

연자성 세라믹 분말이 길항미생물의 성장과
저온 활성에 미치는 영향
Effect of Soft Ferrite Ceramic Powders on the
Growth and Viability at Low Temperature of
Antagonistic Microorganisms

선 홍 석 * 박 찬 영 **
Heung-Suk Sun * Chan-Young Park**

<Abstract>

The possibility of employment of ceramics, known to be emitting far infrared waves, to keep the growth and the viability of the antagonistic microorganisms was examined. Among four kinds of commercial ceramics, the ceramic powders composed of soft ferrite as a main component has exhibited to grow *Pseudomonas cepacia* and *Saccharomyces cerevisiae* better. The ceramic powder in the growth medium has increased the number of cells of *P. cepacia* about ten times and that of *S. cerevisiae* two to five times more than that in the control at 27°C. The viability of the microorganism at low temperature which was measured from the regrowth behavior at 27°C after five days store at 4°C has shown that the lag time of the two microorganisms reduced about three hours without any defect in the rate of logarithmic growth. These results demonstrated that the ceramic powders was available to the growth and viability at low temperature of antagonistic microorganisms.

**Key words : Ceramic powder, Antagonistic
microorganism, Growth and viability**

* 정회원, 전남대학교 Post-doc, 工博
전남대학교 공업화학과 졸업

**정회원, 전남대학교 응용화학부 교수, 工博
고려대학교 화학공학과 졸업

500-757 광주광역시 북구 용봉동 300번지
E-mail cypark@chonnam.ac.kr

* Faculty of Applied chemistry,
Chonnam National University

** Faculty of Applied Chemistry,
Chonnam National University

Chonnam National University 300,
Yongbongdong, Bukku, Kwangju, Korea.

1. 서 론

최근 바이오 세라믹이라 불리우는 세라믹은 주위의 전자파를 흡수하여 원적외선을 방출하기에 일명 원적외선 방사 세라믹이라 한다. 실리카, 알루미나, 연자성철등 자연에 존재하는 모든 광물들은 이와 유사한 성질을 갖고 있으며 이러한 세라믹은 현재 농작물의 건조나 가열 등에 응용되고 있는 실정이다.^{1),2)} 이들 세라믹 분말이 식물을 자극하여 그 성장을 촉진시킨다는 몇몇 보고가 있었는데 알루미나계 세라믹이 벼의 유묘 성장을 촉진시킨 결과³⁾나 연자성 세라믹이 상추나 토마토의 발아를 촉진시킨 결과⁴⁾등이 그것이다.

한편 *Pseudomonas cepacia*는 농작물의 뿌리썩음병을 일으키는 병원균인 *Rhizoctonia solani*에 대하여 강한 길항작용을 나타내며,⁵⁾ *Saccharomyces cerevisiae*는 일반적인 병원성 곰팡이에 대하여 길항력을 갖고 있다고 보고되었다.⁷⁾ 이에 우리는 세라믹 분말을 길항미생물에 적용할 수 있는지에 대하여 조사하였다. 세라믹 분말이 식물의 성장에 지장을 주지 않으면서도 *P. cepacia*나 *S. cerevisiae* 같은 길항미생물의 생장이나 활성화에 도움을 주는지에 대하여 조사하였다. 아직까지는 원적외선 세라믹이 미생물에 미치는 영향에 대한 보고가 없지만 세라믹이 미생물의 성장을 촉진시킨다면 이 세라믹 분말을 미생물 산업에 이용할 수 있을 것이기 때문이다.

본 연구에서는 전자파 흡수능이 비교적 좋다고 알려져 시중에 유통되고 있는 세라믹 4가지 중에서 식물의 성장을 가장 촉진시키는 것을 골라 그 세라믹을 미생물의 성장배지에 혼합하고 이 배지에서 길항미생물의 성장에 미치는 영향에 대하여 조사하고, 토양에 적용시킬때의 조건을 고려하여 4℃의 냉장고에 저장 후 재성장과 활성화에 미치는 영향에 대해서도 조사하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 세라믹 분말

실험에 사용한 세라믹 분말은 시중에 유통되는 원적외선 방사 세라믹 분말을 구입하여

별도의 처리를 하지 않고 사용하였으며 그 화학적 조성은 대략 다음과 같다.

Ceramics		Quantitative chemical composition(%)
A	White	SiO ₂ (55%),MgO(43%)
B	Grey	SiO ₂ (46%),Al ₂ O ₃ (31%)
C	Conylite	Fe ₂ O ₃ (56%),ZnO(16%),MgO(14%),MnO ₂ (11%)
D	Blacklite	Fe ₂ O ₃ (55%),MgO(23%),ZnO(12%)

2.2 세라믹 분말이 식물의 성장에 미치는 영향

세라믹 분말이 식물의 성장에 미치는 영향에 관한 실험은 긴 식물의 성장기간으로 인하여 단기간에 실험실에서 무우씨의 발아와 콩나물의 성장시험으로 알아보았다.

무우씨는 직경 10cm의 배양접시 5개에 각기 증류수 15ml를 부은 후 그 위에 시판 화장지(모나리자 파트너 280 1매)를 2번 접어 적시어 놓고, 그 화장지위에 4가지 세라믹 분말 1g씩을 골고루 뿌린 다음, 세라믹 분말없는 배양접시를 포함하여 모두 5개의 배양접시에 무우씨를 각각 20개씩 고르게 놓은 후 27℃로 유지된 빛없는 배양기내에서 발아 및 배양하였다.

한편 시판되는 어린 콩나물 중에서 건강한 것들만 골라 이들을 각기 50g씩 5묶음을 준비하였다. 준비된 콩나물은 위의 4가지 세라믹 분말 30g이 제각기 들어있고 증류수 150ml가 담겨져 있는 시판 우유병과 세라믹 분말이 없이 증류수 150ml만이 있는 우유병에 넣어 실온(25±3℃)에서 배양하였다. 배양 후 96시간동안 무게증가를 측정하였다. 위의 두 가지 시험은 각각 3회씩 반복 실시하였다.

2.3 세라믹 분말이 미생물의 성장에 미치는 영향

실험에 사용한 길항미생물은 세균과 효모를 각각 한가지씩 선정하였다. 세균으로는 *Rhizoctonia solani*에 대하여 길항능이 있는 *Pseudomonas cepacia*(KCTC2475)를 효모는 *Saccharomyces cerevisiae*(KCTC1213)를 유전자 은행에서 분양받아 사용하였다. 각 균주는 사면배지에 접종 냉장보관하여 최소 2개월에 한 번씩 계대배

양하였다. 평소 실험에서는 한천평판배지에 접종하여 사용하였다. 전배양은 고체 배지중 1백 금니를 접종하여 배지가 5ml 들어있는 마개있는 시험관에서 24시간동안 27°C, 120~150rpm으로 배양하였다. *P. cepacia*는 Roitman등⁶⁾의 Nutrient broth배지를, *S. cerevisiae*의 경우는 KCTC catalogue⁸⁾에서 제시된 배지조성을 따랐다.

세라믹이 미생물의 성장에 미치는 영향에 관한 실험은 식물성장시험에서 가장 우수한 촉진능을 보여준 세라믹 C, 즉 연자성 세라믹 분말을 각기 무게기준 함량 0.0~0.9%(w/v)가 되도록 배지조성을 맞춘 다음 250ml 삼각 플라스크 속에 배지 30ml를 넣어 여기에 순수 균주 배양액 100 μ l를 접종하였다. 플라스크배양은 전배양과 같이 27°C에서 120~150rpm으로 진탕배양기내에서 시행하였다.

배양중 미생물 수의 변화는 배양액중에 세라믹 분말이 포함되어 현미경이나 Optical Density와 같은 일반적인 방법으로 측정이 불가능하여 3~4시간에 한 번씩 배양액에서 1ml를 채취하여 적당히 희석한 후 고체배지에 도말하여 약 2일 경과 후에 나타나는 균체수를 세었다. 고체배지는 두 균주의 액체배지에 한천(1.5%,w/v)를 넣어 조제하였다.

2.4 저온 보관후 재성장시 미생물의 성장활성 측정

식물이 재배되는 토양에서의 조건을 가정하여 4°C의 저온에서 미생물의 보관시 미생물의 균체수 변화와 보관중인 미생물의 재성장시 성장활성에 미치는 세라믹의 영향에 대하여 조사하였다. 두 가지 미생물들을 세라믹 없는 상태에서 대수기에 이르도록 배양한 다음 배양액 1ml를 취해 세라믹 함량이 각기 다른 배지 4곳의(0.0~0.7%,w/v) 30ml에 접종 후 4°C로 유지된 냉장고에서 정치하여 보관하였다. 저온 보관된 배양액중 일부를 취하여 고체배지에 도말한 후 나타난 균체수를 세어 변화를 조사하였다.

미생물의 활성은 보관중인 미생물의 일부를 취하여 재성장시켜 나타난 성장거동으로 판별하였다. 보관된 4개의 보관병에서 대수기인 5일이 경과된 균이 포함된 배양액 1ml를 취하여 멸균증류수로 희석하고 분광광도계에서 흡광도 0.2로 조정하였다. 조정된 균체량이 같은 균액

1ml를 세라믹이 첨가되지 않는 순수한 배지에 접종하여 재성장시켰다. 저온보관 후 재성장시 미생물의 균체수는 시간경과에 따라 고체배지에서의 균체수와 분광광도계에서 파장 600nm의 흡광도로 측정하였다.⁹⁾

3. 결과 및 토론

3.1 세라믹 분말이 무우씨의 발아와 콩나물 성장에 미치는 영향

무우씨의 발아시험은 20개의 무우씨중 24시간이내에 발아된 갯수로 나타낸 발아율(Germination percent)과 20개 모두가 발아되는데 소요된 시간으로 나타낸 발아시간(Germination time)을 측정하였고 시간경과에 따른 콩나물의 무게증가를 Table1.에 나타내었다.

Table1. Results of germination of Korean radish seeds and growth of bean sprouts

Ceramic	Radish seeds germination test		Weight growth of soy bean sprouts(g)
	Germination Percent(%)	Germination Time(hr)	
Control	90	28	8.32
A	88	32	8.30
B	80	30	5.31
C	100	22	10.27
D	100	24	7.98

Table1.에서 나타난 바와 같이 무우씨의 발아시험에서는 세라믹 C와 D가 무첨가보다 10%가 향상된 결과를 보였으며 콩나물 성장시험에서는 세라믹 D가 무첨가의 8.32g보다 20%이상의 빠른 무게증가를 보였다. 따라서 식물성장 촉진 효과를 보인 세라믹 C, 즉 연자성 세라믹을 미생물 실험에 사용하였다.

3.2 세라믹이 미생물의 성장에 미치는 영향

미생물 *P. cepacia*와 *S. cerevisiae*의 성장배지에 0.0~0.9%(w/v)의 세라믹을 첨가하고 27°C에서 두 가지 미생물의 성장에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 배양액내의 미생물의 균체수는 3회 실험의 평균치이며 1회마다 각각 3

개의 고체배지에 희석한 배양액 100 μ l를 도말하고 나타난 균체수를 세었고 10%이상의 범위를 벗어난 데이터는 평균계산시 삭제하였다.

*P. cepacia*는 Fig.1에서 보는 바와 같이 초기 6시간동안은 세라믹 없는 배지에서 잘 자라지만 그후에는 급격한 대수증가율을 나타내어 절정기인 12시간 경과 후에는 세라믹이 첨가된 경우가 세라믹이 없는 배지보다 10배 정도의 균체수를 나타내어 *P. cepacia*의 경우 적용시간이 필요함을 알 수 있었다.

한편 *S. cerevisiae*의 경우에는 Fig.2에서 보는 바와 같이 세라믹 첨가량 따라 큰 차이는 없으나 배양초기부터 생장이 촉진되어 30시간까지는 무첨가의 경우보다 약 2~5배가 많은 균체수를 나타내었다.

따라서 *P. cepacia*와 *S. cerevisiae* 모두가 세라믹 분말에 의해 생장이 빨라지고 균체수가 증가되는 것을 알 수 있었고 최적 첨가량은 다같이 0.4%(w/v) 부근에서 나타났다.

3.3 저온보관후 세라믹이 미생물의 성장활성에 미치는 영향

길항미생물을 적용시킬 토양에서의 조건을 가정하여 4 $^{\circ}$ C의 냉장고에서 미생물을 정치배양하였다. Fig. 3과 4는 세라믹이 첨가된 배지에 순수배양한 균액을 접종하여 4 $^{\circ}$ C에서 정치보관하였을때 미생물 균체수의 변화를 보인 결과이다. 두 가지의 미생물 모두가 세라믹의 첨가에 관계없이 4 $^{\circ}$ C에서도 성장을 보였으며 *P. cepacia*는 세라믹의 첨가에 따른 균일한 경향을 나타내지는 않았으나 0.2%(w/v)의 경우 10배 정도의 균체수를 보였다. *S. cerevisiae*의 경우는 세라믹 첨가량의 증가에 따라 균체수가 증가하는 경향을 나타냈으며 10배에서 최고 50배까지의 균체수를 보였다. 이러한 결과는 세라믹의 원적외선의 영향으로 사료되며 원적외선 방사량 측정 등의 계속된 연구가 필요하다고 생각된다. 7일 이후에는 두 가지 미생물 성장배지가 모두 소모되어 미생물의 수가 급격히 감소하였다.

위의 4 $^{\circ}$ C에서 정치배양중인 배양액중 일부를 취하여 세라믹이 없는 순수한 배지에 접종하여 재성장시켜 저온보관중인 미생물의 성장활성을 살펴보았다. Fig. 5와 6은 4 $^{\circ}$ C에서 보관 후 5일이 경과된 두 개의 미생물 배양액 일부를 취하여 균체량을 조정 한 후 27 $^{\circ}$ C에서 재성

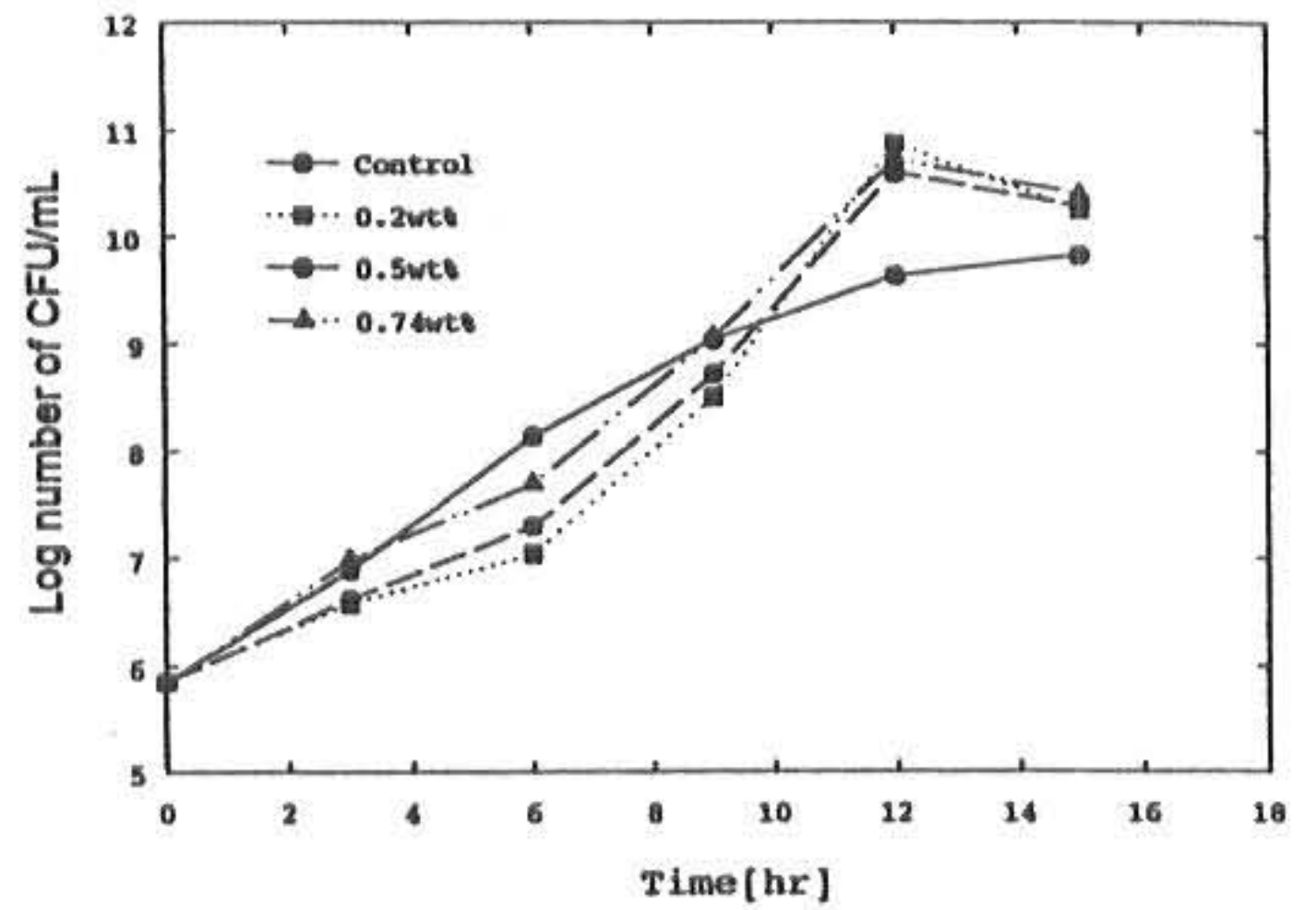


Fig.1 Effect of the different ceramic concentrations in medium on the growth of *P. cepacia* at 27 $^{\circ}$ C

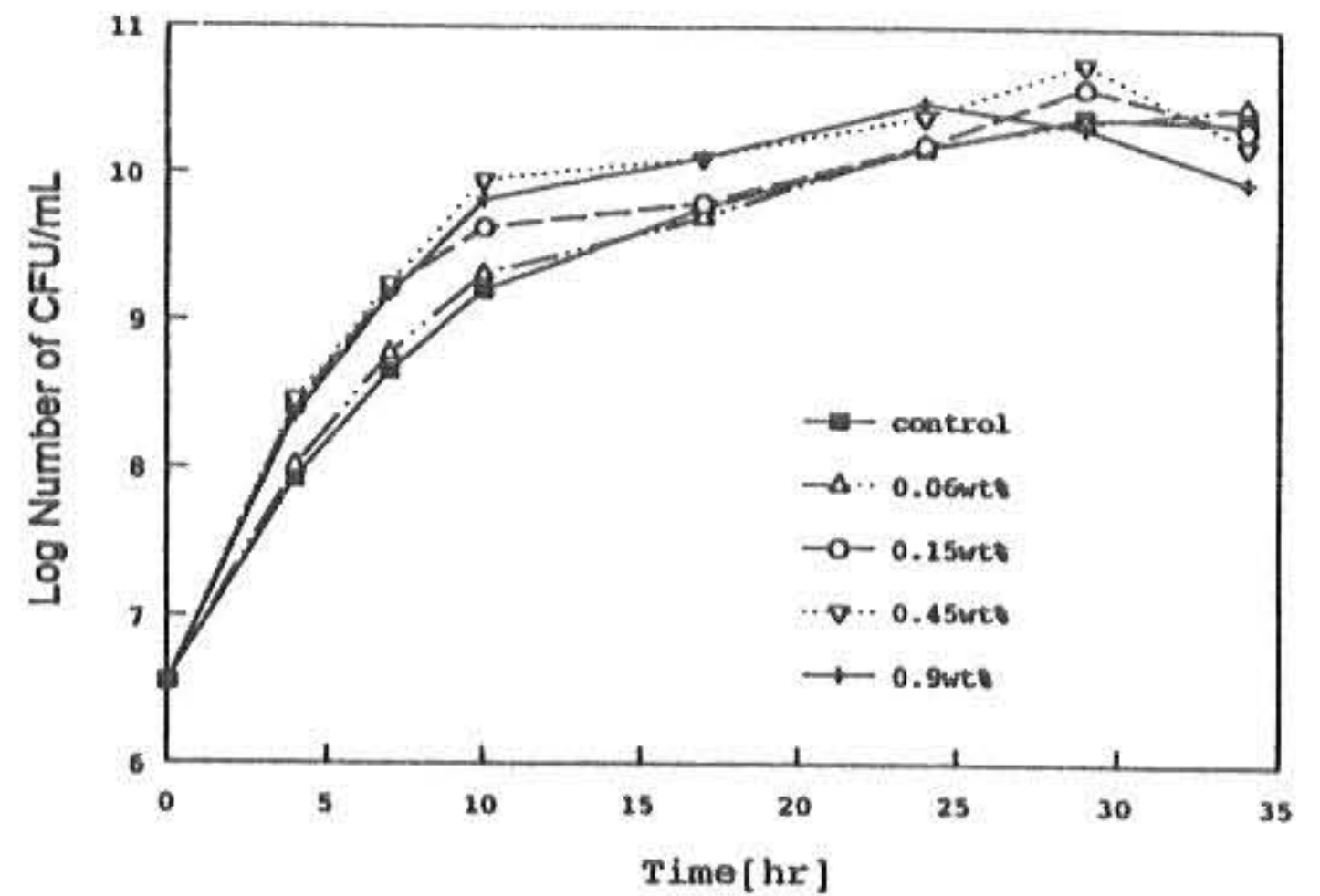


Fig.2 Effect of the different ceramic concentrations in medium on the growth of *S. cerevisiae* at 27 $^{\circ}$ C

장시킨 결과이다. *P. cepacia*는 세라믹과 함께 보관되었을 경우 지연시간이 무첨가의 6시간에 비하여 약 3시간 정도 단축되지만 균체수는 무첨가의 경우보다 대수기의 중반이후 오히려 줄어드는 경향을 보였다. *S. cerevisiae*는 Fig. 6에서와 같이 세라믹과 함께 보관된 경우 지연시간이 단축되고 총 균체수도 증가하였으며, 대수증가율은 무첨가의 경우와 큰 차이가 없었다. Fig. 5와 6에서의 오차막대는 한 번의 시료채취에 3회 반복실시에서 오는 오차로 고체배지에서의 균체수는 10%내외의 오차를 보였다.

따라서 지연시간 단축 등의 현상으로부터 배지내에 세라믹이 포함된 미생물의 활성이 더 뛰어난 것으로 사료되며 식물의 성장을 촉진하였던 세라믹은 같은 진핵생물인 효모가 더 나은 효과를 나타내었다. 이들 결과로부터 세라믹의 첨가가 성장활성이 저하되는 저온에서도 미생물의 성장을 유지시키며 미생물의 활성을 촉진시키는 효과를 보인 것으로 나타났다.

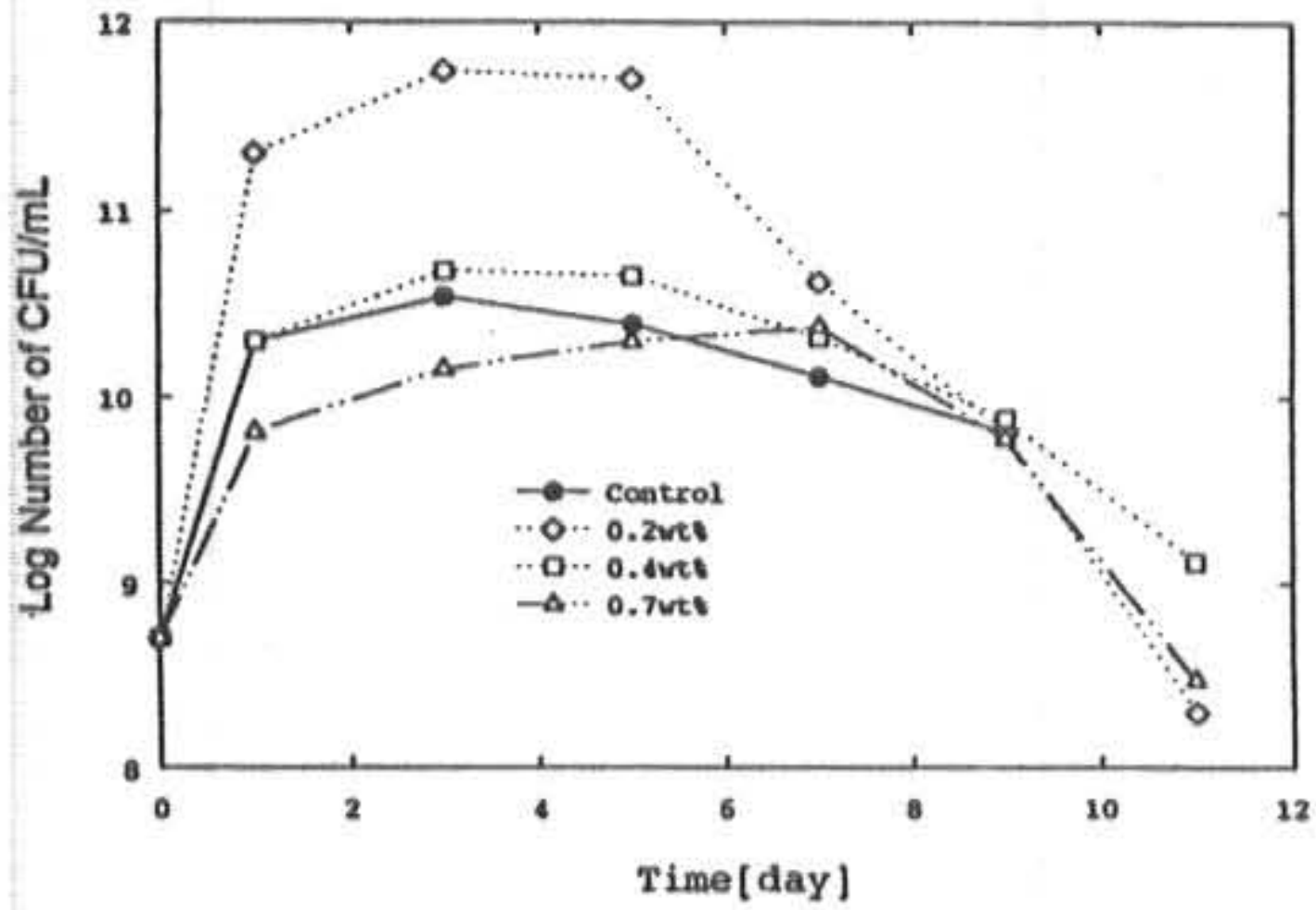


Fig.3 Population dynamics of *P. cepacia* at 4°C

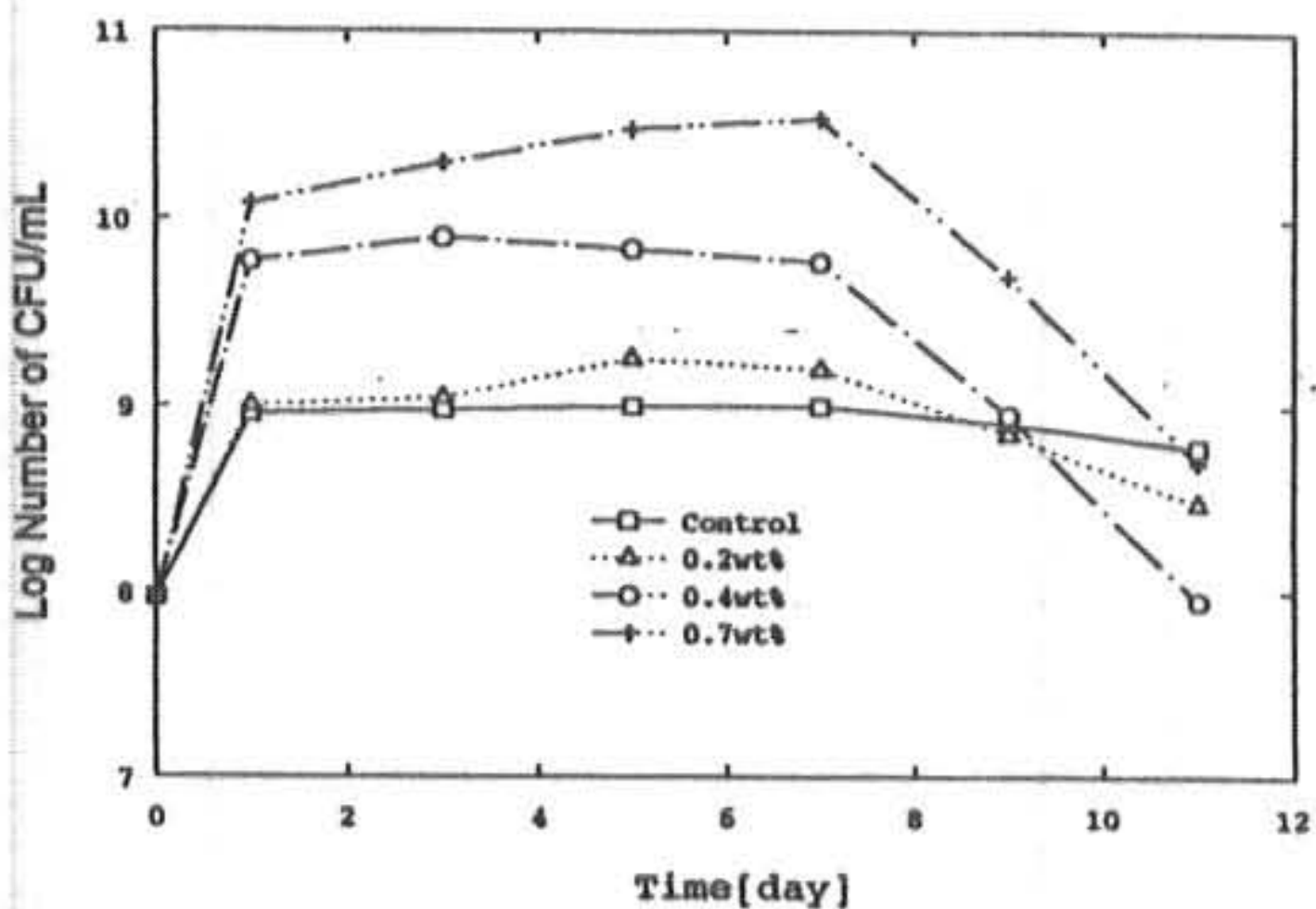


Fig.4 Population dynamics of *S. cerevisiae* at 4°C

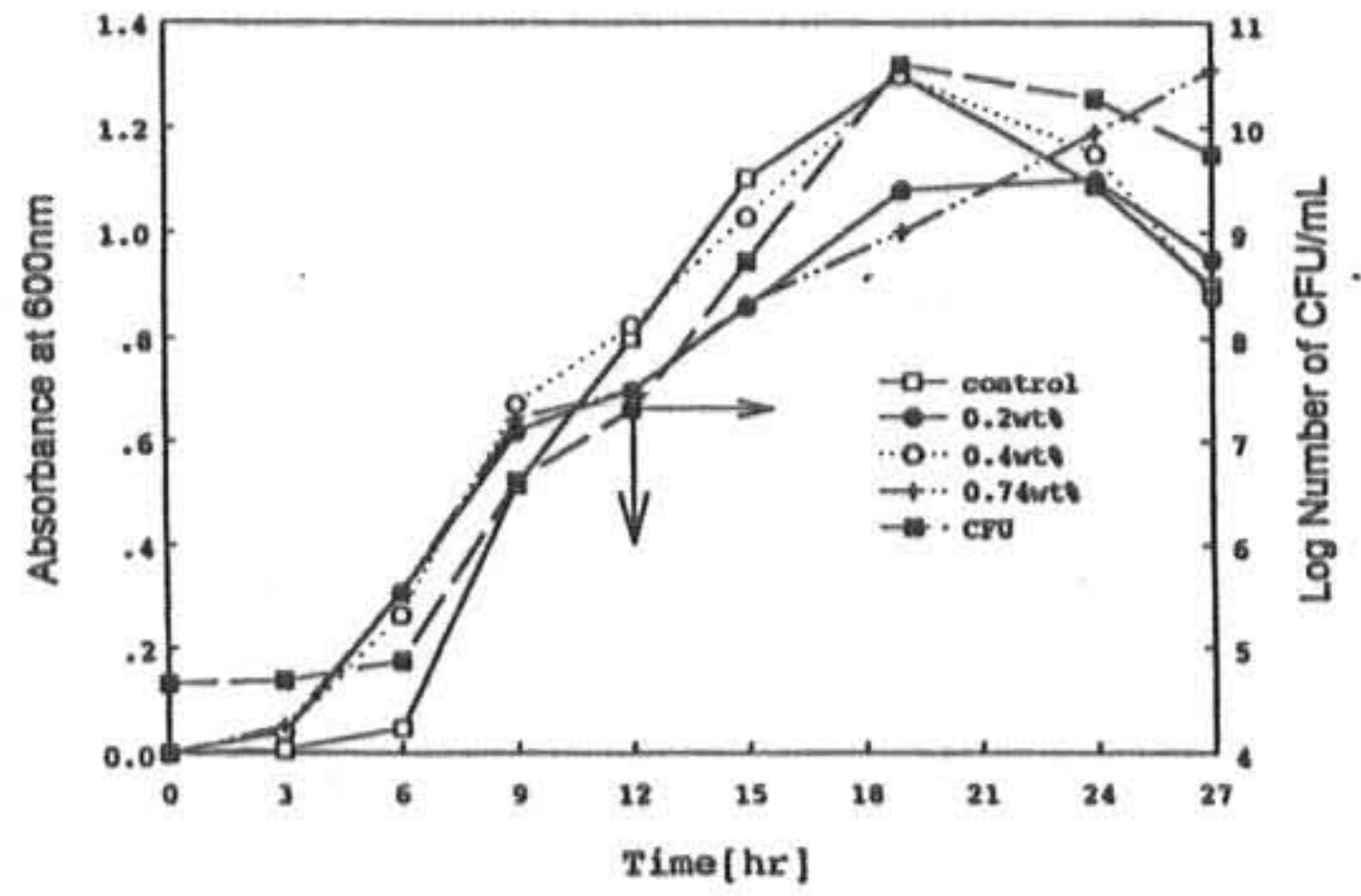


Fig.5 Effect of the different ceramic concentrations on the growth of *P. cepacia* at 27°C which was stored 5 days at 4°C

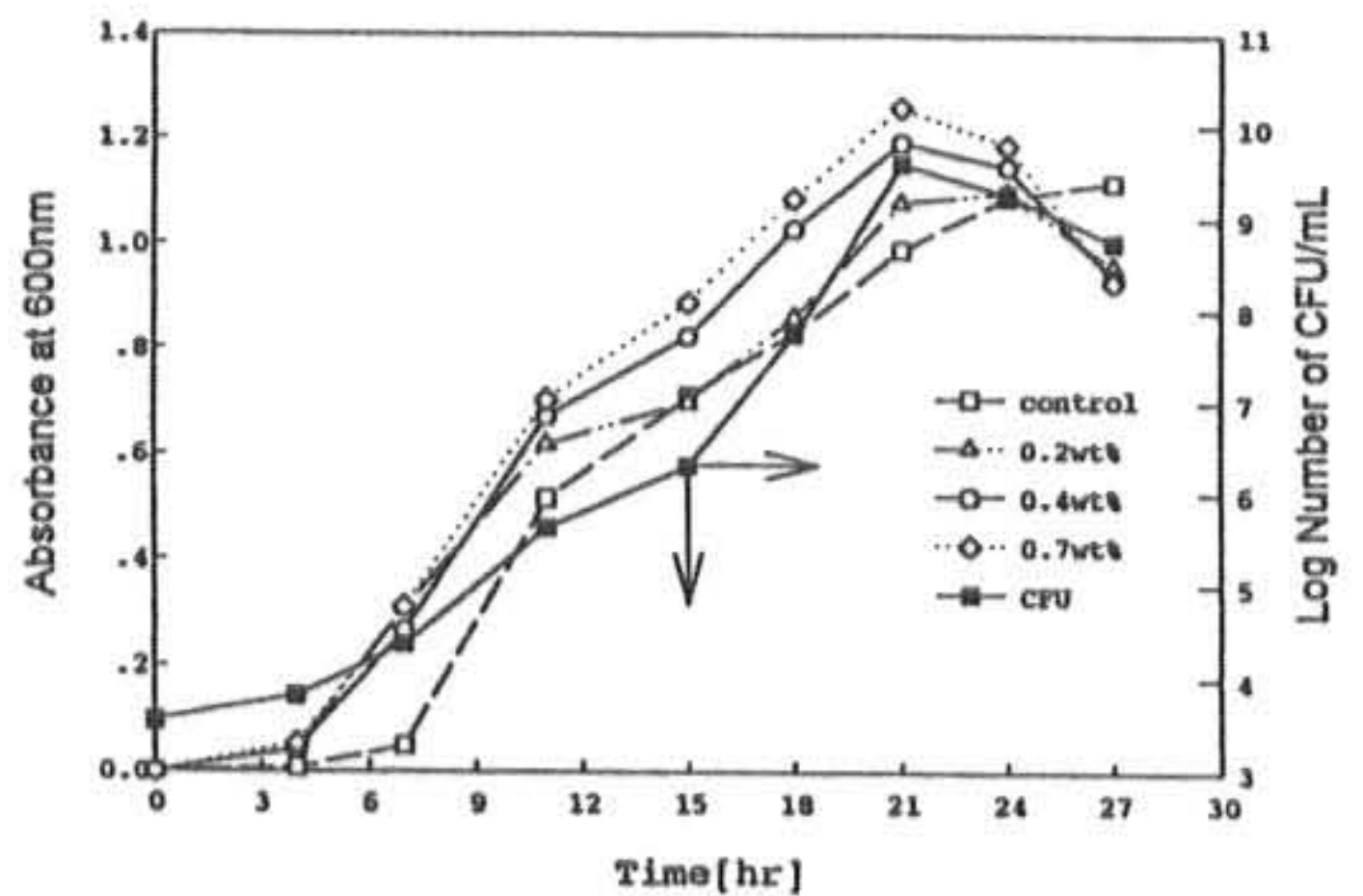


Fig.6 Effect of the different ceramic concentrations on the growth of *S. cerevisiae* at 27°C which was stored 5 days at 4°C

감 사

본 연구는 농림수산부 첨단농업기술개발 연구 협약에 의해 이루어진 연구결과들 중의 하나입니다.

참고문헌

1. NEGISHI N., KIKUCHI M., 赤外線の生體作用, セラミックス, 23(4), 335-339 (1988)
2. TAKADA K., セラミックス遠赤外線放射體とその應用, セラミックス, 23(4), 310-315 (1988)
3. 이철원, 손석용, 한충수, 세라믹의 상토혼합에 의한 벼 유묘의 성장효과. '95한·일 원적외선 심포지움, 49-58 (1995).
4. 정순주, 이범선, 이정필, Bioceramic의 농도별 처리가 상추와 토마토의 발아에 미치는 영향, 전남대학교 논문집, 37, 59-66 (1992)
5. Cartwright D. K., Chilton W. S., Benson D. M., Pyrrolnitrin and phenazine production by *Pseudomonas cepacia*, strain 5.5B, a biocontrol agent of *Rhizoctonia solani*, *Appl. Microbiol. and Biotechnol.*, 43, 211-216 (1995)
6. Roitman J. N., Mahoney N. E., and Janisiewicz J., Production and composition of phenylpyrrole metabolites produced by *Pseudomonas cepacia*, *Appl. Microbiol. and Biotechnol.*, 34, 381-386 (1990)
7. Walker G. M., McLeod A. H., and Hodgson V. J., Interactions between killer yeasts and pathogenic fungi, *FEMS Microbiology Letters*, 127, 213-222 (1995)
8. Park Y. H., and Bae K. S., KCTC Catalogue of Strains, 3rd edition (1992)
9. Benson H. J., *Microbiological Applications—A Laboratory Manual in General Microbiology*, fifth edition, Wm. C. Brown Publishers, Dubuque(1990)

(1999년 2월 20일 접수, 1999년 4월15일 채택)