J. Fd Hyg. Safety 10(4), 271 - 277(1995)

홍국으로부터 분리한 *Monascus* 균주의 항균효과

류춘선 · 김영배 · 황한준*
*고려대학교 식품공학과 *고려대학교 식품생명공학과*

Antimicrobial Effect of *Monascus* Strains Isolated from Ang-Khak

Chun-Sun Ryu, Young-Bae Kim and Han-Joon Hwang*
*Department of Food Technology, Korea University, *Department of Food and Biotechnology, Korea University*

ABSTRACT - Total 29 *Monascus* strains were isolated from Ang-Khak and 4 of them were selecte based on the relative intensity of soluble red pigment and growth rate. The optimum growth temperature of all the selected isolates was 32.5 °C on malt extract agar(MEA) plate. The optimum growth pH was 5.0 on czapek yeast extract agar plate, while it was pH 6.2 or 6.5 on MEA plate. Isolate No. 116, especially, showed the strongest antimicrobial activity aganist *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus* but much less aganist *Escherichia coli* and *Enterobacter aerogenes*. The maximun antimicrobial activity of isolate No. 116 against *St. aureus* was achieved at initial pH 5.3 on rice extract broth. The acitivity was increased with increasing amount of culture broth concentrate of isolate No. 116.

Key Words Antimicrobial Activity, Microbiological preservatives, *Monascus*, Ang-khak

서 론

식품의 관능적 기호성 및 저장성 향상은 식품의 품질을 결정하는 중요한 요인이다. 이를 위하여 오래 전부터 타르(tar)계 합성색소와 화학합성보존료들이 사용되어왔으나, 최근 이들의 안전성이 문제점으로 대두되어 인체에 보다 안전한 대체색소 및 보존제의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 중국, 대만, 일본, 필리핀, 인도네시아에서는 옛부터 홍국을 홍주 및 홍두부 제조, 육류가공, 치이즈, 기타 음식물의 착색에 이용하여 왔으며,[1,2] 소화불량, 타박상, 이질 등에 치료효과가 있음이 알려져 있다.[2] 또한 *Monascus ruber*의 대사산물이 콜레스테롤 합성경로에서 중요한 조절효소를 특이적으로 저해효과[3,4]가 있음이 밝혀져 의약품으로서의 개발가능성도 지니고 있다. 따라서 홍국 및 홍국균이 주목되고 있으며, 색소 이외에 항균성물질의 동반생산은 이러한 관점에서 매우 바람직하다고 하겠다.

*Monascus*가 생산하는 색소는 적색소(rubropuntain, monascorubrin), 황색소(monascin, ankaflavin) 그리고 자색소(rubropunctamine, monascorubramine) 등 3 가지로 분류된다.[5] 한편, 지금까지 보고는 색소생산을 위한 *Monascus* 균주선발 및 색소생산 최적조건에 대한 연구 및 생산된 색소의 이화학적 성질에 대한 검토[1,6-12]가 대부분이며 항균성에 관한 보고는 매우 적은 편이다. 1977년 Wong들[13]에 의해서 처음으로 *Bacillus, Streptococcus, Pseudomonas* 등에 대한 *M. purpureus*의 항균적 효능이 확인되었으며, 이 후 항균물질인 Monoacidin A가 분리되었고,[14] Nosaki들[15]에 의해 *M. anka*로부터 *Escherichia coli, Bacillus subtilis*의 생육 저해인자인 Ankalactone이 분리되기도 했다. 또한 김들[16]도 *Monascus*의 황색색소와 적색색소의 일부 균주에 미약한 항균작용이 있다고 보고하였다.

따라서, 본 연구에서는 적색색소 생산균주인 *Monascus* 균주로부터 항균성을 탐색하여 식품제조에 적용가능성을 검토하고자 수행되었으며, 이를 위해 우선 1차 수집된 홍국으로부터 *Monascus* 균주들을 분리하고, 항균력이 우수한 균주를 screening하여 선정한 분리주의 항균활성에 미치는 영향을 조사하여 그 효과를 확인하였기에 보고하고자 한다.

실험재료 및 방법

사용균주

분말형태와 미립형태로 된 중국산 홍국(Ang-khak) 2점

* To whom correspondence should be addressed.

을 수집하여 멸균희석수로 현탁액을 제조하여 집락의 형태가 상이한 균주를 분리하였으며, 이들 분리주는 potato dextrose agar(PDA) 사면배지에 배양하여 냉장보관하며 사용하였다. 항균성시험을 위해 *Escherichia coli K12, Enterobacter aerogenes, Bacillus subtilis, Staphylococcus aureus* KCTC 1926, 2 종의 산막효모(*Hansenula capsulate* KCTC 1565, *Pichia membranafacience* KCTC 7006) 및 2 종의 젖산균(*Leuconostoc mesenteroides, Lactobacillus casei*) 등이 시험미생물로 사용되었다.

사용배지

홍국현탁액으로부터 균주를 분리하기 위해서는 Dichloran rose bengal chloramphenicol agar(DRBCA),[17] 분리균주의 수용성색소 생산력 및 성장도에 따른 선발에는 RBCA(DRBCA에서 dichloran만 제외), Czapek agar(CA), Czapek yeast extract agar(CYA), 선발균주의 동정에 Malt extract agar(MEA), CYA, 그리고 항균효과 시험에 사용할 분리주의 배양은 Malt extract broth(MEB)와 Rice extract broth(REB)[18]를 사용하였다. 또한 항균성시험을 위한 Agar diffusion test(ADT)시 고체배지로서 Hard agar(glucose 40 g, yeast extract 20 g, agar 20 g, 증류수 1 *l*), Dilution test (DT)용 배지 및 시험미생물의 액체배지로는 nutrient broth 등이 각각 사용되었다.

쌀추출액 제조

REB제조를 위한 쌀추출액은 쌀무게의 1.5배량의 증류수를 붓고, 강한 불에서 5분 끓인 후, 2배의 증류수를 가하여 약한 불에서 20분 가열한 후, 다시 1배의 증류수를 가하여 중간 불에서 10분동안 가열한 다음, 모슬린(mousseline)천으로 여과하여 냉각시킨 후, 다시 같은 방법으로 여과시킨 여액을 쌀추출액으로 사용하였다.

항균시험액 제조

항균시험액은 *Monascus* 분리주의 액체배양농축액(culture broth concentrate)을 사용하였다. 즉, 선발된 균주를 28 °C, 150 rpm으로 10일 간 진탕배양하여 여과(Whatman paper)시킨 후, 감압증발관(vacuum rotary evaporator)을 사용하여 40 °C, 150 rpm에서 1/10로 농축시킨 다음, membrane filter(pore size: 0.65 μm)로 제균한 것을 항균시험액으로 사용하였다.

균주분리 및 선정

홍국현탁액을 상법에 따라 DRBCA에 단계적으로 희석 · 도말하여, 25 °C에서 5일간 배양한 후, 독립된 단일집락을 순수분리 · 배양하여 사면배지로 냉장 보관하였다. 각 분리주를 CA, CYA, RBCA에서 25 °C, 5일간 배양하여 육안판정에 의해 수용성 색소의 상대적 착색도가 우수하고, 집락의 직경이 CA와 CYA 평판배양에서 2.5 cm 이상, MEA 평판배양에서는 3.5 cm 이상인 분리주를 선별하였다. 총 29 균주가 분리되었으며, 이들 29개 분리주의 성장도와 수용성색소의 상대적 착색도를 기준으로 4 균주 즉, 분리주 No. 114, 116, 223 그리고 227를 선정하였다.

온도 및 pH 변화에 따른 성장도 측정

선정된 분리주를 CYA 및 MEA에 삼점접종하여 배양온도를 25.0, 27.5, 30.0, 32.5, 35.0 °C로 달리해서 10일간 배양하였다. 또한 pH를 5.0, 5.3, 5.6, 5.9, 6.2, 6.5로 달리해서 최적 성장온도에서 10일 간 배양하였다. 0, 2, 4, 6, 7, 8, 10일 째마다 집락의 직경을 측정하여 각 균주의 성장도가 측정되었다.

항균활성시험

항균시험액의 시험세균에 대한 항균효과를 ADT로 측정하고, 그 중 가장 효과가 우수한 균주에 대해서 DT를 실시하여 시험미생물의 배양시간에 따른 항균효과를 측정하였다. ADT를 위해 시험미생물 배양액 0.1 m*l*를 도말한 hard agar 평판배지 위에 항균시험액을 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 m*l* 취해서 disc(ϕ: 6 mm)에 농축 · 건조시켜서 배양한 후, 12시간에서 24시간 사이에 저해환이 생성된 경우, 항균활성이 양성인 것으로 판정하였으며, 저해환의 직경을 측정 · 비교하였다. DT를 위해 각 분리주 당 3개의 250 m*l* 삼각플라스크에 nutrient broth 30 m*l* 및 항균시험액을 각각 0.1, 0.5, 1.0 m*l* 씩 첨가하고, 10^5/m*l*의 균수로 희석된 시험미생물의 배양액을 0.1 m*l* 취해 각 삼각플라스크에 가한 후, 진탕배양하였다. 배양 0, 3, 6, 9, 12, 24, 30, 51시간 후에 각 플라스크에서 3 m*l* 씩 취하여 640 nm에서 흡광도를 측정하여 대조구보다 시험미생물의 성장이 억제되었을 경우 항균활성 양성으로 판정하였다.

결 과

선정균주의 온도 및 pH 변화에 따른 성장도

Fig. 1은 선정된 분리주들 중 No. 116의 배양온도 변화에 따른 MEA에서의 성장도를 보여주고 있지만, 모든 균주들이 32.5 °C에서 가장 우수한 성장도를 나타냈으며, 32.5 °C, 10일 간 배양했을 때 분리주 No. 227이 가장 성장이

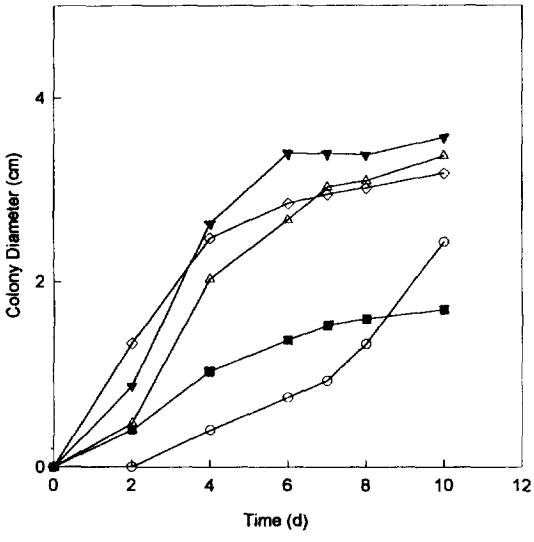

Fig. 1. Effect of temperature on growth of *Monascus* isolate No. 116 on MEA plate.
○—○: 25.0°C △—△: 27.5°C ■-■: 30.0°C
▼—▼: 32.5°C ◇—◇: 35°C

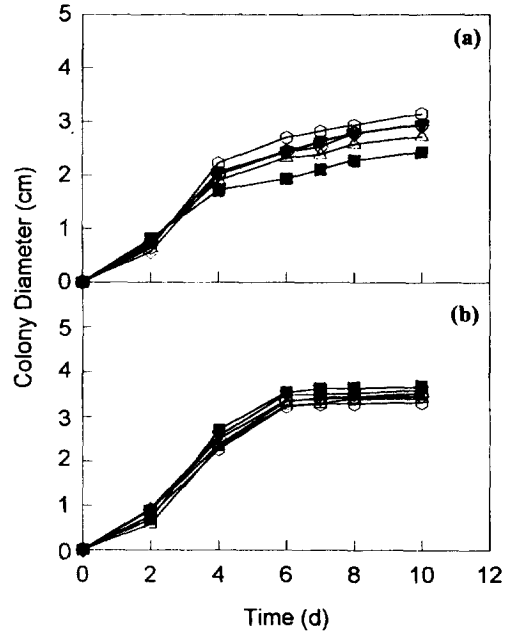

Fig. 2. Effect of pH on growth of *Monascus* isolate No. 116 on a) MEA and b) CYA plate.
■--■: pH 5.0 △—△: pH 5.3 ○-○: pH 5.6
◇—◇: pH 5.9 ○—○: pH 6.2 ▼—▼: pH 6.5

좋았다. 또한 CYA에서 배양한 결과에서도 전균주가 32.5 °C 및 35°C에서 유사하게 우수한 결과를 보였으며, 그 중 분리주 No. 114는 가장 성장속도가 빨랐다. 한편, 이들 분리주의 pH 변화에 따른 성장도는 각각 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 MEA 평판배양에서는 pH 6.2 또는 6.5일 때 성장도가 높게 나타났으며, pH 5.0일 때 성장도가 가장 낮게 나타났다. CYA 평판배양에서는 오히려 pH 5.0일 때 성장도가 가장 높게 나타났고, pH 6.2 또는 6.5일 때는 낮은 성장을 보였다.

선정균주의 항균활성

선정된 분리주의 ADT에 의한 항균활성시험의 결과를 Table 1에 나타냈다. *Escherichia coli*에 대한 항균효과는 REB으로부터 조제된 항균시험액에서는 분리주 No. 114, 223이, MEB에서는 분리주 No. 114, 116, 223, 227이 모두 저해환을 나타내어 양성으로 판정되었으며, 그 중에서도 REB으로부터 얻은 분리주 No. 223 시험액이 가장 우수한 결과를 나타냈다. *Enterobacter aerogenes*에 대한 효과는 REB에서 얻은 시험액은 모든 균주가 음성으로 판정되었으며, MEB에서도 모두 미약한 효과를 나타냈다. 분리주 No. 227 시험액이 상대적으로 가장 좋은 결과를 나타냈다.

*Bacillus subtilis*에 대한 항균효과는 두 종류의 배양액에서 얻은 4균주의 시험액 모두 양성으로 판정되었다. 그 중에서도 REB에서 얻은 분리주 No. 116 시험액이 가장 우수한 결과를 보였다. 그리고 *Staphylococcus aureus*에 대한 항균효과는 REB에서 4균주 모두 양성으로 판정되었고, MEB에서는 분리주 No. 114를 제외하고 모두 양성으로 나타났다. 그 중에서도 MEB에서 얻은 분리주 No. 116 시험액이 가장 우수한 결과를 나타냈다. 한편, 2 종의 산막효모와 2 종의 젖산균에 대한 항균효과는 REB 및 MEB의 두 배양액으로부터 얻은 4균주의 항균시험액이 모두 음성으로 나타났다.

이상의 ADT 결과에서 분리주 No. 116은 모든 시험균주에 대해 높은 항균활성을 보였으며, 특히 *B. subtilis*와 *St. aureus*에 대해 우수한 결과를 나타냈다. *E. coli*에 대해서는 분리주 No. 223이 유효했으며 *Ent. aerogenes*에 대해서는 활성이 미약하거나 거의 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과로부터 각 시험미생물에 대해 항균효과가 가장 좋았던 시험액으로 DT를 실시한 결과는 Fig. 3~6과 같다. Fig. 3에서와 같이, *E. coli*에 대해서는 분리주 No. 223 시험액을 0.1ml 첨가했을 때 배양 24~51시간 사이에서는 성장이 억제되는 경향을 나타냈지만, 그 이상의 농도(0.5 ml, 1.0 ml)에서는 오히려 성장이 촉진되었다. *Ent.*

Table 1. Antimcrobial effect of culture broth concentrates of *Monascus* strains isolated Angkak A and B on *E. coli, Ent. aerogenes, B. Subtilis, St. aureus*

(inhibition zone diameter (mm))

Media		Isolate No.	amount of culture broth concentrate				
			0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
A)	REB	114	–	–	–	7.0	8.0
		116	–	–	–	–	–
		223	–	12.0	13.0	14.0	15.0
		227	–	–	–	–	–
	MEB	114	–	8.0	8.5	9.0	10.0
		116	7.5	8.5	8.5	9.0	10.0
		223	–	7.5	8.5	9.0	9.5
		227	–	–	–	7.5	8.5
B)	REB	114	–	–	–	–	–
		116	–	–	–	–	–
		223	–	–	–	–	–
		227	–	–	–	–	–
	MEB	114	–	–	–	7.0	8.0
		116	–	–	7.0	8.0	8.0
		223	–	–	7.0	7.5	8.0
		227	–	–	7.5	8.0	8.5
C)	REB	114	–	17.0	17.0	*	*
		116	–	18.0	21.0	*	*
		223	–	17.0	15.0	*	*
		227	–	17.0	15.0	*	*
	MEB	114	–	–	–	8.0	10.0
		116	8.5	9.0	9.0	15.0	20.0
		223	–	6.5	13.0	12.5	15.0
		227	–	–		16.0	18.0
D)	REB	114	–	–	–	9.0	9.0
		116	–	–	–	9.0	8.5
		223	7.0	7.0	8.0	8.5	9.0
		227	–	–	7.0	8.0	9.0
	MEB	114	–	–	–	–	–
		116	–	7.5	9.5	10.0	12.0
		223	–	–	7.5	9.0	10.0
		227		–	7.5	10.0	11.0

A), B), C), D): test organisms

A) *Escherichia coli* B) *Enterobacter aerogenes*

C) *Bacillus subtilis* D) *Staphylococcus aureus*

REB: Rice extract broth MEB: Malt extract broth

–: no-inhibition; *: not-tested

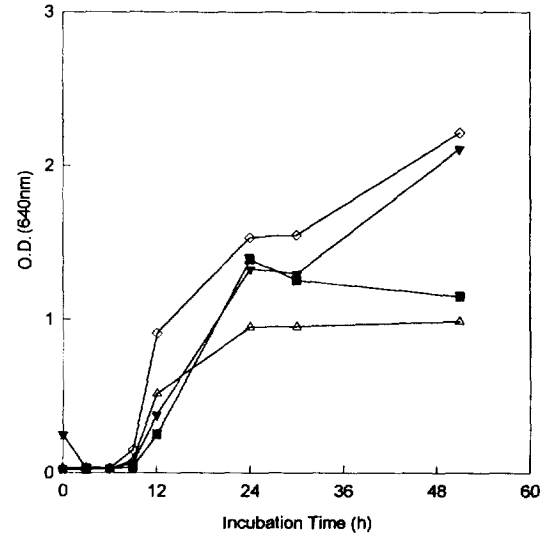

Fig. 3. Effect of *Monascus* isolate No. 223 culture broth concentrate on growth of *E. coli*.

■—■: control △—△: 0.1 m*l*

▼—▼: 0.5 m*l* ◇—◇: 1 m*l*

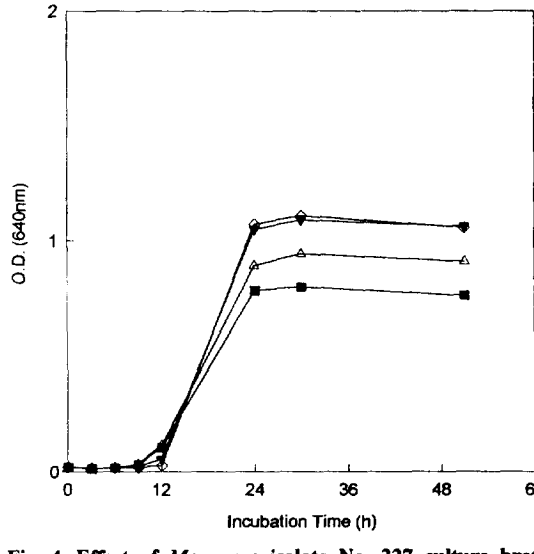

Fig. 4. Effect of *Monascus* isolate No. 227 culture broth concentrate on growth of *Ent. aerogenes*.

■—■: control △—△: 0.1 m*l*

▼—▼: 0.5 m*l* ◇—◇: 1 m*l*

*aerogenes*에 대해서는 Fig. 4와 같이 분리주 No. 227 시험액은 배양 후 12시간부터 오히려 성장이 촉진되어 ADT의 결과와 유사하게 항균효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

*B. subtilis*에 대해서는 Fig. 5에서와 같이, 분리주 No. 116 시험액은 농도에 관계없이 모두 활성을 나타냈고, 시험액량이 증가함에 따라 항균효과도 더 크게 나타났다. Fig. 6은 *St. aureus*에 대해 분리주 No. 116 시험액의 농도가 높을 수록 효과적이어 1.0 m*l*, 0.5 m*l*의 순으로 증대되었으나, 가장 적은 0.1 m*l*을 가했을때는 오히려 대조구보다 약간 성장이 촉진되었다.

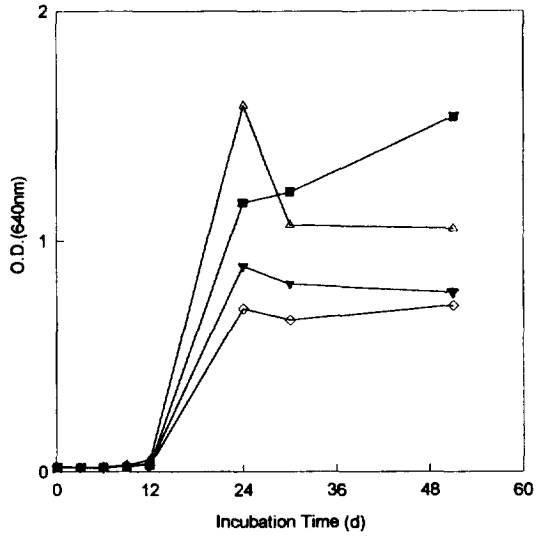

Fig. 5. Effect of *Monascus* isolate No. 116 culture broth concentrate on growth of *B. subtilis*.
■—■: control △—△: 0.1 m*l*
▼—▼: 0.5 m*l* ◇—◇: 1 m*l*

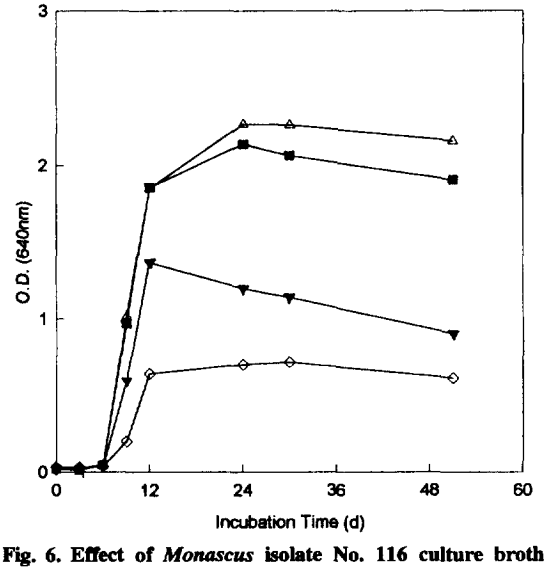

Fig. 6. Effect of *Monascus* isolate No. 116 culture broth concentrate on growth of *St. aureus*.
■—■: control △—△: 0.1 m*l*
▼—▼: 0.5 m*l* ◇—◇: 1 m*l*

이상의 DT에 의한 결과에서도 분리주 No. 116은 *B. subtilis, St. aureus*에 대해 배양 51시간 후에도 뚜렷한 억제효과를 나타냈으며, 분리주 No. 223의 *E. coli*에 대한 현저한 항균효과도 인정된다. 따라서 ADT, DT 두 시험결과가 거의 유사한 결과를 나타냈음을 알 수 있었다.

배양초기 pH가 *St. aureus*에 대한 항균효과에 미치는 영향

식품위생학상 매우 중요한 *St. aureus*에 대한 항균효과를 더 구체적으로 검토하기 위해 REB 및 MEB의 초기 pH를 달리하여 얻은 분리주 No. 116 시험액의 ADT 결과, Table 2에서 보듯이 REB 시험액의 효과가 MEB 시험액의 그것보다 전반적으로 우수한 결과를 보였다. 항균효과는 시험액량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. REB에서 얻은 시험액의 경우에는 초기 pH가 5.3일때 가장 항균효과가 컸으며, pH가 증가할수록 그 효과는 감소하는 경향을 보였다.

한편, MEB에서 배양할 경우에는 초기 pH가 6.5일 때 항균효과가 높게 나타나 상이한 결과를 보였다. 이는 Fig. 2에

Table 2. Effect of initial pH of *Monascus* isolate No. 116 culture broth concentrate on the antimicrobial activity on *St. aureus*

(inhibition zone diameter(mm))

Media	amount of culture broth concentrate(m*l*)	pH					
		5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5
REB	0.01	9	9	–	–	–	–
	0.02	12	15	9	9	8	9
	0.03	15	19	13	13	9	10
	0.04	17	20	15	13	12	11
	0.05	18	21	16	15	15	15
MEB	0.01	–	–	–	–	–	–
	0.02	8	–	–	–	–	9
	0.03	8	–	–	–	–	12
	0.04	10	7	–	–	–	13
	0.05	13	8	8	8	–	13

REB: Rice extract broth MEB: Malt extract broth
–: no inhibition

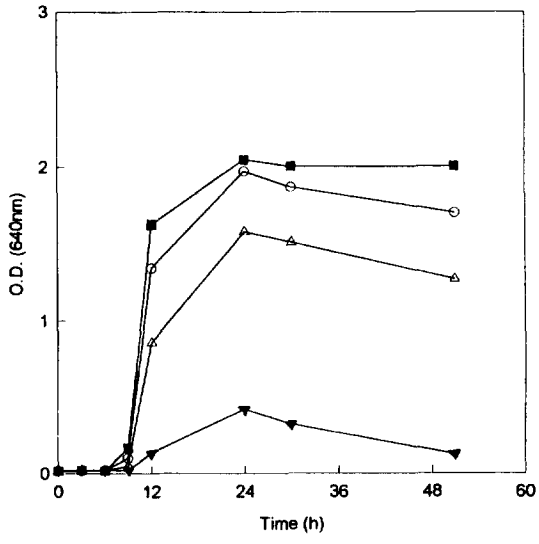

Fig. 7. Effect of addition amount of *Monascus* isolate No. 116 culture broth concentrate on growth of *St. aureus*. This culture broth concentrate were preparated from culture incubated at initial pH 5.3 on rice extract broth.

○—○: control ■—■: 0.2 m*l*
△—△: 0.4 m*l* ▼—▼: 0.6 m*l*

서 보여준 MEA에서의 성장도와 관련하여 좋은 연관성을 보여준다. 즉 성장도가 높은 pH조건에서 항균활성도 높았다. Fig. 7은 가장 우수한 항균효과를 나타낸 pH 5.3의 REB으로부터 조제된 시험액의 양을 달리하여 DT를 행한 결과를 보여준다. 배양 후 24시간까지 시험액량이 증가할수록 항균효과도 증가하는 경향을 보였다. 또한 0.4에서 배양 51시간 후까지 그 효과가 유지되어 시험균주의 성장을 현저히 억제하였지만, 0.6 m*l*의 첨가로 *St. aureus*는 거의 성장을 나타내지 못했다.

고 찰

이상의 연구결과로부터 홍국균은 균주에 따라 일부 시험미생물에 대해 뚜렷한 항균효과를 나타내어 미생물계 항균물질 개발에의 가능성을 확인하였으며, 이의 항균성은 균주, 배지조성 및 배양조건에 따라 그 활성에 큰 차이가 있었고, 항균스펙트럼에 있어서도 그램염색성에 관련성이 없는 것으로 생각되었다. Wong들[13]은 어떤 *M. purpureus* 균주가 *B. subtilis* sp. 등에 대해서는 항균활성을 나타냈으나, *Staphylcoccus, Enterobacter, Escherichia* 등의 균주에 대해서는 활성을 나타내지 않았다고 하였으며, 김들[16]은 *Monascus* sp.가 *St. aureus, B. subtilis* 등의 균주에 대해 미약한 항균성을 나타냈다고 한다. 또한 Ober들[19]은 *M. purpureus*의 어떤 균주로부터 뚜렷한 항균활성을 발견할 수 없었다고 보고한 바 있다. 따라서 본 분리주들의 해당 시험균주들에 대한 항균활성은 비교적 우수한 것으로 사료된다. 한편 분리주 No. 116은 배양초기 pH가 5.3일 때 REB에서 얻은 시험액의 경우에는 가장 항균효과가 컸던 점은 항균물질 생산이 pH 4.5~5.5에서 가장 적당하다고 한 Wong들[2]의 결과와 대체로 유사한 결과를 보였다. 앞으로 배양조건에 따른 항균효과, 활성최적화 및 안정성에 대한 검토가 요구된다. 또한 보다 더 폭 넓은 범위에서 활성을 나타내는 균주의 검색이 지속적으로 이루어져야 하며, 그리고 이들의 조합에 의한 활용가능성도 아울러 검토되어야 할 것이다. 또한 식품에의 적용을 위해 실제 적용을 통한 효과 및 안전성 여부에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다.

국문요약

홍국으로부터 *Monascus* 29 균주를 분리하여 상대적 착색도와 성장도가 우수한 4 균주를 선정하였다. 이들 균주들은 MEA 배지에서 모두 32.5°C에서 성장 최적온도를 나타냈으며, 성장 최적 pH는 CYA 배지에서 5.0, MEA 배지에서 6.2 또는 6.5로 나타났다. 분리주 No. 116은 특히 시험균주 *Bacillus subtilis*와 *Staphylococcus aureus*에 대해서는 가장 높은 항균효과를 보였지만, *Escherichia coli*와 *Enterobacter aerogenes*에 대해서는 활성을 나타내지 않거나 미약한 효과를 보였다. 분리주 No. 116의 pH 변화에 따른 *St. aureus*에 대한 항균효과는 Rice extract broth의 배양초기 pH가 5.3일 때 가장 컸으며, 항균시험액량이 증가함에 따라 그 효과는 증가했다.

참고문헌

1. Lin, C.F. and Hzuka, H.: Production of extracelluar pigment by a mutant of *Monascus kaoliang* sp. nov., *Appl. Environ. Microbiol.*, **43**, 671-676 (1982).
2. Wong, H.C. and Koehler, P.E.: Production and isolation of an antibiotic from *Monascus purpureus* and its relationship to pigment production, *J. Food Sci.*, **46**, 589-592 (1981).
3. Endo, A. and Hasumi, K.: Dihydromonacolin X, new metabolites those inhibit cholesterol biosynthesis, *J. Antibiot.*, **38**, 321-327 (1985).
4. Endo, A., Komagata, D. and Shimada, H.: Monacolin M, a new inhibitor of cholesterol biosynthesis, *J. Antibiot.*, **39**, 1670-1673 (1986).
5. Sweeny, J.G., EstradaValdes, M.C., Lacobucct, G.A., Sato, H., and Sakamura, S.: Photoprotection of the red pigments of *Monascus anka* in aqueous media by 1,4,6,-trihydroxynaphthalene, *J. Agric. Chem.*, **29**, 1189-1193 (1981).
6. Lin, C.F.: *Monascus* sp. for pigment production, *J. Ferment. Technol.*, **51**, 407 (1973).
7. Yoshimura, M., Yamanaka, S., Mitsugi, K. and Hirose, Y.: Production of *Monascus*-pigment in a submerged culture, *Agric. Biol. Chem.*, **39**, 1789-1795 (1975).
8. Su, Y.C.: Fermentative production of anka-pigment, 한국 산업 미생물학회지, **11**, 325-337 (1983).
9. 김창식, 이숙희, 김일: 홍국 곰팡이를 이용한 식용 적색색소의 제조 및 이의 성상에 관한 연구, 한국 식품과학회지, **9**, 277-283 (1977).
10. 김현수, 김두현, 양호석, 변유량, 유주현: 액체진탕 배양에 의한 *Monascus* sp.가 생산하는 적색색소에 관한 연구, (제1보) 균주의 분리 및 색소생산 배양조건, 한국 산업 미생물학회지, **7**, 23-30 (1979).
11. 김현수, 곽효성, 양호석, 변유량, 유주현: 액침 진탕배양에 의한 *Monascus* sp.가 생산하는 적색색소에 관한 연구, (제2보) 적색색소의 생산과 물리적성질 및 생리적 성질, 한국 산업 미생물학회지, **7**, 31 (1979).
12. 김수언, 김정구: *Monascus anka*의 균주선발 및 색소생성 조건, 한국 농화학회지, **33**, 239-245 (1990).
13. Wong, H.C. and Bau, Y.S.: Pigmentation and antibacterial of fast neutron-and X-ray-induced strains of *Monascus purpureus* Went, *Plant Physiol.*, **60**, 578-581 (1977).
14. Wong, H.C., Lin, Y. C. and Koehler, P.E.: Regulation of growth and pigmentation of *Monascus purpureus* by carbon and nitrgen concentrations, *Mycologia*, **73**, 649-654 (1981).
15. Nozaki, H., Date, S., Kondo, H., Kiyihara, H., Takaoka, D., Tada, T. and Akayama, K.: Ankalactone, a New α,β-Unsaturated η-Lactone from *Monascus anka*, *Agric. Biol. Chem.*, **55**, 899-900 (1991).
16. 김현수, 장욱, 손충흥, 배종찬, 유주현: *Monascus* sp. CS-2가 생산하는 황색색소에 관한 연구, (제3보) 황색색소의 안전성 시험, 한국 산업미생물학회지, **9**, 117-121 (1981).
17. King, A.D., Hocking, A.D. and Pitt, J.I.: Dichloran Rose-bengal medium for enumeration and isolation of molds from foods, *Appl. & Env. Microbiol.*, **37**, 959-964 (1979).
18. Fink-Gremmels, J. and Leistner, L.: Biologische Wirkungen von *Monascus purpureus, Fleischwirtsch.* **69**, 115-122 (1989).
19. Ober, P. and Kunz, B.: Wirkung von Stoffwechselprodukten des *Monascus purpureus* auf Bakterien, *Fleischwirtsch.* **69**, 123-125 (1989).