

## 온천수에서 식중독 및 병원성 미생물의 생존 양상

정재연<sup>1</sup> · 안용선<sup>1</sup> · 정도영 · 김용석<sup>2</sup> · 신동화<sup>†</sup>

전북대학교 응용생물공학부(식품공학 전공), <sup>1</sup>순창군 장류개발사업소

<sup>2</sup>전북대학교 바이오식품 소재개발 및 산업화 연구 센터

## Survival of Food-borne and Pathogenic Microorganisms in Hot Spring Water

Jian-Bin Zheng, Yong-Sun Ahn<sup>1</sup>, Do-Yeong Jeong, Yong-Suk Kim<sup>2</sup>, and Dong-Hwa Shin<sup>†</sup>

Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University,

<sup>1</sup>Sunchang Food and Science Institute,

<sup>2</sup>Research Center for Industrial Development of BioFood Materials, Chonbuk National University

(Received February 20, 2006; Accepted March 7, 2006)

**ABSTRACT** – This study was conducted to investigate the effects of hot spring water against the survival of food-borne and pathogenic microorganisms. *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, and *Escherichia coli*, which are food-borne microorganisms, *Candida albicans* and *Trichophyton mentagrophytes*, which are skin disease pathogens, and *Helicobacter pylori*, gastritis inducing microorganism, were tested. The content of fluoride in tested hot spring water is 14.1 mg/L, which is higher than the standard of safe for drinking water 1.5 mg/L, but the results on 48 other items were up to the standard. Hot spring water didn't show the bactericidal effects against food-borne microorganisms, *C. albicans*, and *H. pylori* tested. However, the viable cell populations of *B. cereus* and *T. mentagrophytes* were decreased, which were depends on the temperature of hot spring water. From these results, we confirmed that hot spring water didn't show the bactericidal effects against food-borne microorganisms, skin disease pathogens, and gastritis inducing microorganism, but the growth of some microorganisms were inhibited by high temperature (41°C).

**Key words:** hot spring water, food-borne microorganisms, skin disease pathogens, growth inhibition

우리나라에서 온천은 지하로부터 용출되는 섭씨 25°C 이상의 온수로써 그 성분이 인체에 해롭지 아니한 것으로 온천법<sup>1)</sup>에 규정하고 있으며, 온천수의 성분에 대해서는 특별한 규정이 없고 단지 온도에 의해서만 온천수를 구별한다.

일반적으로 온천은 온도, 수소이온농도 및 화학성분 등에 의해 분류하며, 화학성분을 기준으로 하면 유황온천, 게르마늄 온천, 중탄산나트륨에 의한 알카리성 온천 등으로 분류한다.<sup>2)</sup>

온천은 화석수라고 할 수 있는 지중에 매장되어 있는 동식물이 분해하여 발생하는 물도 혼합되어 그 성분은 대단히 복잡하고 다양한 것으로 그 속에 함유되어 있는 성분이 입욕과 음용 등에 의해 피부나 내장으로부터 흡수작용을 하여 인체의 기능을 촉진시키고, 조직구성 성분으로 보급되면서 신체조직의 운동이 활발해지고, 혈액의 순환을 좋게 하고 신

진대사를 촉진시켜 노폐물을 체외로 배출하는 것으로 인체의 신체 부조화를 바로 잡는다는 것이 의학적인 해설이다.<sup>2)</sup>

온천수에 대한 연구는 주로 퇴행성 슬관절염,<sup>3)</sup> 피부개선과 혈류개선,<sup>4)</sup> 혈류 및 여드름 피부<sup>5)</sup> 등 치료의학 분야에 대해 많이 이루어져 왔으며, 수질분석,<sup>6,7)</sup> 벼종자의 발아와 유축생장에 대한 영향,<sup>8)</sup> 내열성  $\beta$ -glycosidase 생성균주의 분리 및 동정,<sup>9)</sup> 주위 환경에 대한 영향<sup>10-12)</sup> 등에 대한 연구도 수행되었다.

일반적으로 온천수는 특수한 성분이 보통의 음용수에 비하여 높은 경향을 보이고 있으며 이들 차별화된 성분들이 각종 질환을 일으키는 미생물에는 상당한 영향을 미칠 것으로 판단되며, 이들 작용이 질병의 치료나 예방에 관계가 있을 것으로 추정된다. 또한 온천수에는 각종 무기물이 풍부하게 함유되어 있으며 특히 2가 이온들이 많이 들어있고 살균력을 갖춘 유황 성분이 있어, 식중독 및 병원성 미생물의 증식을 억제할 수 있는 측면도 검토의 대상이 될 수 있다. 그러

<sup>†</sup> Author to whom correspondence should be addressed.

나 온천수의 식중독 및 병원성 미생물에 대한 살균 효과에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

따라서 이 연구에서는 온천수의 성분 분석을 통하여 함유된 성분을 정확히 밝히고 이들 성분들이 몇 가지 식중독 및 부패성 미생물과 함께 피부질환 및 위장질환 미생물에 대한 살균 가능성을 시험하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 대상 미생물

온천수의 식중독 및 부패성 미생물에 대한 억제 효과를 시험하기 위하여 *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Staphylococcus aureus* KCCM 11335 및 *Escherichia coli* KCCM 11234를 사용하였다. 피부질환 및 위장질환 미생물에 대한 억제 효과를 시험하기 위하여 피부병 원인균인 *Candida albicans* ATCC 96114와 *Trichophyton mentagrophytes* ATCC 52013을, 위장병 원인균인 *Helicobacter pylori* ATCC 51653을 대상으로 시험하였다.

*B. cereus*, *S. aureus* 및 *E. coli*는 nutrient broth(Oxide, 영국)에서 각각 30, 35 및 37°C에 배양하였다. *C. albicans*는 30°C, YPD broth(Difco, 미국)에서 배양하였다. *T. mentagrophytes*는 25°C에서 bacto peptone 1%, dextrose 2%, agar 1.5%의 배지를 사용하여 배양하였다. *H. pylori*는 10% bovine serum이 첨가된 Brucella broth(BD, 미국)에서 37°C에 배양하였다.

### 온천수

실험에 사용한 온천수는 죽림온천(전북 완주군) 취수장에서 1 시간 동안 방류 후 무균적으로 2 L 무균병에 채취하여 즉시 4°C에 보관하면서 사용하였고 채취 시 온도는 27°C였다.

### 온천수 성분 분석

일반세균 등 미생물 3항목, 납 등 건강상유해영양무기물질 11항목, 페놀 등 건강상유해영양유기물질 16항목, 유리잔류 염소 등 소독제 및 소독부산물 3항목, 경도 등 심미적영양 물질 16항목 등 총 49항목에 대하여 먹는물수질공정시험방법<sup>13)</sup>에 따라 분석하여 먹는물수질기준과 비교하였다.

### 중식 억제 시험

각 균주를 최적 배지에 24-48시간 배양하여 균체를 증식시킨 후 각 균주를 온천수에 일정량씩 접종한 다음 온천수 온도인 41°C의 항온기에 넣었다. 6시간마다 일정량을 채취한 다음 0.1% peptone 수로 10배 희석법으로 희석하고 각 균주의 배지를 이용 평판 배양(24-48 hr)하여 형성된 집락

수를 계수하였다. 단 *H. pylori*는 증식배지에서 혐기성을 유지하면서 배양하였다. 대조구로는 0.85% 생리식염수를 사용하여 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 온천수의 수질 분석

온천수를 먹는물수질공정시험방법에 따라 분석한 결과는 Table 1과 같다.

건강상 유해 무기물질이나 건강상 유해 유기물질 등 48 항목은 먹는물 수질기준에 적합하였으나 불소의 경우 함량 기준은 1.5 mg/L 이하<sup>13)</sup>이나 온천수에서는 14.1 mg/L로 기준치를 벗어나 불소의 함량초과로 음용수로서 부적합한 것으로 판정되었다. Kim과 Choi<sup>6)</sup>는 전라북도 지역 8개소의 온천수를 분석한 결과 불소 이온의 농도범위가 2-13 ppm으로서 지하수의 0.1-0.6 ppm보다 매우 높은 값을 나타냈다고 보고하였는데, 이는 본 연구의 결과인 14.1 mg/L(ppm)과 비슷한 함량을 나타내었다.

### 식중독 미생물에 대한 중식억제 효과

온천수가 대표적인 식중독 미생물인 *S. aureus*, *B. cereus* 및 *E. coli*의 생존에 미치는 영향을 관찰한 결과는 Fig. 1-3과 같다.

Fig. 1에서 보면 온천수에서 *S. aureus*는 초기 6.59 log CFU/mL에서 30시간 후 6.10 log CFU/mL로 약간 감소하였으나 보통 생리 식염수와 같이 균수의 감소가 적어 온천수에 크게 영향을 받지 않는 것으로 판단된다. 또한 41°C에서 대조구와 온천수 모두 30시간 정도에서 균수의 차이 없이 생존함을 알 수 있었다.

Fig. 2에서 보면 *B. cereus*의 경우는 초기 6.64 log CFU/mL에서 시간 경과에 따라 균수가 약간 감소하여 48시간에 6.14 log CFU/mL로 나타났으나 대조구도 비슷한 양상(6.61-5.81 log CFU/mL)을 보여 온천수의 영향이라기보다는 온도 의존성이 더 큰 것으로 추정된다.

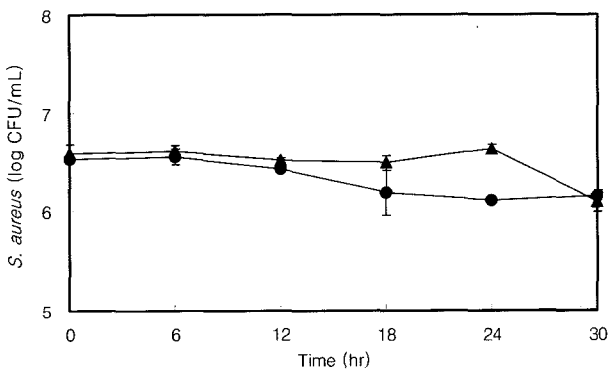
Fig. 3에서 보면 *E. coli*는 41°C에서 시험하는 동안 대조구와 온천수의 균수는 각각 7.93-8.05 및 7.88-8.02 log CFU/mL로서 모두 균수의 변화가 거의 없었으며, 처리구 사이의 차이도 없음을 보여 주고 있다.

Nam 등<sup>9)</sup>은 72-90°C의 온천수에서  $\beta$ -glycosidase 활성이 높은 균주를 분리하여 *Thermus thermophilus*로 동정하는 등 70°C 이상의 온천수에서도 생장하는 미생물들이 보고되었다.<sup>14-16)</sup>

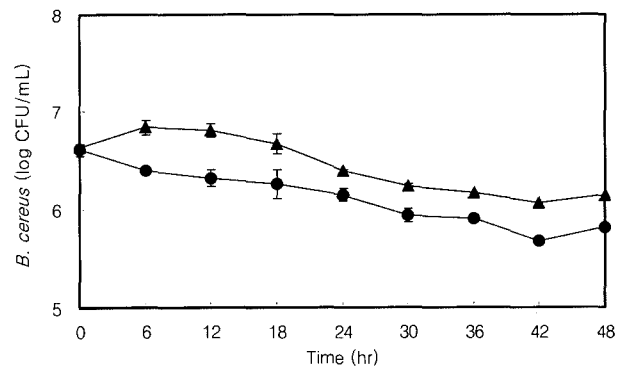
이들 결과를 종합하여 볼 때 온천수는 시험한 3종의 식중독균에 대하여 41°C에서 일부 온도에 영향을 받으나 온천수

**Table 1. Analysis of water quality on hot spring water**

Group	Items	Standard	Results	Group	Items	Standard	Results	
Microorganisms	Total bacteria colony counts	≤ 100 CFU/mL	0	Toxic organic substances for health	Ethylbenzene	≤ 0.3 mg/L	No detect	
	Total coliforms	no detect/100 mL	No detect		Xylene	≤ 0.5 mg/L	No detect	
	Fecal coliforms	no detect/100 mL	No detect		1,1-Dichloroethylene	≤ 0.03 mg/L	No detect	
Toxic inorganic substances for health	Lead	≤ 0.05 mg/L	No detect	Tetrachlorocarbon	≤ 0.002 mg/L	No detect		
	Fluoride	≤ 1.5 mg/L	14.1	1,2-Dibromo-3-chloropropane	≤ 0.003 mg/L	No detect		
	Arsenic	≤ 0.05 mg/L	No detect	Disinfectants and disinfection by-products	Residual chlorine	≤ 4.0 mg/L		
	Selenium	≤ 0.01 mg/L	No detect		Total trihalomethens	≤ 0.1 mg/L		
	Mercury	≤ 0.001 mg/L	No detect		Chloroform	≤ 0.08 mg/L		
	Toxic organic substances for health	Cyanides	≤ 0.01 mg/L	No detect	Aesthetic substances	Hardness	≤ 300 mg/L	2
		Chromium	≤ 0.05 mg/L	No detect		Permanganate value	≤ 10 mg/L	6.3
		Ammonia type nitrogen	≤ 0.5 mg/L	No detect		Odor	No odor	Pass
		Nitrous nitrogen	≤ 10 mg/L	No detect		Taste	No taste	Pass
		Cadmium	≤ 0.005 mg/L	No detect		Cupric	≤ 1 mg/L	No detect
Boron		≤ 0.3 mg/L	No detect	Color		not more than 5	1	
Toxic organic substances for health		Phenol	≤ 0.005 mg/L	No detect		Surfactants	≤ 0.5 mg/L	No detect
		Diazinone	≤ 0.02 mg/L	No detect		pH	5.8 - 8.5	10.1
		Parathion	≤ 0.06 mg/L	No detect		Zinc	≤ 1 mg/L	0.010
		Fenitrothion	≤ 0.04 mg/L	No detect		Chloride	≤ 250 mg/L	34
	Carbaryl	≤ 0.07 mg/L	No detect	Total dissolved solids	≤ 500 mg/L	68		
	1,1,1-Trichloroethane	≤ 0.1 mg/L	No detect	Iron	≤ 0.3 mg/L	0.104		
	Tetrachloroethylene	≤ 0.01 mg/L	No detect	Manganese	≤ 0.3 mg/L	No detect		
	Trichloroethylene	≤ 0.03 mg/L	No detect	Turbidity	≤ 1 NTU	0.10		
	Dichloromethane	≤ 0.02 mg/L	No detect	Sulfate	≤ 200 mg/L	32		
	Benzene	≤ 0.01 mg/L	No detect	Aluminum	≤ 0.2 mg/L	0.093		
Toluene	≤ 0.7 mg/L	No detect						



**Fig. 1. Survival phase of *Staphylococcus aureus* in hot spring water at 41°C. -●-, Control; -▲-, Hot spring water. Vertical bars represent standard deviation (n=3).**



**Fig. 2. Survival phase of *Bacillus cereus* in hot spring water at 41°C. -●-, Control; -▲-, Hot spring water. Vertical bars represent standard deviation (n=3).**

자체가 이들 식중독 미생물의 증식 및 생존에 큰 영향을 미치지 못하는 것을 확인할 수 있었다.

**피부병 및 위장병 원인균에 대한 온천수의 영향**

피부병의 원인균인 *C. albicans*와 *T. mentoglyphytes*에 대한 온천수의 영향을 관찰한 결과는 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다. Fig. 4에서 보면 피부병 원인균인 *C. albicans*의 생존은 24시간 까지 대조구와 온천수에서 거의 동일한 수준(6.85-7.39 log CFU/mL)을 유지하나 그 이후 오히려 약간 증가하

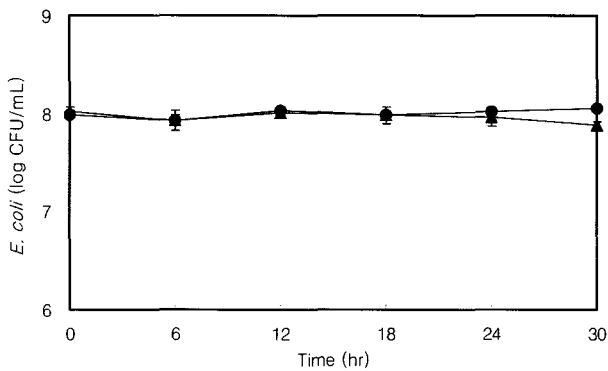


Fig. 3. Survival phase of *Escherichia coli* in hot spring water at 41°C. -●-, Control; -▲-, Hot spring water. Vertical bars represent standard deviation (n=3).

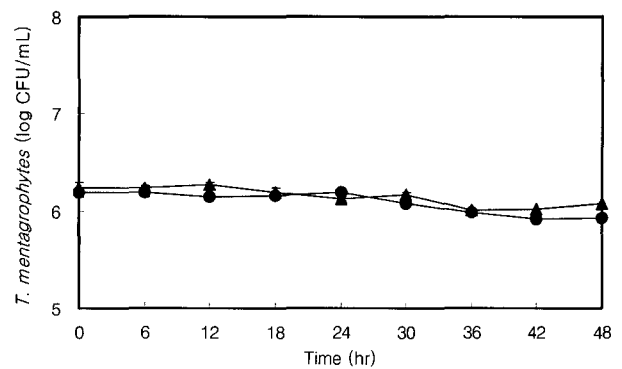


Fig. 5. Survival phase of *Trichophyton mentagrophytes* in hot spring water at 41°C. -●-, Control; -▲-, Hot spring water. Vertical bars represent standard deviation (n=3).

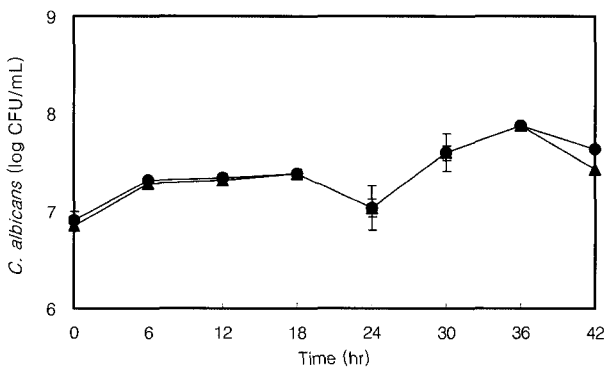


Fig. 4. Survival phase of *Candida albicans* in hot spring water at 41°C. -●-, Control; -▲-, Hot spring water. Vertical bars represent standard deviation (n=3).

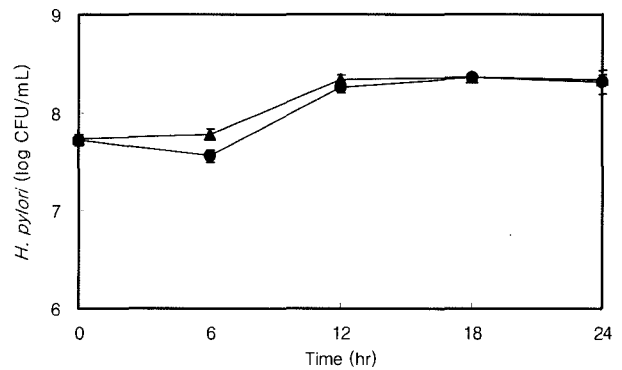


Fig. 6. Survival phase of *Helicobacter pylori* in hot spring water at 41°C. -●-, Control; -▲-, Hot spring water. Vertical bars represent standard deviation (n=3).

는 양상을 보이고 있다. 따라서 온천수가 피부병균의 증식을 억제하지는 못한다는 것을 알 수 있다.

Fig. 5에서 보면 같은 피부병 원인균인 *T. mentagrophytes*도 온천수에 의해서 증식을 억제 당하기보다는 온도 의존성이 있는 것으로 보인다. 즉 유지 30시간까지 균수는 서서히 감소하나 대조구에서도 같은 양상이 보여 이를 온천수의 영향이라고 보기는 어려울 것으로 판단된다.

한편 위에서 증식하여 위염이나 경우에 따라서는 위암의 원인이 되는 *H. pylori*의 온천수에서 생존 양상을 관찰한 결과는 Fig. 6과 같다. 대조구와 온천수에서 초기 7.72-7.73 log CFU/mL에서 배양 6시간 이후부터 오히려 균수가 증가하는 양상을 보이고 있다. 이와 같은 현상은 대단히 이례적인 양상으로 필요한 영양원이 결핍된 상태에서 증식한다는 것은 설명하기 어려우나 이에 대한 별도의 추가적인 실험이 요구된다. 결국 온천수에 의해서 *H. pylori*는 증식을 저해당하지 않는 것을 확인할 수 있었다.

인체의 세포는 혈액순환계의 기능에 의하여 영양분과 산

소를 공급받아서 생명력의 원천인 에너지를 생산함으로써 세포와 개체의 생명력과 정상적인 기능을 유지시켜 준다. 또한 혈액순환계는 면역기능 물질의 전달과 생산에도 중요한 기능을 가지며,<sup>17)</sup> 특히 말초혈관이 분포되어 있는 수족지 피부의 신체기능을 총괄적으로 감지하고 전달하는 기관으로써 신체를 보호하는 기능을 가진다.<sup>18)</sup> Lim과 Park<sup>5)</sup>은 온수를 사용한 대조구와 온천수를 사용한 처리구 간의 혈류량을 비교한 결과 식염 온천수에서 혈류량이 유의적으로 증가하였고, 탄산온천수 및 유황온천수와는 유의적 차이가 없었으며, 여드름 피부에서는 식염천과 유황천에서 육안상 관찰에서 많이 개선되었다고 보고하여 혈류량 증가에 의해 신체기능 개선효과를 나타내는 것으로 추정하였다.

본 연구결과 온천수는 시험한 2종의 피부병균과 위염 원인균인 *H. pylori*에 대해 증식 억제 및 살균 효과를 나타내지는 않는 것으로 나타났다.

## 국문요약

온천수에는 각종 무기물이 풍부하게 함유되어 있으며 특히 2가 이온들이 많이 들어있고 살균력을 갖춘 유황 성분이 있어, 식중독 및 병원성 미생물의 증식을 억제할 수 있는 가능성이 있다. 온천수의 식중독 및 병원성 미생물에 대한 억제 효과를 시험하기 위하여 식중독 미생물인 *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* 및 *Escherichia coli*, 피부병 원인균인 *Candida albicans*와 *Trichophyton mentagrophytes*, 위장병 원인균인 *Helicobacter pylori*을 대상으로 시험하였다. 본 실험에 사용한 온천수는 먹는물 수질기준에 따라 분석한 결과 불소함량이 기준치 1.5 mg/L 보다 높은 14.1 mg/L로 먹는물 수질기준에 적합하지 않으나 그 외 항목은 먹는물 수질기준에 적합하였다. 몇 가지 식중독 미생물이 온천수에서 생존하는 양상을 관찰한 결과 *S. aureus* 및 *E. coli*의 생존에 대해서는 별 영향을 미치지 않았으나, *B. cereus*의 균수는 감소시키는데 이는 온천수의 온도(41°C)와 관계있는 것으로 판단되었다. *C. albicans*와 *T. mentagrophytes* 등 피부병균과 위염 원인균(*H. pylori*)에 대해서도 온천수는 뚜렷한 증식 억제효과를 보이지 않으나 *T. mentagrophytes*는 온도에 영향이 있음을 확인하였다. 이상의 결과를 종합할 때 온천수는 식중독균이나 피부질환 혹은 위염 원인균에 뚜렷한 억제 효과는 나타나지 않으나 일부 고온(41°C)에 의한 균수의 감소 효과는 인정되었다.

## 참고문헌

1. 법제처. 온천법. 법률 6842호 (2002. 12. 30).
2. Park, R.J.: The studies of actual condition and therapeutic effects of hot spring water in Korea. *J. Korean Soc. Phys. Ther.* **12**(3), 369-377 (2000).
3. Park, R.J., Han, D.W., Park, C.G. and Lee, H.K.: The effects of artificial balneotherapy on osteoarthritis. *J. Korean Soc. Phys. Ther.* **15**(2), 379-389 (2003).
4. Park, R.J., Lim, J.S., Han, D.W., Lee, J.O. and Oh, J.L.: The effect of blood flow and improvement of dry and lipid skin by artificial balneotherapy. *J. Korean Soc. Phys. Ther.* **16**(2), 185-200 (2004).
5. Lim, J.S. and Park, R.J.: The effects of blood circulation and improve acne by artificial spa water. *J. Kor. Soc. Cosm.* **11**(2), 153-159 (2005).
6. Kim, J.H. and Choi, Y.W.: Water chemistry and age dating of thermal spring in Chollabukdo region. *J. Korean Chem. Soc.* **40**(2), 101-108 (1996).
7. 김도희.: 우리나라 주요온천의 수질특성과 유형분류에 관한 연구. 건국대학교 교육대학원 석사학위 논문 (1993).
8. Lee, D.J., Zamora, O.B. and Chae, J.C.: Effect of geothermal water on germination, seedling growth and development of vascular bundle in rice. *J. Crop Sci.* **41**(1), 53-61 (1996).
9. Nam, E.S., Choi, J.W., Cha, S.K. and Ahn, J.K.: Isolation and identification of thermostable  $\beta$ -glycosidase-producing microorganism from hot spring of volcanic area at Atagawa in Japan. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **30**(2), 151-156 (2002).
10. Chung, Y.T., Choi, H.S., Kim, B.H., Choi, M.K. and Park, S.T.: A study on the epilithic algae in streams of hot springs in Chollabuk-Do, Korea. *Wonkwang J. Environ. Sci.* **6**, 65-76 (1997).
11. Lee, D.B., Lee, K.B., Kim, M.Y., Kim, B.H., Choi, M.K. and Park, S.T.: Influence of spa sewage on the water quality and soil chemical properties in the near stream. *Wonkwang J. Environ. Sci.* **7**, 135-147 (1998).
12. Choi, H.S. and Yu, C.M.: a study on the epilithic algae in a stream drained from hot springs. *Kor. J. Env. Hlth. Soc.* **24**(3), 131-136 (1998).
13. 환경부: 먹는물수질공정시험방법(환경부 고시 제2002-91호). (2002).
14. Brock, T.D. and Freeze, H.: *Thermus aquaticus* gen. n. and sp. n., a nonsporulating extreme thermophile. *J. Bacteriol.* **98**, 289-297 (1969).
15. Manaia, C.M. and da Costa, M.S.: Characteristics of halotolerant *Thermus* isolates from shallow marine hot springs on S. Miguel, Azores. *J. Gen. Microbiol.* **137**, 2643-2648 (1991).
16. Williams, R.A.D., Smith, K.E., Welch, S.G., Micallefand, J. and Sharp, R.J.: DNA relatedness of *Thermus* strains, description of *Thermus brokianus* sp. nov., and proposal to reestablish *Thermus thermophilus* (Oshiam and Imahori). *Int. J. Syst. Bacteriol.* **45**, 495-499 (1995).
17. Albert, B., Bray, D., Kewis, J., Raff, M., Robert, K. and Watson, J.D.: Molecular biology of the cell. 2nd ed., Garland Publishing. Inc. New York, USA (1989).
18. 성호경, 이인묘, 이상복.: 인체생리학. 형설출판사. 서울 (1994).