

총설

## 홍국소재에 관한 최근의 동향

류미라

한국식품개발연구원

서양에서는 맥아의 효소력이 식문화의 중요한 역할을 담당하고 있으나 습도가 높은 아시아에서는 곰팡이(사상균)가 활발히 이용되어 각지에 전통적 발효음료 및 발효식품이 존재하고 있으며, 술·간장·된장·식초 등의 기호품·조미료로서 식문화의 원점이 되어있다. 국(麴)은 곰팡이를 쌀·보리·대두 등 곡류에 번식시켜 그들이 생산하는 효소작용(당화·단백분해 등)으로 양조한 것으로 한국, 일본 등지에서는 주로 황국균(*Aspergillus oryzae*)이 이용되어 왔다. 황국균은 번식력이 왕성하며 양조한 식품의 맛·향기 등의 품질도 아시아인의 기호에 잘 맞아 널리 이용되어 왔다. 황국균 외에도 일본의 카고시마 지방이나 오키나와지방같이 겨울철에도 온도가 높아 집균 오염으로 인해 양질의 국이 만들어지지 않는 곳에서는 구연산을 생산하여 pH에 의한 제균효과를 갖는 흑국균(*Aspergillus niger*)이 이용되기도 하였다.

한편 중국남부나 대만에서는 *Monascus*속의 곰팡이를 이용한 국이 약 600년 이상 전부터 이용되어 왔으며 이 속의 곰팡이가 붉은 색소를 생산하기 때문에 국은 깊은 홍색을 띤다. 따라서 이 국을 홍국(紅麴) (대만에서는 紅糰이라 씀), *Monascus*속을 일반적으로 홍국균이라 부르는 것은 이 때문이다(1). 지금까지 홍국균으로부터 발암물질을 비롯한 유해물질이 분리된 바 없으며 홍국의 에탄올 추출물도 마우스 및 랫트에 대해 어떠한 독성도 나타내지 않은 것으로 보고되어 있다(2).

최근 홍국에서는 다른 국에서 보이지 않는 기능성이 보고되고 있으며 일본에서는 이에 착안하여 홍국을 식품소재로 활용하고자 하는 연구가 적극적으로 이루어지고 있으며 최근 홍국된장, 홍국간장 같은 일부 홍국식품은 실용화되어 시판되고 있다.

### 홍국이란

*Monascus* 속의 홍국균은 분류학상 반자낭균과(*Hemiascomycetaceae*) 중의 홍국균속(*Monascaceae*)에 속하며 황국균에 가까운 균족으로 현재 약 20종, 균주로서 약 70종류

가 분리 동정되어 있다. Table 1에 나타난 것같이 그 대부분이 중국이나 대만의 양조공장, 토양·식물에서 분리 확인된 것으로 균의 종류에 따라 생물활성에 차이가 있다.

홍국은 옛부터 식품으로써 뿐 아니라 식품재료에 붉은 색이 적어 천연 착색료로도 이용되어 왔으며, 알콜생산능력이 다른 국에 비해 강하며 또한 단(甘)향이 강하고 착향성이 뛰어나 옛날부터 주로 중국·대만등지에서 양조용국·착색착향료로서 술, 홍유부, 고기 및 야채의 절임 등의 제조에 이용되어 왔다(3).

일본에서는 오키나와지방에서 중국·대만에서 수입된 홍국으로 紅麴요오(두부를 가열, 건조한 후 홍국을 혼합하여 2~3개월 발효시킨 제품)·붉은밥(赤飯) 등을 제조해 왔으며 홍국은 이 지방의 독특한 식문화를 형성하는데 도움이 되어왔다(4). 1970년부터 니이가타 지방에서는 「붉은술(赤い酒)」이라 불리는 “홍국청주”를 생산하고 있으며 이 술은 축제시에 애용되는 술로 와인과는 다른 선명한 적색을 띄며 깔끔한 맛을 띤다고 하며 홍국식품으로서는 비교적 이른 시기에 일반 소비자에게 알려진 식품이다(5).

Table 1. *Monascus spp.* and its origin of isolation

Species	Origin of isolation
<i>M. purpureus</i>	홍국, 곡자(중국, 한국, 대만)
<i>M. anka</i>	홍국, (대만), 홍유부곡자
<i>M. anka var. rubellus</i>	홍로주
<i>M. barkeri</i>	사무쯔주의 원료 쌀국
<i>M. albidus</i>	장두부(상해)
<i>M. araneosus</i>	고량주용 곡자(만주)
<i>M. fuliginosus</i>	곡자(貴州省)
<i>M. major</i>	곡자(福酒)
<i>M. albidus var. glaber</i>	곡자(福酒)
<i>M. pilosus</i>	고량주용 곡자(奉天)
<i>M. rubropactatus</i>	약주양조용 분곡(仁川)
<i>M. pubierus</i>	고량주용 곡자
<i>M. rubinosus</i>	곡자(京省)
<i>M. serorubescens</i>	홍유부(香紅)
<i>M. vitreus</i>	홍유부(香紅)
<i>M. kaoliang</i>	고량주용 곡자(臺灣)
<i>M. ruber</i>	사료, 토양, 부패과실 등
<i>M. paxi</i>	식품의 낙엽

그러나 홍국균은 번식력이 약하여 제국(製麴)일수가 약 7~8일로 황국의 경우(통상 2일) 보다 길어 잡균에 오염되기 쉬우며 양질의 국을 얻기 어려워 양조용 국으로 활발히 이용되지 못한 것으로 보인다.

### 홍국색소

홍국은 일찍부터 발암성으로 문제가 있는 합성 tar계 색소를 대체할 수 있는 천연색소로 주목 받아왔다. 홍국균을 이용한 색소제조에 관한 연구는 1890년대부터 비롯되었으며 진탕배양에서 얻어지는 결합형, 수용성의 색소가 일본에서 이미 상품화 되어 있다. 야에가끼발효기연(주) 등을 중심으로 한 일본의 기업에서는 색소제조를 목적으로 고체배양법에 비해 색소제조율이 좋고 단기간에 배양가능하며 배양 후의 추출이 용이하고 효율이 좋은 액체배양법을 개발하였다. 즉, glucose, dextrin 등의 탄소원과 polypeptide, 탈지대두 등의 질소원을 포함하는 배지에 홍국균(주로 *Monascus anka*)을 접종하여 배양하는 방법으로 약 7일이 소요된다(4).

홍국균이 생성하는 색소는 적색계, 황색계, 자색계가 있으며 시판제품은 이들의 혼합물이다. 색소성분은 paper chromatography나 TLC로서는 수종이 확인 가능하나 현재 화학구조가 판명되어 있는 것은 6종으로 적색색소 rubropunctatin과 monascorubrin, 황색색소 monascin과 ankaflavin, 자색색소 rubropunctamine과 monascorubramine이 있다 (Fig. 1)(6). 따라서 홍국균이 생성하는 색소는 배양조건에

따라 적색색소·황색색소·자색색소 각각의 색소성분의 함유비율이 달라 색조에도 차이를 나타내며 저장 중 빛에 의해 변화를 받아 점차 퇴색하여 황갈색으로 변색한다. 이것이 *Monascus* 속 색소의 특징이기도 하며 결집이기도 하다 (4). 일반적인 제품의 제조방법으로는 액체배양후의 배양액 및 균체에 홍국색소를 생성시켜 색소성분을 분리하고 홍국색소함유원체를 얻으며 제품으로는 ethyl alcohol·propyleneglycol 용액으로 추출한 것이며, 또한 홍국 그 자체를 미세분말화한 것, 홍국추출색소를 spray dry한 것이 있다. 색조는 짙은적색부터 적황색까지 여러 종류가 있다.

천연색소 사용량이 총 색소 사용량의 94%를 차지하고 있는 일본에서는 천연색소로서 카라멜색소를 제외한다면 홍국색소가 가장 많이 이용되는 것으로 일본 국내시장 규모로 5백~6백톤(20억엔)에 이르고 있으며 더욱 성장할 것으로 예상되고 있다. 현재 홍국색소는 주로 수산연제품, 잼, 토마토케찹, 조미료, 식육 등의 착색에 널리 이용되고 있으며 국내에서의 사용량은 연간 약 25톤으로 전량 수입에 의존하고 있으며 일본에 비해 사용량은 미미한 실정이나 천연첨가물을 선호하는 사회의 흐름에 맞추어 수요가 급증할 것으로 예상된다.

### 홍국의 생리활성 물질

홍국은 국중에서 유일하게 한방약으로서 사용되고 있으며 중국 淸朝초기의 李時珍의 저서 「本草綱目」(1590년)에는 홍국의 약효로서 「消食活血·健脾燥胃」(소화를 도와 혈액의 흐름을 도운다. 내장을 강하게 하여 위를 상쾌하게 한다.) 등으로 기재되어 있는 것과 같이 옛부터 주요한 한방생약의 하나로 사용되고 있다. 중국·대만에서는 현재에도 일반적인 여성대중보건약으로서 널리 애용되고 있다고 한다.

최근 식품의 기능성에 관한 연구가 활발히 진행됨에 따라 홍국이 나타내는 항암, 항균, 콜레스테롤생합성억제, 혈압강하 등의 다양한 약리효과에 대해 과학적인 연구결과가 보고되고 있어 홍국에 대한 관심이 되살아나고 있다.

홍국의 항암효과에 대해서는 Takido 등이 홍국의 주요 색소성분인 monascorubrin이 강한 암예방 효과를 나타내는 것으로 보고하였으며(7), Yasukawa 등은 홍국색소를 암이 유발된 mice에 경구투여한 결과 약간의 암예방효과를 나타내는 것으로 보고하였다(8).

홍국항균활성에 대해서는 중국에서의 옛부터 사용의법이나 고문헌의 기록에서 예측해 볼 수 있다. 중국 명시대의 宋應星의 저서 「天工開物」 下卷에는 「魚肉은 가장 부패하

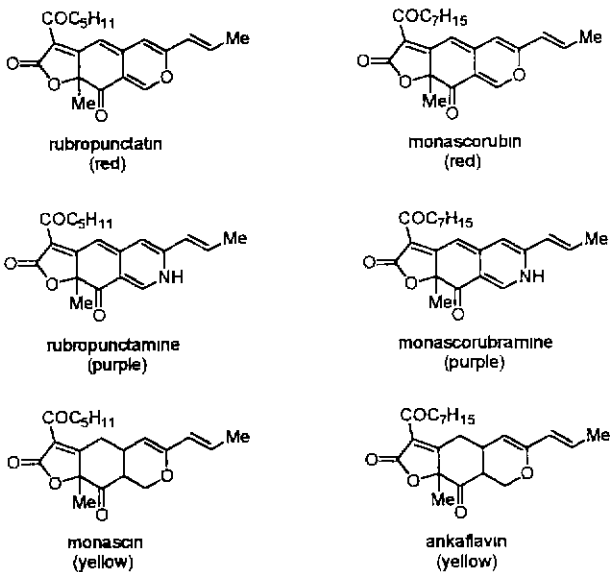


Fig. 1. Major pigments produced by members of the genus *Monascus*.

기 쉬운 것이나 홍국을 쉽게 발라놓으면 한여름에도 그 질을 유지할 수 있다. 10일이 지나도 모기나 파리가 가까이 하지 않으며 색이나 맛은 원래 그대로니 신기한 약이다.와 같이 기록되어 있어 홍국에 살균작용 또는 정균작용이 있어 잡균오염에 의한 어육의 변패를 방지하는 효과가 있음을 나타낸다. 결국 항균활성을 갖는 물질이 포함되어 있음을 시사한다. 홍국을 식품의 보존에 이용하는 습관은 현재에도 이어져 대만에서는 돼지고기·닭고기·어육 등을 담구어 보존하는데, 특히 '설'에는 일반가정에서도 쉽게 볼 수 있다. 그러나 홍국의 항균활성에 대한 과학적인 보고로는 1977년 Wong and Bau가 *M. purpureus*로부터 항균활성을 가지는 색소물질을 보고한 것이 처음으로 이들은 쌀홍국에서 분리한 wild type과 변이주가 *Bacillus*, *Streptococcus* 및 *Pseudomonas*속에 대해 항균활성을 가진다는 것을 확인하고 이 미지물질을 monascidin A라고 명명하였다(9,10). Nozaki 등(11)이 *M. anka*에서 분리한 monascorubrin과 rubropunctatin은 *E. coli*와 *B. subtilis*의 생육을 저해하였으며 Martikova 등(12)은 *M. purpureus*로부터 얻은 색소 추출물이 bacteria 뿐 아니라 yeast 및 사상균에 대해 항균활성을 나타내며 이 활성은 황색색소 물질과 관련된 것으로 보고하고 있다. 국내에서도 *Monascus*의 항균활성에 대한 보고가 있으나 항균물질을 분리 동정하는 연구는 거의 이루어지지 않았다(13,14).

한편 홍국의 약리효과중 순환기계와 관련된 성분으로 Endo 등(15,16)은 1979년에 *M. ruber*가 강력한 cholesterol 생합성 저해물질, monacolin K를 생산하는 것을 발견 하였으며 monacolin K와 유사한 구조를 갖는 다른 활성 물질도 같은 균주에서 분리하였다(Fig. 2)(17,18). 이들 물질은 모두 독성이 극히 낮으며 동시에 강한 cholesterol 저하 작용을 갖는 것으로 HMG-CoA(3-hydroxy-3-methylglutaryl

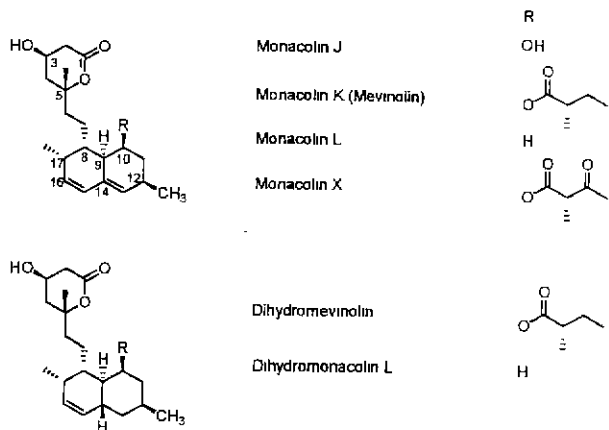


Fig. 2. Structures of monacolin-related compounds.

CoA) reductase를 길항 저해하는 것이 특징이다. Monacolin K에 대해서는 특히 연구가 진행되어 소량투여로 각종 동물(토끼, 개, 원숭이 등)의 혈중 cholesterol을 저하시킬 뿐 아니라 중증의 고 cholesterol 혈증환자에 대해서도 극히 유효한 것으로 보고 되었다(19-21). 특히 동맥경화 증에서도 가장 나쁜 것으로 되어 있는 LDL(low density lipoprotein)-cholesterol을 우선적으로 낮추는 작용이 있는 것이 큰 특징이다.

또한 홍국의 혈압강하효과에 대해서는 일본의 국립건강·영양연구소와 Gunze(株)를 중심으로 연구되어 1992년에 처음 보고되었으며 이후 이들 group에서는 「麴 level」에서의 혈압강하효과에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. Tsuji 등(22)은 水浸시킨 후 물기를 뺀 정백미에 홍국균(*Monascus pilosus* IFO 4520)을 접종하고 8일간 호기적으로 정치배양하여 얻은 홍국의 건조분말을 사료에 3% 첨가하여 자연발증고혈압쥐(SHR)에 3주간 섭취시킨 실험에서 홍국은 황국(*Aspergillus oryzae* IFO 30104)에 비해 현저한 혈압상승 억제 효과를 나타내는 것으로 확인되었으며 이후의 실험에서 홍국은 사료 중의 함유량 0.3%만으로도 SHR에 대해 강압효과를 나타내는 것으로 확인되었다(Fig. 3)(23). 또한 홍국으로 제조한 빵, 된장, 간장, 국수를 SHR에 15일간 투여한 후 혈압에 미치는 영향을 조사한 결과(24), 이들 식품은 혈압강하작용을 나타내었다. Tsuji 등은 홍국의 혈압강하작용물질과 작용기작을 해명하는 연구의 일환으로 균체량과 강압효과와의 관계를 조사한 결과

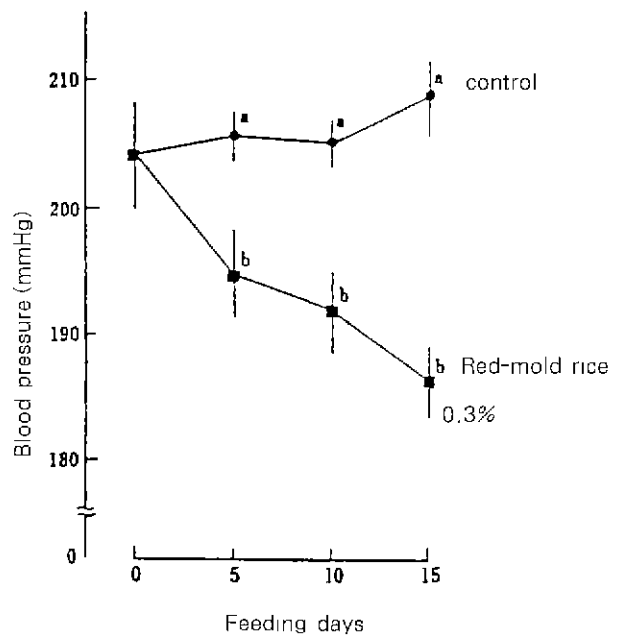


Fig. 3. Hypotensive effect of red-mold rice.

균체량이 많을수록 강압효과가 강한 경향을 나타내었다. 홍국의 강압효과는 121°C, 20분 가열로 다소 약해지는 경향을 보였으나 90°C, 20분 가열에는 전혀 변화하지 않아 열에 비교적 안정한 것으로 나타났다(25). 원료가 쌀이 아닌 소맥에 *Monascus pilosus* IFO 4520을 접종하여 제조한 소맥홍국의 강압효과는 쌀홍국보다 강한 것으로 나타났다(26).

홍국의 혈압강하성분에 대해서는 아직 명확히 밝혀져 있지 않으며 단지 쌀홍국의 혈압강하성분은 물, ethanol에 가용성이며, n-butanol, ethylacetate 등에 불용성인 것으로 밝혀져 있다. 현재 홍국으로부터 사람에게 혈압강하작용이 있는 것으로 알려진  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA)와 acetylcholine이 분리, 동정되었으나(27) acetylcholine은 극히 불안정한 물질로 작용이 일과성이므로 홍국의 지속적인 혈압강하작용에 중요한 작용을 하고 있다고 생각하기 어렵다. GABA는 사람에 대한 혈압강하 작용이 있다는 사실이 잘 알려져 있어(28) 주요 성분으로 추측되고 있으나 홍국에 함유된 GABA함량 만으로는 홍국의 혈압강하 효과가 설명되지 않아 GABA는 홍국에 함유된 혈압강하 물질중의 하나이며 그외에도 수용성의 어떤 성분이 존재한다는 사실이 시사되고 있다(23).

홍국의 혈압강하 mechanism에 대해서는 현재 Na/K ion 교환에 의한 Na 배설촉진 작용과 관련된 것이 아니며(22), renin-angiotensin system에 관련된 angiotensin-I converting enzyme 저해에 의한 것이 아닌 것으로만 밝혀져 있을 뿐(23) 명확히 알려져 있지 않다. 필자의 연구팀에서는 홍국의 혈압강하 mechanism 규명에 관한 연구를 목차 진행중이며 현재 지금까지 밝혀지지 않았던 홍국의 혈관이완 작용(29,30) 및 홍국의 혈관평활근세포 성장억제 효과를 확인하는 등 소기의 연구목표를 달성하고 결과를 보고중이다.

홍국에 관한 개략적인 사실들을 정리해 보았다. 우리나라에서는 홍국이 활발히 이용되지 못하였으나 홍국색소에 대해서는 비교적 오래전부터 알려져 왔으며 이미 홍국색소는 천연색소로 개발되어 식품에 사용되고 있다. 따라서 "홍국"이란 주제를 신선하지 못하게 느끼는 분들도 있을 것이다. 그러나 홍국에 관한 비교적 최근의 연구결과들은 홍국의 각종 약리효과를 과학적으로 규명하고 있어 홍국은 새로운 개념으로 정립되고 있는 기능성식품(nutraceuticals) 소재로서 주목을 받으며 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 문 헌

1. 遠藤 章: 紅麴と紅麴菌をめぐる歴史と最近の動向 醸酵と

- 工業, 43, 544-552(1985)
- Koizumi, K., Niwayama, S., Nitahara, Y. and Miyamura, S.: Toxicity of *Monascus* Pigment. 新潟大學醫學會雜誌, 別冊第92卷, 第12號, p.815-820(1978)
  - Tarui, S.: Development and utility of red mold rice *Shokuhin to kaihatsu*, 28, 47-50(1993)
  - 布谷 昭, 志水數史, 八木和幸, 干飯勝則, 永兵廣子: 紅麴を利用した食品の開発. 食品と開発, 23, 51-55(1988)
  - 廣井忠夫: 麴學・日本醸造協會編, p.474(1986)
  - Su, Y. C.: Fermentative production of anka-pigments (*Monascus*-pigments). *Kor. J. Appl. Microbiol. Bieng.*, 11, 325-337(1983)
  - Takido, M., Yasukawa, K., Takeuchi, M.: 第50回 日本癌學會總會, No.290 (1991)
  - Yasukawa, K., Takahashi, M., Yamanouchi, S. and Takido, M.: Inhibitory effect of oral administration of *Monascus* pigment on tumor promotion in two-stage carcinogenesis in mouse skin *Oncology*, 53, 247-249(1996)
  - Wong, H. C. and Bau, Y. S.: Pigmentation and antibacterial activity of fast neutron- and X-ray-induced strains of *Monascus purpureus* Went. *Plant Physiol.*, 60, 578-581 (1977)
  - Wong, H. C. and Koehler, P. E.: Production and isolatiotic from *Monascus purpureus* and its relationship to pigment production. *J. Food Sci.*, 46, 589-592(1981)
  - Nozaki, H., Date, S., Kondo, H., Kiyohara, H., Takaoka, D., Tada, T. and Nakayama, M.: Ankalactone, a new  $\alpha,\beta$ -unsaturated  $\gamma$ -lactone from *Monascus anka*. *Agr. Biol. Chem.*, 55, 899-900(1991)
  - Martukova, L., Juzlova, P. and Vesely, D.: Biological activity of polypeptide pigments produced by the fungus *Monascus*. *J. Appl. Bact.*, 79, 609-616(1995)
  - Ryu, C. S., Kim, Y. B. and Hwang, H. J.: Antimicrobial effect of *Monascus* strains isolated from Ang-Khak. *J. Fd Hyg. Safety*, 10, 271-277(1995)
  - Mah, J. H. and Hwang, H. J.: Screening of *Monascus* strains for antimicrobial activity and effect of change of nutrients and incubation conditions on antimicrobial activity. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 25, 1080-1086(1996)
  - Endo, A.: Monacolin K, a new hypocholesterolemic agent produced by a *Monascus* species *J. Antibiotics.*, 32, 852-854(1979)
  - Endo, A.: Monacolin K, a new hypocholesterolemic agent that specifically inhibits 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase. *J. Antibiotics.*, 33, 334-336(1980)
  - Endo, A.: Compactin (ML-236B) and related compounds as potential cholesterol-lowering agents that inhibit HMG-Co A reductase. *J. Medicinal Chem.*, 28, 401-405(1985)
  - Endo, A.: *Regulation of HMG-CoA Reductase*. B. Preiss (ed.), Academic Press, S.F. (U.S.A.)(1985)
  - Kroon, P. A., Hand, K. M., Huff, J. W. and Alberts, A. W.: The effect of mevinnolin on serum cholesterol levels

- of rabbits with endogenous hypercholesterolemia. *Atherosclerosis*, **44**, 41-48(1982)
20. Kovanen, P. T., Bilheimer, D. W., Goldstein, J. L., Jar-amillo, J. J. and Brown, M. S. : Regulatory role for hepatic low density lipoprotein receptors *in vivo* in the dog. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **78**, 1194-1198(1981)
  21. Bilheimer, D. W., Grundy, S. M., Brown, M. S. and Goldstein, J. L. : Mevinolin and colestipol stimulate receptor-mediated clearance of low density lipoprotein from plasma in familial hypercholesterolemia heterozygotes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **80**, 4124-4128 (1983)
  22. Tsuji, K., Ichikawa, T., Tanabe, N., Abe, S., Tarui, S. and Nakagawa, Y. : Effects of two kinds of *Koji* on blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Nippon Nogekagaku Kaishi*, **66**, 1241-1246(1992)
  23. Tsuji, K., Ichikawa, T., Tanabe, N., Abe, S., Tarui, S. and Nakagawa, Y. : Antihypertensive activities of beni-koji extracts and  $\gamma$ -aminobutyric acid in spontaneously hypertensive rats. *Nippon Eiyogaku Jishi*, **50**, 285-291 (1992)
  24. Tsuji, K., Ichikawa, T., Tanabe, N., Abe, S., Tarui, S. and Nakagawa, Y. Effects of beni-koji foods on blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **39**, 919-924(1992)
  25. Tsuji, K., Ichikawa, T., Tanabe, N., Obata, H., Abe, S., Tarui, S. and Nakagawa, Y. : Effect of mycelial weight on hypotensive activity of beni-koji in spontaneously hypertensive rats. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **39**, 790-795(1992)
  26. Tsuji, K., Ichikawa, T., Tanabe, N., Obata, H., Abe, S., Tarui, S., and Nakagawa, Y. : Extraction of hypotensive substance from wheat beni-koji. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **39**, 913-918(1992)
  27. Kohama, Y., Matsumoto, S., Mimura, T., Tanabe, N., Inada, A. and Nakanishi, T. : Isolation and identification of hypotensive principles in red-mold rice. *Chem. Pharm. Bull.*, **35**, 2484-2489(1987)
  28. Elliott, K. A. C. and Hobbiger, F. : Gamma aminobutyric acid: circulatory and respiratory effects in different species' reinvestigation of the antistrychnine action in mice. *J. Physiol.*, **146**, 70-84(1959)
  29. 류미라, 안미옥, 이경옥, 김은영: 홍국대사산물의 혈관이완 작용. 한국식품과학회 1998년도 춘계학술발표회 초록 p.223
  30. Rhyu, M. R., Ahn, M. O., Ahn, B. H., Kim, W. J., and Kim, B. K. : Hypotensive activity on SHR and vasodilatory effect of red-mold rice. IFT 1998 Annual Meeting, (June 20-24 in Atlanta, Georgia, U.S.A.) poster presentation