

홍국주의 제조와 기능성에 관한 연구

박인배 · 박배선 · 정순택*
목포대학교 식품공학과

Brewing and Functional Characteristics of Hongkuk Ju Prepared with Various Hongkuks

In-Bae Park, Bae-Sun Park and Soon-Teck Jung*
Department of Food Engineering, Mokpo National University

To identify the functional properties of Hongkuk ju and to improve its brewing process, Hongkuk ju was brewed using different hongkuks (*Monascus red koji*) made by *Monascus purpureus*, *Monascus anka*, *Monascus araneosus*, and nuruk. Hongkuk using *M. purpureus* showed the highest enzyme activity. Hongkuk ju prepared with the *M. purpureus* hongkuk was fermented most efficiently, and showed the highest Hunter value. Hongkuk ju showed significant levels of phenolic compounds, electron donating ability, nitrate-scavenging activity, and ACE inhibition activity. In particular, Hongkuk ju made with *M. purpureus* showed the highest value among the wines of this study.

Key words: hongkuk ju, hongkuk, total phenolic compound, antioxidation, ACE inhibition activity

서 론

홍국주는 천태홍주, 건창홍주⁽¹⁾로 16세기에 중국에서 유입되어 조선시대에 응용되었던 술로서 홍국과 찹쌀로 빚은 청주이다. 홍국(紅麴)은 양조식품에 사용되는 누룩의 일종으로 쌀 등의 곡류에 *Monascus*속의 홍국균(紅麴菌)을 배양한 것으로 천연의 착색료로 이용되어 왔으며 단향이 강하고 착향성이 우수하여 한국을 비롯한 중국, 대만, 오키나와, 모로코 등에서 홍국의 색소와 생리적 기능을 이용해 홍주(anchu), 천태주, 건창홍주, 복건홍국황주, 대만홍주 등의 주류와 홍두부 및 육류와 채소가공에 이용되어 왔고, 우리나라에서도 중국을 통하여 수입된 홍국이 홍노주, 로홍주, 홍국주, 별법관서감홍로 등의 술과 채초, 황작초, 홍국차, 고추장 담금에 이용되어 왔었다⁽²⁾.

*Monascus*속의 홍국균은 현재 약 20종, 70여종의 균주가 분리 동정되어 있고, 균의 종류에 따라 생물활성에 차이가 있으며 이용도가 다양하다⁽³⁻⁵⁾. 홍국은 일찍부터 합성 tar계 색소를 대체할 수 있는 천연색소로 주목받아왔다. 홍국균은 적색계와 황색계, 자색계의 여러 색소를 생산하며 화학구조가

판명되어 있는 주요 색소에는 anthraquinone 유도체인 monascarin 등 6종류가 있다^(2,6). 이들 색소는 한국, 대만, 동남아시아 등지에서 오랫동안 홍주와 홍두부 등의 착색에 사용되어 온 물질로서 주로 수산 연제품, 잼, 토마토케찹, 조미료, 식육 등 가공식품의 착색제로서 일본과 우리나라에서 상당량이 사용되고 있으며, 소화불량, 이질 등의 각종 질병치료에도 응용되어 왔다⁽⁷⁻⁹⁾. 뿐만 아니라 향신료로서도 이용되어 왔으며, 특히 홍국이 생산하는 monacolin K 및 그 유도체와 γ -aminobutyric acid 등에 의한 각종 질병치료와 콜레스테롤의 생합성 억제작용, 혈압강하작용, 항암작용, 항산화 활성 등 다양한 기능성이 알려져 있어 성인병 예방을 위한 식품신소재로서 각광받고 있다⁽¹⁰⁻¹²⁾.

최근에는 홍국을 기능성 식품 원료로서 된장과 고추장을 비롯해 식초, 두부, 간장, 음료수 및 빵 등에 첨가하고 있으며, 천연색소로서 햄이나 소시지 등의 육가공품에도 적용하고 있다. 홍국의 생리적 활성이 강해지고 각종 생리기능성을 가진 민속주의 개발이 활발히 진행되고 있으며 50여종 이상이 독특한 발효제와 원료를 사용하여 특유의 방법으로 제조되어지고 있으나 몇가지 주류를 제외하면 이들의 대량 생산공정이 표준화되거나 과학화가 되어 있지 않으며 민속주들에 대한 이화학적 특성과 생리기능성 물질의 탐색 및 품질 개선을 위한 연구보고가 적다⁽¹²⁻¹³⁾.

따라서 본 연구에서는 홍국균이 갖는 여러 특성과 기능성의 생리적 효과를 갖는 술로 알려진 홍국주를 제조하고자 *Monascus purpureus*, *Monascus anka*, *Monascus araneosus*

*Corresponding author : Soon-Teck Jung, Department of Food Engineering, Mokpo National University, 61 Dorim-ri, Chungkye-myon, Muan-gun, Chonnam 534-729, Korea
Tel: 82-61-450-2421
Fax: 82-61-454-1521
E-mail: stjung@mokpo.ac.kr

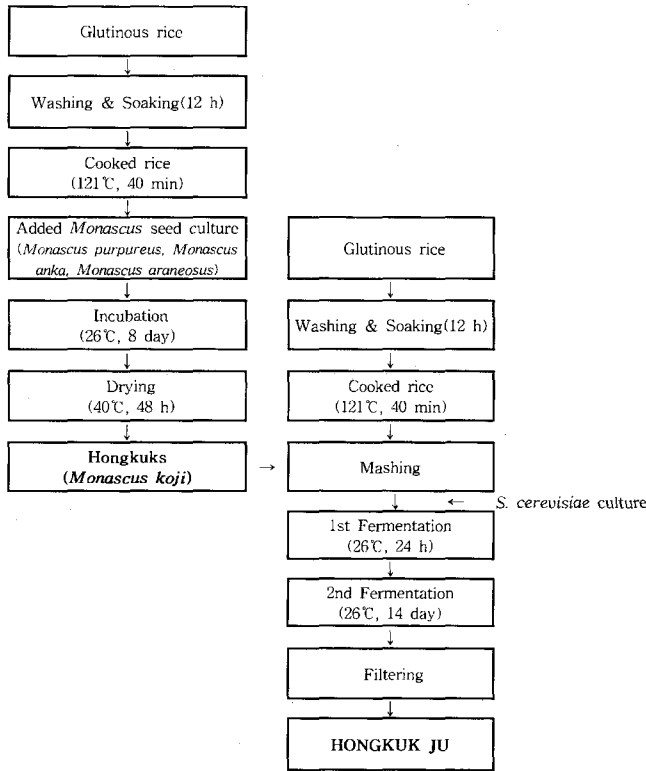


Fig. 1. Brewing process of Hongkuk ju.

의 3종류의 홍국균을 쌀에 배양하여 홍국을 제조한 후, 이들 홍국과 일반누룩의 첨가량을 달리하여 홍국주를 제조하고, 발효과정중의 이화학적 성분변화를 분석하였다. 또한 홍국주의 기능성을 연구하기 위해 총 페놀 화합물 함량을 측정하고, *in vitro*에서 전자공여능에 의한 항산화 활성, 아질산염소거능, 혈압강하효과를 angiotensin converting enzyme 저해효과로 측정하여 서로 비교 검토하였다.

재료 및 방법

쌀 홍국 제조

홍국의 제조 공정은 Fig. 1과 같으며, 홍국과 홍국주 양조용 쌀은 2002년산 찰쌀을 시중에서 구입하여 사용하였다. 쌀을 12시간 침지시킨 후 121°C에서 40분간 증자한 후 찰쌀 100 g당 액체배지에서 24시간 배양하여 활성화시킨 *Monascus purpureus*, *Monascus anka*, *Monascus araneosus*균의 배양액을 각각 10 mL씩을 넣고 잘 혼합하였다.

균의 증식을 위해 처음 48시간 동안 30°C 항온기에서 배양하고, 이후 색소 생성을 위해 다시 26°C 항온기에서 8일간 배양하였다. 배양 중의 품은 상승으로 인한 잡균생성을 방지하기 위하여 쌀을 잘 저어주었다. 3종의 완성된 홍국은 40°C 건조기에서 48시간동안 건조시켜 홍국주 담금에 사용하였다.

쌀 홍국의 효소활성

찰홍국 10 g에 증류수 200 mL를 첨가하여 밀봉하고 실온에서 4시간 진탕한 후 여과하여 효소액을 조제하여 홍국의

α -amylase, β -amylase, protease의 효소활성을 측정하였다. α -Amylase 활성은 Fuwa의 방법⁽¹⁴⁾에 따라 측정하였다. 즉, 1% 전분용액 2 mL에 0.02 M 인산완충액(pH 6.9) 1 mL를 넣어 기질로 사용하였으며 미리 조제한 효소액을 1 mL 첨가하여 40°C에서 30분간 반응시킨 후, 1 M 초산 10 mL로 반응을 정지시키고 N/3000 요오드 용액 10 mL를 넣어 660 nm에서 흡광도를 측정한 후 효소액 1 mL가 나타내는 흡광도의 차를 unit로 표시하였다.

β -Amylase 활성은 dinitrosalicylic acid법⁽¹⁵⁾으로 측정하였다. 즉, 1% 전분용액을 0.4 M 초산완충액(pH 4.8)에 용해시켜 1 mL 취한 것을 기질로 사용하였고 효소액 1 mL를 혼합한 후 30°C의 항온수조에서 정확히 10분간 반응시킨 후 dinitrosalicylic acid reagent 3 mL를 첨가하여 발색시켜서 660 nm에서 흡광도를 측정하였다. 효소량 1 unit는 maltose로 표준곡선을 작성하여 효소액 1 mL가 maltose 1 mg을 유리시킬 때의 값으로 하였다.

Protease 활성은 Hiroshi 등의 방법⁽¹⁶⁾에 의해 측정하였다. 즉, pH 3, pH 7로 조정된 0.6% casein 5 mL에 효소액 1 mL를 첨가하여 37°C에서 30분간 반응시키고, 0.4 M TCA 5 mL를 첨가하여 반응을 정지시켜 여과하였다. 이 여액 1 mL에 0.4 M Na₂CO₃ 5 mL와 Folin시약 1 mL를 혼합한 후 660 nm에서 흡광도를 측정해 효소액 1 mL에서 1분간 1 μ g의 tyrosine을 유리한 때를 1 unit로 하였다.

홍국주 제조

쌀을 12시간 침지시킨 후, 121°C에서 40분간 증자하고 찰쌀, 물, 홍국과 누룩으로 담금하고 밀봉한 후 26°C에서 24시간 배양하였다. 이때 대조구는 증미 400 g, 물 600 g, 누룩 120 g으로 담금하고 홍국과 누룩의 사용량을 달리하여 6종류의 홍국주를 담금하였다(Table 1). 즉, *Monascus purpureus*, *Monascus anka*, *Monascus araneosus*로 제조된 홍국만을 사용한 3종류의 홍국주와 중국의 복건절강성에서 제조되는 복건홍국청주의 제조법⁽¹⁷⁾에서와 같이 위의 홍국과 누룩을 같이 사용한 3종류의 홍국주를 제조하였다. 이후 *Saccharomyces cerevisiae* 효모배양액을 첨가하여 담금하고 발효관을 장치하여 상온에서 14일간 발효시킨 후 여과하여 홍국주를 제조하였다.

홍국주의 성분과 색

홍국주의 pH는 pH meter(Istek, Inc. model 730p, USA)로 직접 측정하였고, 산도는 시료 10 mL를 pH 8.4까지 0.1 N NaOH용액으로 적정하였으며 acetic acid 함량으로 환산하여 총산량(%)으로 표시하였다.

환원당은 Somogyi변법⁽¹⁸⁾에 의해 정량하고, 알코올함량은 시료 100 mL를 알코올 증류장치를 이용하여 80 mL 이상되게 수증기 증류하여 100 mL로 정용한 후, 주정계를 사용하여 알콜함량을 측정하고 주도온도보정표에 의하여 15°C로 온도 보정하였다.

색도는 Hunter value colorimeter(CR-300 Minolta Chroma Meter, Minolta Camera Co., Japan)에 의한 적색도(a value)만을 측정하였다.

Table 1. Composition of raw materials for the preparation of Hongkuk ju

(unit: g)

	Control ¹⁾	M1 ²⁾	M2 ³⁾	M3 ⁴⁾	M4 ⁵⁾	M5 ⁶⁾	M6 ⁷⁾
Cooked rice	400	400	400	400	400	400	400
Water	600	600	600	600	600	600	600
Nuruk	120	60	-	60	-	60	-
<i>Monascus purpureus</i> hongkuk	-	60	120	-	-	-	-
<i>Monascus anka</i> hongkuk	-	-	-	60	120	-	-
<i>Monascus araneosus</i> hongkuk	-	-	-	-	-	60	120
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> culture	40	40	40	40	40	40	40

¹⁾Control: Nuruk+cooked rice+water+yeast culture.
²⁾M1: Nuruk+*Monascus purpureus* hongkuk+cooked rice+water+yeast culture.
³⁾M2: *Monascus purpureus* hongkuk+cooked rice+water+yeast culture.
⁴⁾M3: Nuruk+*Monascus anka* hongkuk+cooked rice+water+yeast culture.
⁵⁾M4: *Monascus anka* hongkuk+cooked rice+water+yeast culture.
⁶⁾M5: Nuruk+*Monascus araneosus* hongkuk+cooked rice+water+yeast culture.
⁷⁾M6: *Monascus araneosus* hongkuk+cooked rice+water+yeast culture.

총 페놀 함량 측정

홍국주의 총 페놀 함량 측정은 Folin-Denis법⁽¹⁹⁾에 의하였다. 즉 시료 0.2 mL에 증류수 0.8 mL를 넣어 1 mL가 되게 한 후 2 N-Folin & Lincalten's phenol reagent(Sigma Co., USA) 0.5 mL를 넣고 20% NaCO₃ 2.5 mL를 넣어 침전된 염을 제거하기 위해 3000 rpm에서 10분간 원심분리한 후, 25°C에서 20분간 반응시킨 후 735 nm에서 Spectrophotometer (HP8452A, Hewlett Packard Co., USA)로 흡광도를 측정하여 나타내었다. 측정된 흡광도는 tannic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 mg% tannic acid 당량으로 환산하여 나타내었다.

전자공여능에 의한 항산화 활성 측정

홍국주의 전자공여능(Electron-donating ability, EDA)은 Blois와 김 등의 방법을 변형하여 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) free radical에 대한 값을 측정하였다⁽²⁰⁻²³⁾. 즉 시료와 14% 에틸알콜 각각 0.2 mL에 1×10⁻⁴ M DPPH용액(99.9% methanol에 용해) 3 mL를 가한 후 10초간 진탕한 다음 10분간 반응시켜 Spectrophotometer(HP8452A, Hewlett Packard Co., USA)로 525 nm에서 흡광도의 감소치를 측정하였다. 이때 전자공여능은 시료첨가구와 14% 에틸알콜 첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 하여 표시하였다.

$$EDA (%) = \frac{A-B}{A} \times 100$$

여기서 A는 14%에틸알콜의 흡광도, B는 시료첨가구의 흡광도이다.

아질산염 소거능 측정

아질산염 소거작용은 Gray 등의 방법⁽²⁴⁻²⁷⁾에 의하여 측정하였다. 1 mM NaNO₂용액 2 mL에 소정농도의 시료 1 mL를 첨가하고 여기에 0.1 N HCl과 0.1 M 구연산 완충용액을 사용하여 반응용액을 pH 2.0으로 조정한 다음 반응용액의 부피를 10 mL로 하였다. 그리고 37°C에서 1시간 동안 반응시켜 얻은 반응액을 1 mL씩 취하고 여기에 2% 초산용액 5 mL를 첨가한 다음 Griess시약 0.5 mL를 가하여 혼합시켜 실온

에서 15분간 방치시킨 후 Spectrophotometer(HP8452A, Hewlett Packard Co., USA)를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염의 백분율로서 아질산염의 소거능(S)을 나타내었다. 공시험은 Griess시약 대신 증류수 0.4 mL를 가하여 상기와 같은 방법으로 행하였다.

$$S(%) = \left(1 - \frac{A-C}{B}\right) \times 100$$

여기서 A는 1 mM NaNO₂용액에 시료를 첨가하여 1시간 반응시킨후의 흡광도, B는 1 mM NaNO₂용액의 흡광도, C는 시료의 흡광도이다.

홍국주의 ACE(angiotensin-I-converting enzyme)저해효과

ACE 저해활성은 Cushman과 Cheung⁽²⁸⁻²⁹⁾의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 0.05 mL에 100 mM sodium borate buffer (pH 8.3) 100 μL와 His-His-Leu를 0.05 mL 가한 후, 37°C에서 10분간 방치하였다. 여기에 ACE효소액을 0.1 mL 가하고 다시 37°C에서 1시간 반응시킨 후 1 N HCl을 0.2 mL 가하여 반응을 정지시켰다. 공시험은 시료용액대신 14% 에틸알콜용액 0.05 mL를 사용하였으며 대조구는 HCl을 가한 후 효소액을 가하였다. 여기에 ethyl acetate 2 mL를 가하여 15초간 섞어준 후 2,000 rpm에서 5분간 원심분리시켜 상등액을 1.5 mL 취하였다. 이 상등액을 끓는 물에서 20분간 건조 후 증류수 1 mL를 가하여 용해시킨 후 228 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 의해 ACE 저해율을 측정하였다.

$$\text{저해율} (%) = \frac{E_c - E_s}{E_c - E_b} \times 100$$

여기서 E_c는 시료대신 14%에틸알콜 첨가시의 흡광도, E_s는 시료첨가시의 흡광도이고, E_b는 시료첨가시 반응정지 후의 흡광도이다.

결과 및 고찰

쌀 홍국의 효소활성

Monascus purpureus, *Monascus anka*, *Monascus araneo-*

Table 2. Comparison of enzyme activities in hongkuks (*Monascus koji*)

(unit/g)

	<i>Monascus purpureus</i> hongkuk	<i>Monascus anka</i> hongkuk	<i>Monascus araneosus</i> hongkuk
α -Amylase	2.50	1.80	2.00
β -Amylase	2.84	2.05	2.25
Acidic protease	14.80	11.25	6.85
Neutral protease	0.70	0.42	0.20

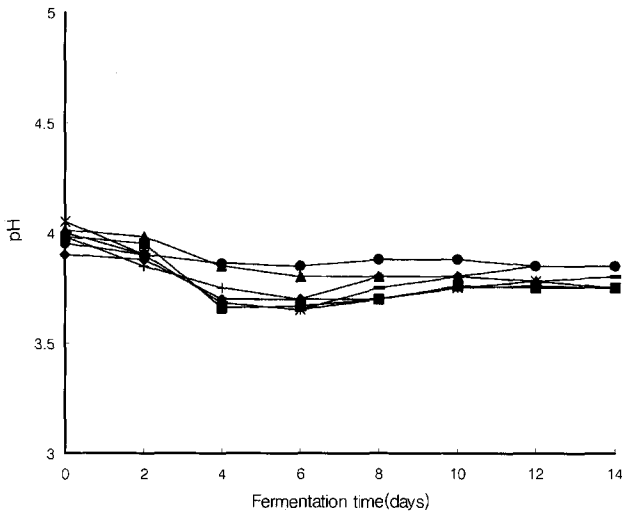


Fig. 2. Changes of pH during fermentation of Hongkuk ju

◆ : control, ■ : M1, - : M2, ▲ : M3, * : M4, ● : M5, + : M6
Control and M1-M6 symbols are referred to foot note of Table 1.

sus 3종을 이용하여 홍국을 제조하여 이들 홍국의 α -amylase와 β -amylase, acidic protease 및 neutral protease 활성을 측정 한 결과는 Table 2와 같다. α -amylase 효소활성과 β -amylase 효소활성은 각각 *M. purpureus* 홍국은 2.50, 2.84 unit, *M. anka* 홍국은 1.80, 2.05 unit, *M. araneosus* 홍국은 2.00, 2.25 unit이었다. Acidic protease 효소활성과 neutral protease 효소활성은 *M. purpureus* 홍국은 14.80, 0.70 unit, *M. anka* 홍국은 11.25, 0.42 unit, *M. araneosus* 홍국은 6.85, 0.20 unit이었다.

*Monascus*속 산물의 생리활성을 보고한 류 등⁽³⁰⁾은 *Monascus purpureus* 홍국의 α -amylase 효소활성은 0.74~6.40 unit를 β -amylase 효소활성은 1.13~2.98 unit, *Monascus anka* 홍국의 α -amylase 효소활성은 0.82~1.56 unit를 β -amylase 효소활성은 1.44~2.43 unit, *Monascus araneosus* 홍국의 α -amylase 효소활성은 2.05 unit를 β -amylase 효소활성은 1.53 unit을 나타냈다고 하였는데 본 실험의 결과와 비슷하였다. *M. purpureus* 홍국은 측정 한 모든 효소에서 상대적으로 가장 높은 수치를 보였다.

홍국주의 성분과 색

발효기간동안 누룩으로만 제조한 술덧인 대조구와 6종의 홍국주를 여과하여 pH, 총산, 환원당, 알코올함량 및 색도(a값)의 변화를 측정하여 비교하였다. pH는 Fig. 2와 같이 발효초기부터 발효후기에 이르기 까지 pH 3.65~4.05 부근에서 일정하여 누룩첨가 유무와 홍국의 종류와 농도가 pH변화에 큰 영향을 미치지 않았다. 발효기간중 총산은 Fig. 3과 같이

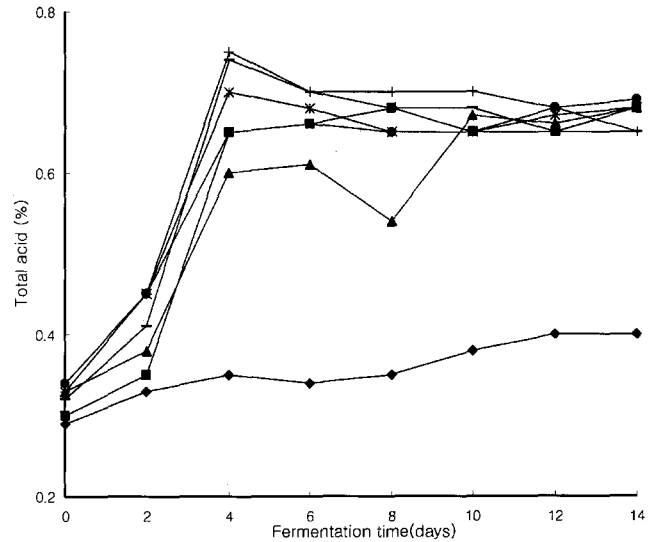


Fig. 3. Changes of total acid during fermentation of Hongkuk ju

◆ : control, ■ : M1, - : M2, ▲ : M3, * : M4, ● : M5, + : M6
Control and M1-M6 symbols are referred to foot note of Table 1.

발효초기에서 0.30~0.33%에서 발효 4일에 이르러 모두가 초기보다 2배가량 높아진 0.65~0.69%로 높았으나 이후 발효과정중의 변화는 적었으며, 대조구는 초기 0.29%에서 0.4%까지 증가하였는데 이는 김 등⁽³¹⁾이 보고와 같은 경향이였다.

홍국주의 발효기간 중 환원당은 Fig. 4와 같이 계속 감소하여 대조구는 발효 10일 정도에 환원당의 함량이 1%로 낮아졌으나, 홍국과 누룩을 혼합하여 담금한 M1, M3, M5의 경우는 8일, 홍국만으로 담금한 M2, M4, M6의 경우는 발효 6일경에 환원당의 함량이 1% 정도로 감소하여 홍국만을 사용했을 때 발효속도가 빨랐다. 이중 *M. purpureus* 홍국만으로 제조한 M2 홍국주가 환원당의 감소가 가장 빨랐다. 발효중 에틸알코올 함량의 변화는 Fig. 5과 같다. 발효 6일의 경우 알코올 함량은 대조구는 10.8%, 홍국과 누룩을 혼용한 M1, M3, M5는 12.5, 12, 12%를, 홍국만을 사용한 M2, M4, M6는 13.3, 13, 12.8%로 나타나 홍국만을 사용한 홍국주의 발효속도가 빨랐다. 이중 *M. purpureus* 홍국만으로 제조한 M2 홍국주의 알코올 생성능이 가장 좋았다.

홍국주의 적색도(a값)는 Fig. 6과 같다. 발효가 진행되는 동안 모든 실험구에서 적색도는 전반적으로 증가하였으며 이중 홍국만을 첨가한 M2, M4, M6는 16.5, 16.4, 16.0으로 적색도가 높아 김 등⁽³²⁾의 연구결과와 일치하였다. 그러나 대만 홍주의 경우 제성 한 직후에 심홍색을 띠고 형광을 발생하지 만 1년이상 저장하면 담황색으로 변하고 형광이 없어져 농홍주가 되는데⁽³³⁾ 본 실험에서는 저장기간 동안의 색의 변화

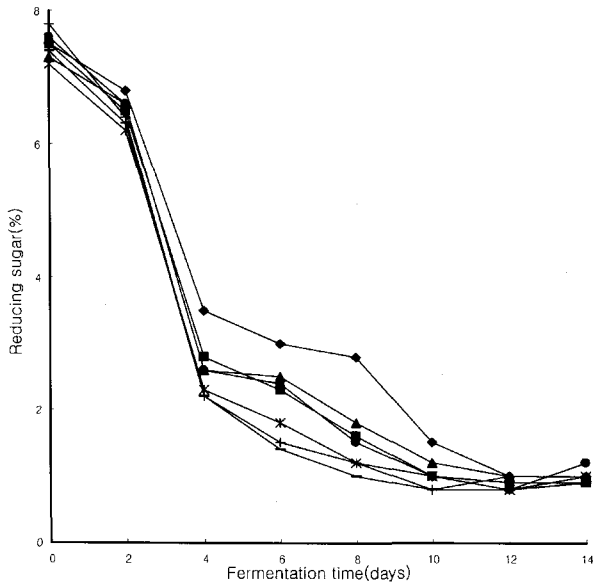


Fig. 4. Changes of reducing sugar during fermentation of Hongkuk ju
 ◆ : control, ■ : M1, - : M2, ▲ : M3, * : M4, ● : M5, + : M6
 Control and M1-M6 symbols are referred to foot note of Table 1.

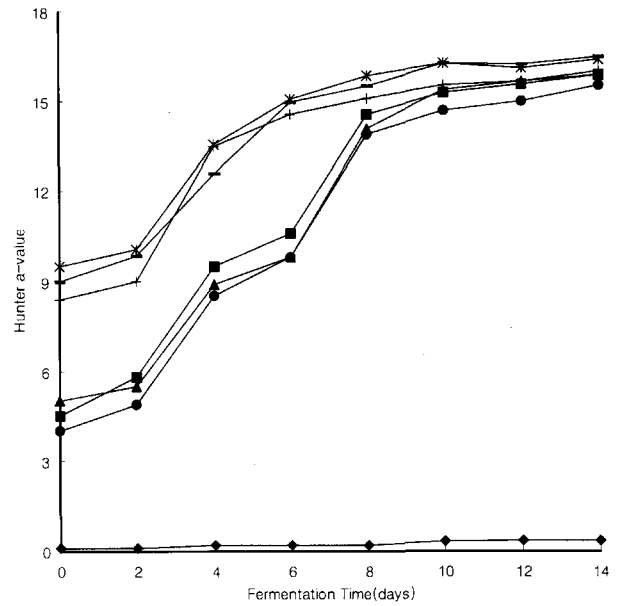


Fig. 6. Changes of Hunter a-value during fermentation of Hongkuk ju
 ◆ : control, ■ : M1, - : M2, ▲ : M3, * : M4, ● : M5, + : M6
 Control and M1-M6 symbols are referred to foot note of Table 1.

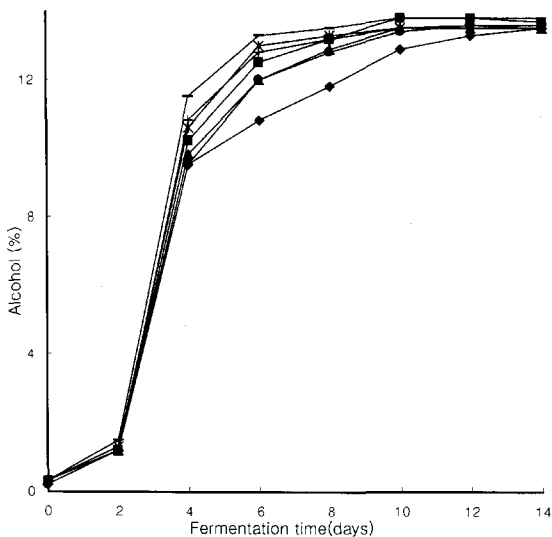


Fig. 5. Changes of alcohol during fermentation of Hongkuk ju
 ◆ : control, ■ : M1, - : M2, ▲ : M3, * : M4, ● : M5, + : M6
 Control and M1-M6 symbols are referred to foot note of Table 1.

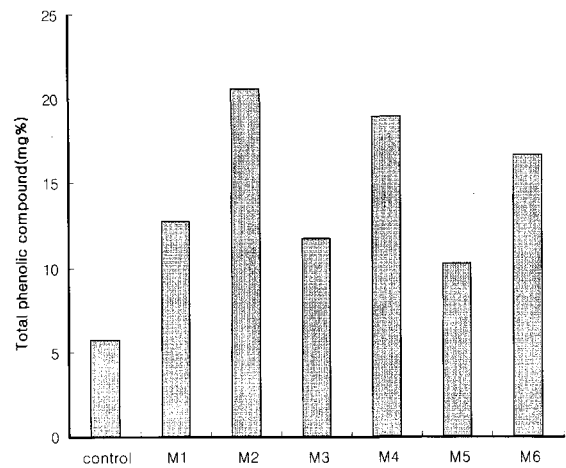


Fig. 7. Total phenolic compound of Hongkuk ju made by different hongkuk (*Monascus koji*)
 Control and M1-M6 symbols are referred to foot note of Table 1.

를 측정하지 못하였으나 홍국주의 변색에 관한 앞으로의 연구가 필요하다.

홍국주의 총 페놀 함량

홍국주의 총 페놀 함량 결과는 Fig. 7과 같다. *M. purpureus* 홍국만으로 제조한 홍국주(M2)가 20.55 mg%로 가장 높았으며 *M. araneosus* 홍국과 누룩을 혼용한 홍국주(M5)가 10.25 mg%로 가장 낮았다. 따라서, 총 페놀 함량은 홍국의 사용량이 증가함에 따라 값이 높아지며, 홍국은 홍국주의 페놀 화합물 형성에 크게 기여하는 것으로 생각되었다. 이러한 페놀성 물질은 식물체에서 특수한 색깔을 부여하고 산화-환

원 반응시 기질로 작용하여 미생물의 공격을 막아 식물자체를 보호하는 동시에 짙은맛, 쓴맛과 같은 식물성 식품의 고유한 맛에 관여하며⁽³⁴⁾ 페놀계 성분 등은 항암작용, 혈압강화작용, 피임작용, 간 보호작용, 진정작용 등 여러 작용이 알려져 있으며 항산화작용을 가진 대표적인 물질로 보고되고 있다.⁽³⁵⁾ 따라서 홍국중의 페놀 화합물이 홍국주의 기능성에 관여하는 것으로 고찰되었다.

홍국주의 전자공여능에 의한 항산화 활성

전자공여작용은 지질 과산화의 연쇄반응에 관여하는 산화성 활성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제시키는 척도가 되며 이러한 활성 free radical은 인체내에서 각종 질병과 노화를 일으키는 원인이 된다⁽³⁶⁾. 본 연구에서 DPPH 자

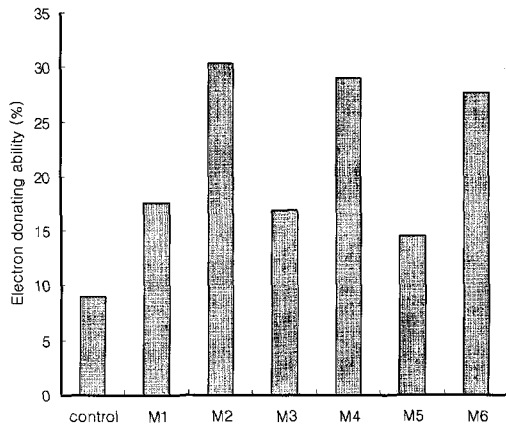


Fig. 8. Electron donating ability of Hongkuk ju made by different hongkuk (*Monascus koji*)
Control and M1-M6 symbols are referred to foot note of Table 1.

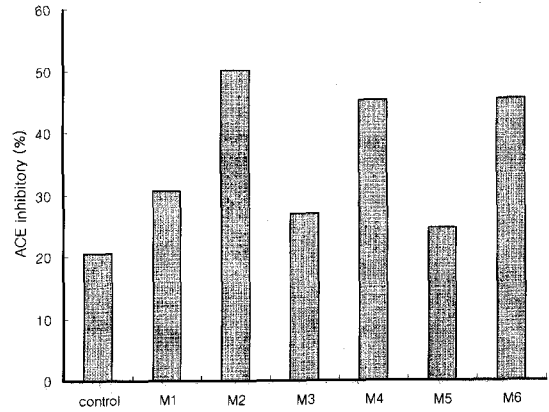


Fig. 10. Angiotensin converting enzyme inhibitory of Hongkuk ju made by different hongkuk (*Monascus koji*)
Control and M1-M6 symbols are referred to foot note of Table 1.

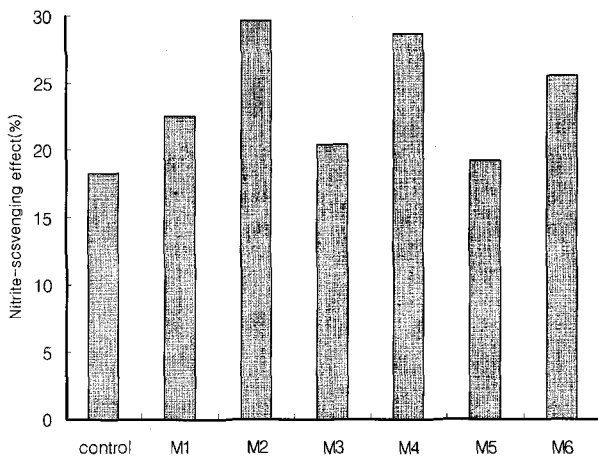


Fig. 9. Nitrite-scavenging effect of Hongkuk ju made by different hongkuk (*Monascus koji*)
Control and M1-M6 symbols are referred to foot note of Table 1.

유라디칼에 대한 전자공여능을 측정된 결과는 Fig. 8에서와 같이, 6종류의 홍국주는 14.5~30.25% 범위를 나타냈다. 누룩만으로 담금한 대조구의 항산화 활성은 9.5%인데 비하여 홍국을 사용하여 제조한 M1, M2, M3, M4, M5 및 M6 홍국주의 항산화활성은 각각 17.55, 30.25, 16.85, 28.95, 14.5 및 27.65%를 나타내 모두 항산화력이 좋았으며 홍국만으로 제조한 홍국주가 홍국과 누룩을 혼합하여 제조한 홍국주보다 항산화력이 월등히 높았으며 홍국첨가량이 증가할수록 항산화력은 뛰어났다.

아질산염 소거능

니트로사민의 전구물질인 아질산염 소거작용을 측정된 결과는 Fig. 9와 같다. 누룩만으로 제조한 대조구의 아질산염 소거능은 18.25%이었으나 홍국의 첨가량을 늘림으로서 소폭의 향상을 보였다. M1, M2, M3, M4, M5 및 M6 홍국주의 아질산염 소거능은 각각 22.54, 29.65, 20.45, 28.65, 19.25 및 25.55%를 나타내었다. 누룩과 홍국으로 제조한 M1, M3, M5의 홍국주는 대조구와 큰 폭의 차이는 없었다. 그러나, 홍

국만으로 제조한 M2, M4, M6의 홍국주는 아질산염소거능이 현저하게 증가되었다.

홍국주의 아질산염의 소거능은 질산염류는 소화기관에서 또는 식품의 저장중에 질산환원효소나 질산염 환원세균에 의하여 아질산염으로 환원되며 이 질산염은 2급 및 3급의 아민류와 반응하여 니트로사민을 생성하는 것으로 알려져 있다⁽³⁷⁾. 또 이들 니트로 사민의 일부는 체내에서 diazoalkane으로 전환되어 핵산이나 단백질 또는 세포내 성분을 alkyl화함으로써 암을 유발한다고 알려져 있으며 아질산염은 그 자체로도 독성을 나타내어 일정 농도 이상 섭취하게 되면 혈액 중의 hemoglobin이 산화되어 methemoglobin을 형성하여 methemoglobin증 등 각종 중독을 일으키는 것으로 알려져 있다⁽³⁸⁾. 따라서 홍국주의 아질산염 소거능은 큰 의미를 갖는다.

ACE(angiotensin-I-converting enzyme)저해 효과

대조구와 6종류 홍국주의 ACE 저해효과를 측정된 결과는 Fig. 10와 같이 대조구의 ACE 저해활성은 20.55%이었으나 홍국의 사용량이 증가함에 따라 활성이 증가하였다. 홍국만으로 제조한 홍국주중 *M. purpureus* 홍국으로 제조한 홍국주는 50.13%, *M. anka* 홍국으로 제조한 홍국주는 45.18%, *M. araneosus* 홍국으로 제조한 홍국주는 45.38%의 높은 ACE 저해능을 보였으며 특히 *M. purpureus* 홍국으로 제조한 홍국주의 ACE 저해능이 다른 두 홍국으로 제조한 홍국주보다 높았다. Tsuji 등⁽³⁹⁾은 쥐를 이용한 쌀홍국중의 혈압강하물질은 γ -aminobutyric acid(GABA)이며 홍국의 균체식이량과 혈압강하효과는 비례한다고 하였으며 GABA에 의한 혈압강하 메카니즘을 알긴산 칼륨이 장관내에서의 이온교환반응에 의하여 나트륨의 흡수저해를 일으켜 혈압조절에 관여하는 angiotensin 변환효소의 저해에도 관여한다고 하였다.

Angiotensin-I-converting enzyme (kininase II peptidyl-dipeptide hydrelase, EC 3.4.15.1)은 고혈압 중 90% 이상을 차지하는 angiotensin계 물질이 중심이 되는 시스템에 관련하는 효소를 불활성인 angiotensin I(decapeptide)에 작용하여 그 C 말단 dipeptide (his-leu)를 가수분해하여 강한 혈압상승작용을 가지는 angiotensin II(octapeptide)를 생성한다고 한다⁽²⁹⁾.

요 약

홍국주의 제조방법을 재현하고 그의 기능성을 탐색하고자 *Monascus purpureus*, *Monascus anka*, *Monascus araneosus*의 홍국균으로 3종류의 쌀 홍국을 만들고 이를 이용하여 6종류의 홍국주를 제조하여 발효과정중의 성분변화를 분석하고 제조한 홍국주의 총 페놀 함량, 전자공여능에 의한 항산화 활성, 아질산염소거능, ACE 저해효과를 측정하여 생리적 기능성을 서로 비교 검토하였다. 홍국주 제조용 홍국의 효소활성은 *Monascus purpureus*로 제조한 홍국이 모든 효소활성에서 다른 두 종류의 홍국보다 더 높았다. 발효 기간에 따른 홍국주의 pH는 pH 3.65~4.05 부근이었고 홍국의 종류와 사용량이 pH 변화에 큰 영향을 미치지 않았다. 총산의 변화는 0.3~0.7% 부근으로 변화가 적었다. 환원당은 발효기간 중 계속 감소하여 누룩으로만 담금한 대조구의 경우 발효 10일 에 환원당의 함량이 1%로 낮아졌으나 홍국의 사용비율이 높을수록 발효속도가 빨라, 홍국과 누룩으로 담금한 경우는 8일, 홍국만으로 담금한 술덧은 발효 6일에 환원당의 함량이 1% 정도가 되었다. 에칠 알코올은 발효 6일에 누룩으로만 담금한 대조구는 10.8%를, 홍국과 누룩으로 담금한 홍국주는 12~12.5%를, 홍국만으로 담금한 홍국주의 경우는 12.8~13.3%를 나타내 홍국의 함량이 높을수록 발효가 빠르게 진행되었으며 이중 *Monascus purpureus* 홍국만으로 담금한 홍국주가 알코올 생성능이 가장 좋았다. 홍국주의 적색도(a값)는 발효가 진행되는 동안 적색도는 전반적으로 증가하여 +16이 되었다. 홍국주의 총 페놀 함량은 *Monascus purpureus* 홍국만으로 제조한 것이 20.55 mg%로 가장 높았으며 *Monascus araneosus* 홍국과 누룩을 혼합하여 제조한 홍국주가 10.25 mg%로 가장 낮았다. 전자공여능에 의한 항산화 활성은 14.50~30.25%를 나타내었으나 홍국첨가량이 증가할수록 항산화력은 뛰어났다. 아질산염 소거능은 누룩으로만 담금한 대조구의 경우 18.25%로 홍국의 첨가량이 증가함에 따라 소폭의 향상을 보여 19.25~28.65%이었다. 대조구의 ACE 저해활성은 20.55%이었고 홍국 사용량에 따라 활성이 증가하였으며 ACE 저해활성은 각각 24.66~50.13%로 홍국주의 제조방법에 따라 그 차이가 컸다.

감사의 글

이 논문은 과학기술부와 한국과학재단이 지역협력우수연구센터(RRC)로 지정한 목포대학교 식품산업기술연구센터의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다(과제번호:R121997009-05001).

문 헌

1. Lee, S.W. and Lee, H.J. Index of alcoholic beverage in Korean old literature, Korean J. Dietary Culture 1: 87-100 (1986)
2. Hiroshi, I. Utilization of beni-koji (*Monascus koji*) frmsiso and soysauce. J. Soc. Brewing Japan 89: 948-953 (1994)
3. Heber, D., Yip, I. and Ashley, J.M. Cholesterol-lowering effects of proprietary chineses red-yeast-rice dietary supplement. Am. J. Clin. Nutr. 69: 231-236 (1999)

4. Onoe, A. and Kaiyama, M. Some properties of *Monascus* pigment and its application. Food Ind. 20: 52-64 (1997)
5. Tarui, S. Development and utility of red mold rice. Shokuhin and Kaihatsu Japan 28: 47-50 (1993)
6. Palo, M.A., Vidal-Adeva, L. and Maceda, L. A study on ang-kak and its production. Philipines J. Sci. 89: 1-22 (1961)
7. Lin, C. F. Isolation and cultural conditions of *Monascus* sp. for the production of pigment in a submerged culture. Philipines J. Sci. 51: 407-414 (1973)
8. Carels, M. and Shepherd, D. The effect of different nitrogen sources on pigment production and sporulation of *Monascus* species in submerged shaken culture. Can. J. Microbiol. 23: 1360-1372 (1980)
9. Lee, S. T. The Anka, in Pen Cha Kan Mu (Chinese Herbal Medicine), pp. 1518-1593. Yeh Book Co., Taipei, Taiwan (1979)
10. Endo, A. Monacolin K, a new hypcholesterolemic agent that specifically inhibit 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase. J. Antibiotics 33: 334-336 (1980)
11. Albert, A.W., Chen, J., Kuron, G., Hunt, V. and Huff, J. Mevinolin A high potent competitive inhibitor of hydroxymethylglutaryl coenzyme A reductase and a cholesterol-lowering agent. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 77: 3957-3961 (1980)
12. Kim, J.H., Lee, S.Y., Choi, S.Y. and Lee, J.S. Characterization of physiological functionalities in Korean traditional liquors. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 118-122 (2002)
13. Han, E.H., Lee, T.S., Noh, B.S. and Lee, D.S. Volatile takju prepared components in mash of takju prepared by using different nuruks. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 563-570 (1997)
14. Fuwa, H. A new method for microdetermination of amylase activity by the use of amylose as the substrate. J. Biochem. 41: 583-590 (1954)
15. Miler, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31: 426-431 (1959)
16. Hiroshi, U., Yoneda, Y., Yamane, K. and Maruo, B. Regulation of protease productivity in *Bacillus subtilis*, transformation of high protease productivity. J. Biochem. 117: 82-88 (1974)
17. Koizumi, T., Kakuda, T. and Suzuki, M. Alcoholic Beverage, p. 156. Gandamsa, Japan (1998)
18. Park, W.S., Kim, I.H. and Koo, Y.J. Effect of different rice treatments on fermentation characteristic of Baikhaju. Korean J. Dietary Culture 11: 601-608 (1996)
19. Kim, Y.J., Kim, C.K., and Kwon, Y.J. Isolation of antioxidative components of Perillae semen. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 38-43 (1997)
20. Jhee, O.H. and Yang, C.B. Antioxidative activity of extract from bangah herb. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 1157-1163 (1996)
21. Kang, G.H., Chang, E.J. and Choi, S.W. Antioxidative activity of phenolic compounds in roasted safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds. Korean J. Food Sci. Nutr. 4: 221-225 (1999)
22. Roh, J.S., Sun, W.S., Oh, S.U., Lee, J.I., Oh, W.T. and Kim, J.H. In vitro antioxidative activity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds. Food Sci. Biotechnol. 8: 88-92 (1999)
23. Sun, W.S., Roh, J.S., Oh, S.U., Lee, J.I., Oh, W.T. and Kim, J.H. Screening of antioxidants from Indonesian medicinal plants. Food Sci. Biotechnol. 8: 93-96 (1999)
24. Park, Y.B., Lee, T.G., Kim, O.K., Do, J.R., Yeo, S.G., Park, Y.H. and Kim, S.B. Characteristics of nitrite scavenger derived from seeds of *Cassia tora* L. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 124-128 (1995)
25. Kim, S.B., Lee, D.H., Yeum, D.M., Park, J.W., Do, J.R. and Park, Y.H. Nitrite scavenging effect of maillard reaction products derived from glucose-amino acids. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 453-458 (1988)
26. Lee, G.D., Chang, H.G. and Kim, H.K. Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 432-436 (1997)
27. Do, J.R., Kim, S.B., Park, Y.H., Park, Y.B. and Kim, D.S. The nitrite-scavenging effect by the component of traditional tea mate-

- rials. Korean J. Food Sci. Technol. 25: 530-534 (1993)
28. Cheung, H.S. and Chshman, D.W. Spectrometric assay and properties of angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem. Pharmacol.* 20: 1637-1642 (1971)
 29. Cheung, H.S. and Chshman, D.W. Inhibition of homogeneous angiotensin-converting enzyme of rabbit lung by synthetic venom peptides of *Bothrops jararaka*. *Biochim. Biophys. Acta*, 293: 453 (1973)
 30. Rhyu, M.R., Kim, E.Y., Kim, H.Y., Ahn, B.H. and Yang C.B. Characteristics of the red rice fermented with fungus *Monascus*. *Food Sci. Biotechnol.* 9: 21-26 (2000)
 31. Kim, S.H., Kim, S.J., Kim, B.H., Kang, S.G. and Jung, S.T. Traditional honey wine prepared with nuruk-yeast mixture. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 1168-1172 (2000)
 32. 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)
 33. Kim, C.J., Kim, G.C., Oh, M.J., Lee, S.O., Jung, S.T. and Jung, J.H. *Fermentation Engineering*, p. 204. Sun-Jin Muhwasa, Seoul, Korea (1995)
 34. Kim, I.W., Shin, D.H. and Choi, U. Isolation of antioxidative components from the bark of *Rhus verniciflua STOKES* screened from some chinese medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 885-863 (1999)
 35. Giacosa, A. and Filiberti, R. Free radicals, oxidative damage and degenerative disease. *Eur. J. Cancer Prev.* 5: 307-312 (1996)
 36. Halliwell, B. Free radicals and antioxidants - A personal view. *Nutr. Rev.* 52 : 253-265 (1994)
 37. Leonard, B. Nitrogen Metabolism in Plants. Arnold, E.(ed.), 1st ed. p.19 (1976)
 38. Peter, F.S. The toxicology of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *J. Sci. Food Agric.* 26: 1761-1766 (1975)
 39. Tsuji, K., Ichikawa, T., Tanabe, N., Obata, H., Abe, S., Tarui, S. and Nakagawa, Y. Extraction of hypotensive substance from wheat beni-koji. *Nippon Shohuhin Kogyo Gakkaishi* 39: 913-918 (1992)

(2003년 7월 29일 접수; 2003년 9월 4일 채택)