, 20분, 4°C)하여 얻은 상등액을 pH meter(Istek, Inc. model 730p, USA)로 측정하였다. 산도 및 총산의 함량은 10 ml의 원심분리액을 0.1N NaOH 용액으로 pH 7.0으로 중화 적정하고, 이에 소요된 ml수에 표정역가를 곱하여 산도로서 표시하였다. 총 산 함량은 산도에 유기산 계수 0.009를 곱하여 젖산의 함량으로 나타내었다(Kim 등 1996).

Table 1. Composition of raw materials and fermentation conditions of Hongkuk-ju

Brewing stage	Raw materials	H1 ¹⁾	H2	H3	H4
1 st stage	Glutinous rice	300	300	300	300
	Hongkuk	130	117	91	65
	Nuruk	-	13	39	65
	Water(ml)	500	500	500	500
	Yeast(ml)	75	75	75	75
2 nd stage	Glutinous rice powder	600	600	600	600
	Hongkuk	150	150	150	150
	Water(ml)	1,000	1,000	1,000	1,000

¹⁾ H1: Glutinous rice + Hongkuk + Yeast culture.

H2: Glutinous rice + Hongkuk (90%) + Nuruk (10%) + Water + Yeast culture.

H3: Glutinous rice + Hongkuk (70%) + Nuruk (30%) + Water + Yeast culture.

H4: Glutinous rice + Hongkuk (50%) + Nuruk (50%) + Water + Yeast culture.

6. 환원당의 정량

발효액을 filter paper(Whatman No. 1)로 여과한 후 원심분리(4,000×g, 20분, 4°C)하여 얻은 상등액 1 ml를 취하여 환원당량을 Somogi-Nelson 방법(Nelson 1944)으로 측정하였다. Glucose 표준곡선을 이용하여 환원당의 양을 계산하였다.

7. 알코올 함량의 측정

15°C의 상등액 100 ml를 rotary evaporator(RE47, Yamato Sci Co. Japan)로 감압증류하여 증류액이 70 ml가 되게 한 후 증류수를 가하여 100 ml로 정용하였다. 증류된 알코올은 온도를 측정하고 다음 주정계에 눈금을 읽고, 알코올-온도보정표에서 15°C로 보정한 알코올 함량을 구하였다(Kim 등 1996).

결과 및 고찰

1. pH 및 총 산도의 변화

pH와 산도의 변화는 발효 진행 상황을 파악하는데 중요한 요인이다. 일반적으로 효모의 알코올 발효는 술덧이 산성 또는 미산성인 경우에 알코올 생성 능력이 좋은 것으로 알려져 있다. 그러나 술덧의 액성이 염기성으로 갈수록 알코올 함량의 생성은 감소하고, 그 대신 초산과 글리세롤의 생성이 일어나게 되고, 또한 잡균의 오염이 생긴다(Song & Park 2003).

홍국주 발효 기간에 따른 pH 및 산도의 변화는 Fig. 1 및

Fig. 2와 같다. 누룩의 함량을 달리한 각 군들의 1차 담금 직후 pH는 홍국만을 첨가한 H1이 4.08로 가장 낮았고, 누룩을 첨가한 군들의 pH는 4.20~4.58로 약간 높게 나타났다. 발효가 진행됨에 따라 모든 군에서의 pH는 감소하여 배양 4일째 3.80~4.12의 범위에서 유지되었고, 2차 담금 후 pH는 1차 담금 과정과 유사한 pH를 유지하였으며, 2차 담금 후 발효 종료시(배양 9일째)에는 누룩을 첨가한 구 및 첨가하지 않은 4구(H2, H3, H4 및 H1) 모두가 3.70 부근으로 낮아졌다. 이는 누룩과 효모 또는 주모를 사용한 탁주와 약주 발효 과정에서의

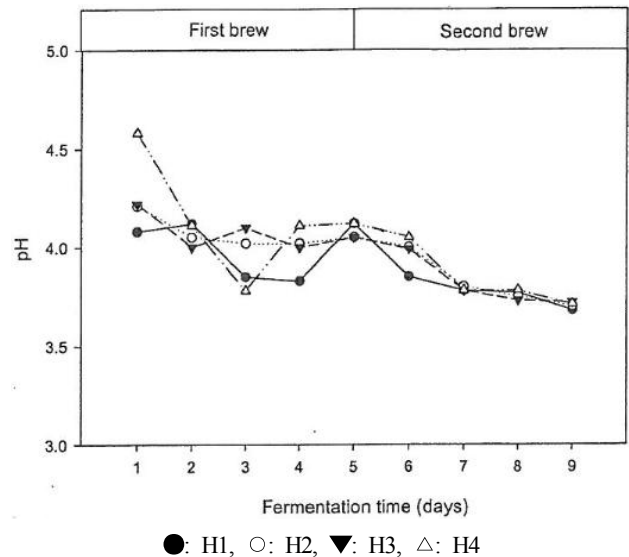


Fig. 1. Change in pH of Hongkuk-ju during fermentation at 25°C by different raw materials.

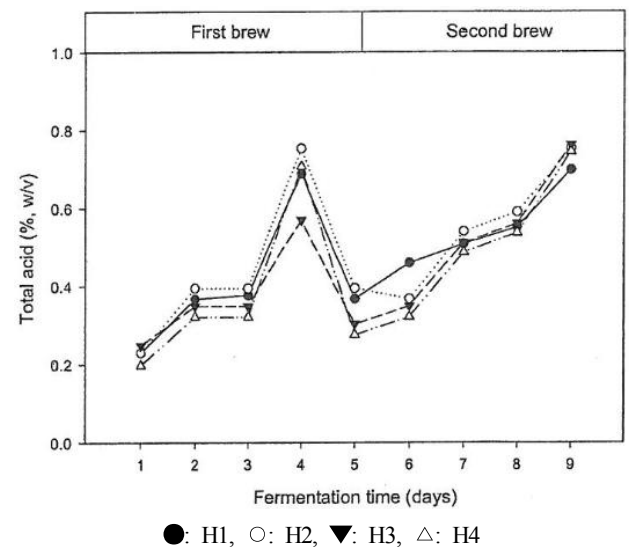


Fig. 2. Change in total acid of Hongkuk-ju during fermentation at 25°C by different raw materials.

최종 pH 3.3~3.7과 유사한 값을 나타내었다(Kim 등 1996).

산도는 1차 담금 직후 모든 구가 0.2% 정도의 값을 나타내었으나 발효가 진행됨에 따라 산도는 증가하여 1차 담금 4일째 0.53~0.73% 범위로 증가하였다가, 2차 담금 직후 산도는 급격히 감소하였다. 2차 발효가 진행됨에 따라 다시 증가하였으며, 발효 종료 시점(배양 9일째)에서 0.69~0.76% 범위로 최대치를 나타내었다. 즉, 발효 종료 시 홍국만 첨가한 H1의 산도는 0.69%로 가장 낮았고, 누룩을 첨가한 H2~H4의 경우는 약간 높은 0.74~0.76%의 값을 나타내었다. 누룩의 첨가로 인해 산도가 높아지는 것을 알 수 있었다.

술덧의 총산은 담금 직후에는 원료 중의 유기산이 주로 관여하나, 발효가 진행되면서 젖산이나 효모 발효로 생성되는 유기산의 영향으로 총산 양이 증가된다. 본 연구에서 홍국이 첨가된 군에서의 산도의 변화는 Park 등(2003)의 홍국주 산도 0.65~0.69%와 비슷한 경향으로 나타났다.

2. 환원당 함량의 변화

일반적으로 우리나라 전통 발효주의 경우, 1단 담금 직후 발효가 시작되면 초기에 전분, 전분 분해물 등이 경시적으로 조금 분해되어 소량 증가한다. 그리고 2단 담금 직후 발효가 본격적으로 진행되면서 전분 함량은 현저히 감소하고, 환원당을 비롯한 소당류, 이당류 등이 증가하지만, 이들 역시 발효되어 알코올을 생산함으로 많이 감소되는 경향을 보이게 된다(Lee 등 2009).

홍국주 발효 기간 중 환원당의 양은 Fig. 3과 같이 발효 종료 시까지 계속 감소하였다. 그림에서 보는 바와 같이, 1차

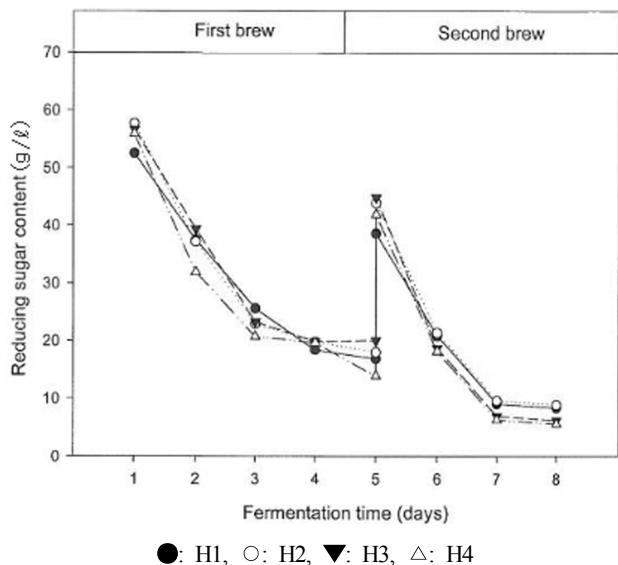


Fig. 3. Change in reducing sugar contents of Hongkuk-ju during fermentation at 25°C by different raw materials.

담금 직후 홍국만을 첨가한 H1구는 환원당이 5.2%, 누룩을 첨가한 군들(H2~H4)의 환원당의 함량은 5.7% 내외로 약간 높은 값을 나타내었으며, 2차 담금 직후에도 같은 경향을 보였으며, 2차 담금 마지막 날인 8일째에는 그 경향이 반대로 홍국만으로 제조한 H1구는 환원당이 1%, 누룩을 첨가한 구 중 H3, H4는 0.7% 정도로 낮아졌다. 이는 누룩 첨가량이 많을수록 알코올 생성량이 우수하다는 것을 의미한다(Lee 등 2009).

3. 알코올 함량의 변화

술덧은 담금 후 누룩 중의 amylase에 의해 원료의 전분이 당분으로 분해되고 효모 발효 기질로 이용되어 일정한 기간 까지 에탄올 함량이 증가한다. Fig. 4는 홍국주의 발효 기간에 따른 알코올 함량의 변화를 나타내었다. 즉, 발효가 진행됨에 따라 알코올 함량은 증가하였으며, 2차 담금 후 알코올 농도는 더 증가하였다. 홍국만을 첨가한 H1의 알코올 농도는 발효 종료 시 12%로, 누룩을 혼합한 구 중 H3~H4(알코올 함량 약 14%)보다 낮은 값을 나타내었다. 이는 누룩의 높은 α-amylase 활성에 의해 발효 당이 많이 생성되어 알코올 생산이 높아진 것으로 생각된다. 실험에 사용한 누룩의 α-amylase 활성은 3.4 U/g으로, 홍국의 1.8 U/g보다 약 2배 가량 높은 값을 보였다(Bang 등 2012).

본 실험에서 홍국주의 알코올 농도는 12~13.7%로, 단양법으로 홍국주를 제조한 Park 등(2003)의 알코올 농도 12~13%, 탁주와 약주의 알코올 농도 13~15%(Shin 등 1999; So 등 1999)와 비교하여 유사한 알코올 농도를 보였다.

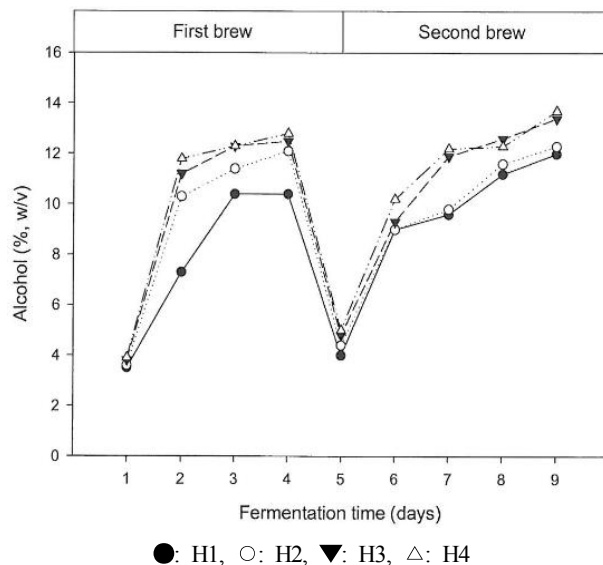


Fig. 4. Change in alcohol concentration of Hongkuk-ju during fermentation at 25°C by different raw materials.

4. 홍국주의 색소의 측정

와인의 경우, 포도의 anthocyanin 색소의 분석을 통해 항산화 효과와 시각적 효과에 관하여 연구가 이루어지고 있다(Bautista-Ortín 등 2007). *Monascus* sp.의 균주는 황색과 적색을 띠는 azaphilone계 천연색소를 생산하고, 이 색소는 항암 및 항산화작용 효과(Nan-Wei 등 2005)와 함께, *E. coli*, *B. subtilis*, *Streptococcus* 및 *Pseudomonas* sp.에 대해 생육 저해 및 항균 활성을 가진다는 결과가 발표되었다(Wang 등 2002). 또한 특유의 붉은 색을 띠고 있어 홍국을 식품에 응용할 경우, 시각적 효과와 기능성 효과를 동시에 기대할 수 있다.

본 실험에서 홍국주의 발효 기간 동안의 색소를 측정하였고, 그 결과는 Fig. 5와 같다. 황색 색소의 함량(7.0~8.9 O.D. unit)이 적색 색소 함량(4.2~5.0 O.D. unit)보다 높은 값을 나타내었으며, 2차 담금 후 희석에 따른 색소 함량의 감소는 나타나지 않았다. 이는 물의 희석배수가 낮고 홍국의 추가 투입에 의한 결과로 생각된다. 발효가 진행됨에 따라 홍국만을 첨가한 균(H1)의 색소 함량이 높은 값을 보였으나, 누룩을 첨가

한 균들(H2~H4)과의 색소의 함량은 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 누룩을 첨가한 균의 알코올 농도가 높으므로 인해 색소의 추출력이 높아진 것으로 생각된다.

5. 홍국주의 Monacolin K와 Citrinin 함량의 측정

Monacolin K와 citrinin은 *Monascus* sp.가 생산하는 2차 대사산물로 각각 콜레스테롤 생합성 저해와 진균독으로 작용하고, 색소와 비슷한 polyketide pathway를 경유하여 합성되며(Hajjaj 등 1999), 물과 유기용매에 가용성으로 ethanol과 methanol에서 추출한 경우 최대값을 나타내고, monacolin K는 물에서 추출한 경우 낮은 값을 나타낸다(Kwak 등 2004). Fig. 6에서 보는 바와 같이, 발효가 진행됨에 따라 알코올 생산과 색소 함량과 비례하여 monacolin K와 citrinin의 함량은 증가하였다.

식품의약품안전청의 기준에서는 홍국의 1회 섭취 시 monacolin K의 함량을 4~8 mg/kg, citrinin은 50 µg/kg으로 규정하고 있다(식품공전 2005). 홍국에서는 monacolin K의 함량은 74 mg/

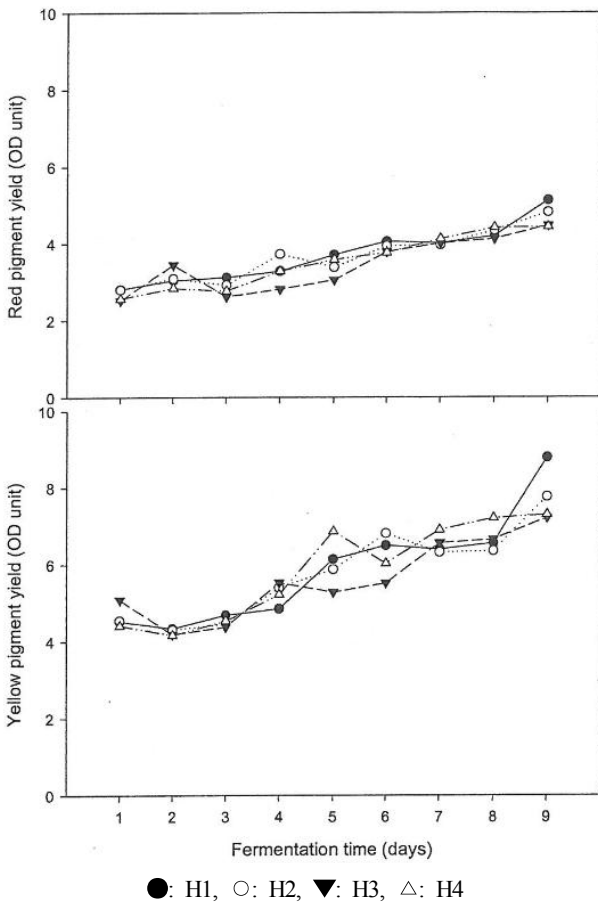


Fig. 5. Change in pigment yield of *Hongkuk-ju* during fermentation at 25°C by different raw materials.

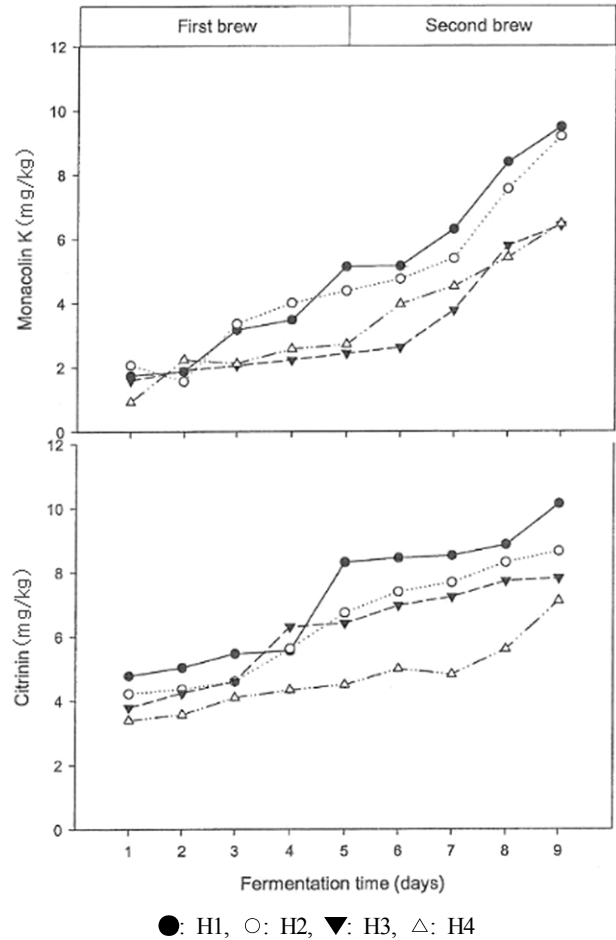


Fig. 6. Change in monacolin K and citrinin of *Hongkuk-ju* during fermentation at 25°C by different raw materials.

kg을 보였으나(Bang 등 2012), 홍국주에서는 물에서 낮은 추출률을 가지는 monacolin K의 특성에 의해 6~10 mg/kg의 값을 보였다. 그리고 citrinin의 함량은 7~10 mg/kg이 검출되었으며, 홍국에서의 citrinin 함량과 유사한 값을 보였다(Bang 등 2012). 따라서 균주 개량을 통해 citrinin 함량이 낮은 홍국 개발과 이를 사용한 홍국주 제조가 필요하다 하겠다.

요약 및 결론

홍국주의 제조 방법을 재현하고 그 기능성을 탐색하고자 *Monascus anka* KCTC 6121로 홍국을 제조, 이를 이용하여 홍국주를 제조하여 발효 과정 중의 pH, 총 산도, 환원당, 알코올 및 색소(황색, 적색, monacolin K 및 citrinin) 등의 성분 변화를 분석하였다. 홍국주의 pH는 1차 담금 직후에는 약간의 차이(pH 4.08~4.58)를 나타냈으나, 배양 9일째 4구(H1, H2, H3 및 H4) 모두 비슷한 3.70 부근으로 나타났다. 총 산도는 배양 직후에는 별 차이가 없었으나(4구 모두 0.2% 부근), 배양 마지막 날인 9일째 홍국만으로 제조한 홍국주(H1)는 0.69%, 누룩을 첨가한 홍국주(H2~H4)는 0.74~0.76%의 값을 나타내었다. 잔존 환원당은 발효 마지막 날인 8일째 미미하지만, 누룩 첨가량이 많을수록 더 적게 나타났다. 누룩의 첨가량이 높을수록 당의 소비량은 높았으며, 이에 따라 알코올 농도는 12~13.7%까지의 차이를 보였다. 발효 9일째, 황색 색소의 함량(7.2~8.8 OD unit)은 적색 색소 함량(4.4~5.1 OD unit)보다 높은 값을 나타냈으며, 그리고 monacolin K와 citrinin의 함량은 각각 9.48 mg/kg, 10.14 mg/kg으로 검출되었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 홍국을 술의 효소제로 사용하여 홍국주 제조를 이용한 결과, 술로서의 이용 가능성은 높았으나, citrinin의 함량이 높게 나와 홍국 제조 시 citrinin의 생성을 줄이고, 색소 및 효소 활성을, monacolin K의 생성을 높일 수 있도록 균주의 개량을 통해 홍국주의 기능성 및 기호성 면에서 보다 효율적으로 이용될 수 있는 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

Babitha S, Soccol CR, Pandey A. 2007. A solid-state fermentation for the production of *Monascus* pigment from jackfruit seed. *Bioresource Technology* 98:1554-1560

Baek SY, Kim JY, Choi JH, Choi JS, Shoi HS, Ueong ST, Yeo SH. 2012. Assessment of the quality characteristics of mixed-grain *Nuruk* made with different fungal strains. *J East Asian Soc Dietary Life* 22:103-108

Bang BH, Rhee MS, Kim KP, Lee KW, Yi DH. 2012. *Hongkuk*

production and the characteristics of *Hongkuk* made from *Monascus anka*. *Korean J Food & Nutr* 25:1055-1060

Bautista-Orti'n AB, Ferna'ndez-Ferna'ndez JI, Lo'pez-Roca JM, Go'mez-Plaza E. 2007. Effects of enolical practices in anthocyanins, phenolic compounds and wine colour and their dependence on grape characteristics. *Journal of Food Composition and Analysis* 20:546-552

Hajjaj H, Klaebe A, Loret MO, Goma G, Blanc PJ, Francois J. 1999. Biosynthetic pathway of citrinin in the filamentous fungus *Monascus ruber* as revealed by ¹³C nuclear magnetic resonance. *Appl Environ Microbiol* 65:311-314

Kim IH, Park WS, Koo YJ. 1996. Comparison of fermentation characteristics of Korean traditional alcoholic beverage with different input step and treatment of rice and *Nuruk* (Korean-style bran koji). *Korean J Dietary Culture* 11:339-348

Koizumi T, Kakuda T, Suzuki M. 1998. Alcoholic beverage. p 156. Gandamsa, Japan

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 DH, Kim JH, Lee JS. 2009. Effect of pears on the quality and physiological functionality of *Makgeolhy*. *Korean J Food & Nutr* 22:606-611

Li YG, Zhang F, Wang ZT, Hua ZB. 2004. Identification and chemical profiling of monacolins in red yeast rice using high-performance liquid chromatography with photodiode array detector and mass spectrometry. *J Pharm Biomed Anal* 35:1101-1112

Nan-Wei S, Yii-Lih L, Min-Hsiung L, Chen-Ying H. 2005. Ankaflavin from *Monascus*-fermented red rice exhibits selective cytotoxic effect and induces cell death on Hep G2 cells. *J Agric Food Chem* 53:1949-1954

Nelson N. 1944. A photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. *J Biochem* 153:375-380

Park IB, Park BS, Jung ST. 2003. Brewing and functional characteristics of *Hongkuk Ju* prepared with various *Hongkuk*. *Korean J Food Sci Technol* 35:943-950

Shin KR, Kim BC, Yang JY, Kim YD. 1999. Characterization of *Yakju* prepared with yeasts from fruits. 2. Quality characteristics of *Yakju* during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28:801-804

So MH, Lee YS, Noh WS. 1999. Improvement in the quality of *Takju* by a modified *Nuruk*. *Korean J Food & Nutr* 12:427-432

- Song JC, Park HJ. 2003. *Takju* brewing using the uncooked germed brown rice at second stage mash. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:847-854
- Toshihiro A, Harukuni T, Ken y, Motohiko U, Ayaka K, Naoyuki S, Takashi S, Nobukazu T, Hoyoku N. 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
- Wang SL, Yen YH, Tsiao WJ, Chang WT, Wang CL. 2002. Production of antimicrobial compounds by *Monascus purpureus* CCRC31499 using shrimp and crab shell powder as a carbon source. *Enzyme Micro Technol* 31:337-344
- Wei W, Lia C, Wang Y, Su Y, Zhu J, Kritchevsky D. 2003. Hypolipidemic and anti-atherogenic effects of long-term cholestin (*Monascus purpureus*-fermented rice, red yeast rice) in cholesterol fed rabbits. *J Nutr Biochem* 14:314-318
- Wong HC, Bau YS. 1997. Pigmentation and antibacterial activity of fast neutron and X-ray-induced strains of *Monascus purpureus* Went. *Plant Physiol* 60:578-581
- 식품의약품안전청. 2005. 제2005-25호 건강기능식품의 기준 및 규격

접 수 : 2013년 1월 24일
 최종수정 : 2013년 2월 19일
 채 택 : 2013년 2월 25일