

밀가루 분진 노출 근로자의 노출수준 및 건강실태 평가

김병규¹* · 고동희² · 류향우² · 김규상²

¹한국산업안전공단 산업보건국 · ²한국산업안전공단 산업안전보건연구원

Evaluation of exposure levels and health status in bakers exposed to flour dust in a big bakery

Byung Gyu Kim¹* · Dong Hee Koh² · Hyang Woo Ryoo² · Kyu Sang Kim²

¹Occupational Health Department, Korea Occupational Safety & Health Agency(KOSHA)

²Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA

Flour dust is well known as causing occupational asthma. A case of occupational asthma caused by flour dust broke out in a big-sized bakery in Korea in 2005. The study was carried out to evaluate the exposure level of flour dust and to find out the health status in bakers in the bakery. The sampled product lines were 7 and each line basically has weighing, pouring, mixing, cutting, forming, packing, oven, wrapping. The total and inhalable-sized dust samples were simultaneously obtained in workers directly exposed to flour dust. The exposure levels of total and inhalable dust were ranged in 0.272 ~ 1.271 mg/m³ (GM) and 0.650 ~ 7.206 mg/m³ (GM) respectively in the 7 sampled lines. The ratio of inhalable and total flour dust is approximately 3.39 resulted from linear regression analysis. The positive rates in skin prick test were 16.61% and 7.69% respectively, and the positive rates in serum specific IgE test

were 16.45% and 16.88% respectively in male and female group directly exposed to flour dust. The total sensitized rate in both tests was 25%. According to PFT, methacholine bronchial hyperresponsiveness and specific challenge test, maximum prevalence of occupational asthma caused by flour dust was approximately 2%. The results indicated that the exposure levels of flour dust have exceeded 0.5 mg/m³ as inhalable dust and could have sensitized workers exposed to flour dust. The improvement of working environment and the execution of periodic medical examination were needed to reduce the exposure level of flour dust and to find abnormal health conditions in the bakery.

Key Words : Occupational asthma, flour dust, inhalable dust, exposure level, health status

I. 서론

제빵 공정에서 사용되는 밀가루 분진은 밀, 호밀, 기장, 보리, 귀리 및 옥수수 또는 이러한 곡물의 혼합물로 구성되며

* 교신저자 : 김병규 (인천시 부평구 기능대학길 25,
Tel: 032-5100-720, Fax: 032-518-6486, E-mail: apollo@kosha.net)

제분되어진 복합 유기 분진으로 정의된다. 밀가루 분진에 의한 직업성 천식은 대표적인 직업병의 하나로 알려져 있다. 1980년대 이후 영국, 스웨덴 등 유럽에서는 제빵 및 제분업체 종사 근로자의 밀가루 분진 노출 수준 평가 및 직업성 천식 유병률에 대한 연구를 통하여 노출과 질환 발생간의 강한 양의 상관관계가 있음을 보고하였다(Meredith et al., 1994, Nieuwenhuijsen et al., 1995).

제빵 또는 제과 공정에서 밀가루 분진의 노출 수준은 혼합 및 베이킹 공정에서 높은 것으로 보고되었다(Nieuwenhuijsen et al., 1995). 제빵 공정은 현대화 및 자동화되고 있으나 소규모 사업장에서는 밀가루 분진 노출에 의한 건강장해가 중요한 문제가 되고 있다.(Lillienberg, 1994). 밀가루는 14%의 단백질과 2%오일, 1%의 셀룰로스, 나머지 81%는 전분 등으로 이루어져 있다. 단백질은 15%의 수용성 알부민, 7.5%의 globulin, 32.5%의 prolamins(gliadin), 45%의 glutelins(glutenin)으로 되어 있다(TLV, 2005). 밀가루에는 여러 첨가물이 들어갈 수 있는데, raising agent(부풀림), 유화제, 숙성제(아밀라제 등), 착색제, 향료 등이 첨가될 수 있다. 밀가루에는 적어도 40 가지 이상의 알려진 유발 단백질이 포함되어 있다고 보고되고 있다(Bjorksten, 1977). 하지만 이중 가장 강력한 단백질 알레르겐은 albumin, globulin, gliadin, gluten 이다(Blands, 1977). 밀, 호밀, 옥수수, 보리 등에서는 교차반응이 존재하는 것으로 알려져 있다(Bjorksten, 1977). 밀가루 천식이 있는 사람의 대부분은 밀과 호밀에 교차 반응이 있는 것으로 보고되고 있다(Chan-Yeung, 1994). 제빵공천식의 원인에 대해서는 SWORD scheme(Smith, 1999)에서 Fungal amylase (alone), Flour (alone), Fungal amylase/flour, Grain (wheat) dust, Egg, Hemicellulase, Cumin, Mushroom spores 등이 보고되고 있으며, 이중 amylase에 의한 것이 반 이상으로 보고되었다. 아밀라제는 반죽을 숙성시키고 이스트의 활동을 촉진시킨다. 밀가루에는 그램당 0.1~1 mg 정도로 아밀라제가 소량 함유되어 있다. 아밀라제는 대부분 *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger* 등의 곰팡이로부터 발생한다.

국내에서는 산업안전보건법 제42조에 근거한 작업환경측정에 의해서도 밀가루 분진은 전분(starch) 또는 곡물분진

(grain dust)으로 평가하는 경우가 많아 정확한 평가가 이루어지지 않는 실정이다. 밀가루 분진은 근로자 특수건강진단 항목으로 설정되지 않았으며, 곡물분진 노출로 건강진단을 수진하고 있다. 밀가루 취급 사업장 및 근로자는 밀가루 취급에 의해 발생 가능한 건강상의 유해성에 대한 인식이 낮은 것으로 추정되며 외국의 직업성 천식 발생에 대한 정보 또한 보유하고 있지 못한 실정이다.

2000년 이후 근로복지공단에서 직업성 질환으로 요양승인을 결정한 밀가루분진에 의한 직업성 천식은 4건이었다. 국내에서 최근 연구결과는 2002년 한 제빵공장에서 역학조사를 통해 밀가루 분진에 대한 감작률 15%, 직업성 천식의 유병률을 5%로 보고한 바 있다(민태훈 등, 2002). 곡물사료 제조 사업장의 곡물사료 취급 근로자에게서 피부반응검사, 총 IgE 및 비특이(메타콜린)기도과민 검사상 노출군이 비노출군에 비해 유의한 면역학적 관련성을 보였음을 보고하였다(김규상 등, 1997).

2005년도에 직업성 천식이 발생한 사업장 중 1개소에서 산업안전보건법 제43조의2(역학조사) 규정에 의하여 한국산업안전공단으로 직업성질환 역학조사를 신청(2006년4월)하였다. 이 조사연구는 역학조사 요청 사업장 근로자의 밀가루 분진 노출 수준 및 건강실태(직업성 천식)를 평가하기 위하여 실시되었다.

II. 조사 방법

1. 조사 사업장 현황

조사대상 사업장의 역학조사 대상 근로자 수는 808명이었다. 노출 형태에 따른 근로자 분포로는 직접 노출 및 비노출군은 남성 근로자가 많았으며 간접 노출 근로자는 여성 근로자가 많았다(Table 1). 연령은 남성에서는 비노출군에서 가장 높으나 여성에서는 가장 낮았으며, 근무기간은 남성과 여성 모두에서 비노출군이 높았다. 노출군에서는 근무기간이 3~4년 정도였다(Table 2).

Table 1. Workers' distribution by exposure type

Exposure type	Male		Female		total
	No	%	No	%	
Direct	110	56	85	44	195
Indirect	191	41	271	59	462
Non-exposure	120	79	31	21	151
total	421	52	387	48	808

Table 2. Age of workers and the length of working by exposure type

Exposure type	Age				The length of working			
	Male		Female		Male		Female	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Direct	31.79	5.19	38.07	9.46	3.25	3.08	3.95	3.37
Indirect	34.64	6.91	37.39	8.68	4.53	4.28	3.41	2.82
Non-exposure	34.77	7.47	31.26	7.40	5.91	4.71	4.89	3.81

가. 계근 공정

주요 공정에서 사용되는 원료(밀가루, 정백당, 전지분유, 제염, 알파콘, 삼온당, 글루텐)을 수작업으로 계량하는 공정이다.

나. 주요 생산(제조) 공정

- 1) 완제(cooky) 라인
- 2) 랜함(bread) 라인
- 3) 명가(myung-ga) 라인
- 4) 케익(cake) 라인
- 5) 시트(sheets) 라인
- 6) 신관 시트(new sheets) 라인
- 7) 생지(fresh butter) 라인

설문조사, 작업환경평가 및 밀가루 분진 노출 근로자에 대한 건강진단으로 구분하여 실시하였다. 설문조사는 설문조사표를 사용하여 자기기입식으로 작성토록 하였고, 조사사업장의 건강관리실을 통하여 배포하고 회수토록 하였다. 미기재 등 설문조사표상에 미응답 또는 오류가 있는 부분에 대해서는 추가 방문하여 재응답을 받아서 확인·수정하였다.

작업환경평가는 계근실 및 주요 제조라인에 대하여 밀가루 분진 노출 수준을 평가하였으며, 주간 및 야간 작업량에 차이가 없어 주간 작업에 대해서만 밀가루 분진 노출 수준을 평가하였다. 근로자 건강진단에서는 설문조사결과를 토대로 밀가루 분진 노출 공정에 근무를 하거나, 과거에 천식 증상이 있었거나, 천식을 진단받은 경험이 있거나, 알러지성 비염의 증상이 있는 근로자를 대상으로 피부단자검사, 폐기능 검사, 혈청 특이 IgE 검사, 메타콜린 유발검사 등의 의학적 검사를 실시하였다.

2. 밀가루 입도분포

조사대상 사업장에서 사용하는 밀가루는 주로 30 ~ 70 μm 범위의 입도분포를 가지고 있다. 밀가루 사용량은 랜함 라인에서 제조하는 식빵류 등 빵 종류에서는 글루텐 성분이 10~13% 함유된 강력분(stronger flour)을 사용하며, 케익에서는 글루텐 성분이 6~8% 함유된 박력분(softier flour)을 사용한다.

3. 시료채취 및 분석방법

1) 총분진(Total Suspended Particulates)

PVC 여과지(지름 37mm, 공극 5.0 μm)와 개인시료 채취기(Escort ELF pump, Mine Safety Appliances company, USA)를 이용하여 시료를 채취하였다. 시료채취 전 개인시료 채취기를 일정한(약 2 l/min) 유량으로 보정하고, PVC 여과지는 시료채취 전 2일 동안 건조시킨 후 여과지의 무게를 측정하였다. 37 mm 카세트에 PVC 여과지와 패드를 장착한 후 개인시료 채취기와 연결하여 작업시간동안 2 l/min 전후의 유량으로 채취하였다. 채취한 시료는 카세트의 앞뒤 구멍을 잘 막은 후 분석실로 운반하고, 운반되어진 시료는 약 2일 동안 건조시킨 후 전자저울(METTLER TOLEDO XS205)을 이용하여 시료채취 후 무게를 측정하고 측정 후 무게에서 측정 전 무게를 빼주어 시료의 무게를 계산하고, 채취 공기량으로 나누어 농도(mg/m³)를 산출하였다.

2) 흡입성 분진(Inhalable Suspended Particulates)

IOM Sampler(PVC 필터, 지름 25 mm, 공극 5.0 μm)와 개인시료 채취기(Escort ELF pump, Mine Safety Appliances company, USA)를 이용하여 시료를 채취하였다. IOM sampler의 필터 케이스에 필터를 장착시키고 건조기에서 2일 동안 건조시킨 후 케이스 자체의 무게를 측정하였다. 개인시료 채취기를 일정한 유량(2 l/min)으로 보정하였다. 작업시간동안 시료를 채취한 후 채취한 시료는 여과지를 포함한 필터케이스 전용 캡(sealing cap)을 사용하여 막은 후 분석실로 운반하였다. 운반된 시료는 2일 동안 건조기에서 건조시킨 후 전자저울

(METTLER TOLEDO XS 205)을 이용하여 측정 후 무게를 측정하고 측정 후 무게에서 측정 전 무게를 빼주어 시료의 무게를 계산하고, 채취 공기량으로 나누어 농도(mg/m³)를 산출하였다.

4. 설문조사 방법

천식 증상 설문지를 이용하여 조사를 시행하였다. 이를 통해 임상검사 대상자를 선정하였다. 과거 천식 증상이 있었거나 천식 진단, 치료를 받은 경우(lifetime asthma)와 지난 12개월 동안 천식 증상, 운동유발 천식 증상, 감기 걸렸을 때 천식 증상이 발생하는 경우를 임상검사 대상자로 선별하였다. 알러지성 비염이 있는 경우 천식으로 진행할 수 있기 때문에 알러지 비염 증상이 있었거나 진단을 받은 근로자도 임상검사 대상자에 포함시켰다.

5. 의학적 검사 방법

1) 피부단자검사

피부단자검사는 감작 여부를 확인하기 위하여 17종의 물질에 대하여 검사를 실시하였다. tree pollen, grass pollen, mugwort, ragweed, cat fur, dog fur, D. pteronyssinus, D. farinae, alternaria, aspergillus, egg, wheat, rye, stronger flour, softer flour, yeast, alpha-amylase, storage mite에 대해 검사를 시행하였다. 피부반응시약을 양측 전박부에 놓고 단자를 시행한 후 15분 후 반응을 관찰하여 판단하였다.

2) 혈청 특이 IgE 항체 검사

임상검사대상자 전원에게서 혈액을 채취해 강력분, 박력분, 아밀라제에 대한 혈청 특이 IgE항체를 검사하였다. 밀가루

비노출에 증상이 없는 근로자의 혈청 IgE 수치를 기준으로 하여 평균+3*표준편차를 넘은 경우 혈청 특이 IgE항체 양성으로 정의하였다.

3) 메타콜린 유발검사(Methacholine challenge test)

우선 기본 폐기능 검사를 실시하고 생리식염수를 흡입시킨 후 3분 후의 폐기능 검사치를 기저치로 하였으며, 검사시약으로 메타콜린을 낮은 농도에서부터 dosimeter를 이용하여 정량을 흡입시키는 방법으로 점차 높이는 방법으로 실시하였다. 메타콜린 유발검사는 특이 항체가 높고 직업연관성이 있는 근로자에 대해 시행하였다.

4) 특이유발검사(bronchial provocation test)

특이유발검사는 밀가루에 대한 유발 검사를 시행하였다.

III. 조사 결과

1. 밀가루 분진 노출 수준

밀가루 취급 주요 공정에서 작업하는 근로자의 밀가루 분진 노출 수준은 다음 Table 3 과 같다. 주요 공정별 직접적인 밀가루 취급공정에 대하여 밀가루 분진 노출수준을 평가한 결과로서 총분진(TSP)으로 평가결과 기하평균 0.272 ~ 1.271 mg/m³의 범위를 나타내었고, 흡입성 분진(ISP)으로 평가결과 0.650 ~ 7.206 mg/m³ 범위의 노출수준을 나타내었다. 이러한 노출수준은 ACGIH에서 규정한 8시간 시간가중평균 기준치(8-hr TWA-TLV)인 0.5 mg/m³를 초과하는 것을 의미한다.

직업성 천식이 발생한 공정인 랜함(bread line) 공정의 최근

Table 3. Exposure level of flour dust in main processes

Process	TSP(mg/m ³)			ISP(mg/m ³)		
	N	GM	Range	N	GM	Range
Weighing	3	1.271	0.446 ~ 2.599	3	7.206	4.878 ~ 11.273
Cooky line	14	0.286	0.127 ~ 1.183	4	4.382	2.736 ~ 5.973
Bread line	7	0.534	0.000 ~ 2.004	2	4.165	3.645 ~ 4.759
Cake line	14	0.446	0.082 ~ 5.441	3	0.650	0.071 ~ 4.959
Myung-ga	1	1.117	1.117	2	2.644	1.414 ~ 4.946
Sheets line	6	0.901	0.537 ~ 1.477	2	3.720	3.091 ~ 4.477
New Sheets line	11	0.272	0.012 ~ 2.344	2	4.520	3.942 ~ 5.184
Fresh butter line	9	0.515	0.159 ~ 1.667	2	4.029	3.893 ~ 4.168
Grand total	65	0.439	0.000~5.44	20	3.283	0.071 ~ 11.273

3년간 실시한 빵함공정(bread line)의 배합 공정에서의 작업환경 측정결과는 Table 4와 같다.

역학조사시의 밀가루 분진(총분진) 노출수준인 0.06 ~ 1.74 mg/m³ (N=4)와 유사한 노출 수준을 보였으나 밀가루 분진에 대해 노출기준(PEL; Permissible Exposure Limits)으로 전분(starch)에 해당하는 10 mg/m³를 적용함으로써 노출기준 이하로 평가하였다. 밀가루 분진에 의한 직업성 천식은 호흡성분진으로 측정한 밀가루분진의 노출 수준이 0.5 mg/m³ 이상인 경우 주로 발생하는 것으로 보고하고 있어 기존의 작업환경 측정 및 평가는 근로자 건강관리를 위해 적절하지 않았다.

밀가루 노출수준 평가시 총분진으로 평가된 노출수준과 흡입성(inhalable) 분진으로 평가된 노출수준을 비교하면 Figure 1과 같다. 총분진과 흡입성 분진의 노출수준 비율을 얻기 위하여 선형회귀분석하면 평가된 흡입성 분진은 총분진의 약 3.39배에 달하는 것으로 나타났다. 조사 사업장에서 사

용하는 밀가루 입경의 특성상 밀가루 취급 근로자가 노출되는 밀가루 분진의 특성은 흡입성 분진의 양이 총분진의 양보다 많은 것을 의미한다.

2. 설문조사 결과

설문조사에서는 과거 천식 경험(lifetime asthma)이 있는지와 현재 천식 증상(current asthma)이 있는지에 대해 조사하였다. 과거 천식을 경험한 경우는 숨찬 증상과 천명이 생애 한 번이라도 있었던 경우와 천식 진단의 경험이 있는 경우로 정의하였다. 현재의 천식 증상은 12개월 내에 천식 증상이 있었던 경우로 정의하였다. 설문지에 의한 천식은 비노출군에서 오히려 높았으며, 과거의 천식 경험은 10.15%, 현재 천식 증상은 4.95%에서 있었다(Table 5).

Table 4. Results of previous working environment monitoring in bread line

Year	Task	Hazardous factor	Personal identity	TWA(mg/m ³)	PEL*(mg/m ³)
2005	mixing	flour dust	P 1	0.21	10
			P 2	1.47	
2004	mixing	flour dust	P 3	0.89	10
2003	mixing	flour dust	P 4	0.37	10

* The adopted PEL was 10mg/m³ as starch.

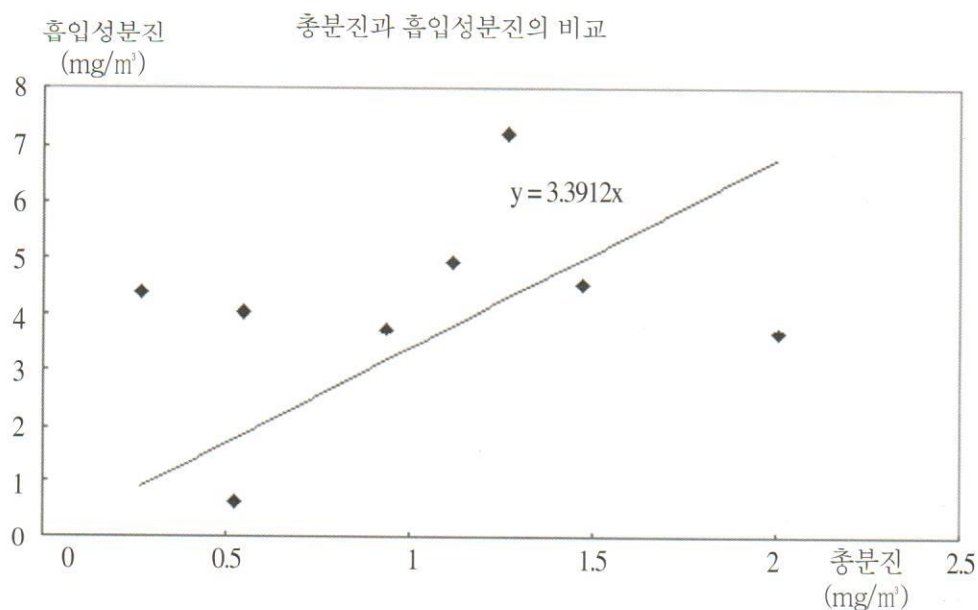


Figure 1. Comparison of exposure level between TSP and ISP

Table 5. Lifetime asthma and current asthma by exposure

Exposure type	Lifetime asthma		Current asthma symptoms (within 12 months)	
	No	%	No	%
Direct	21 of 195	10.77	9 of 195	4.62
Indirect	41 of 462	8.87	17 of 462	3.68
Non-exposure	20 of 151	13.25	14 of 151	9.27
Total	82 of 808	10.15	40 of 808	4.95

3. 의학적 검사 결과

이들 중 과거에 천식 증상이 있었거나, 천식을 진단받은 경험이 있거나, 알러지성 비염의 증상이 있는 경우 임상정밀검사대상자로 선정하였다. 또한 Table 1의 노출작업에서 근무하는 근로자 전원도 임상검사대상에 포함시켰다. 총 392명이 선정되었으며, 이들에 대해 피부단자검사, 혈청 특이 IgE 검사 등을 시행하였다.

1) 피부단자검사결과

피부단자검사의 양성은 A/H ratio 2+ 이상인 경우로 정의하였다. 피부단자검사 결과 남성에서는 직접노출군 16.16%, 간접노출군 18.57%, 여성에서는 직접노출군 7.69%, 간접노출군 8.64%의 양성률을 보였다. 사무직이지만 천식 및 비염 증상이 있다고 조사된 남성 근로자 37명중 6명(16.22%)에서 양성을 보였고, 여성에서는 10명중 한명도 양성자가 없었다 (Table 6). 노출이 없는 사무직 근로자에서도 감작이 되어 있

는 것을 알 수 있다.

밀가루(강력분, 박력분), 아밀라제에 대한 피부단자 검사 결과 아밀라제에 대한 양성률은 Table 7와 같다.

사무직을 제외하고 생산직에서 과거 천식 경험과 현재 천식 증상에 따른 피부단자검사 양성률을 알아보았다. 분석결과 천식이 있었던 근로자에서 양성률이 높게 나타나 밀가루 노출과 천식 발생과의 연관성을 의심해 볼 수 있었다. 하지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지는 않았다(Table 8).

생산직 근로자의 피부단자검사 양성/음성자의 나이, 근무연수의 특성을 비교하였다. 피부단자검사 양성인 근로자가 나이가 적었고, 근무기간도 짧았다(Table 9). 이는 밀가루에 대해 영향을 받지 않는 근로자들이 오래 근무하기 때문에 발생하는 건강근로자 효과(healthy worker effect)일 가능성이 높다.

2) 혈청 특이 IgE 검사

혈청 특이 IgE는 비노출군 무증상자의 Mean+3SD를 넘는 경우 양성으로 정의하였다. 혈청 특이 IgE 검사 결과 남성예

Table 6. Positive rate in skin prick test

Exposure type	Male		Female	
	No	%	No	%
Direct	15 of 99	16.16	6 of 78	7.69
Indirect*	13 of 70	18.57	7 of 81	8.64
Non-exposure*	6 of 37	16.22	0 of 100	100

* Workers with symptoms related to asthma or rhinitis selected by questionnaire survey

Table 7. Results from skin prick test for stronger and softner flour, amylase

Exposure type	Total no. of workers	Stronger flour		Softner flour		Amylase	
		No	%	No	%	No	%
Direct	177	8	4.52	8	4.52	1	0.56
Indirect*	15	12	7.95	12	7.95	0	0
Non-exposure*	47	3	6.38	1	2.13	1	2.13

* Workers with symptoms related to asthma or rhinitis selected by questionnaire survey

Table 8. Positive rates in skin prick test by previous experience and current symptoms related to asthma

Skin prick test	Post experience		Current asthma symptoms (within 12 months)	
	No	%	No	%
Negative	32 of 280	11.43	36 of 302	11.92
Positive	10 of 48	20.83	6 of 26	23.08
Statistics	$\chi^2=2.46, p=0.1169$		$\chi^2=1.76, p=0.1843$	

Table 9. Age and the length of working in workers with positive in skin prick test

Skin prick test	Age			The length of working		
	Mean	SD	Statistics	Mean	SD	Statistics
Negative	35.54	8.03	t=2.57	3.75	3.32	t=0.28
Positive	32.19	6.58	p=0.0105	3.60	3.06	p=0.7764

서는 직접노출군 16.45%, 간접노출군 23.40%의 양성률을 보였다. 여성에서는 직접노출군 16.88%, 간접노출군 10.42%로 직접노출군이 간접노출군에 비해 특이 IgE 양성률이 높았다 (Table 10).

과거의 천식 경험이 있거나 현재 천식 증상이 있는 경우 특이 IgE 양성률이 높았고 통계적으로 유의한 결과를 보였다. 이는 밀가루에 의한 천식의 초과 발생 가능성을 제시하는 결과이다 (Table 11).

특이 IgE 양성/음성자 간에 나이와 근무기간의 차이를 알아보았는데, 두 반응군 사이에 유의한 차이는 없었다 (Table 12).

3) 피부단자검사와 특이 IgE에 의한 총 감작
피부단자검사나 특이 IgE에 양성을 보여 밀가루에 감작된 근로자는 직접 노출 근로자의 24.81%였다 (Table 13).

4) 메타콜린 유발검사 및 특이유발검사
메타콜린유발검사 대상자는 면담과 임상검사 결과를 고려하여 16명을 선정하였고, 이중 7명이 양성이었다. 그중에서 작업관련증상이 있는 5명에 대해 밀가루에 대한 특이유발 검사를 시행하였다. 특이유발검사에서는 4명이 양성을 보였다 (Table 14의 1,2,3,4 번). 메타콜린 양성자 중에서 특이 IgE는 매우 높으나 폐기능검사 수치가 너무 낮아서 특이유발 검사를 실시하지 않은 1명이 있고, 과거 입사전에 체과점에

Table 10. Sera specific IgE test by exposure type

Specific IgE	Male		Female	
	No	%	No	%
Negative	13 of 79	16.46	8 of 49	16.88
Positive	11 of 47	23.40	5 of 48	10.42
Statistics	6 of 25	24.00	0 of 40	0

* Workers with symptoms related to asthma or rhinitis selected by questionnaire survey

Table 11. Positive rates in specific IgE test by previous experience and current symptoms related to asthma

Specific IgE	Previous experience		Current asthma symptoms (within 12 months)	
	No	%	No	%
Negative	26 of 189	13.76	30 of 204	14.71
Positive	11 of 34	32.35	7 of 19	36.84
Statistics	$\chi^2=5.92, p=0.0150$		$\chi^2=4.66, p=0.0309$	

Table 12. Age and the length of working in workers with positive in specific IgE test

Skin prick test	Age			The length of working		
	Mean	SD	Statistics	Mean	SD	Statistics
Negative	33.23	7.92	t=0.42	3.74	3.38	t=0.69
Positive	33.11	6.91	p=0.3329	3.98	3.51	p=0.7280

Table 13. Sensitized workers in skin prick test or specific IgE test

Specific IgE	Positive in skin prick test or specific IgE test	
	No	%
Direct	32 of 129	924.81
Indirect*	25 of 99	25.25
Non-exposure*	11 of 31	35.48

* Workers with symptoms related to asthma or rhinitis selected by questionnaire survey

Table 14. Results from methacholine and specific challenge(provocation) test

Cases	Department	Task	Age	The length of working	PC20
1	Materials team	Management	M/31	8 years	5.52
2	Fresh butter line	Forming	M/30	5 years	3.462
3	Cooky line	Wrapping	F/36	9 months	1.25
4	Butter cake line	Icing & decorating*	M/30	3.5 years	4.629
5	Cake line	Mixing	M/32	5 years	1.25
6	Fresh cream cake line	Forming	M/394	4 years	

* Before 2005, mixing task

서 근무하는 도중 S 대학교 병원에서 밀가루 천식을 진단받은 1명이 있었다. 따라서 밀가루에 직간접으로 노출되는 생산직 근로자 657 명중 6명에서 양성소견이 있어 조사시점의 유병률은 0.91%였다. 직접노출에 의해서 발생한 경우는 199 명 중 4명으로 최대 유병률은 2%였다.

재경팀 자재파트의 자재관리담당 업무는 비노출군으로 분류되어 있으나 천식 발생자가 있었다. 제조팀 과자빵라인 포장업무도 간접노출군으로 분류되었지만 천식 증상이 발생하였고 근무기간도 9개월 정도로 짧았다. 따라서 밀가루에 직접 노출이 없을 것이라고 추정되는 부서 또한 작업시에 간접적인 노출이 있을 가능성이 높다.

IV. 고찰

제빵공 천식은 서구에서는 비교적 흔한 직업성 천식의 한 형태로 알려져 있으며, 그 유병률은 4~10%정도로 다양하게

보고되고 있다. 현재까지 국내에서는 2002년 한 제빵공장에서 역학조사를 통해 밀가루 분진에 대한 감작률 15%, 직업성 천식의 유병률을 5%로 보고한 바 있다(민태훈 등, 2002).

발생률에 대한 보고는 스웨덴의 Goldberg가 487명의 제빵공을 5~6년간 추적관찰하였으며 이 중 밀에 대해 19명에서 감작이 있었고 7명에서 밀가루 천식이 발생했다고 보고하였다. Brisman 등(2002)은 1000인년 당 1~2명이 밀가루 천식이 발생한다고 하였고, 남성에서 위험이 2배 증가했다고 보고하였다. Herxheimer의 연구에서는 3년간 누적 감작율이 19%, 누적 증상발생률이 7%라고 보고하였다. 스웨덴에서 실시된 후향적 연구에서는 남성 제빵 수련공에서 1000인년당 3명이 발생했다고 보고되고 있다. 1989-1994년에 SWORD 프로그램에서는 백만명당 290-450명의 제빵공 천식이 발생한다고 보고하였다. Houba 등(1998)은 밀가루에 대한 감작율이 1년에 1000명당 9.8명이고 밀에 대한 알려지는 1000명당 3.5명에서 발생한다고 보고하였다.

첫 노출에서 증상이 발생하기까지는 잠복기가 존재한다.

잠복기는 수주에서 35년까지이나 평균적으로 알려지 비염은 8~9년, 천식은 13~16년에 달한다(Nieuwenhuijsen, 1995). 증상은 작업시 악화되고 주말이나 휴가때 호전되는 전형적인 양상을 나타낸다. 직업성 천식은 노출이 중단된 후에도 완전히 회복되지 않는 경우가 많은데, 4명의 밀가루 천식 환자에서는 노출 중단후에도 최소 4년 이상 천식 증상이 계속되었다(Chan-Yeung, 1990). 일단 감작되면 소량에 노출되어도 증상이 발생할 수 있으며, 천식 증상은 경증에서 중증 지속성까지 다양하다. 밀가루 천식의 위험요소는 근무기간, 직무, 작업환경 등이다. 아토피는 특이 항원에 대한 항체를 만드는 상태로 흔히 피부단자검사를 통해 진단되는데, 아토피의 가족력 혹은 개인력이 있을 때 밀가루 천식의 발생 위험이 높아진다. 흡연은 일반적인 천식의 위험요인이거나 밀가루 천식에서는 일부 연구를 제외하고는 연관성이 없는 것으로 보고되고 있다.

밀가루 노출량과 감작, 증상은 용량반응관계를 보인하고 보고되고 있는데, 특히 아토피가 있는 사람에서는 연관성의 강도가 강하다. Houba 등(1998)은 감작율을 최소화하고 이미 감작된 근로자에서 증상 발생을 줄이기 위해 흡입성 분진 0.5 mg/m³을 노출기준으로 제안하였다. Bolm-Audorff 등(1998), Musk 등(1989)은 총분진 1 mg/m³ 이하에서는 감작이 없었다고 보고하였다.

본 조사에서는 설문조사와 피부단자검사, 혈청 특이 IgE를 통해 검사 대상자를 선별하여 메타콜린유발검사, 밀가루에 대한 특이유발검사를 실시하였다. 피부단자검사에서는 남성에서 직접노출군 16.16%, 여성에서는 직접노출군 7.69%에서 양성률 보였다. 혈청 특이 IgE 검사 결과 남성에서는 직접노출군 16.45%, 여성에서는 직접노출군 16.88%의 양성율을 보였으며, 피부단자검사나 특이 IgE에 의한 총 감작률은 25%였다. 유병률은 밀가루에 직간접으로 노출되는 생산직 근로자 657 명중 6명에서 유발검사 양성소견을 보여 0.91%였다. 하지만 작업전환한 경우 등을 고려하면 직접노출에 의해서 발생한 경우는 199명 중 4명으로 최대 유병율은 2%였다.

V. 결론

주요 공정별 직접적인 밀가루 취급공정에 대하여 밀가루 분진 노출수준을 평가한 결과로서 총분진으로 평가결과 기하평균 0.272 ~ 1.271 mg/m³의 범위를 나타내었고, 흡입성 분진으로 평가결과 0.650 ~ 7.206 mg/m³ 범위의 노출수준을 나타내었다. 총분진과 흡입성 분진의 노출수준 비율을 얻기 위하여 선행회귀분석하면 평가된 흡입성 분진은 총분진의 약 3.39배에 달하는 것으로 나타났다. 이러한 노출수준은

ACGIH에서 규정한 8시간 시간가중평균 권고기준치(8-hr TWA-TLV)인 0.5 mg/m³를 초과하는 것을 의미한다. 원료계근실은 밀가루 분진의 노출 수준이 가장 높게 나타났으며, 총분진으로는 기하평균 1.271 mg/m³, 흡입성분진으로는 기하평균 7.206 mg/m³로 나타났으며 주요 원인으로 원료 계근실은 지하층에 설치되어 있으며 수작업으로 가루 상태의 원료들을 취급하기 때문인 것으로 파악된다.

조사대상 사업장에서 최근 3년간 실시한 랜함공정의 배합 공정에서의 작업환경측정결과를 역학조사시의 밀가루 분진(총분진) 노출수준인 0.06 ~ 1.74 mg/m³ (N=4)와 유사한 노출수준을 보였으나 밀가루 분진에 대해 노출기준(PEL; Permissible Exposure Limits)으로 10 mg/m³를 적용함으로써 노출기준 이하로 평가하였다. 밀가루 분진에 의한 직업성 천식은 흡입성분진으로 측정된 밀가루분진의 노출 수준이 0.5 mg/m³ 이상인 경우 주로 발생하는 것으로 보고하고 있어 기존의 작업환경측정 및 평가는 근로자 건강관리를 위해 적절하지 않았다.

본 조사에서는 밀가루에 의한 천식 질환자를 발견하기 위해 설문조사와 피부단자검사, 혈청 특이 IgE를 통해 검사 대상자를 선별하여 메타콜린유발검사, 밀가루에 대한 특이유발검사를 실시하였다. 피부단자검사에서는 밀가루를 다루는 작업을 하는 직접 노출군 남성에서 16.16%, 직접노출군 여성에서는 7.69%에서 양성률 보였다. 혈청 특이 IgE 검사 결과 남성에서는 직접노출군 16.45%, 여성에서는 직접노출군 16.88%의 양성율을 보였으며, 피부단자검사나 특이 IgE에 의한 총 감작률은 25%였다. 유병률은 밀가루에 직간접으로 노출되는 생산직 근로자 657 명중 6명에서 유발검사 양성소견을 보여 0.91%였다. 하지만 작업을 전환하여 조사 당시에는 노출군으로 분류되지 않은 경우 등을 고려하면 직접노출에 의해서 발생한 경우는 199명 중 4명으로 최대 유병율은 2%였다.

결론적으로 감작과 천식을 유발할 정도의 밀가루 노출이 있으며, 임상검사에서도 밀가루에 의한 천식 환자의 발생이 확인되었다. 따라서 작업환경개선을 통해 밀가루 분진 저감을 위한 대책을 수립하는 것이 필요하며, 근로자들도 방진마스크를 착용하고 작업하는 것이 필요하다.

현재 국내의 곡분과자제조업, 제빵 및 사료 제조업, 곡물제분업, 곡물도정업은 총 1,016개소이며, 종사 근로자 수는 총 35,064명으로 파악되었다. 산업안전보건법상 밀가루 분진 노출 근로자에 대한 작업환경측정(산업안전보건법 제42조) 및 근로자 건강진단(산업안전보건법 제43조)은 구체적으로 규정되어 있지 않아 이미 외국에서는 Baker's asthma로 널리 알려진 직업성 천식질환 이환에 대한 조기 발견 및 사전 예방적 조치가 어렵다. 따라서 밀가루 분진 노출에 대한 작업환경

정측정 및 특수건강진단 항목 등 관련 법규의 개정이 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- 김규상, 김은아, 이세희, 박해심. 곡물사료 취급 근로자의 곡물유발 천식 위험요인에 관한 연구. 대한산업의학회지 1997;4:628-640
- 민태훈, 임영희, 이병재, 이상표, 조덕신, 최동철. 빵공장 근로자에서 밀가루에 의한 제빵공천식의 유병률. 천식 및 알레르기학회지, 2002.
- ACGIH, TLV Documentation, ACGIH, 2001
- Blands J., Diamant B., Kallos-Deffner L., Lowenstein H. Flour Allergy in Bakers: Identification of Allergenic Fractions in Flour and Comparison of Diagnostic Methods. *Int. Arch. Allergy Appl. Immunol.* 1976;52:392-406.
- Bjorksten F., Backman A., Jarvinen K.A.J. et al.: Immunoglobulin E Specific to Wheat and Rye Flour Proteins. *Clin. Allergy* 1997;7:473-483.
- Bolm-Audorff U., Beinfait H.G., Hoffmann M., Popp I. Association Between "Total" Dust Load in Bakeries and Allergic Obstructive Airway Diseases [Zusammenhang zwischen Gesamtstaubbelastung in Backereien und allergisch bedingten obstruktiven Atemwegserkrankungen]. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 1998;33:141-143.
- Brisman J., J?rvholm B. Occurrence of self-reported asthma among Swedish bakers. *Scand J Work Environ Health* 1995;21:487-93.
- Brisman J., J?rvholm B. Bakery work, atopy and the incidence of self-reported hay fever and rhinitis. *Eur Respir J* 1999;13:502-7.
- Burstyn I., Teschke K. and Kennedy S.M. Exposure levels and determinants of inhalable dust exposure in bakeries. *The Annals of Occup. Hyg.* 1997;41:609-624.
- Chan-Yeung M.: Occupational Asthma. *Chest* 1990;98(5):148s-161s.
- Chan-Yeung M., Malo J.-L. Aetiological Agents in Occupational Asthma. *Eur. Respir. J.* 1994;7:346-371.
- Cullinan P., Cook A., Nieuwenhuijsen M.J., Sandiford C., Tee R.D., Venables K.M., McDonald J.C., Taylor A.J.N. Allergen and dust exposure as determinants of work-related symptoms and sensitization in a cohort of flour-exposed workers; a case-control analysis. *The Annals of Occup. Hyg.* 2001;45:97-103.
- Davies H.W., Teschke K., Demers P.A. A field comparison of inhalable and thoracic size selective sampling techniques. *The Annals of Occup. Hyg.* 1999;43:381-392.
- Elms J., Denniss S., Smith M., Evans P.G., Wiley K., Griffin P., Curran A.D. Development and validation of a monoclonal based immunoassay for the measurement of fungal alpha-amylase: Focus on peak exposures. *The Annals of Occup. Hyg.* 2001;45:89-95.
- Heederik D., Houba R. An exploratory quantitative risk assessment for high molecular weight sensitizers: Wheat flour. *The Annals of Occup. Hyg.* 2001;45:175-185.
- Houba R., Doekes G., Heederik, D. Occupational Respiratory Allergy in Bakery Workers: A Review of the Literature. *Am. J. Ind. Med.* 1998;34:529-546.
- Houba R., Heederik D., Doekes G. Wheat Sensitization and Work-Related Symptoms in the Baking Industry are Preventable. An Epidemiologic Study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1998;158(5):1499-1503.
- Jonas Brisman. Baker's asthma. *Occup. Environ. Med.* 2002;59:498-502
- Kenny L.C., Aitken R., Chalmers C., Fabries J.F., Gonzalez-Fernandez E., Kromhout H., Liden G., Mark D. and Riediger G. A collaborative European study of personal inhalable aerosol sampler performance. *The Annals of Occup. Hyg.* 1997;41:135-153.
- Liden G., Bergman G. Weighing imprecision and handability of the sampling cassettes of the IOM sampler for inhalable dust. *The Annals of Occup. Hyg.* 2001;45:241-252.
- Meredith S.K., McDonald J.C. work-related respiratory disease in the United Kingdom, 1989-1992: report on the SWORD project. *Occup Environ Med* 1994;44:183-189.
- Musk A.W., Venables, K.M., Crook, B., et al: Respiratory Symptoms, Lung Function, and Sensitization to Flour in a British Bakery. *Br. J. Ind. Med.* 1989;46:636-642.
- Nieuwenhuijsen M.J., Sandiford, C.P.; Lowson, D.; et al.: Peak Exposure Concentrations of Dust and Flour Aeroallergen in Flour Mills and Bakeries. *Ann. Occup. Hyg.* 1995;39(2):193-201.
- Smith T.A. Preventing baker's asthma: an alternative strategy. *Occupational Medicine* 2004;54:21-27.
- Vinzens P.S., Thomassen Y., Hetland S. A method for establishing tentative occupational exposure limits for inhalable dust. *The Annals of Occup. Hyg.* 1995;39:795-800.