

# 동시급배기형 주방후드의 배기효율 개선방안에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Improvement Strategies of Exhaust Efficiency in Composite Kitchen Hood

○ 지 승 현\*      김 진 명\*      김 기 훈\*\*      이 언 구\*\*\*  
Ji, Seung Hyun   Kim, Jin Myung   Kim, Ki Hoon   Rhee, Eon-Ku

### Abstract

The purpose of this study is to suggest the improvement strategies of exhaust efficiency in composite kitchen hood, which has air curtain and short circuit compensating air. The laboratory experiments were performed to compare the local mean exhaust efficiency as the variation of exhaust area and supply/exhaust air velocity.

The results of this study can be summarized as follows. Although the hood has same exhaust rate, the local mean exhaust efficiency was varied when the exhaust area and supply/exhaust air velocity were changed. To improve the local mean exhaust efficiency in kitchen hood, the exhaust air velocity and the supply air velocity was increased at the same time. But if the supply air velocity is exceedingly increased, the exhaust efficiency is lowered. When the exhaust rate is 1,000CMH and exhaust air velocity is 0.45m/s, the optimum supply air velocity to enhance the local mean exhaust efficiency is 1.5~2.5m/s, and that time, the local mean exhaust efficiency is 167~179%.

키워드 : 상업용 주방후드, 배기면적, 배기풍속, 급기풍속, 국소평균배기효율

Keywords : Commercial Kitchen Hood, Exhaust Area, Exhaust Velocity, Supply Velocity, Local Mean Exhaust Efficiency

## 1. 서    론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국민 경제가 활성화됨에 따라 국민소득이 점차로 증대되고 있으며, 소득증대에 따른 생활수준의 향상은 국민의 음식문화에 있어서도 다양한 변화를 요구하고 있다. 즉, 직업의 다양화에 따른 생활패턴의 다변화와 더불어 여가와 일상의 재충전에 대한 욕구가 증가함에 따라 외식산업이 급속히 성장하고 있으며, 이와 같은 성장추세는 앞으로도 지속적으로 유지될 전망이다.

그러나 이와 같은 외식산업의 발전은 소비자 측면에서는 쾌적하고 안락한 시간이 될 수 있으나, 조리사의 측면에서는 주방에서의 재실시간과 조리 양의 증가로 인해 많은 오염물질에 노출되는 위험을 가지게 된다. 특히, 상업용 주방과 같이 규모가 크고 요리의 종류가 다양한 경우, 대량의 오염물질과 과도한 열이 방출됨에 따라 매우 열악한 실내 환경이 형성되므로 이러한 문제점을 해결하기 위하여 조리기구의 상부에 배기후드를 설치하여 오염물질의 주방으로의 확산을 최소화하고 있다. 그러나, 국내의 상업용 건물의 주방에 설치되는 배기후드의 경우, 조리기구에 따른 적정 후드의 용량과 배기효율을 고려하지 않은 채 설치되는 경우가 많으며, 이러한 현상은 조리기구에서 발생하는 오염물질을 완전히 제거하지 못함에 따라 조리사들의 건강에 악

영향을 미치고 있다.

일반적으로 상업용 주방에 적용되는 후드는 배기전용 후드와 동시급배기형 후드로 구분될 수 있다. 이 중 배기전용 후드는 배기효율이 낮아 발생한 오염물질을 완전히 배출시키지 못하며, 실내에 과도한 부(-)압을 형성하여 건물의 에너지 소비량 측면에서 불리한 것으로 알려지고<sup>1)</sup> 있음에 따라 선진국에서는 이러한 배기전용후드의 단점을 보완한 동시급배기 형태의 주방후드가 일반화되고 있으며, 국내의 경우에도 고급음식점 등에서 적용하고 있는 실정이다.

그러나, 동시급배기형 후드에서도 일반적인 형태의 경우 배기부가 벽면에만 치우쳐 있어 배기면적이 부족함에 따라 오염물질이 과다하게 발생할 경우 오염물질을 주방으로 확산시키는 문제점을 가지는 등 배기면적이나 급배기풍속이 후드의 배기성능을 변화시키는 변수로 작용하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 동시급배기 형태의 후드에 있어서 배기면적과 급배기풍속을 변수로 후드의 국소평균배기효율을 비교평가하였으며, 평가결과를 토대로 동시급배기형 후드의 성능개선방안을 제시하고자 한다.

### 1. 2 연구의 내용 및 방법

#### (1) 주방후드의 배기효율에 관한 이론적 고찰

주방 후드의 성능평가를 위한 국내외의 평가기법 중 본 연구에서 채택한 국소평균배기효율에 관련된 연구자료를

\* 정희원, 중앙대 대학원 건축학과 석사과정

\*\* 정희원, 중앙대 대학원 건축학과 박사과정

\*\*\* 정희원, 중앙대 건축학과 교수, 건축학박사

1) J. S. Pekkinen, et. al., Ventilation Efficiency and Thermal Comfort in Commercial Kitchens, ASHRAE Trans., Symposium on Developments in Kitchen Ventilation Technology, 1992, pp.1214~1218.

정리함으로써 이후 성능실험시 기초자료로 활용하였다.

(2) 배기면적 및 급배기속도에 따른 후드의 배기효율실험  
 동시급배기형 주방후드에 있어서 배기면적 및 급배기풍속  
 에 따른 성능차이를 비교하고자 실험실 실험을 수행하였다.  
 후드의 배기성능은 앞서 살펴본 국소평균배기효율을 기  
 준으로 평가하였으며, 평가결과를 근거로 동시급배기형 주  
 방후드의 성능개선방안을 제시하였다.

## 2. 주방후드의 배기효율에 관한 이론적 고찰

환기효율은 1937년 Yaglou와 Witheridge<sup>2)</sup>가 처음으로 환  
 기효율이란 용어를 사용하였고 인체에서 발생하는 이산화  
 탄소 농도와 배기구에서의 농도비를 이용하여 환기효율을  
 정의하였다. 이후 1981년 Sandberg<sup>3)</sup>가 공기연령의 개념을  
 이용한 환기효율을 제시하고, 실내에 공급된 신선외기가 실  
 내공간으로 공급될 때까지 소요되는 시간이 짧을수록 환기  
 효율이 높다고 정의하였으며, 현재 ASHRAE와 AIVC(Air  
 Infiltration and Ventilation Center)에서 사용하고 있는 대  
 부분의 환기효율의 개념은 이를 근거로 하고 있다.

환기효율은 크게 실내로 급기되는 신선외기의 실내 분배  
 능력을 나타내는 급기효율과 실내에서 발생하는 오염물질  
 을 제거하는 능력을 나타내는 배기효율로 구분되며, 본 연  
 구의 대상은 주방후드임에 따라 주방후드의 환기효율은 배  
 기효율로 정의되는 것이 바람직하다.

배기효율은 조리기구로부터 발생한 오염물질이 외부로  
 배출되는 데 소요되는 시간 즉, 잔여체류시간이 짧을수록  
 우수하다고 할 수 있다. 잔여체류시간은 오염물질의 분출방  
 법에 따라 펄스법, 체승법, 체강법의 세가지 방법을 통하여  
 산정이 가능하며, 본 연구에서와 같은 후드하부의 국소평균  
 잔여체류시간(LMR : Local Mean Residence time)은 후드  
 하부에서 오염물질을 발생하기 시작하여 배기구에서의 농  
 도를 측정하는 체승법을 이용하여 구할 수 있다.

펄스법은 추적가스를 짧은 시간에 급기공기에 주입하여  
 실내 임의의 위치에서 농도변화를 측정하여 농도상승 후  
 다시 초기상태로 돌아오는 시간과 농도를 이용하는 방법이  
 며, 체승법은 추적가스를 일정한 비율로 연속적으로 급기공  
 기에 주입하여 실내 임의의 위치에서 농도변화를 측정하여  
 농도상승 이후 정상상태에 도달하는 시간과 농도를 기준으  
 로 산정하는 방법이다. 또한, 체강법은 초기에 실내농도가  
 균일한 상태에서 추적가스의 주입없이 실내 임의의 위치  
 에서 농도변화를 측정하여 초기의 추적가스가 없는 정상상태  
 에 도달하는 시간과 농도를 기준으로 산정하는 방법이다.  
 추적가스 분출방법에 따른 국소평균잔여체류시간 산정식은  
 표 1과 같다<sup>4)</sup>.

표 1. 오염물질 분출방법에 따른 국소평균잔여체류시간

	국소평균잔여체류시간
펄스법	$\frac{\int_0^{\infty} t \cdot C^p_{ex}(t) dt}{\int_0^{\infty} C^p_{ex}(t) dt}$
체승법	$\int_0^{\infty} \left(1 - \frac{C^p_{ex}(t)}{C^p_{ex}(\infty)}\right) dt$
체강법	$\int_0^{\infty} \frac{C_{ex}(t)}{C(0)} dt$

그러나, 배기효율은 잔여체류시간과 더불어 실내의 환기  
 회수( $\frac{Q}{V}$ )와도 관련되므로 실내의 환기회수를 시간의 차원  
 을 가질 수 있도록 역수로 취한 값을 명목시간상수라 하여  
 명목시간상수( $\tau$ )를 국소평균잔여체류시간(LMR)으로 나누  
 어 줌으로써 후드의 국소평균배기효율( $\epsilon$ )을 산정할 수 있  
 게 되며, 그 값은 100% 이상 무한대로 될 수 있다. 국소평  
 균배기효율 산정식을 정리하면 다음과 같다.

$$\tau = \frac{V}{Q}$$

$$\epsilon = \frac{\tau}{LMR}$$

## 3. 배기면적 및 급배기속도에 따른 후드의 성능실험

### 3.1 실험실 및 실험장치 개요

본 연구에서는 동시급배기형 후드의 배기효율을 평가하  
 기 위하여 기존에 주방으로 사용된 공간을 이용하여 실험  
 을 수행하였다. 본 연구에 사용된 실험실은 5,3 x 3,3 x 2.5  
 (m)의 장방형이며, 출입문을 제외한 모든 개구부는 밀폐된  
 형태로 벽면부착형 동시급배기 후드가 단부에 설치된 형태  
 이다(그림 1).

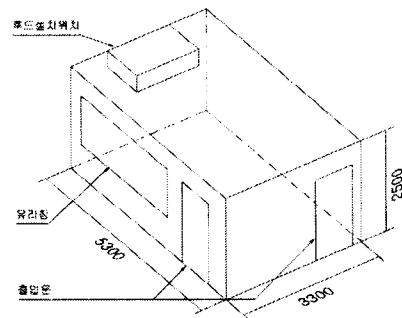


그림 1. 실험실 형태

일반적으로 주방은 후드 가동에 의하여 부(-)압이 형성  
 되어 개구부 등에 의해 급기가 이루어지는 것이 일반적이  
 나, 외기조건과 개구부의 개폐여부, 실의 기밀성능 등에 따  
 라 동일한 실험실임에도 실내에 형성되는 압력의 차이와  
 오차가 발생할 수 있다. 따라서, 실내를 비닐슈트지를 이용  
 하여 완전한 기밀상태를 유지한 후 후드의 배기량에 해당  
 하는 풍량을 실내로 급기함으로써 실내의 압력차를 최소화

2) Yaglou, C. P. and Witheridge, W. N., Ventilation Requirements, ASHVE Trans., Vol.42, 1937, pp.423~436.  
 3) Sandberg, M., What is Ventilation Efficiency, Building and Environment, Vol.16, No.2, 1981, pp.123~135.  
 4) 장경진, 추적가스를 이용한 급기 및 배기효율의 측정기술에 관 한 연구, 국민대학교 박사학위논문, 2000, p.4.

하였다. 또한, 급기의 방향이 일방향일 경우 발생가능한 실내의 부위별 압력차를 극복하기 위하여 급기팬은 360°방향으로 기류가 확산될 수 있도록 송풍기 전면에 루버를 설치하였으며, 후드 양측과 실내 중앙부의 압력을 동시에 측정하여 실내의 부위별 압력차가 발생하지 않음을 확인한 후 실험을 시작하였다.

또한, 실험변수가 되는 후드의 급배기풍량은 후드로 연결되는 급배기덕트 각각에 피토크를 이용하여 압력을 지속적으로 측정하여 기록함으로써 일정한 풍량을 제어할 수 있도록 풍량제어시스템을 구축하였다. 실험에 사용된 풍량제어시스템의 계통은 그림 2와 같다.

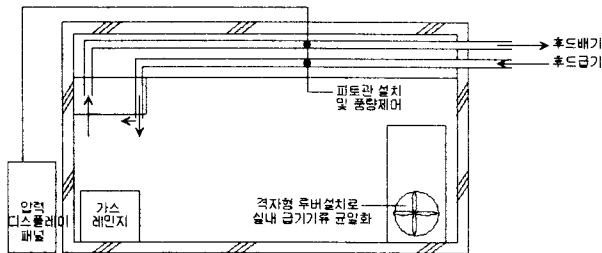


그림 2. 실험에 사용된 풍량제어시스템의 계통

### 3.2 실험개요

본 연구에서는 후드하부에서의 발열조건을 기준으로 후드의 배기량을 선정하였다. 공기조화위생 데이터북에서는 후드의 배기량을 산정하는 방법으로 후드하부에서 발생하는 이론폐가스량의 40배를 권장하고 있음<sup>5)</sup>에 따라 열원을 LPG로 사용하는 본 연구에서는 가스레인지의 4구 점화(1구당 6,000kcal/h)를 기준으로 하여 1,000CMH를 후드 배기량으로 선정하였다<sup>6)</sup>.

이후, 후드 전면에 수직과 수평급기를 가지는 형태의 동시급배기형 후드를 대상으로 배기량을 1,000CMH로 제어한 후 배기면적과 급배기풍속을 변수로 국소평균배기효율을 비교하였다. 먼저 일반적으로 사용되는 동시급배기형 후드를 대상으로 배기면적을 산정한 후 기존의 후드에 비해 2배로 넓은 후드를 제작하여 실험을 수행하였다. 즉, 일반적인 동시급배기형태의 후드 배기면적이 0.126m<sup>2</sup>임에 따라, 본 연구에서는 같은 면적의 배기부를 정면에 추가로 설치하여 2배의 배기면적을 가질 수 있는 0.252m<sup>2</sup>의 후드를 제작하여 실험하였다.

또한, 본 실험에서는 열원으로부터 발생하는 상승기류를 고려하기 위하여 추적가스로 열원에서 연소시 발생하는 CO<sub>2</sub> 가스를 사용하였으며, 체승법을 이용하여 국소평균잔여체류시간을 산정하였다. 가스의 농도는 실험초기 열원에

5) 설비기술연구회 편, 공조위생 기술데이터북, 도서출판 한미, 2000, F-2.  
 6) LPG의 발열량:12,000kcal/kg, LPG의 이론폐가스량:12.9m<sup>3</sup>/kg 12.9m<sup>3</sup>/kg / 12,000kcal/kg=0.001075m<sup>3</sup>/kcal  
 • 후드배기량 = 40 x 이론폐가스량 x 연료소비량  
 = 40x0.001075m<sup>3</sup>/kcalx24,000kcal/h = 1,032CMH

점화를 한 직후부터 배기덕트에서 1분단위로 CO<sub>2</sub> 가스농도를 측정하였으며, 가스농도가 점차 상승하여 정상상태에 이르기까지 20분간의 데이터를 기록하였다.

실험변수로는 ① 배기면적이 0.126m<sup>2</sup>인 경우(일반적인 경우), ② 배기면적이 0.130m<sup>2</sup>인 경우(배기면적 30%를 확대한 경우), ③ 배기면적이 0.189m<sup>2</sup>인 경우(배기면적 50%를 확대한 경우), ④ 배기면적이 0.252m<sup>2</sup>인 경우(배기면적 100%를 확대한 경우)로 하였다. 단, 배기면적이 증가하더라도 배기량은 동일하게 1,000CMH로 제어함으로써 동일한 배기팬 용량 조건에서 후드의 배기풍속이 변화될 경우의 효율을 비교하고자 하였다.

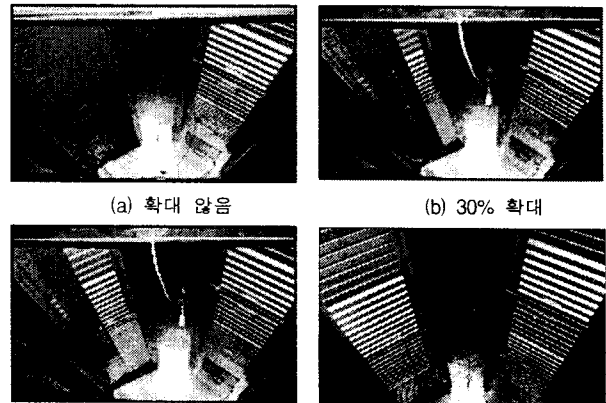


그림 3. 배기면적을 변수로 한 실험대상후드

또한, 배기면적을 확대함과 동시에 각 면적별로 후드의 급기풍속을 1.5~4.5m/s의 범위에서 1m/s 간격으로 변화시킴으로써 배기풍속과 급기풍속과의 상관관계를 고려하여 후드의 배기효율을 개선할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다. 표 2에 실험에 사용된 변수를 정리하였으며, 표 2로부터 동일한 배기량 조건에서 배기면적이 확대됨에 따라 배기풍속이 0.71~0.41m/s까지 줄어들음을 알 수 있다.

표 2. 실험에 사용된 변수조건

배기면적(m <sup>2</sup> )	배기풍속(m/s)	급기풍속(m/s)
0.126 (확대 없음)	0.71	1.5 / 2.5 / 3.5 / 4.5
0.130 (30% 확대)	0.55	1.5 / 2.5 / 3.5 / 4.5
0.189 (50% 확대)	0.48	1.5 / 2.5 / 3.5 / 4.5
0.252 (100% 확대)	0.41	1.5 / 2.5 / 3.5 / 4.5

### 3.3 실험결과

배기면적 확대에 따른 배기풍속 증가시 후드급기풍속 변화와의 상관관계를 파악하기 위한 실험결과를 표 3과 그림 4에 나타내었다. 국소평균배기효율 산정시 명목시간상수는 실험실 환기량인 1,000CMH를 실의 체적으로 나눈 값을 환기회수로 하여 산정하였으며, 본 연구에서 체승법을 사용하였음에 따라 국소배기효율은 앞서 2장에서 살펴본 식 중 체승법에 해당하는 식을 이용하여 산정하였다.

산정결과, 표 3과 그림 4로부터 배기면적이 축소되어 배

기풍속이 증가할 경우 급기풍속이 함께 증가하여야 효율이 상승됨을 알 수 있었다. 그러나, 배기풍속에 비해 급기풍속이 지나치게 증가할 경우 오히려 배기효율은 감소하는 것으로 나타남에 따라 배기풍속에 따라 적절한 급기풍속이 선정되어야 함을 알 수 있었다.

표 3. 급배기풍속별 후드의 국소평균배기효율

급기속도 \ 배기속도	1.5m/s	2.5m/s	3.5m/s	4.5m/s
0.41m/s	163.09	160.52	157.48	158.25
0.48m/s	167.54	179.46	169.13	179.57
0.55m/s	148.45	159.37	184.81	167.12
0.71m/s	173.82	169.78	174.19	169.28

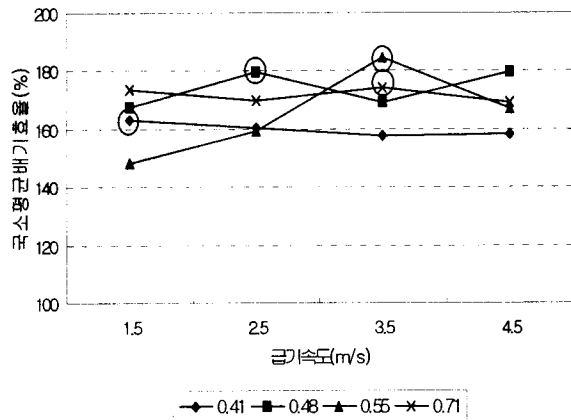


그림 4. 급배기풍속별 후드의 국소평균배기효율

또한, 현재 실험조건인 1,000CMH의 배기량에서는 배기면적은  $0.130\text{m}^2$ (30% 확대)인 경우에서 가장 높은 수치를 보였으나, 전후의 급기속도 범위에서의 변화폭을 기준으로 볼 때  $0.189\text{m}^2$ (50% 확대)의 경우에서 보다 안전한 것으로 나타났다. 즉,  $0.130\text{m}^2$ (30% 확대)의 경우에는 급기속도 1.5m/s 및 3.5m/s에서의 효율차이가 20% 가까이 나타나는 반면,  $0.189\text{m}^2$ (50% 확대)인 경우 그 차이는 10% 전후이면서  $0.130\text{m}^2$ (30% 확대)시와의 효율차이는 5% 정도에 불과함을 알 수 있었다. 따라서 사용자의 편리성을 감안할 때  $0.189\text{m}^2$ (50% 확대) 조건에서 급기속도를 1.5~3.5m/s의 넓은 범위로 유지할 때 보다 안전한 효율범위를 보일 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 기존의 일반적인 형태인 배기부가 한쪽면에 치우친 경우보다 배기부가 정면에 추가로 존재하여 배기면적이 넓어지는 경우 효율이 더욱 상승할 수 있다는 결과로부터 배기부 확대의 필요성을 함께 유추할 수 있었으며, 이는 이후 기류가시화 실험을 통하여 확인이 가능할 것으로 판단된다.

한편, 배기면적이  $0.189\text{m}^2$ (50% 확대)로 확대된 경우에는 급기속도 2.5m/s와 4.5m/s에서 거의 같은 효율을 보임을 알 수 있는데 이는 수직기류와 수평기류의 속도비율로 인한 것으로 판단되며, 추후 수직과 수평기류의 속도비율을 조절할 조건에서의 실험이 필요한 것으로 판단된다.

#### 4. 결론 및 추후 연구계획

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 동일한 후드 배기량 조건에서도 배기면적 및 급배기풍속이 달라질 경우 후드 하부의 국소평균배기효율은 달라짐을 알 수 있었다.
- (2) 후드의 배기면적이 확대되어 배기풍속이 증가할 경우 후드의 급기풍속이 함께 증가하여야 효율이 상승함을 알 수 있었다. 그러나, 배기풍속에 비해 급기풍속이 지나치게 증가할 경우 오히려 배기효율은 감소하는 것으로 나타남에 따라 배기풍속에 따라 적절한 급기풍속이 선정되어야 함을 알 수 있었다.
- (3) 본 연구에서의 1,000CMH의 후드 배기량 실험조건에서는 배기면적이  $0.130\text{m}^2$ (30% 확대)인 경우에서 가장 높은 수치를 보였으나, 전후의 급기속도 범위에서의 변화폭을 기준으로 볼 때  $0.189\text{m}^2$ (50% 확대)의 경우에서 보다 안전한 것으로 나타났다. 즉, 배기면적  $0.130\text{m}^2$ (30% 확대)의 경우에는 급기속도 1.5m/s 및 3.5m/s에서의 효율차이가 20% 가까이 나타나는 반면,  $0.189\text{m}^2$ (50% 확대)의 경우 그 차이는 10% 전후이면서  $0.130\text{m}^2$ (30% 확대)시와의 효율차이는 5% 정도에 불과함을 알 수 있었다. 따라서 사용자의 편리성을 감안할 때  $0.189\text{m}^2$ (50% 확대) 조건에서 급기속도를 1.5~3.5m/s의 넓은 범위로 유지할 때 보다 안전한 효율범위를 보일 수 있을 것으로 판단된다.
- (4) 기존에 배기부가 존재하지 않는 일반적인 형상의 후드에 비해 배기부가 존재하는 경우 후드의 배기효율이 더욱 상승할 수 있다는 결과로부터 배기부 확대의 필요성을 유추할 수 있었다.

이상의 연구결과는 수직 및 수평기류의 기류속도가 동일한 상태에서 실험한 결과이므로 추후 수직급기와 수평급기와의 비율을 조절한 조건에서 효율을 평가하는 실험을 수행할 예정이다. 또한, 후드의 배기효율 실험결과에 대한 이해를 돕기 위하여 후드 하부에서 발생하는 기류의 가시화 실험을 수행할 예정이며, 주방의 전반적인 온열환경을 함께 평가함으로써 후드의 성능개선을 통해 주방 전체의 실내환경을 향상시킬 수 있는 방안을 제시할 예정이다.

#### 참고문헌

1. 장경진, 추적가스를 이용한 급기 및 배기효율의 측정기술에 관한 연구, 국민대학교 박사학위논문, 2000.
2. 설비기술연구회 편, 공조위생 기술데이터북, 도서출판 한미, 2000.
3. J. S. Pekkinen, et. al., Ventilation Efficiency and Thermal Comfort in Commercial Kitchens, ASHRAE Trans., Symposium on Developments in Kitchen Ventilation Technology, 1992.
4. Sandberg. M., What is Ventilation Efficiency, Building and Environment, Vol.16, No.2, 1981.
5. Yaglou. C. P. and Witheridge. W. N., Ventilation Requirements, ASHVE Trans., Vol.42, 1937.