

## 송풍예압방식을 도입한 PCR장치에서 급랭속도를 높이는데 미치는 몇가지 인자들의 영향

김명룡, 박경범, 박형범

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학연구기관들과 과학자, 기술자들은 우리 나라의 실정에 맞고 나라의 경제발전에 이바지할수 있는 과학기술적문제를 더 많이 풀어야 하겠습니까.》(《김정일선집》 증보판 제13권 173페이지)

현재까지 송풍예압방식을 도입한 PCR(폴리메라제연쇄반응)장치에서 급랭속도를 높이는데 미치는 인자들의 영향[1-3]을 장치적인 견지에서 밝힌 연구자료는 보고된것이 없다.

우리는 장치외함의 옆면에 설치해주는 송풍기에 의하여 장치외함안에 만들어지는 주위공기에 대한 예압효과가 급랭시간에 미치는 영향 등을 검토하고 주위온도가 30℃이상인 조건에서 공기순환방식의 PCR장치가 가지고있는 계절적인 리용제한성을 극복하기 위한 연구를 하였다.

### 재료와 방법

송풍예압을 위한 실험재료로는 온도가 0~35℃인 주위공기를 그대로 리용하였으며 실험기구는 자체로 설계제작한 공기순환방식을 도입한 PCR장치를 리용하였다.

예열통에서 발산되는 열에너지에 의하여 외함안의 공기온도가 주위온도보다 높아져 급랭속도가 떨어지므로 우리는 이 현상을 방지하기 위하여 강제송풍방법과는 달리 구조적으로 장치외함의 옆면에 뚫어주는 공기구멍들과 뒤면에 설치해주는 선풍기를 모두 없애고 그대신 옆면에 송풍기능만을 보장하기 위한 선풍기를 설치하였다. 그리고 반응통의 뚜껑이 닫힌 경우에 장치외함안으로 계속 주위공기를 넣어주어 예압효과를 조성하였으며 이때 장치외함에 의하여 만들어지는 닫힌 공간을 가상적인 예압통이라고 하였다. 따라서 열변성온도까지 가열된 반응통안의 공기를 예압된 외함안의 주위공기를 리용하여 오직 반응통의 뚜껑이 열리는 경우에만 외함밖으로 급속도로 뽑아버림으로써 급랭속도를 보장하도록 하였으며 이 과정을 송풍예압랭각방식이라고 논의하였다.

반응통안에 설치하는 선풍기는 공기온도가 100℃에서 연속적으로 3h이상 정상동작상태를 유지하여야 하므로 DC 12V를 리용하는 임펄스구동방식의 무술식전동기를 리용하였으며 날개는 보호덮개가 있는것을 리용하였다.

시험관설치틀은 직경이 10cm이고 두께가 0.8mm인 원형철판에 6mm의 시험관설치구멍과 5mm의 배풍구멍을 뚫어서 리용하였다.

선풍기들의 구동전압과 전류를 측정하기 위하여 수자식회로시험기(《DT830B》)를 리용하였으며 반응통안의 온도는 200℃의 측정한계를 가지는 수온온도계와 한소편처리소자(PIC16F877)를 -55~150℃의 측정한계를 가지는 온도집적소자(LM35 또는 DS18B20)와 결합하여 리용한 전자온도계로 비교측정하였다.

급랭속도를 높이는데 미치는 주요한 인자들의 영향을 검토하기 위한 모든 실험들은 주

위 공기온도가  $T_{\text{공}}=20^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{공}}>30^{\circ}\text{C}$ 인 온도범위에서 예열통안의 온도가  $110\sim115^{\circ}\text{C}$ 범위, 대기압( $1.01\times10^5\text{Pa}$ )조건에서 진행하였다.

실험에서 급랭속도의 변화는  $T_{\text{aq}}$ 폴리메라제효소가 가지고있는 안정성과 활성이 담보되는 유효시간의 견지에서 열변성온도인  $T_{\text{변}}=(94\pm1)^{\circ}\text{C}$ 로부터 대표적인 아닐링온도인  $T_{\text{아}}=(55\pm1)^{\circ}\text{C}$ 까지 낮추는데 걸리는 시간을 급랭시간으로 측정하고 계산하는 방법으로 결정하였다.

그러나 시간에 따르는 온도변화가 일정하지 않으므로 논문에서 소개한 급랭시간은 평균급랭시간을 의미한다.

실험에서는 급랭시간에 미치는 송풍방향, 송풍용량, 예압송풍기의 전기적상수값, 장치외함안의 온도의 영향 등을 검토하였다.

## 결과 및 논의

### 1) 급랭시간에 미치는 송풍방향의 영향

강제배풍방법의 도입실험으로부터 장치외함의 영향은 주위공기온도가 높을수록 반응통의 냉각효과를 떨어뜨리는 부정적결과를 초래한다는것을 보여준다.

그러므로 장치외함으로 둘러막힌 닫힌 내부공간을 냉각효과가 높은 기능을 가진 부분으로 만들기 위해서는 장치내부의 공기흐름을 변화시켜 온도를 떨어뜨리기 위한 합리적인 대책을 세워주는것이 필요하다.

급랭시간에 미치는 예압용송풍방향의 영향을 보기 위하여  $T_{\text{공}}=20^{\circ}\text{C}$ 조건에서 장치외함의 좌측 또는 우측의 한쪽 면에 구동전압이 DC 12V인 송풍기를 설치한 상태에서 장치안쪽과 바깥쪽의 두 방향으로 송풍방향을 정하고 급랭시간변화를 측정하였다.(그림 1)

그림 1에서 보는바와 같이 예열통의 온도에 의하여 높아진 장치외함안의 공기온도를 낮추기 위하여 송풍방향을 장치안쪽에서 바깥쪽 방향으로 향하게 동작시킬 때에는 반응통의 온도가  $60^{\circ}\text{C}$ 까지밖에 떨어지지 않았으며 이 온도까지의 급랭시간은 55s였다. 그러나 송풍방향을 바깥쪽에서 장치안쪽 방향으로 향하게 동작시킬 때에는 반응통의 온도를  $55^{\circ}\text{C}$ 까지 충분히 낮출수 있으며 이 온도까지 떨어지는 급랭시간이 75s로서 그 차이가 매우 심하다는것을 보여준다.

이로부터 예압용송풍기를 적용하는 경우 송풍방향은 반드시 장치외함밖에서부터 장치외함안으로 향하게 하여야 급랭시간이 단축된다는 결론을 얻을수 있다.

### 2) 급랭시간에 미치는 송풍용량의 영향

급랭시간에 미치는 예압용송풍용량의 영향을 보기 위하여  $T_{\text{공}}=20^{\circ}\text{C}$ 조건에서 장치외함의 좌측과 우측의 양쪽 면에 구동전압이 DC 12V이고 송풍량이 20L/min인 2대의 송풍기를 설치한 상태에서 장치안쪽으로 향하는 방향으로만 송풍방향을 정하고 급랭시간변화를 측정하였다.(그림 2)

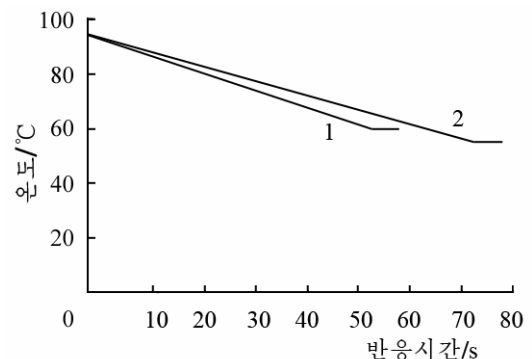


그림 1. 급랭시간에 미치는 송풍방향의 영향  
1-안쪽에서 바깥쪽 방향, 2-바깥쪽에서 안쪽 방향

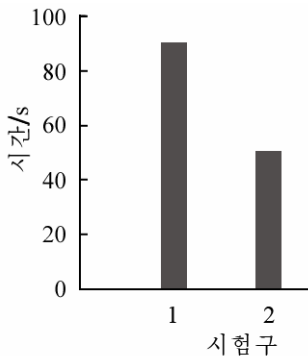


그림 2. 급랭시간에 미치는 송풍용량의 영향  
1, 2는 송풍기대수가 각각 1, 2대일 때

그림 2에서 보는바와 같이 2대의 송풍기를 동시에 동작시킬 때 반응통의 온도를  $55^{\circ}\text{C}$ 까지 낮추는데 걸리는 급랭시간은 약 55s였다. 이것은 한대의 송풍기를 동작시킬 때보다 급랭시간을 35s나 단축하는 결과로서 송풍능력이 클수록 급랭시간단축효과가 현저하게 뚜렷하다는것을 보여준다.

이로부터 송풍예압방식을 적용하는 경우 송풍방향은 반드시 장치외함바깥쪽에서부터 장치외함안쪽으로 향하게 하여야 급랭시간을 단축할수 있으며 송풍능력이 클수록 이 효과가 더 커진다는것을 알수 있다.

3) 급랭시간에 미치는 예압용송풍기의 전기적정수값의 영향  
급랭시간에 미치는 예압용송풍기의 전기적정수값의 영향을 보기 위하여  $T_{\text{공}}=20^{\circ}\text{C}$ 조건에서 두대의 송풍기를 장치외함의 량쪽 면에 설치한 상태에서 구동전압이 DC 12V일 때 전동기의 구동전류를 0.15, 0.25, 0.60A로 각이하게 설정하고 급

랭시간변화를 측정하였다.(그림 3)

그림 3에서 보는바와 같이 구동전류가 0.60A인 예압용송풍기를 설치할 때에는 급랭온도인  $55^{\circ}\text{C}$ 까지 도달하는 급랭시간은 55s였지만 구동전류가 0.25, 0.15A인 예압용송풍기를 설치할 때에는 같은 온도까지 떨어지는 급랭시간이 62, 67s로서 크게 차이났다.

이로부터 예압용송풍기의 구동전류가 클수록 회전속도가 빨라지고 풍량이 많아지므로 단위시간당 보다 많은 주위공기를 예압통안에 빨아들여 송풍효과를 높이는 작용을 한다는것을 알수 있다.

따라서 급랭시간을 단축하기 위한 합리적인 예압용송풍기의 전기적정수값은 구동전류가 큰 전동기를 리용하는것이 효과적이라는 결론을 얻을수 있다.

#### 4) 장치외함안의 온도증가에 미치는 송풍예압방식의 영향

장치외함이 있는 경우 PCR장치의 내부에 있는 예열통의 열에너기발산에 의하여 장치외함안의 온도는 올라가게 되며 이 영향은 주위온도가 높아질수록 더 심해진다.

실험에서는 주위온도변화에 따르는 장치외함안의 온도변화를 반응통의 뚜껑을 닫은 상태와 연 상태에서 측정하였다.(그림 4)

반응통의 뚜껑을 닫은 상태에서의 온도값은 예열전원을 넣은 후 예열통의 온도가 충분히  $110\sim115^{\circ}\text{C}$ 까지 도달하는데 필요한 60s후에 측정하였다.

또한 반응통의 뚜껑을 연 상태에서의 온도값은 우와 같은 조건에서 3s후에 측정하였다.

그림 4에서 보는바와 같이 송풍예압방식을 도입한 경우에도 장치외함안의 온도는 주위온도와 거의 차이가 없다는것을 알수 있다. 실제로 주위온도가  $10^{\circ}\text{C}$ 인 경우 외함안의 온도는  $11^{\circ}\text{C}$ 로서  $1^{\circ}\text{C}$ 정도 차이이며 주위온도가  $35^{\circ}\text{C}$ 인 경우에는 외함안의 온도가  $37^{\circ}\text{C}$ 로서  $2^{\circ}\text{C}$ 밖에 차이하지 않았다.

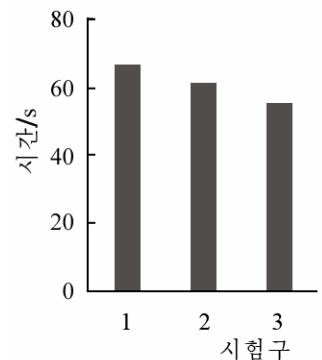


그림 3. 급랭시간에 미치는 예압용송풍기의 전기적정수값의 영향  
1, 2, 3은 전류의 세기가 각각 0.15, 0.25, 0.60A일 때

그 원인은 예열통의 열에너지발산이 있다고 해도 예압용송풍기에 의하여 장치외함안에 만들어지는 가상적인 예압통안의 공기가 일정한 압력을 가지고 실시간적으로 강제대류되므로 주위공기의 온도에 비해서 2~3℃정도밖에 높지 않은 온도를 유지하는데 있다고 본다.

이 실험결과로부터 송풍예압방식을 도입하면 반응통의 뚜껑이 열리는 경우에 주위공기의 온도와 똑같은 온도로 떨어지면서도 합리적인 급랭시간보장에 매우 효과적인 영향을 준다는것을 알수 있다.

##### 5) 송풍예압방식을 도입한 효과성검토실험

$T_{\text{공}}=32^{\circ}\text{C}$ 인 조건에서도 공기순환방식으로 설계제작된 PCR장치가 계절적리용제한성을 극복하고 합리적인 급랭시간에 도달하는가를 보기 위하여 장치외함이 있는 경우와 없는 경우를 대상으로 검토하였다.(그림 5)

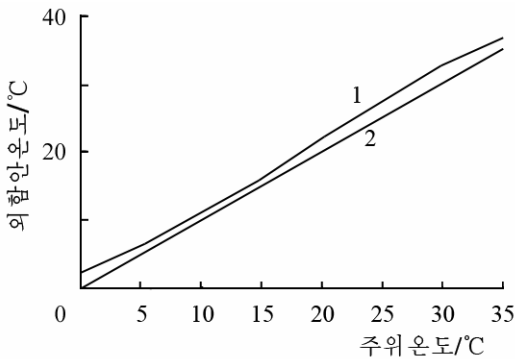


그림 4. 주위온도변화에 따르는  
장치외함안의 온도변화

1-뚜껑을 닫았을 때, 2-뚜껑을 열었을 때

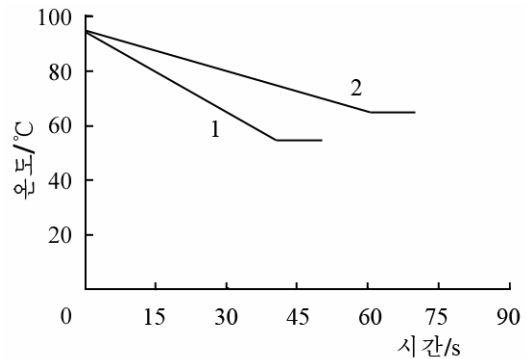


그림 5. 주위온도가 급랭시간에  
미치는 영향

1-외함이 있는 경우, 2-외함이 없는 경우

그림 5에서 보는바와 같이  $T_{\text{공}}=32^{\circ}\text{C}$ 일 때 장치외함이 있는 경우와 없는 경우의 급랭시간의 차이는 약 60s이상이었다. 이로부터 우리가 결정한 합리적인 급랭시간범위에 들어가는 조건은 강제배풍방식을 도입할 때와는 달리 오히려 장치외함이 있는 경우에 보장된다는것을 알수 있다. 이것은 공기조종블록안에  $100^{\circ}\text{C}$ 이상의 항온발열체를 가지고있는 예열통이 있다고 해도 예압용송풍기에 의하여 장치외함안에 만들어지는 가상적인 예압통안의 공기가 주위공기와 같은 온도인  $30^{\circ}\text{C}$ 로 유지될뿐아니라 일정한 압력까지 보장해주므로 합리적인 급랭시간보장에 효과적인 영향을 준다는것을 보여준다.

따라서 주위온도가  $30^{\circ}\text{C}$ 이상으로 높아져도 예압통안의 온도가 아닐링온도보다는  $20^{\circ}\text{C}$  이상으로 더 낮으며 승강식반응통의 송풍창문이 예압통과 연결되는 경우 강제배풍방식을 도입할 때보다 일정한 압력으로 단위시간당 보다 많은 용량의 주위공기가 시험관이 설치된 반응통쪽으로 흐르기때문에 합리적인 급랭시간을 충분히 보장한다.

장치외함이 없는 경우에는 예압용송풍기에 의하여 만들어지는 가상적인 예압통이 없으므로 강제배풍방식을 도입할 때와 마찬가지로 합리적인 급랭시간을 전혀 보장할수 없다는것을 알수 있다.

결국 장치외함이 있는 경우 예압용송풍기에 의하여 만들어지는 가상적인 예압통을 리용하는 송풍예압방식을 도입하여 설계제작된 PCR장치는 합리적인 급랭시간을 충분히 보장할수 있으며 이때 필요한 주위공기의 온도가  $T_{\text{공}} > 30^{\circ}\text{C}$ 이라는 동작조건을 만족시키는것으로 하여 계절적인 리용제한성을 받지 않는다는것을 알수 있다.

## 맺 는 말

송풍방향을 장치외함안쪽으로 선정해줄 때 합리적인 급랭시간인  $(45 \pm 5)s$ 를 보장할수 있는 예압통선풍기의 정수값들은 송풍용량 40L/min, 구동전류 0.6A이다.

송풍예압방식을 도입하면 장치외함이 있는 경우에도 합리적인 급랭시간을 보장할수 있는 주위공기의 온도가  $T_{\text{공}} < 35^{\circ}\text{C}$ 이므로 계절적인 리용제한성을 받지 않는다.

## 참 고 문 헌

- [1] R. P. Wilkes et al.; Journal of Virological Methods, 220, 35, 2015.
- [2] J. Hodgetts et al.; Plant Pathology, 64, 559, 2015.
- [3] 福原健志; 日本国特許(JP), 特開2003-101974(P2003-101974A), 2003.

주체108(2019)년 10월 5일 원고접수

## The Effect of Several Factors Affecting on Increasing Rapid Cooling Speed Polymerase Chain Reaction Device with Blower Pre-Pressure Mode

*Kim Myong Ryong, Pak Kyong Bom and Pak Hyong Bom*

According to blowing direction, the rational parameters of pre-pressure fan with rapid cooling times  $(45 \pm 5)s$  is blowing speed of 40L/min and drive current of 0.6A.

PCR device developed in blower pre-pressure mode can use effectually even if room temperature may be  $T_{\text{air}} < 35^{\circ}\text{C}$ .

Keyword: PCR