

제빵회사 근로자의
밀가루분진 노출 실태

연세대학교 보건대학원
산업보건학과
구 본 주

제빵회사 근로자의
밀가루분진 노출 실태

지도 노 재 훈 교수

이 논문을 보건학석사 학위논문으로 제출함

2007년 6월 일

연세대학교 보건대학원

산업보건학과

구 본 주

구본주의 보건학석사 학위논문을 인준함

심사위원 노 재 훈 인

심사위원 김 치 년 인

심사위원 고 상 백 인

연세대학교 보건대학원

2007년 6월 일

감사의 글

먼저, 석사과정까지 공부하는가운데 지혜와 능력을 허락하여 주시고 무사히 논문을 마치게 해 주신 하나님께 감사드립니다.

대학교를 졸업하고, 산업보건을 공부하겠다고 연구소에 들어온 것이 엇그제 같습니다. 연구소에 들어와 생활하는 동안 받았던 은혜와 감사를 이 지면을 통해 표현한다는 것이 너무나도 벅찬 것 같습니다.

특히, 연구소 생활을 하는 동안 언제나 아버지처럼 자상하게 대해주시고, 공부하는 내내 부족한 저에게 많은 관심과 가르침, 그리고 비전을 제시해 주신 저의 큰 지붕 노재훈 교수님께 마음 속 깊이 감사를 드립니다. 또한 언제나 저에게 칭찬과 격려를 아끼지 않으시고 세세한 어려움 까지도 신경 써 주신 원종욱 교수님, 여러 업무와 많은 지방출장을 같이 동행하시면서 많은 가르침을 주시고, 저를 아껴주신 김치년 교수님, 논문 쓰는 동안 찾아뵙지도 못했는데 세심한 가르침을 주셨던 고상백 교수님께도 고개 숙여 감사의 말씀을 올립니다.

친형처럼 많은 격려와 도움을 주신 김현수 선생님, 연구소 일을 하면서 힘이 되어 주었던 현지누나, 우진이형, 승호형, 철웅이형, 장미누나, 헌진이형, 주영이, 최선행 선생님, 우석이형과 고옥재 선생님, 바쁜 업무 중에도 많은 도움을 주신 인천 산업보건센터 선생님들께 감사드립니다.

마지막으로 아들을 가장 먼저 생각하시고, 한결같은 사랑과 기도를 해주시는 아버지, 어머님께 감사드리고 싶습니다. 어려서부터 넓은 이해심으로 동생을 아껴준 형에게도 고맙다는 말을 전합니다.

2006년 6월

구분주 올림

차 례

국문 요약	i
I. 서 론	1
II. 연구 방법	4
1. 연구 대상	4
2. 연구 방법	4
3. 자료 분석	6
III. 연구 결과	7
1. 제빵회사의 작업공정	7
2. 밀가루분진 노출 실태	11
IV. 고 찰	18
V. 결 론	21
참고 문헌	23
영문 요약	27

표 차 례

Table 1. Inhalable flour dust exposure	14
Table 2. Total flour dust exposure	15
Table 3. Percent of inhalable flour dust measurements exceed 0.5 mg/m ³ by bakery type	16
Table 4. Percent of inhalable flour dust measurements exceed 0.5 mg/m ³ by job categories	17
Table 5. Percent of total flour dust measurements exceed 10 mg/m ³ by job categories	17

그림 차례

Figure 1. IOM inhalable dust sampler	6
Figure 2. Straight dough method	10
Figure 3. Sponge dough method	10

국 문 요 약

본 연구에서는 제빵회사 근로자들의 작업특성을 파악하고, 밀가루분진 농도를 측정하여, 밀가루분진 노출관리의 문제점을 파악하고 향후 제빵업 근로자의 밀가루 노출평가와 작업환경개선을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다. 국내의 자동화 공정을 갖추고 있는 회사 1곳과 반자동화공정을 갖추고 있는 제빵회사 1곳의 계근, 정형, 분할, 배합공정에 근무하는 근로자 107명을 대상으로 밀가루분진에 대한 노출을 평가하였다. 공정별로 노출가능성이 높은 직무를 선정하여, 31명을 대상으로 흡입성분진을 측정하였으며, 76명을 대상으로 총분진을 측정하였다. 밀가루 흡입성분진의 측정은 ACGIH에서 권고하고 있는 흡입성분진 측정기인 Institute of Occupational Medicine(IOM) 샘플러를 사용하였으며, 총분진 측정은 미국 국립산업안전보건연구소 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서 추천하는 공정시험법인 NIOSH Method No. 500에 따라 실시하였다.

반자동화방식 회사에 근무하는 근로자의 흡입성분진의 노출농도는 4.39 ± 2.29 mg/m³으로 자동화방식 회사에 근무하는 근로자의 농도 2.38 ± 2.01 mg/m³보다 통계학적으로 유의하게 높았다. 공정별 밀가루 흡입성분진은 계근공정 근로자의 노출이 가장 높았으며, 배합공정, 정형공정 근로자순이었다. 공정별 밀가루 총분진은 계근공정 근로자의 노출이 가장 높았으며, 배합공정, 정형공정 근로자순이었다. 밀가루분진 측정 결과, 총분진 결과는 국내 기타분진 노출기준 10 mg/m³을 초과하지 않았으나 흡입성분진 결과는 시료 31개중 30개(96.8%)가 밀가루분진 노출권고기준인 0.5 mg/m³을 초과하였다. 밀가루분진에 대한 체계적인 노출관리를 위하여 총분진 측정에 의한 기타분진 노출기준 적용이 아닌 흡입성분진 측정에 의한 밀가루 흡입성분진 노출기준 적용이 필요하다고 판단된다. 국내 제빵회사 근로자의 밀가루분진 노출을 낮추기 위한 대책으로는 공정별 적절한 국소배기시설의 설치, 공정설비 및 작업방법개선, 개인보호구착용이 필요하다.

핵심어 : 밀가루분진, 흡입성분진, IOM샘플러, 제빵회사

I. 서론

밀가루분진(flour dust)은 밀, 호밀, 수수, 보리, 귀리, 식용 옥수수를 제분하는 과정이나 취급하는 과정에서 발생하는 유기성 먼지의 복합체이거나 배합된 상태라고 정의하고 있다. 밀과 호밀은 가장 일반적인 곡식으로 주로 제분상태로 활용되지만 콩, 완두콩, 스프용 완두콩, 과일 그리고 견과류도 곡분으로 사용되고 있다(ACGIH, 2007). ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienist, ACGIH)에서는 2001년에 밀가루분진에 노출이 되면, 폐기능이 감소하고, 만성기관지염의 유병률이 증가하고, 직업성천식이 발생되었다는 근거로 밀가루분진에 대한 8시간-시간가중평균노출기준 TLV-TWA(Threshold Limit Values-Time Weighted Average)를 흡입성분진 농도로 0.5 mg/m³을 권고하고, 감작제(Sensitizer, SEN) 경고 주석을 추가하였다(ACGIH, 2007). 또한, 영국 산업안전보건청(Health and Safety Executive, HSE)은 1989~1992년에 시행된 호흡기질환 감시체계연구에서 제빵사 천식 발생률을 100만명당 290~409명으로 제빵사를 고위험 직업으로 보고하고 있다. 또한, 1994년 Control of substances hazardous to health(COSHH)에 밀가루분진을 포함하였으며, 2002년 밀가루분진을 유해한 물질로 규정하였다(HSE, 2003). 2006년 3월에 한국산업안전공단에서는 “제과·제빵 사업장의 배합 및 정형공정에서 밀가루를 취급하던 작업자에게 직업성 천식 발생”을 알렸다(한국산업안전공단, 2006). 한국표준산업분류상 제빵업은 빵류 제조업이며, 신선, 냉동된 빵 및 생과자를 제조하는 산업활동을 의미한다. 한국표준직업분류상 제빵업 근로자를 제빵, 제과원으로 정의하고, 빵, 케이크, 비스킷, 파스트리 등을 제조하는 것을 말한다(통계청, 2005). 전국적으로 곡물 가공품, 전분 및 사료 제조업 사업장은 총 2,284개이었으며, 종사근로자수는 22,871명(노동부, 2005), 제빵업으로 파악된 5인 이상 사업장은 총 665개 사업장이었다(통계청, 2005). 2006년 국내 밀가루 소비량 180만톤 중 제빵용 밀가루는 22만8000톤으로 12.8%를 차지하고 있으며, 라면류 밀가루 다음으로 많이 사용되고 있다(농협, 2006).

산업안전보건법상에서 분진관련 노출기준으로 화학물질의 노출기준, 총분진 노

출기준, 호흡성분진 노출기준을 제시해주고 있다. 화학물질의 노출기준은 분진 물질을 포함한 유해물질 698종에 대한 노출기준을 제시해주고 있으며, 총분진 노출기준은 유리규산 함유량에 따라 분류한 제1종 분진, 제2종 분진, 제3종 분진과 석면 및 기타분진에 속한 유해물질 41종에 대한 노출기준을 제시해주고 있다. 호흡성분진 노출기준은 호흡성분진 측정이 필요한 유해물질 13종에 대한 노출기준을 제시하고 있다(노동부, 2002). 작업환경측정 및 정도관리규정(고시제2003-62호)에서 호흡성분진(respirable dust)은 호흡기를 통하여 폐포에 축적될 수 있는 크기의 분진을 말한다고 정의하고 있지만 총분진(total dust), 흡입성분진(inhalable dust), 흉곽성분진(thoracic dust)에 대해서는 명확한 정의와 측정 및 분석방법이 제시되어 있지 않다(노동부, 2003). 따라서 분진을 채취한 후 화학물질의 노출기준으로 평가하는 경우도 있고, 총분진 노출기준이나 호흡성분진 노출기준으로 평가하는 경우도 있어 통일성이 결여되고 있다. ACGIH의 정의에 따르면, 입경이 $100\mu\text{m}$ 이하인 먼지를 흡입성분진이라 하고, 호흡기관 어느 곳에라도 침전될 가능성이 있어서 유해한 분진이며, 입경이 $10\mu\text{m}$ 인 먼지를 흉곽성분진이라 하고, 폐기관과 가스교환부위에 침전될 가능성이 있으므로 유해한 분진이며, 입경이 $4\mu\text{m}$ 인 먼지를 호흡성분진이라 하고, 가스교환부위에 침전될 가능성이 있어 유해하다고 하고 있다(ACGIH, 2007). 총분진에 대한 정의는 일본산업위생학회 (Japan Society for Occupational Health, JSOH)에서 포집기 입구에서의 유속을 $50\sim 80\text{cm/sec}$ 로 하여 포집한 분진으로 하고 있다(JSOH, 2006). 미국에서는 총분진법은 노출기준이 설정되어 있지 않거나 성분이 확인되지 않은 물질을 대상으로 적용하고 있으며, 흡입성분진, 흉곽성분진, 호흡성분진에 대한 명확한 정의를 하고 있으며, 측정 및 분석방법을 제시하고 있다. 현재 우리나라에서 실시되고 있는 밀가루분진에 대한 관리는 ACGIH의 기준을 준용하게 되어 있다. ACGIH에서는 곡물분진과 밀가루분진에 대한 기준이 별도로 되어 있으며, 적합한 측정방법을 제시하여주고 있지만, 우리나라에서는 곡물분진과 밀가루분진이 명확하게 구분되지 않은 상태로 2005년 10월에 산업안전보건법상 작업환경측정대상 유해인자에 “곡물분진”이 추가되었다(노동부, 2005). 밀가루분진에 대한 국내 노출기준이 설정되어 있지 않고, ACGIH 밀가루분진 기준 0.5 mg/m^3 를 준용하도록 하고 있으며, 흡입성분진, 총분진, 호흡성분

진, 흡광성분진에 대한 명확한 정의와 측정방법이 정해져 있지 않아 일부 작업환경측정기관에서 측정방법을 구분하지 않고, 국내 기타분진 노출기준인 10 mg/m³을 적용하고 있는 실정이다. 또한, 2006년 한국산업안전공단에서는 밀가루분진 노출관리의 문제점을 보완하기 위해서 노출기준 제·개정 연구를 실시하였다(한국산업안전공단, 2006).

제빵업 근로자들의 밀가루분진 노출연구 자료를 보면, 스웨덴의 12개 제빵회사의 근로자 대상 연구(GM=2.5 mg/m³)(Burdorf 등, 1994), 29명의 제빵업 근로자를 대상으로 한 연구(range=0.6~8.5 mg/m³)(Lillienberg 와 Brisman, 1994), 546명을 대상으로 한 연구(GM=1 mg/m³, range=0.11~37.1 mg/m³)(Houba 등, 1996), 영국의 제빵업 근로자 208명을 대상으로 한 연구(GM=3.71 mg/m³)(Elms 등, 2005), 네덜란드의 수작업 제빵업 근로자 200명(GM=1.5 mg/m³)과 자동화 제빵업 근로자 381명(GM=1.0 mg/m³)을 대상으로 한 연구(Meijster 등, 2007)가 보고되었다. 국외에서 제빵회사 근로자들의 밀가루분진 노출연구와 건강영향에 관한 연구가 이루어지고 있으며, 국내에서 밀가루분진에 의한 직업성 천식이 발생하였지만(한국산업안전공단, 2006), 현재 국내 제빵회사의 밀가루분진의 노출, 단위작업장소인 제빵업의 공정별 작업내용, 생산방법 및 생산품목에 따라 노출되는 밀가루분진의 분포와 평가에 관한 자료가 매우 미흡하며, 밀가루분진에 대한 흡입성분진 노출평가는 이루어지지 않은 실정이다.

이에 본 연구에서는 제빵회사 근로자들을 대상으로 공정에 따른 작업특성을 파악하고, 생산방법, 생산품목, 공정에 따른 밀가루분진 농도를 측정, 밀가루분진 노출관리의 문제점을 파악하여 향후 제빵업 근로자의 밀가루 노출평가와 작업환경개선을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2006년 7월 23일부터 10월 30일까지 국내의 자동화공정을 갖추고 있는 회사 1곳과 반자동화공정을 갖추고 있는 제빵회사 1곳의 계근, 정형, 분할, 배합공정에 근무하는 근로자 107명을 대상으로 밀가루분진에 대한 노출을 평가하였다. 공정별로 노출가능성이 높은 직무를 선정하여, 31명을 대상으로 흡입성분진을 측정하였으며, 76명을 대상으로 총분진을 측정하였으며, 대상자들에게 흡입성분진과 총분진을 중복하여 측정하지 않았다.

2. 연구 방법

가. 공기 중 밀가루분진 시료채취

밀가루 흡입성분진의 측정은 ACGIH에서 권고하고 있는 흡입성분진 측정기인 Institute of Occupational Medicine(IOM) 샘플러(Figure 1)와 25mm 5 μ m PVC 필터를 사용하였으며, 고유량 펌프(MSA, USA)에 연결하여 유량을 2.0L/min으로 하여 작업시간동안 측정하였다. 정확성을 위하여 시료채취 전 후 유량을 IOM 샘플러 유량보정용 어댑터(SK, USA)와 1차표준기기인 비누거품미터(Giliator, Gilian, USA)로 보정하였다. 측정 전, 후 필터의 무게는 카세트 윗부분과 바닥부분 사이에 필터를 분리하지 않고 무게를 잴으며 측정 후 시료의 이동은 IOM 샘플러 운반용 클립을 이용하였다.

총분진 측정은 미국 국립산업안전보건연구소(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서 추천하는 공정시험법인 NIOSH Method No. 500

에 따라 실시하였다(NIOSH, 1994). 37mm 3단 카세트와 37mm 5 μ m PVC필터를 사용하였으며, 고유량펌프(Gilian, USA; MSA, USA)에 연결하여 유량을 1~2 L/min으로 하여 작업시간동안 측정하였으며, 정확성을 위하여 시료채취 전 후 유량을 1차표준기기인 비누거품미터(Giliator, Gilian, USA)로 보정하였다.

근로자의 교대근무는 12시간 맞교대(주간근무: 오전6시~오후6시, 야간근무: 오후6시~오전6시)로 이루어지며, 시료 채취는 주간 근무조의 계근, 배합, 분할, 정형 공정에 근무하는 근로자를 대상으로 6시간 이상 측정하였으며, 공시료는 공정별로 하나씩 만들었다.

나. 공기 중 밀가루분진의 분석

흡입성분진과 총분진은 중량분석법을 이용하여 분석하였으며, 측정시료는 테시케이터 안에서 하룻밤 방치시켜 수분을 제거하였다. 흡입성 분진 시료의 측정 후, 무게는 카세트 윗부분과 바닥부분에 필터를 분리하지 않은 상태로 잰으며, 총분진 시료는 카세트를 열어 필터만 꺼내어 무게를 재었다. 사용한 전자저울(AP-210, OHAUS, USA)의 정확도는 0.01mg 이었으며, 중량분석 전 후에 무게가 100g인 저울보정용 추를 이용하여 저울보정을 실시하였다.

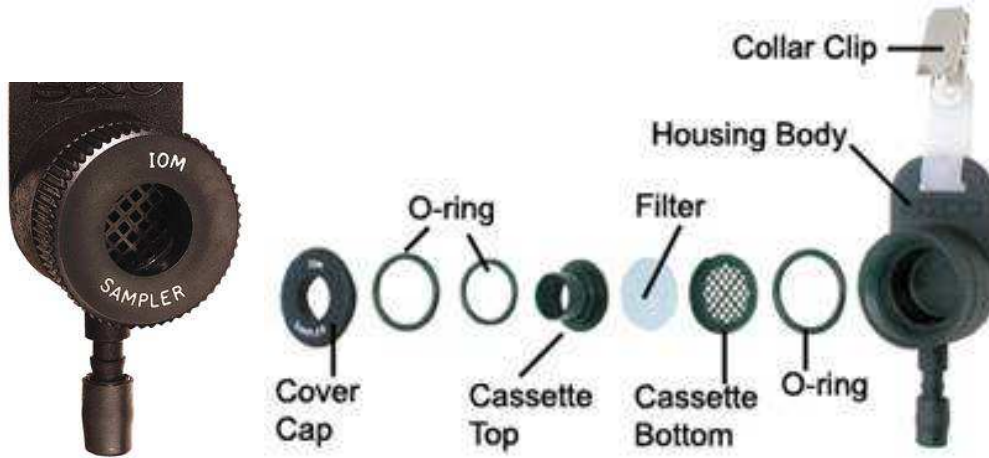


Figure 1. IOM inhalable dust sampler

3. 자료 분석

결과에 대한 통계학적 분석은 SPSS 프로그램을 이용하였다. 생산방식별, 생산품목별 밀가루분진의 농도차이를 보기 위해 총분진과 흡입성분진으로 나누어 각각 t-test를 실시하였다. 공정별 밀가루분진의 농도차이를 보기 위해 총분진과 흡입성분진으로 나누어 각각 one-way ANOVA를 실시하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 제빵회사의 작업공정

대형 제빵회사의 교대근무는 2교대로 이루어지고 있으며, 12시간 근무를 한다. 교대근무는 주간근무 근로자(오전6시~오후6시)와 야간근무 근로자(오후6시~오전6시)가 근무조의 작업시간이 바뀌지 않고, 지속적으로 유지가 된다. 2곳의 제빵회사 모두 생산라인과 외부와 철저히 분리되어 있었으며, 공조시설을 갖추고 있었다. 제빵회사의 생산 공정은 계근, 배합, 분할, 정형, 오븐, 포장, 출하로 구분된다. 생선품목에 따라서 생산라인을 구분하고 있으며, 각각의 생산라인마다 계근, 배합, 분할, 정형, 오븐, 포장공정이 있다. 반자동화회사와 자동화회사의 작업순서와 구조는 같다. 제빵회사의 오븐공정과 포장공정은 반자동화회사와 자동화회사 모두 자동화로 이루어지며, 근로자가 밀가루분진에 노출가능성이 있는 공정은 계근, 배합, 분할, 정형공정이다. 제빵법으로 모든 재료를 한꺼번에 섞어 반죽한 후 발효시키는 방법인 직접반죽법(straight dough method)(Figure 2)과 믹싱기를 사용하는 스펀지도우법(sponge dough method)(Figure 3)이 가장 흔히 사용되고 있으며(곽성호, 2004), 제빵회사에서는 직접반죽법과 스펀지 도우법을 이용하여 생산을 하고 있다.

각 공정별 역할을 살펴보면, 라인별로 계근공정에 근무하는 근로자는 1~2명이며, 밀가루를 한 번에 사용하는 양만큼 나누어 담은 작업을 한다. 계근공정은 스펀지 도우법을 이용하는 라인에서만 이루어진다. 20kg 포대에 들어있는 밀가루를 채역할을 하는 기계에 넣어 걸러진 밀가루를 플라스틱 바가지를 이용하여 종이봉투에 나누어 담은 공정과 소형 싸이로에 들어있는 밀가루를 무게확인만 하여 싸이로에서 바로 종이봉투에 나누어 담은 공정이 있다. 계근 작업실에는 국소배기시설이 되어 있다. 또한 20kg 포대로 공급이 어려운 생산라인으로 공급해주는 중앙계근실이 있다.

배합공정은 믹싱기와 배합기가 있으며, 믹싱기는 밀가루 반죽을 물게하는 스펀

지 도우법 라인에서 사용되며, 배합기는 밀가루 반죽을 되게 하는 직접반죽법 라인에서 사용된다. 믹싱작업 근로자는 믹싱기가 여러 가지 식재료 혼합시에 밀가루와 분말형태의 부재료를 부어주는 작업을 하며, 믹싱을 마친 밀가루반죽은 분할기에 넣어준다. 배합기는 믹싱기와 달리 배합기로 밀가루를 포함한 모든 재료들이 라인을 통해 들어간다. 배합기 작업 근로자는 배합기 내부에서 밀가루 반죽이 돌아가면서 만들어질 때, 배합기의 문을 1/5~1/10정도 열고, 밀가루 반죽의 배합상태를 확인을 하는 작업을 하며, 배합이 끝난 밀가루 반죽을 숙성전용통에 넣어 숙성실로 이동시키는 작업을 한다. 믹싱기를 이용한 배합공정에는 숙성과정이 없으며, 배합기를 이용하는 공정에서만 밀가루 반죽 숙성과정이 있다. 배합공정에 근무하는 근로자가 밀가루 분진에 노출 될 가능성이 있는 작업으로는 믹싱기가 돌아갈 때, 밀가루를 부어주는 작업과, 배합기 문을 1/5~1/10정도 열고 밀가루 반죽의 상태 확인을 하는 작업으로 볼 수 있다.

분할공정은 밀가루반죽을 분할기계에 넣어주고 분할기계에 밀가루를 보충해주는 작업이다. 분할기계로 밀가루반죽을 일정한 크기로 분할시킨 후, 분할된 밀가루 반죽이 이동라인으로 이동하는데, 분할기계는 분할된 밀가루반죽이 이동라인에 달라붙지 않도록 밀가루를 뿌려준다. 분할공정 근무하는 근로자가 밀가루 분진에 노출될 가능성이 있는 작업은 분할기계에 밀가루를 보충하는 작업과 청소작업이다. 주로 플라스틱으로 된 바지를 사용하여 분할기계에 밀가루를 보충시켜주며, 분할기계 주변에 떨어진 밀가루를 주기적으로 청소한다. 청소시에는 가정에서 일반적으로 사용하는 빗자루를 이용하며, 분무기를 이용하여 기계주변을 청소하기도 한다.

정형공정은 배합공정에 따라 두 가지로 구분할 수 있다. 믹싱기를 이용하는 라인의 정형공정 근로자는 밀가루반죽을 직접적으로 만지지 않으며, 분할기계에 오븐용 틀을 넣어주는 작업을 하며, 배합기를 이용하는 라인의 정형공정 근로자는 일정한 크기로 분할된 밀가루반죽을 가지고 모양을 만드는 작업이다. 생산품목에 따라 방법이 다르며, 일반 식빵을 생산하는 라인의 정형작업자는 밀가루반죽의 크기를 조절하여 오븐용 용기에 넣어주는 작업을 하며, 한 공정에 3~4명이 작업을 한다. 정형공정에 근무하는 근로자가 밀가루 분진에 노출될 가능성이 있는 작업은

밀가루반죽을 두드리고, 자르면서 모양을 만드는 작업과 주기적으로 이동라인에 밀가루를 뿌려주는 작업이다.

반자동화 회사의 생산품목이 자동화회사의 생산품목보다 다양하며, 파이와 파배기 같이 사람의 손을 거치지 않고, 생산이 불가능한 빵은 자동화회사에서 생산을 하지 않는다. 자동화회사에서 한 번에 만드는 밀가루 반죽의 양이 반자동화회사보다 많으므로, 배합기와 분할기의 크기 또한 크다. 직접반죽법 활용 라인에서 반자동화 회사는 라인별로 정형공정에 근무하는 근로자는 10명 정도이며, 반죽을 일일이 손으로 두드리고, 만지면서 모양을 만들고, 이동라인에 반죽이 달라붙지 않도록 주기적으로 밀가루를 뿌려준다. 자동화 회사의 정형공정 근로자는 라인별로 2~3명 정도이며, 주기적으로 이동라인에 밀가루를 뿌려주고, 반죽의 자리배치와 불량품을 골라내는 작업을 한다. 반자동화회사는 자동화회사에 비해 좁은 공간에서 많은 정형공정 근로자가 동시에 밀가루반죽을 두드리고 자르면서, 밀가루 반죽과 이동라인에 있는 밀가루 분진의 비산이 생긴다.

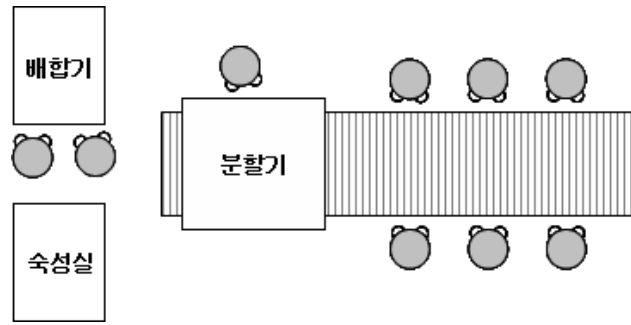


Figure 2. Straight dough method

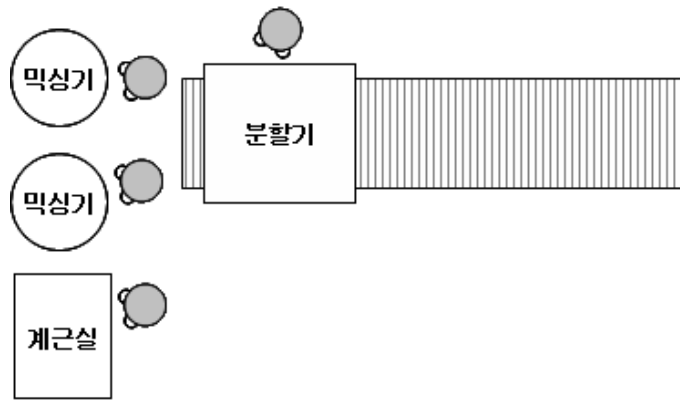


Figure 3. Sponge dough method

2. 밀가루분진 노출 실태

가. 밀가루 흡입성분진 농도

생산방식별 밀가루 흡입성분진 농도는 반자동화회사(근로자 21명) 4.39 ± 2.29 (3.37 ± 2.82) [산술평균 \pm 표준편차(기하평균 \pm 기하표준편차)] mg/m^3 이고, 자동화회사(근로자 10명) 2.38 ± 2.01 (1.89 ± 1.93) mg/m^3 이었다. 반자동화회사의 밀가루 흡입성분진 농도가 자동화회사보다 통계학적으로 유의하게 높았다.

생산품목별 밀가루 흡입성분진 농도는 생산라인이 구분되지 않고 계근작업만 이루어지는 중앙계근실 근로자 흡입성분진 시료 4개(반자동화회사 3개, 자동화회사 1개)를 제외하였다. 반자동화회사의 생산품목별 농도는 일반식빵 생산라인(근로자 4명) 3.99 ± 0.76 (3.93 ± 1.21) mg/m^3 이고, 기타빵류 생산라인(근로자 14명) 3.811 ± 1.86 (2.74 ± 3.31) mg/m^3 이었다. 자동화회사의 생산품목별 농도는 일반식빵 생산라인(근로자 5명) 1.31 ± 0.30 (1.27 ± 1.27) mg/m^3 이고, 기타빵류 생산라인(근로자 4명) 2.49 ± 1.43 (2.20 ± 1.79) mg/m^3 이었다. 생산방식을 구분하지 않고, 생산품목으로만 구분한 농도는 일반식빵 생산라인(근로자 9명) 2.50 ± 1.50 (2.11 ± 2.94) mg/m^3 이고, 기타빵류 생산라인(근로자 18명) 3.51 ± 1.82 (2.61 ± 1.87) mg/m^3 이었다. 생산품목별 밀가루 흡입성분진의 농도는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

공정별 밀가루 흡입성분진 농도는 반자동화회사의 계근공정(근로자 5명) 5.66 ± 3.68 (4.61 ± 2.16) mg/m^3 이고, 배합공정(근로자 9명) 3.80 ± 2.05 (2.41 ± 4.31) mg/m^3 이고, 분할공정(근로자 1명) 4.759 mg/m^3 이고, 정형공정(근로자 6명) 4.15 ± 1.07 (4.04 ± 1.29) mg/m^3 이었다. 자동화회사의 계근공정(근로자 1명)은 7.32 mg/m^3 이고, 배합공정(근로자 2명) 1.48 ± 0.85 (1.35 ± 1.84) mg/m^3 이고, 분할공정(근로자 3명) 1.32 ± 0.08 (1.32 ± 1.07) mg/m^3 이고, 정형공정(근로자 4명) 2.40 ± 1.47 (2.10 ± 1.81) mg/m^3 이었다. 생산방식을 구분하지 않고, 공정으로만 구분한 흡입성분진을 보면, 계근공정(근로자 6명) 5.93 ± 3.36 (4.98 ± 2.04) mg/m^3 이고, 배합공정(근로자 11명) 3.38 ± 2.08 (2.17 ± 3.82) mg/m^3 이고, 분할공정(근로자 4명) 2.18 ± 1.71 (1.82 ± 1.90) mg/m^3 이고, 정형공정(근로자 10명) 3.45

$\pm 1.48(1.68 \pm 1.08)$ mg/m³이었다. 흡입성분진 농도는 계근공정이 가장 높았으며, 정형, 배합, 분할공정 순으로 통계학적으로 유의하였다(Table 1).

나. 밀가루 총분진 농도

생산방식별 밀가루 총분진 농도는 반자동화회사(근로자 66명) $0.72 \pm 0.84(0.42 \pm 3.12)$ mg/m³이고, 자동화회사(근로자 10명) $1.30 \pm 1.89(0.84 \pm 2.24)$ mg/m³이었으며, 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

생산품목별 밀가루 총분진 농도는 중앙계근실 근로자 총분진 시료 2개(반자동화회사 1개, 자동화회사 1개)와 밀가루 포대를 창고에 적재하는 지게차 운전 근로자 총분진 시료 2개(반자동화회사)를 제외하였다. 반자동화회사의 생산품목별 총분진을 보면, 일반식빵 생산라인(근로자 13명) $0.87 \pm 0.60(0.63 \pm 2.70)$ mg/m³이고, 기타빵류 생산라인(근로자 50명) $0.63 \pm 0.86(0.35 \pm 3.12)$ mg/m³이었다. 자동화회사의 생산품목별 총분진을 보면, 일반식빵 생산라인(근로자 3명) $0.65 \pm 0.29(0.61 \pm 1.54)$ mg/m³이고, 기타빵류 생산라인(근로자 6명) $0.74 \pm 0.26(0.70 \pm 1.46)$ mg/m³이었다. 생산방식을 구분하지 않고, 생산품목으로만 구분한 총분진을 보면, 일반식빵 생산라인(근로자 16명) $0.83 \pm 0.55(0.62 \pm 2.46)$ mg/m³이고, 기타빵류 생산라인(근로자 56명) $0.64 \pm 0.82(0.38 \pm 3.01)$ mg/m³이었다. 생산품목별 밀가루 총분진의 농도는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

공정별 밀가루 총분진 농도는 밀가루 포대를 창고에 적재하는 지게차 운전 근로자의 총분진 시료 2개(반자동화회사)를 제외하였다. 반자동화회사의 공정별 총분진을 보면, 계근공정(근로자 7명) $1.25 \pm 0.75(1.07 \pm 1.85)$ mg/m³이고, 배합공정(근로자 29명) $0.89 \pm 1.08(0.50 \pm 3.14)$ mg/m³이고, 분할공정(근로자 11명) $0.39 \pm 0.33(0.26 \pm 2.93)$ mg/m³이고, 정형공정(근로자 17명) $0.52 \pm 0.46(0.38 \pm 2.23)$ mg/m³이었다. 자동화회사의 공정별 총분진을 보면, 계근공정(근로자 1명) 6.64 mg/m³이고, 배합공정(근로자 5명) $0.69 \pm 0.34(0.62 \pm 1.64)$ mg/m³이고, 분할공정(근로자 3명) $0.73 \pm 0.15(0.72 \pm 1.23)$ mg/m³이고, 정형공정(근로자 1명) 0.78 mg/m³이었다. 생산방식을 구분하지 않고, 공정으로만 구분한 총분진

을 보면, 계근공정(근로자 8명) $1.92 \pm 2.03(1.34 \pm 2.36)$ mg/m³이고, 배합공정(근로자 34명) $0.86 \pm 1.01(0.51 \pm 2.92)$ mg/m³이고, 분할공정(근로자 14명) $0.46 \pm 0.33(0.32 \pm 2.82)$ mg/m³이고, 정형공정(근로자 18명) $0.54 \pm 0.45(0.40 \pm 2.22)$ mg/m³이었다. 총분진 농도는 계근공정이 가장 높았으며, 정형, 배합, 분할공정 순으로 통계학적으로 유의하였다(Table 2).

Table 2. Inhalable flour dust exposure

		N	Mean±SD (mg/m ³)	GM±GSD (mg/m ³)	P value	
Bakery type	Semiautomated industrial bakery	21	4.39±2.29	3.37±2.82	0.025 ¹⁾	
	Automated industrial bakery	10	2.38±2.01	1.89±1.93		
	Total	31	3.74±2.37	2.80±2.61		
Kind of bread production	Semiautomated industrial bakery	Bread production	4	3.99±0.76	3.93±1.21	0.776 ²⁾
		Other bread	14	3.81±1.86	2.74±3.31	
	Automated industrial bakery	Bread production	5	1.31±0.30	1.27±1.27	0.112 ³⁾
		Other bread	4	2.49±1.43	2.20±1.79	
	Total	Bread production	9	2.50±1.50	2.11±2.94	0.164 ⁴⁾
		Other bread	18	3.51±1.82	2.61±1.87	
Job categories	Weighing	6	5.93±3.36	4.98±2.04	0.045 ⁵⁾	
	Mixing	11	3.38±2.08	2.17±3.82		
	Partition	4	2.18±1.71	1.82±1.90		
	Fixing	10	3.45±1.48	1.68±1.08		

N, Total number of personal air samples taken; SD, standard deviation; GM, geometric mean; GSD, geometric standard deviation; ^{1) 2) 3) 4)}t-test ⁵⁾one-way ANOVA

Table 3. Total flour dust exposure

		N	Mean±SD (mg/m ³)	GM±GSD (mg/m ³)	P value	
Bakery type	Semiautomated industrial bakery	66	0.72±0.84	0.42±3.12	0.101 ¹⁾	
	Automated industrial bakery	10	1.30±1.89	0.84±2.24		
	Total	76	0.80±1.04	0.46±3.07		
Kind of bread production	Semiautomated industrial bakery	Bread production	13	0.87±0.60	0.63±2.70	0.348 ²⁾
		Other bread	50	0.63±0.86	0.35±3.12	
	Automated industrial bakery	Bread production	3	0.65±0.29	0.61±1.54	0.648 ³⁾
		Other bread	6	0.74±0.26	0.70±1.46	
	Total	Bread production	16	0.83±0.55	0.62±2.46	0.396 ⁴⁾
		Other bread	56	0.64±0.82	0.38±3.01	
Job categories	Weighing	8	1.92±2.03	1.34±2.36	0.006 ⁵⁾	
	Mixing	34	0.86±1.01	0.51±2.92		
	Partition	14	0.46±0.33	0.32±2.82		
	Fixing	18	0.54±0.45	0.40±2.22		

N, Total number of personal air samples taken; SD, standard deviation; GM, geometric mean; GSD, geometric standard deviation; ^{1) 2) 3) 4)}t-test ⁵⁾one-way ANOVA

다. 밀가루분진 농도의 노출권고기준 초과율

제빵회사의 밀가루 흡입성분진 농도를 생산방식과 공정별로 나누어, 국내에서 밀가루분진 노출권고기준으로 준용하고 있는 ACGIH의 밀가루분진의 흡입성분진 노출기준인 0.5 mg/m³에 따른 초과율을 보았다. 또한, 총분진 농도를 공정별로 나누어 국내의 일부 작업환경측정기관에서 밀가루분진 노출기준으로 적용하고 있는 국내 기타분진 노출기준 10 mg/m³에 따른 초과율을 보았다.

밀가루 흡입성분진 농도는 반자동화회사는 95.3%, 자동화회사는 100%가 0.5 mg/m³를 초과하였다(Table 3). 공정별로는 계근공정, 분할공정, 정형공정 100%, 배합공정 90.9%, 전체공정 96.8%가 0.5 mg/m³를 초과하고, 전체시료의 3.2%만이 0.5 mg/m³미만이였다(Table 4). 밀가루 총분진 농도는 국내 기타분진 노출기준 10 mg/m³을 적용시 모든 공정에서 초과하지 않았다(Table 5).

Table 4. Percent of inhalable flour dust measurements exceed 0.5 mg/m³ by bakery type

Bakery type	Inhalable dust		
	N	<TWA (0.5 mg/m ³) (%)	>TWA(0.5 mg/m ³) (%)
Semiautomated industrial bakery	21	4.7	95.3
Automated industrial bakery	10	0.0	100.0
Total	31	3.2	96.8

Table 5. Percent of inhalable flour dust measurements exceed 0.5 mg/m³ by job categories

Job categories	Inhalable dust		
	N	<TWA (0.5 mg/m ³) (%)	>TWA(0.5 mg/m ³) (%)
Weighing	6	0.0	100
Mixing	11	9.1	90.9
Partition	4	0.0	100.0
Fixing	10	0.0	100.0
Total	31	3.2	96.8

Table 6. Percent of total flour dust measurements exceed 10 mg/m³ by job categories

Job categories	Total dust		
	N	<TWA (10 mg/m ³) (%)	>TWA (10 mg/m ³) (%)
Weighing	8	100	0
Mixing	34	100	0
Partition	14	100	0
Fixing	8	100	0
Total	74	100	0

IV. 고 찰

과거에 비해 현대인들의 밀가루 소비량은 크게 늘어나면서, 빵의 소비량 또한 늘어나고 있다. 국내의 제빵회사들은 전국적으로 늘어가는 체인점과 여러 유통망을 통해서 빵의 생산량을 늘려가고 있다. 국내에서 제빵업 근로자에게서 밀가루에 의한 직업성천식 환자가 발생하였지만, 밀가루는 화학물질과 달리 건강에 해로운 물질로 인식하지 못하는 경우가 많다. 밀가루분진에 노출된 근로자의 호흡기계증상 유병률이 높았으며(Gimenez 등, 1995), 전반적으로 호흡기에 증상을 유발하였으며, 비염과 만성기관지염과 천식이 나타나는 것으로 보고되었다(Brisman과 Jarvholm, 1995; Houba 등, 1996; Houba 등, 1998; Zuskin 등, 1998). 또한, 밀가루분진 노출과 밀 알레르기, α -아밀라제 노출이 같은 추세를 보인다고 보고하였다(Bulat 등, 2004; Houba 등, 1996; Meijster 등, 2007). 국외에서의 밀가루분진 노출에 대한 다양한 연구와 체계적인 관리가 이루어지고 있지만, 국내에서는 밀가루분진 관련연구는 미흡한 실정이다.

제빵회사의 생산방식에 따라 밀가루분진 노출에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 조사한 결과 흡입성분진 농도는 반자동화방식회사가 자동화방식회사보다 통계학적으로 유의하게 높았다. 총분진 농도는 자동화방식회사가 반자동화방식회사보다 높았으며, 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 이는 Meijster 등(2007)의 연구결과에서 전통 제빵업 근로자 200명과 자동화방식회사 근로자 381명을 대상으로 밀가루분진의 흡입성분진 노출 연구결과, 전통제빵업 근로자의 노출농도($GM=1.5 \text{ mg/m}^3$)가 자동화방식회사가 근로자의 노출농도($GM=1.0 \text{ mg/m}^3$)보다 높다는 결과와 유사하다.

제빵회사의 생산품목에 따라 밀가루분진 노출농도의 차이를 알아본 결과, 흡입성분진 결과 반자동화방식회사에서는 일반식빵 생산라인이 높았으며, 자동화방식회사에서는 기타식빵라인이 높았다. 총분진 결과 반자동화방식회사에서는 일반식빵 생산라인의 농도가 높았으며, 자동화방식회사에서는 기타식빵 생산라인이 높았다. 이는 Bulat 등(2004)의 연구결과에서 일반식빵 생산라인 근로자 29명과 기타식

빵 생산라인 근로자 57명을 대상으로 밀가루 흡입성분진을 측정 한 연구결과, 일반 식빵 생산라인 근로자의 노출농도($GM=2.10 \text{ mg/m}^3$)가 기타식빵 생산라인 근로자의 노출농도($GM=1.11 \text{ mg/m}^3$)보다 높으며 본 연구와 비슷한 결과였다. Bulat 등(2004), Meijster 등(2007)의 연구결과에서 생선포목이 밀가루분진 노출에 상관성을 보인다고 하고 있다. 본 연구에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며, Elms 등(2005)의 연구에서 영국에서 잉글랜드, 스코틀랜드, 웨일즈로 지역을 구분하여 밀가루분진 노출 결과, 밀가루분진 노출에 지역에 따라 다른 제빵방식과 생선포목이 상관성을 보인다는 보고하고 있다.

Elms 등(2003)의 영국 제빵회사의 공정별 밀가루 흡입성분진 노출연구 결과, 계근공정의 노출농도가 가장 높았으며, 정형공정, 배합공정 순이었다고 보고하였으며, Houba 등(1996)의 연구결과에서 배합공정과 정형공정의 노출농도가 가장 높다고 보고하였다. 본 연구결과는 제빵회사의 공정별 밀가루분진 노출농도를 알아본 결과, 흡입성분진은 계근공정 근로자의 노출농도가 가장 높았으며, 배합공정, 정형공정, 분할공정 순으로 통계학적으로 유의하였으며, 충전진은 계근공정 근로자의 노출농도가 가장 높았으며, 배합공정, 정형공정, 분할공정 순으로 통계학적으로 유의하였다.

캐나다 제분소 근로자의 밀가루 흡입성분진 노출(Karpinski, 2003)에 따르면, IOM 샘플러와 37mm카셋트를 같은 곳에 두고 측정을 하였으며, 총 17개 지역에서 측정을 하여 농도를 비교하였을 때, 흡입성분진의 농도($GM=2.17 \text{ mg/m}^3$)가 충전진의 농도($GM=0.82 \text{ mg/m}^3$)보다 약 2배정도 높았다. 또한, 이러한 결과의 이유로는 흡입성분진 측정법은 IOM샘플러의 카셋트와 필터를 분리하지 않고 분석이 이루어지지만, 충전진 측정법은 37mm카셋트의 벽면에 붙어있는 밀가루분진이 제외되는 것과 카셋트에서 필터를 분리시킬 때, 측정된 밀가루분진이 손실되는 것과 IOM샘플러가 37mm카셋트보다 입구가 크며, 효과적으로 흐름을 막는 것으로 예상된다고 보고하였다. IOM샘플러와 open face 37mm카셋트를 이용한 흡입성분진 개인노출 연구(Liden 등, 2000)에 따르면, 밀가루분진에 대한 연구는 총 99명의 근로자를 대상으로 이루어졌으며, 근로자 한사람에게 IOM샘플러와 open face 37mm카셋트를 동시에 착용하게 하였으며, 결과로는 흡입성분진의 농도($GM=4.4 \text{ mg/m}^3$)가 충전진

의 농도($GM=1.6 \text{ mg/m}^3$)보다 약 3배정도 높았다고 보고하였다. 또한 open face 37 mm 카세트는 입경이 $45\mu\text{m}$ 보다 큰 분진에 대해서는 포집효율이 10% 이하였으며, 입경이 $100\mu\text{m}$ 이하인 흡입성분진 측정에 적합하지 않다고 하였다. 제빵회사 밀가루분진의 두가지 측정법 비교 연구(Lillienberg와 Brisman, 1994)에 따르면, 29명의 근로자를 대상으로 IOM 샘플러와 37mm 카세트를 함께 착용하게 하였으며, 결과는 IOM 샘플러의 측정결과가 37mm 카세트의 측정결과보다 2배 높았다.

Elms 등(2003)의 연구에서 계근, 배합, 정형공정 근로자의 흡입성분진 노출결과 모두 0.5 mg/m^3 을 초과하였고, Karpinski(2003)의 연구에서는 연구대상 전체의 흡입성분진 결과의 97.1%가 0.5 mg/m^3 을 초과하였다고 보고되었다. 이외의 밀가루분진의 흡입성분진 노출 연구(Meijster 등, 2007; Bulat 등, 2004; Liden 등, 2000; Lillienberg와 Brisman, 1994; Burdorf 등, 1994; Houba 등, 1996; Burstyn 등, 1997) 결과에서도 밀가루 흡입성분진 노출농도 평균이 0.5 mg/m^3 을 초과하였다. 국내 밀가루분진 관련 사업장을 방문하여 조사한 결과, 작업환경측정기관에 따라 총분진 또는 호흡성분진 측정 후, 노출기준 10 mg/m^3 을 적용하여 체계적인 관리가 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 밀가루 총분진 농도는 국내 기타분진 노출기준 10 mg/m^3 을 적용시 모든 공정에서 초과하지 않았지만, 밀가루 흡입성분진 농도는 계근공정, 분할공정, 정형공정 100%, 배합공정 90.9%, 전체공정 96.8%가 밀가루분진 노출권고기준인 0.5 mg/m^3 를 초과하고, 전체시료의 3.2%만이 미만이였다. 이는 밀가루분진 노출농도가 과소평가되고 있다고 판단된다. 또한, 2005년 10월에 작업환경측정대상 유해인자에 “곡물분진”이 추가되어 밀가루분진 측정이 이루어지고 있지만, 산업안전보건법상에서 밀가루분진의 노출기준이 설정되어 있지 않아 총분진 또는 호흡성분진 농도를 측정하고 기타분진 노출기준을 적용하는 관리제도상의 문제점이 있다.

본 연구의 제한점으로는 직무노출메트릭스에 의한 노출평가가 아니므로 정확한 노출평가를 위해 향후 연구에서 밀가루분진 노출평가에 영향을 줄 수 있는 라인별 면적 및 근무자수, 사용되는 부재료의 종류 및 사용량에 대한 조사가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

제빵회사 근로자의 밀가루분진 노출실태를 알아보기 위하여 제빵회사 2곳의 계근, 배합, 분할, 정형공정에 근무하는 근로자를 대상으로 하여, 밀가루 흡입성분진과 밀가루 총분진 농도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 밀가루 흡입성분진 농도는 반자동화 회사에 근무하는 근로자가 자동화 회사에 근무하는 근로자보다 통계학적으로 유의하게 높았으며, 공정별 밀가루 흡입성분진 농도는 계근공정 근로자의 노출이 가장 높았으며, 배합공정, 정형공정, 분할공정 근로자순이었다.

2. 공정별 밀가루 총분진은 계근공정 근로자의 노출이 가장 높았으며, 배합공정, 정형공정, 분할공정 근로자순이었다.

3. 밀가루 흡입성분진 측정 결과, 시료 31개중 30개(96.8%)가 밀가루분진 노출권고기준인 0.5 mg/m^3 을 초과하였다.

4. 밀가루 총분진 측정 결과, 시료 76개중 국내 기타분진 노출기준 10 mg/m^3 을 초과하는 시료는 없었다.

본 연구의 결과를 종합하면 제빵회사에 근무하는 근로자의 총분진 결과는 국내 기타분진 노출기준을 초과하지 않았으나, 대부분의 밀가루 흡입성분진은 노출권고기준을 초과하고 있었다.

밀가루분진에 대한 체계적인 노출관리를 위하여 총분진 측정에 의한 기타분진 노출기준 적용이 아닌 흡입성분진 측정에 의한 밀가루 흡입성분진 노출기준 적용이 필요하다고 판단된다. 국내 제빵회사 근로자의 밀가루분진 노출을 낮추기 위한 대책으로는 공정별 적절한 국소배기시설의 설치, 공정설비 및 작업방법개선, 개인

보호구착용이 필요하며, 반자동화 회사는 생산품목에 따라 수작업이 필요하므로 체계적인 노출관리가 필요하다.

참 고 문 헌

- 곽성호. 최신 제과·제빵 이론 및 실무. 양서원, 2004;21-115
- 노동부. 사업체노동실태현황. 노동통계. 2005
- 노동부. 작업환경측정대상유해인자. 산업안전보건법시행규칙 별표 11의3. 2005
- 노동부. 작업환경측정 및 정도관리규정. 노동부고시 제2003-62호. 2003
- 노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준. 노동부고시 제2002-8호. 2002
- 농협. 농업뉴스. 제1737호. 2006
- 통계청. 통계표준분류. 2005
- 한국산업안전공단. 곡물분진에 의한 직업성천식발생. KOSHA-alert. 2006
- 한국산업안전공단. 노출기준 제·개정연구-밀가루(곡분)분진. 연구원 2006-131-836.
2006
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH).
Threshold limit values and biological exposure indices. 2007
- Brisman J, Jarvholm BG. Occurrence of self-reported asthma among
Swedish bakers. Scand J Work Environ Health 1995;21:487-493

Bulat P, Katrien M, Lutgart B, Sprundel, Edouard K, Doekes, Kerstin P, Droste J, Vanhoorne M. Exposure to inhalable dust, wheat flour and α -amylase allergens in industrial and traditional bakeries. *Ann Occup Hyg* 2004;48(1):57-63

Burdorf A, Lillienberg, L, Brismen J. Characterization of exposure to inhalable flour dust in Swedish bakeries. *Ann Occup Hyg* 1994; 38(1):67-78

Burstyn I, Teschke K, Kennedy S. Exposure levels and determinants of inhalable dust exposure in bakeries. *Ann Occup Hyg* 1997;41(6):609-624

Elms J, Beckett P, Griffin P, Evans P, Sams C, Roff M, Curran A. Job categories and their effect on exposure to fungal alpha-amylase and inhalable dust in the U.K. baking industry. *AIHA Journal* 2003;64(4):467-471

Elms J, Robinson J, Rahman S, Garrod A. Exposure to flour dust in UK bakeries: Current use of control measures. *Ann Occup Hyg* 2005;49(1):85-91

Gimenez C, Fouad K, Cloudat D. Chronic and acute respiratory effects among grain mill workers. *Int Arch Occup Environ Health* 1995;67:311-315

Health & Safety Executive(HSE). Control of substances hazardous to health(COSHH). 2003

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 DJJ, Doekes G, van Run PEM. Exposure sensitization relationship for alpha-amylase allergens in the baking industry. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:130-136

Houba R, VanRun P, Heederick D, Doekes G. Wheat antigen exposure assessment for epidemiologic studies in bakeries using personal dust sampling and inhibition ELISA. *Clin Exp Allergy* 1996;26:154-163

Karpinski E. Exposure to inhalable flour dust in Canadian flour mills. *App Occup Environ Hyg* 2003;18:1022-1030

Liden G, Melin B, Lidblom A, Lindberg K, Noren JO. Personal sampling in parallel with open face filter cassettes and IOM samplers for inhalable dust: Implication for occupational exposure limits. *App Occup Environ Hyg* 2000;15(3):263-276

Lillienberg L, Brisman J. Flour dust in bakeries - A comparison between methods. *Ann Occup Hyg* 1994; 38(Suppl. 1):571-575

Meijster T, Tlelemans E, Pater N, Heederik D. Modelling exposure in flour processing sectors in the Netherlands: A baseline measurement in the context of an intervention program. *Ann Occup Hyg* 2007;51(3):293-304

NIOSH, NIOSH manual of analytical method. 2nd ed. Method No. 500. Cincinnati, OH, DHHS(NIOSH), 1994

The Japan Society for Occupational Health(JSOH). Recommendation of occupational exposure limits(2006-2007). *J Occup Health* 2006;48:290-306

Zuskin E, Kanceljak B, Schachter E. Respiratory function and immunological status in cocoa and flour processing workers. *Am J Ind Med* 1998;33:24-32

= ABSTRACT =

Exposure to flour dust in Korean industrial bakeries

Gu, Bon Ju

*Department of Occupational Health
Graduate School of Public Health
Yonsei University*

(Directed by Professor Jaehoon Roh, M.D., Ph.D.)

The purposes of this study is identify job characteristics of industrial bakery workers, measure exposure level of flour dust and provide background information to measure flour dust that workers engaged in bakery are exposed and had better their occupational environment.

One semiautomated industrial bakery and one automated industrial bakery were selected for this study. Subject of 107 workers in four processes (weighing, mixing, partition, fixing) of two bakery were selected. The 31 personal inhalable flour dust samples using the Institute of Occupational Medicine(IOM) inhalable dust samplers with PVC filters and 76 personal total flour dust samples used as prescribed in NIOSH method number 500.

The concentration of inhalable flour dust was higher in semiautomated industrial bakery workers ($4.39 \pm 2.29 \text{ mg/m}^3$) than automated industrial bakery workers ($2.38 \pm 2.01 \text{ mg/m}^3$)($p < 0.05$). Inhalable flour dust exposure was highest at

weighing process, then followed by mixing process, fixing process, partition process($p < 0.05$). Total flour dust exposure was highest at weighing process, then followed by mixing process, fixing process, partition process($p < 0.05$). As results of flour dust measurement, total dust exposure levels are less than 10 mg/m^3 (total dust exposure level), but 96.8% (30/31 samples) of inhalable flour dust samples exceed TLV-TWA 0.5 mg/m^3 (ACGIH).

It would be advisable to use the IOM sampler for the collection of inhalable flour dust and conform to apply the TLV-TWA for inhalable flour dust (ACGIH). Because level of flour dust exposure in Korea industrial bakery is as high as to induce respiratory difficulty, lung function reduction, occupational asthma, appropriate local exhaust ventilation system, improvement of process and facilities, and personnel protective equipment are needed.

Key words : flour dust, IOM sampler, bakery worker, inhalable dust