

## 감압가열에 의한 급속 건조가 진균의 생존에 미치는 영향

영남대학교 의과대학 피부과학교실

박소현 · 박진우 · 신동훈 · 최종수 · 김기홍

=Abstract=

### Effect of Rapid Dehydration by Vacuum Drying on Fungal Viability

So Hyun Park, Jin Woo Park, Dong Hoon Shin, Jong Soo Choi and Ki Hong Kim

Department of Dermatology, College of Medicine, Yeungnam University, Taegu, Korea

**Background:** Tinea pedis and candidiasis of the feet is the most common type of dermatomycosis. Contaminated shoes may play an important role in spread and relapse of tinea pedis and candidiasis of the feet. However there is no effective method to sterilize contaminated shoes. Since vacuum drying can evaporate water in relatively low temperature, it is thought to be able to dehydrate rapidly and to sterilize shoes without damaging them.

**Objective:** This study was designed to evaluate the fungicidal effect of rapid dehydration by vacuum drying.

**Methods:** The suspension of *Trichophyton(T.) rubrum*, *T. mentagrophytes* and *Candida(C.) albicans* was made with distilled water. Vacuum drying or wet heating of the suspension was conducted in the vacuum dryer at various temperature and time. The treated fungi were rehydrated and were cultured on Sabouraud dextrose agar petri dish. The viability was determined as colony forming unit (CFU) of experimental group divided by that of control group.

**Results:** When *C. albicans* was dried for one hour by vacuum drying, the viability decreased as temperature increased, but no sterilization was noted even at 80°C. Under vacuum drying at 50°C for one hour, viability decreased below 3% and there was no difference in the viability between one hour of the treatment and more than one hour. In *T. rubrum*, *T. mentagrophytes*, *C. albicans*, the number of fungi was reduced by 90% under the condition of one hour vacuum drying at 50°C. Wet heating was more effective than vacuum drying in reducing and sterilizing *C. albicans*. Sterilization was done under the condition of wet heating of one hour at 50°C or wet heating over 30 minutes at 60°C. The higher concentration of *C. albicans* was, the stronger resistance against the heat and dehydration was observed. Combined treatment with wet heating for one hour followed by vacuum drying for one hour at 50°C was effective way to sterilize *C. albicans*.

**Conclusion:** These results suggest combined treatment with wet heating and vacuum drying can effectively sterilize shoes without damage and prevent the feet from spread and relapse of tinea pedis and candidiasis of the feet. [Kor J Med Mycol 2004; 9(3): 182-189]

**Key Words:** Tinea pedis, Candidiasis of the feet, Shoes, Disinfection, Vacuum drying, Wet heating

†별책 요청 저자: 최종수, 705-717 대구광역시 남구 대명동 317-1, 영남대학교 의과대학 부속병원, 피부과  
전화: (053) 620-3160, Fax: (053) 622-2216, e-mail: jschoi@med.yu.ac.kr

\*본 논문의 요지는 2004년 6월 26일 제11차 대한의진균학회에서 발표되었음.

## 서 론

족부 진균증은 피부 진균증의 가장 흔한 형태로 전체 피부 진균증 환자의 30~40%를 차지하며, 현대인들은 거의 항상 양말과 구두를 신고 생활하는 시간이 많으므로 족부 진균증의 유병율은 증가하고 있다<sup>1</sup>. 족부 진균증의 원인균으로는 *Trichophyton(T.) rubrum*이 대다수를 차지하고 있으며, 그 다음으로 *Candida(C.) albicans*와 *T. mentagrophytes*가 높은 빈도를 보이고 있다<sup>2</sup>. 족부 진균증은 자주 재발하며, 환자의 신체 다른 부위나 주위 사람에서도 진균증이 동반되는 경우가 많다. 이 등<sup>3</sup>은 족부백선 환자의 39.1%에서 신체 다른 부위에 백선이 동반되었다고 보고하였고, 족부 진균증을 가진 환자의 25%가 가족 중에 족부 진균증을 가지고 있다는 보고가 있다<sup>4</sup>.

이 등<sup>5</sup>은 학교에서 공동으로 사용중인 실내화 중 47.1%에서 백선균이 배양되었다고 보고하였으며, 서<sup>6</sup>는 족부백선을 가진 군인들의 군화와 양말에서 진균 배양검사를 실시한 결과 군화에서 12%, 세탁 전 양말에서 52%, 세탁 후 양말에서 4%가 배양되었다고 보고하였다. 표재성 진균 감염은 주로 병소에서 탈락한 원인균을 함유한 각질세포가 환경 속에 있다가 정상 피부와 접촉함으로써 일어나므로<sup>7</sup>, 환자의 신발과 양말 및 공동 실내화 등의 오염은 환자와 정상인이 원인 진균과 끊임없이 접촉하게 하여 환자 자신의 재발 원인이 될 뿐만 아니라, 주위 사람에게도 감염되는데 중요한 역할을 한다. 따라서 족부 진균증의 치료를 위해서는 단순히 감염된 발만 치료할 것이 아니라 재감염 및 전파의 원인이 되는 신발 및 양말 등의 소독도 필요하다. 진균의 살균방법에는 화학 소독제, 살균자외선 및 건조, 가열법 등이 있다. 양말 등의 의복과는 달리 신발은 화학 소독제를 사용하거나 삶으면 손상되며, 자연 건조로는 살균 효과가 적고 시간이 오래 걸린다.

진공건조법은 감압하여 낮은 온도에서 물을 끓게 하므로 습한 물질을 비교적 저온에서 건조시킬 수 있는 방법이다. 따라서 신발을 감압가열 건조시키면 신발의 손상 없이 빠른 시간 내에 건조시킬 수 있고, 건조하는 동안 진균 세포 내의 수분이 끓음으로써 균의 손상을 더욱 더 유발시켜 효율적인 살균 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각한다. 이에 저자들은 신발을 감압가열 건조시키는 것으로 신발에 오염된 진균의 살진균 효과를 얻을 수 있는지에 대해 알아보고자, 족부 진균증의 흔한 원인균인 *T. rubrum*, *T. mentagrophytes*, *C. albicans*를 감압가열하여 비교적 낮은 온도에서 급속 건조시킨 후 감균 또는 멸균 효과를 측정하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재 료

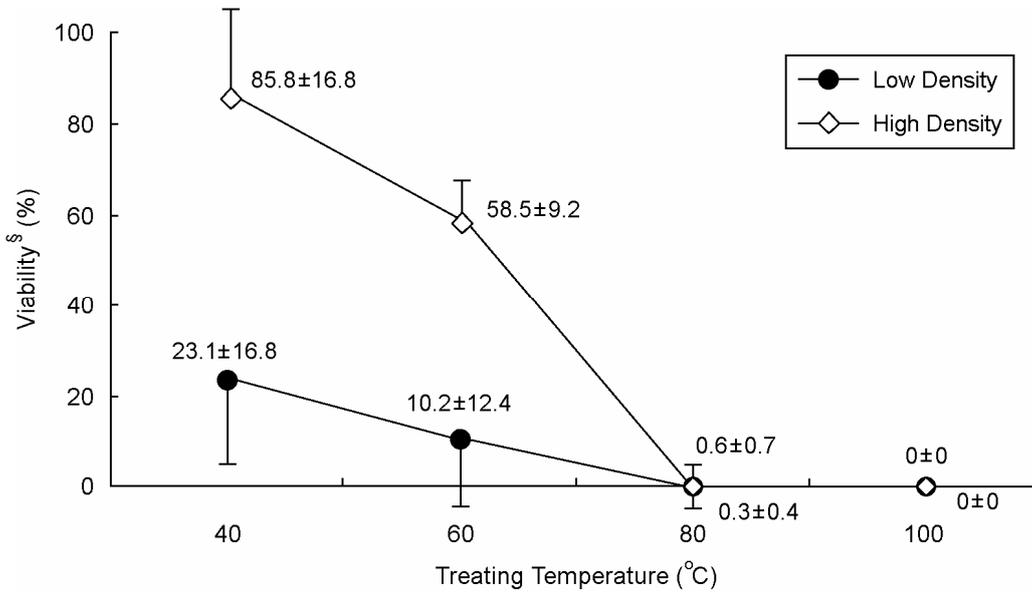
피부 병소에서 채취한 *Trichophyton(T.) mentagrophytes* 4주와 *T. rubrum* 2주, 객담과 창상에서 채취한 *Candida (C.) albicans* 4주를 사용하였다.

### 2. 실험 방법

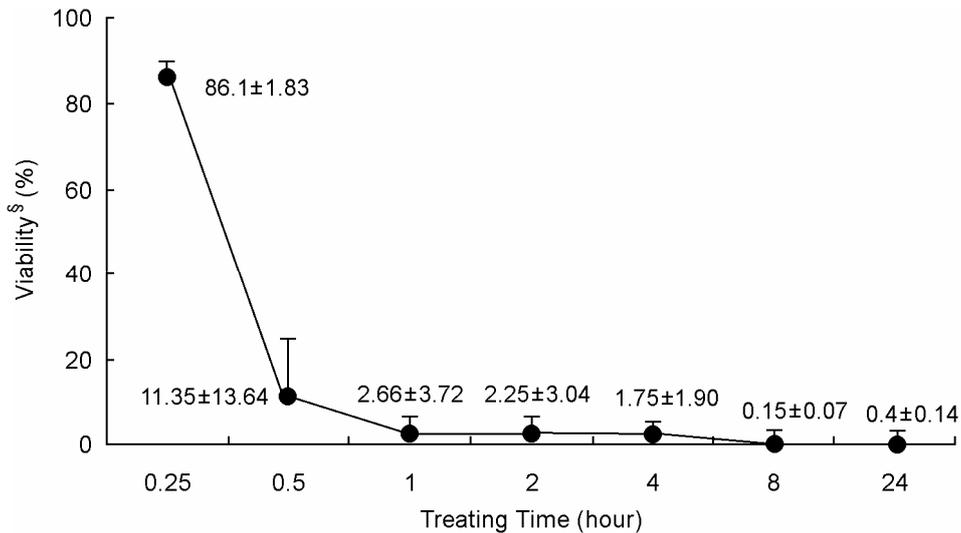
*T. mentagrophytes*와 *T. rubrum*은 potato dextrose com meal tween 80 agar 사면배지에 2주간 배양하였으며, *C. albicans*는 Sabouraud dextrose agar (pH 5.6) 평판배지에 2일간 배양하였다. 각 균주에 증류수를 섞어 현탁액을 만든 후, counting chamber와 광학현미경을 이용하여 포자 및 균사수를 세어 *T. mentagrophytes*는  $\mu\text{당 } 2 \times 10^2$  포자, *T. rubrum*은  $\mu\text{당 } 1 \times 10^4$  균사와 포자, *C. albicans*는 고농도는  $\mu\text{당 } 2 \times 10^4$  포자, 저농도는  $\mu\text{당 } 2 \times 10^2$  포자를 담은 일정농도의 현탁액을 만들었다. *T. mentagrophytes*와 *C. albicans*는 각각의 현탁액을 10  $\mu\text{씩}$  microtube에 주입하였다. *T. rubrum*은 예비 실험에서 낮은 농도에서는 배양율이 저조하였고, 고농도의 현탁액을 얻기 힘들어  $\mu\text{당 } 1 \times 10^4$  균사와 포자 현탁액을 20  $\mu\text{씩}$  microtube에 주입하였다. 진공 건조기 (OV-11/12, 제이오텍사, 한국)를 이용하여 온도와 시간에 변화를 주면서 감압가열과 습가열 처치를 하였다. 감압가열은 100 mHg의 음압에서 가열하여 현탁액이 완전히 증발하여 분말이 되도록 하였고, 습가열은 압력의 변화 없이 가열만을 시행하면서 현탁액이 증발되지 않도록 하였다. 처치 후 20  $\mu\text{의}$  증류수를 주입하여 Voltex mixer를 이용하여 흔들면서 실온에서 1시간 동안 재수화 (rehydration)를 한 후 Sabouraud dextrose agar (pH 5.6) 평판배지에 도말 접종하여 25°C에서 배양하였다. *C. albicans*는 2일 후, *T. mentagro-*

*phytes*는 7일 후, *T. rubrum*은 2주 후 배양된 colony forming unit (CFU)를 측정하여 가열 처치하지 않은 대조군의 CFU에 대한 %로 생존율을 판단하였다. 모든 실험은 3번 반복 시행하여 생존율의 평균과 표

준편차를 계산하여 온도, 시간, 균종, 균량에 따라 감압가열과 습가열이 진균의 생존에 미치는 영향에 대해 알아보았다.



**Fig. 1.** Viability of *C. albicans* after vacuum drying at various temperature for one hour. Viability was measured by comparing colony forming unit with that of control group. <sup>§</sup>Mean ± SD of triplicated tests. Low density;  $2 \times 10^3$  spores/10  $\mu$ l, High density;  $2 \times 10^5$  spores/10  $\mu$ l



**Fig. 2.** Viability of *C. albicans*<sup>J</sup> after vacuum drying for various periods at 50 °C. Viability was measured by comparing colony forming unit with that of control group. <sup>§</sup>Mean ± SD of triplicated tests. <sup>J</sup> $2 \times 10^3$  spores/10  $\mu$ l

## 결 과

### 1. 온도에 따른 감압가열의 감균 및 멸균 효과

저농도 ( $2 \times 10^3$  포자/10  $\mu$ l)와 고농도 ( $2 \times 10^5$  포자/10  $\mu$ l)의 *C. albicans*를 40°C, 60°C, 80°C 및 100°C에서 1시간 동안 감압가열을 시행한 결과, 저농도군과 고농도군 모두 온도가 증가함에 따라 생존율이 감소하였다 (Fig. 1). 100°C에서는 멸균이 일어났으나, 80°C에서 저농도군과 고농도군의 생존율이 각각 0.3%와 0.6%로 멸균은 일어나지 않았다. 40°C, 60°C, 80°C 모두에서 고농도로 균이 존재할 때 생존율이 훨씬 더 높았다.

### 2. 시간에 따른 감압가열의 감균 및 멸균 효과

저농도의 *C. albicans*를 50°C에서 15분, 30분, 1시간, 2시간, 4시간, 8시간 및 24시간 동안 감압가열한 결과, 생존율이 15분 처치시는 대조군과 큰 차이가 없었으나 30분 처치 때는 11.35%로 급격히 감소하였고, 1시간 처치부터는 10% 이하의 생존율을 보였

다 (Fig. 2). 그러나 1시간과 그 이상의 처치 사이에는 생존율에 큰 차이가 없었고, 24시간 처치에도 생존율이 0.4%로 멸균은 일어나지 않았다.

### 3. 균종간의 감압가열의 감균 및 멸균 효과 비교

*T. mentagrophytes* 4주와 *T. rubrum* 2주, 저농도의 *C. albicans* 4주를 45°C, 50°C, 55°C 및 60°C에서 1시간 동안 감압가열 처치를 하였다. 그 결과 *C. albicans*는 45°C 이상에서, *T. mentagrophytes*와 *T. rubrum*은 50°C 이상에서 10% 이하의 생존율을 보여 3가지 균종 모두 50°C 이상에서 90% 이상의 감균이 일어났다 (Table 1). 3가지 균종 모두가 감압가열에 대해 유사한 반응을 보였으나 *T. mentagrophytes*가 50°C 이상에서 다른 2 균종 보다 생존율이 다소 높았다.

### 4. 온도에 따른 감압가열과 습가열의 감균 및 멸균 효과 비교

고농도와 저농도의 *C. albicans*를 25°C, 40°C, 60°C, 80°C 및 100°C의 온도에서 1시간 동안 감압가열 및 습가열 처치한 결과, 고농도군과 저농도군 모두에서

**Table 1.** Viability of *T. mentagrophytes*, *T. rubrum*, *C. albicans* after vacuum drying at various temperature for one hour

Temperature (°C)	<i>T. mentagrophytes</i>	<i>T. rubrum</i>	<i>C. albicans</i>
45	17.6±11.9 <sup>§</sup>	38.4±44.0	1.8±1.2
50	9.6±8.3	0.8±0.6	3.1±3.4
55	8.5±1.8	6.2±1.3	5.3±3.6
60	7.3±2.7	3.1±0.5	0.3±0.6

Viability (%) was measured by comparing colony forming unit with that of control group.

<sup>§</sup>Mean ± SD of triplicated tests

**Table 2.** Viability of *C. albicans* after vacuum drying or wet heating at various temperature for one hour

Temperature (°C)	Low Density <sup>f</sup>		High Density <sup>g</sup>	
	Wet Heating	Vacuum Drying	Wet Heating	Vacuum Drying
25	100.0±0.0 <sup>§</sup>	95.0±7.1	87.5±17.6	99.1±41.0
40	15.9±8.6	23.1±16.8	82.5±10.6	85.8±20.0
60	0.0±0.0	10.2±2.4	0.0±0.0	58.5±9.2
80	0.0±0.0	0.3±0.0	0.0±0.0	0.6±0.1
100	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0

Viability (%) was measured by comparing colony forming unit with that of control group.

<sup>§</sup>Mean ± SD of triplicated tests, <sup>f</sup> $2 \times 10^3$  spores/10  $\mu$ l, <sup>g</sup> $2 \times 10^5$  spores/10  $\mu$ l

**Table 3.** Viability (% of control) of *C. albicans* after wet heating at 50°C, 55°C and 60°C

Treating time (minutes)	Low Density <sup>f</sup>			High Density <sup>ff</sup>		
	50°C	55°C	60°C	50°C	55°C	60°C
15	53.0±36.3 <sup>§</sup>	77.8±10.9	11.2±0.2	100.0±0.0	100.0±0.0	0.8±0.1
30	55.3±38.2	10.3±5.0	0.0±0.0	83.3±26.3	54.7±16.8	4.6±0.5
60	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.4±0.5	0.0±0.0	0.0±0.0

Viability (%) was measured by comparing colony forming unit with that of control group.

<sup>§</sup>Mean ± SD of triplicated tests, <sup>f</sup>2×10<sup>3</sup> spores/10 µl, <sup>ff</sup>2×10<sup>5</sup> spores/10 µl

습가열을 시행한 경우에는 60°C 이상에서 멸균이 되었으나, 감압가열을 시행한 경우에는 80°C에서도 균이 생존하였다. 저농도균에 비해 고농도균에서 감압가열 및 습가열 처치에 대한 생존율이 훨씬 더 높았다 (Table 2).

5. 온도 및 시간에 따른 습가열의 감균 및 멸균 효과

*C. albicans*를 습가열시 40°C에서는 생존하였으나 60°C에서는 멸균되어, 40°C와 60°C 사이에서 습가열의 최저 멸균온도를 알기 위해 고농도와 저농도의 *C. albicans*를 50°C, 55°C, 60°C에서 각각 15분, 30분, 60분간 가열을 시행하였다. 저농도균에서는 50°C와 55°C에서 1시간, 60°C에서 30분 이상의 습가열 처치로 멸균이 되었고, 고농도균에서는 55°C와 60°C에서 1시간 습가열 처치로 멸균이 일어났다 (Table 3).

고 찰

진균의 성장과 생존에는 습도, 온도, 수소이온농도, 광선, 영양물질 등이 중요한 요인이다<sup>8</sup>. Shukla 등<sup>9</sup>은 피부 사상균의 성장과 생존에 가장 적절한 온도는 30°C이며, 균의 효소가 활성화되는 생물활성 영역 (biokinetic zone)은 15°C~35°C라고 하였다. 서 등<sup>10</sup>은 백선균에 감염된 인설에 일정 습도를 유지하였을 때가 습도를 유지하지 않고 그대로 둔 경우 보다 생존기간이 더 길어 습도가 백선균의 생존기간을 더 오랫동안 연장시켜주는 요인이라고 하였다. Hashimoto 등<sup>11</sup>은 *T. mentagrophytes*의 분절포자가 4°C와 -20°C에서 대부분 오랜 기간 동안 생존하였으나, 48시간 동안 실온에서 건조시에는 90% 감균

되었으며, 60°C에서 2분간의 가열로 100% 멸균되었다고 보고하였다. 또한 *T. rubrum*의 분절포자에서도 유사한 결과가 나왔으므로<sup>11</sup> 백선균은 동결 (freezing)에는 저항성이 있으나, 50°C 이상의 온도와 건조에 대해서는 민감하므로 백선균에 오염된 의복이나 매트, 신발을 저온살균법이나 중등도의 열처리를 시행한다면 살균 효과를 얻을 수 있을 것이라고 하였다.

열에 의한 세포 파괴의 기전이 아직 명확히 밝혀져 있지 않았지만 리보솜과 단백질의 변성 및 DNA와 세포막의 손상 등 세포의 여러 구성성분, 구조 및 분자 등에 영향을 미쳐 일어나는 것으로 추정한다<sup>12</sup>.

탈수 (dehydration)로 인한 진균의 살균 기전도 아직 정확히 알려져 있지 않다. Hashimoto 등<sup>11</sup>은 생존에 중요한 세포 구성요소의 수분 소실에 의할 것이라고 하였다. Crowe 등<sup>13,14</sup>은 *Saccharomyces(S.) cerevisiae*로 시행한 연구에서 생리적 온도와 수분이 충분한 상태에서 세포막은 fluid lamellar liquid-crystalline phase에 있으며, 탈수가 일어나면 세포막은 gel phase로 전환되면서 막의 투과성에 변화가 일어나 세포질 성분들이 빠져나가 세포 파괴가 일어난다고 하였다. 이 세포막의 변화는 수분 분자 (water molecules)들이 제거되고 인지질들이 강하게 결합되면서 지방아크릴사슬 (fatty acryl chain) 사이의 반데르발스 (van der Waals) 상호작용을 증가시켜 일어난다고 하였다.

건조 조건에 따라 세포 파괴의 정도가 달라질 수 있다. *S. cerevisiae*<sup>15</sup>와 박테리아<sup>16</sup>를 대상으로 시행한 한 연구에서는 세포막을 통과하는 수분 분자의 흐름이 급격히 이루어질 때, 즉 세포 탈수가 급속히

진행될 때 세포막에 더 많은 기계적 손상이 가해져 세포 파괴가 많이 일어난다고 하였다. 따라서 신발을 건조시 감압을 시행하면 수분을 빨리 증발시켜서 대기압에서 시행하는 자연 건조 때 보다 살균 효과가 우수할 것으로 생각한다. 또한 백선균은 50°C 정도의 중등도 열에도 민감하게 반응하므로 감압과 함께 중등도의 열을 가한다면 더 많은 살균 효과를 얻을 수 있을 것이다.

본 실험에서는 진공 건조기를 이용하여 감압과 동시에 가열을 시행하여 신발을 급속 건조시킴으로써 진균 살균 효과를 증대하고자 하였고, 이에 대한 실험 결과 족부 진균증을 잘 유발하는 *T. mentagrophytes*, *T. rubrum*, *C. albicans* 3가지 균종 모두 50°C에서 1시간 동안의 감압가열로 90% 이상의 감균 효과를 얻을 수 있었다. 3가지 균종 중 *T. mentagrophytes*의 생존율이 다소 높게 나타났는데, Allan 등<sup>17</sup>도 *T. mentagrophytes*가 *T. rubrum* 등의 다른 백선균에 비해 중등도의 열에 대해 저항성이 더 컸다고 보고하였다. Hashimoto 등<sup>11</sup>은 진균포자 중 세포막을 구성하는 층이 더 존재하거나 포자막 (spore coat)을 가진 균종의 경우에는 다른 균종 보다 수분 소실이 적게 일어나서 건조에 대한 저항성이 더 클 것이라고 하였다. *T. mentagrophytes*는 소분생자의 세포막에 단백질간상체층 (proteinaceous rodlet layer)이 있어 건조에 대한 저항성이 더 크다는 보고가 있으나<sup>11</sup>, *T. rubrum*에서도 이 층이 관찰되어<sup>18</sup> 건조에 대한 균종간의 차이점이 이 간상체막만으로 설명되지 않는다.

*C. albicans*로 시행한 본 실험에서 습가열은 각 온도에서 감압가열 보다 감균 효과가 더 우수할 뿐만 아니라 50°C에서 1시간, 60°C에서 30분간의 가열로 멸균 효과가 나타난 반면, 감압가열은 80°C에서 1시간 동안 시행하여도 멸균이 일어나지 않았다. 따라서 건조는 열에 의한 균의 사멸을 감소시키는, 즉 건조가 열에 대한 균의 저항성을 증가시킨다고 생각한다. 박테리아를 건조 후 열을 가했을 때와 감압가열 건조 했을 때가 대기압에서 습가열을 시행한 경우 보다 열에 대한 균의 저항성이 더 높았다는 보고가 있다<sup>19</sup>. Davis 등<sup>20</sup>은 *Aspergillus niger*는 대기압에서는 90°C에서 곧 사멸하였으나 감압상태에서는 100°C에서도 생존하였으므로, 포자의 급속 건조는 고온으로부터 포자를 보호하는 역할을 한다고 하였다. 미생

물에서 세포의 탈수가 열에 대한 저항성 (heat resistance)을 증가시키는 기전에 대해 Stephens 등<sup>21</sup>은 세포의 탈수가 일어나면  $Mg^{2+}$  이온을 포함한 세포내 용질의 농도가 증가하며, 이는 RNA의 30S subunit의 응집을 유도하여 이들을 변성시키는데 더 높은 온도가 필요하게 된다고 설명하였다. Eamshaw 등<sup>12</sup>은 가열하는 동안 세포내 수분 분자들의 진동이 단백질들을 둘러싸고 있는 수소 이온들의 결합과 펩타이드 (peptide) 사슬들을 끊어서 세포를 파괴하며, 탈수상태에서는 이들 작용이 없어지므로 열 저항성이 증가된다고 하였다. 따라서 본 실험의 결과와 위의 이론들을 고려해 볼 때, 신발 소독시 먼저 50°C에서 1시간 동안 습가열 후, 50°C에서 1시간 동안 감압가열하면 신발을 손상 없이 빠른 시간 내에 효과적으로 멸균 건조시킬 수 있을 것으로 생각한다.

*C. albicans*를 저농도 ( $2 \times 10^3$  포자/10  $\mu$ l)와 고농도 ( $2 \times 10^5$  포자/10  $\mu$ l)로 나누어 농도에 따른 감압가열과 습가열의 효과를 비교해 본 결과, 고농도에서 생존율이 약 4배 정도 높게 나타나 균이 많이 존재할수록 열과 건조에 대한 저항성이 증가함을 알 수 있었다. 환자의 신발에는 본 실험 접종량 보다 훨씬 더 적은 양의 균이 존재하므로 실제 신발을 건조할 때는 더 좋은 멸균 효과를 나타낼 것으로 생각한다.

*T. rubrum*은 포자가 적어 균사를 사용하였으며, 정량측정이 어려웠다. CFU를 이용한 생존율 측정방법은 결과가 일정하지 않고, 번거로우며, 포자가 묻쳐져 있을 때 하나의 집락을 형성하는 문제점이 있었다. 정확한 결과를 얻기 위해 erythrosin B, neutral red, lactophenol cotton blue, 형광 염색 등 균의 생존을 측정할 수 있는 여러 방법들을 병행할 필요가 있다.

## 결 론

저자들은 진공 건조기를 이용하여 진균을 급속 건조시킴으로써 낮은 온도에서도 진균의 살균 효과를 얻을 수 있는지에 대해 알아보하고자 하였다. *Trichophyton(T.) mentagrophytes* 4주, *T. rubrum* 2주, *Candida (C.) albicans* 4주를 진공 건조기에서 감압가열 및 습가열 처치를 한 후 배양하여 대조군과의 CFU를 비

교하여 생존율을 측정하였다. 온도, 시간, 균량 및 균종에 따른 감압가열과 습가열의 감균 및 멸균 효과에 대해 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. *C. albicans*로 시행한 실험에서 1시간 동안의 감압가열시 온도가 높아짐에 따라 균의 생존율이 감소하였으나, 80°C에서도 멸균 효과는 나타나지 않았다. 50°C의 감압가열시 1시간 처치로 생존율이 3% 이내로 감소하였고, 1시간과 그 이상의 처치시간 사이에는 감균 효과에 큰 차이가 없었다.

2. *T. mentagrophytes*, *C. albicans*, *T. rubrum* 모두 50°C 이상에서 1시간 동안의 감압가열 처치로 90% 이상의 감균 효과가 있었다.

3. 습가열이 감압가열 보다 *C. albicans*에 대한 감균 및 멸균 효과가 더 우수하였으며, 50°C에서 1시간, 60°C에서 30분 이상의 습가열 처치로 멸균 효과가 나타났다.

4. *C. albicans*의 양이 많을수록 건조와 열에 대한 저항성이 컸다.

5. 50°C에서 1시간의 습가열 후, 50°C에서 1시간 동안 감압가열을 함으로써 *C. albicans*를 효과적으로 멸균 건조시킬 수 있었다.

따라서, 습가열과 감압가열을 이용하여 신발을 건조시키면 신발의 손상 없이 진균을 멸균시킬 수 있어 족부 진균증의 재발과 전파방지에 도움이 될 것으로 생각한다.

### 참 고 문 헌

1. 대한피부과학회 교과서 편찬 간행위원회. 피부과학. 개정 4판 서울: 여문각 2001; 310-340
2. 장수정, 안규중. 국내 표재성 진균증 원인 균종의 변화 추이. 의진균지 2004; 9: 91-99
3. 이수경, 최종수, 김기홍. 족부백선의 임상상과 진균학적 연관성. 대피지 1995; 33(6): 1029-1037
4. 노병인, 양경미. 아킬레스 프로젝트: 계절에 따른 발 질환 발병율과 환자의 복용 순응도 평가를 위한 역학 조사. 의진균지 1999; 4: 40-48
5. 이현주, 전재복, 이석중, 김도원, 정상립. 피부사상균에 의한 실내화의 오염 실태. 의진균지 2001; 6: 143-149
6. 서구일. 족부백선 환자의 균화 및 양말에서의 진균 검출에 관한 연구. 대한진균학회지 1997; 1: 46-50
7. English MP, Gibson MD. Studies in the epidemiology of tinea pedis: II. Dermatophytes on the floor of swimming-bathes. Brit Med J 1959; 6: 1446-1448
8. 黒田和夫. 병원성 진균의 생리(일본). 일본피부과전서, 의진균학. Tokyo: Kanehara, 1956: 268-287
9. Shukla NP, Agarwal GP, Gupta DK. Effect of temperature on growth & survival of dermatophytes. Indian J Med Res 1984; 79: 617-623
10. 서무규, 성열오, 윤기성. 여러 환경조건하에 백선균의 생존기간에 대한 연구. 대피지 1998; 36(1): 47-51
11. Hashimoto T, Harold JB. Survival and resistance of *Trichophyton mentagrophytes* arthrospores. Appl Envir Microbiol 1978; 35(2): 274-277
12. Earnshaw RG, Appleyard J, Hurst RM. Understanding physical inactivation processes: combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure. Int J Food Microbiol 1995; 28: 197-219
13. Crowe JH, Crowe LM, Chapman D. Preservation of membranes in anhydrotic organisms: the role of trehalose. Science 1984; 223: 701-703
14. Crowe JH, Crowe LM, Hoekstra FA. Phase transitions and permeability changes in dry membranes during rehydration. J Bioenerg Biomembr 1989; 21: 77-91
15. Marechal PA, Gervais P. Yeast viability related to water potential variation: influence of the transient phase. Appl Microbiol Biotechnol 1994; 42: 617-622
16. Poirier I, Marechal PA, Gervais P. Effect of the kinetics of water potential variation on bacteria viability. J Appl Microbiol 1997; 82: 101-106
17. Allan L, Lorincz, Sung Huang Sun. Dermatophyte viability at modestly raised temperatures. Arch Dermatol 1963; 88: 87-96
18. Caputo R, Innocenti M, Shimono M. Cell wall and plasma membrane of dermatophytes: A Freeze-Fracture Study. J Ultrastruc Res 1977; 59: 149-157

19. Zamenhof S. Effect of heating dry bacteria and spores on their phenotype and genotype. Proc Natl Acad Sci US 1960; 46: 101-105
  20. Davis NS, Silverman GJ, Keller WH. Combined effect of ultrahigh vacuum and temperature on the viability of some spore and soil organisms. Appl Microbiol 1963; 11: 202-210
  21. Stephens PJ, Jones MV. Reduced ribosomal thermal denaturation in *Listeria monocytogenes* following osmotic and heat shocks. FEMS Microbiol Lett 1993; 106: 177-182
-