

Exposure of bakery and pastry apprentices to airborne flour dust using PM2.5 and PM10 personal samplers

(PM2.5와 PM10 개인시료 측정을 이용한 제빵 및 제과 실습생의 밀가루 노출평가)

출처: *BMC Public Health* (2007)7:311

(<http://www.biomedcentral.com/1471-2458/7/311>)

저자: Estelle Mounier-Geysant, Jean-François Barthélemy, Lory Mouchot, Christophe Paris and Denis Zmirou-Navier

1. 연구배경

제과제빵업 종사자들은 소맥분(밀가루)을 사용하는 여러 작업 과정 중에서 밀가루 먼지와 알레르기를 유발하는 에어로알레르겐에 노출된다. 따라서 폐 기능 손상과 만성 기관지염과 같은 호흡기질환과 관련된 여러 문제들이 제과제빵사에게 발생한다. 프랑스 정부에서 실시한 직업성 천식에 대한 조사 결과에 의하면 제과제빵사가 다른 여러 직업들과 비교했을 때, 작업 중에 직업성 천식에 걸릴 확률이 가장 크다고 보고하였다.

2. 연구방법

연구방법은 크게 설문에 의한 방법과 실제 노출 측정으로 구분하여 실시 하였다.

몇몇 제과점과 제과제빵 실습이 이루어지는 학교에서 실습생들을 대상으로 조사가 이루어졌다. 학교 관계자와 지역 공무원, 그

리고 지역의 제과제빵 연합 담당자를 통해서 미리 허가를 받았다. 조사에 참여하는 사람들과 조사를 위한 질문들이 적절한지를 알아보기 위해서 2002-2003년 정규 학기 중에 예비 조사가 실시되었다. 개개인의 건강상 특징, 근무 시간, 제과점이나 과자가게의 공간적 특징, 장비(수동인가 자동인가) 등의 여러 정보들을 조사내용에 포함시켰다. 설문조사 데이터는 Epidata 프로그램에 입력되었다. SAS statistical package와 Statgraphic을 통해 통계적 분석이 이루어졌다.

실험에 참가한 실습생들은 대부분 2학년 학생들이었다. 1학년 학생들은 첫 해에 배우는 기술적인 실습 활동이 적기 때문에 조사 대상에서 제외되었다. 또한 1학년 학생들은 학교에 다닌 지 몇 달 밖에 되지 않았고 프로그램이 시작되고 한 달 이내에 실습 장소가 바뀔 수도 있기 때문이다. 첫 번째 단계

의 설문조사에 참여하고 두 번째 단계 조사에도 참여할 의사를 밝힌 실습생들은 자신의 이름, 전화번호, 근무하는 제과점이나 과자 가게의 전화번호 또는 가게 매니저의 전화번호 등을 적어주었고, 미리 업체의 담당자로부터 측정을 허가받을 수 있도록 했다. 연구의 목적, 천식과 직업성 위생에 관한 일반적인 정보가 담긴 공문도 작성했다. 계절에 따른 차이를 알아보기 위해서 실습생들은 2월에서 4월까지 동절기에 한번, 4월부터 8월까지 한번, 이렇게 총 두 번에 걸쳐 측정에 참여하게 되었다.

실습생에게 노출되는 밀가루 먼지 농도를 측정하기 위해서 PM2.5와 PM10 모두를 수집할 수 있는 Harvard Chempass sampler를 휴대용 BGI 펌프(model 400)에 연결하였다. 대기질 측정은 실습생들의 근무 시간 중 5-11시간 이내에 이루어졌고, 실습생들은 sampler가 들어있는 가방을 등에 매고 있었으며 sampler의 입구를 코와 입 근처에 가깝게 있도록 했다. Field control filters 또한 일부 배낭에 들어있었으며 공기 중의 밀가루 먼지를 수집했다.

3. 연구 결과

Bakery 실습생들에게 노출되는 PM2.5의 농도는 여름에는 평균 (그리고 표준편차) 0.50[0.37]mg.m⁻³, 겨울에는 평균 (그리고 표준편차) 0.71[0.37]mg.m⁻³이었다. 상대적

으로 같은 조건에서 Pastry 실습생들에게 노출되는 PM2.5의 농도는 여름에는 평균 (그리고 표준편차) 0.29[0.06]mg.m⁻³, 겨울에는 평균 (그리고 표준편차) 0.35[0.17]mg.m⁻³이었다. 양쪽 실습생의 경우, 모두 겨울에 측정했을 때 그 농도가 더욱 높았다. (p=0.009; 여름과 겨울 모두 실험에 참여한 실습생은 21명이다.) Bakery 실습생들에게 노출되는 PM10 농도는 여름에는 0.63[0.36]mg.m⁻³, 겨울에는 1.10[0.83]mg.m⁻³이었다. 같은 경우에 pastry 실습생들을 대상으로 측정했을 때는 그 농도가 여름에 0.47[0.13]mg.m⁻³, 겨울에 0.44[0.16]mg.m⁻³이었다. PM10도 bakery 실습생과 pastry 실습생 모두의 경우에서 겨울에 그 농도가 더욱 높았다. (p=0.003, 17명 기준)

계절에 따라서 두 번 측정이 이루어졌는데, PM2.5의 경우 bakery 실습생과 pastry 실습생에게 노출되는 평균 밀가루 먼지 농도는 0.61[0.38]mg.m⁻³, 0.32[0.15]mg.m⁻³이었고 PM10의 경우에는 각각 0.87[0.70]mg.m⁻³, 0.46[0.15]mg.m⁻³이었다. Bakery 실습생을 상대로 측정했을 때 얻어진 중간값(median values)은 PM2.5(p=0.006)와 PM10(p=0.001)으로 모두 상대적으로 그 값이 컸다.

계절에 따라 습도로 인해서 수집된 필터의 무게에 차이가 생길 것을 고려하여, 측정 전후에는 항상 샘플링의 무게를 측정하여 비교하였고 매번 비슷한 패턴이 나타났다. (n=80; p=0.96)

4. 고찰

실습생들의 밀가루 먼지 노출은 French TWA-TLV($5\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 과 $10\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 을 각각 respirable 먼지와 inhalable 먼지로 정하고 있다.) 기준과 British 밀가루 먼지 MEL 기준($10\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)을 넘어섰다.

핀란드, 아이슬란드 그리고 노르웨이에서는 공기 중의 유기 먼지 농도를 $5\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 으로 규제하고 있고 덴마크와 독일에서는 작업 중에 발생하는 밀가루 먼지의 농도를 $3\text{--}4\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 으로 제한하고 있다. 현재, the ACGIH는 흡입 가능한 밀가루 먼지 농도를 $0.5\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 미만으로 규제하여 발생할 수 있는 호흡기 증상들을 미리 예방하고 있다. 연구 결과를 살펴보면 PM10의 평균 농도는 ACGIH의 기준에 적합하다는 것을 알 수 있지만 유럽에는 분명히 여러 가지 복잡한 이유들로 인해서 배출되는 밀가루 먼지 농도가 위험한 곳이 있을 수 있고 PM2.5의 농도는 기준을 초과하는 곳도 있을 것이다.

60년대와 70년대에 두 연구가 5년에 걸쳐 진행되었는데, 그 결과를 살펴보면 피부에 문제가 생기는 정도가 증가하는 것을 알 수 있다. 최근 연구 결과에 따르면 일 년에 pastry-maker 실습생 100명 중 5.4명, 100명 중 8.7명, 100명 중 7.7명과 같이 호흡의 짧아짐, 재채기 등과 같이 호흡기에 이상 증상이 나타나는 정도가 점점 증가한다고 한다. Bakery 실습생 사이에서는 감기,

호흡곤란, 비염, 결막염, 피부단자시험(skin prick tests) 양성반응 등이 나타났다.

연구자들은 실습생이 본격적으로 제과제빵 수업을 듣고 작업 중 밀가루 먼지에 노출되면서 알레르기 반응이나 기타 다른 호흡기 문제가 발생하지 않도록 미리 피부단자시험(skin prick tests)을 받아야 한다고 말한다. 같은 사람이 실시한 다른 연구에 따르면 bakery 실습생 중 18.1%는 직업적으로 알레르기 반응을 나타냈거나 피부단자시험 결과 매우 예민한 반응을 보였다고 한다. 그리고 다음 기간에는 IgE antigen이 발생했다고 한다. 작업을 오래하고 밀가루 먼지에 오래 노출될수록 직업성 천식과 비염에 걸릴 확률은 높았다.

5. 결론

밀가루 먼지의 발생은 호흡기 문제, 특히 천식을 유발할 수 있는 위험한 요인으로 알려져 있다. 호흡기 또는 흡입가능 non specific dust에 대한 규제를 하고 있는 TWA-TLV의 기준을 따르고 있기는 하지만, 짧은 제과제빵 실습생들에게 개인적으로 노출되는 먼지의 농도는 ACGIH의 기준에는 미달이었다. 여러 작업장에는 환기시설이 제대로 갖추어지지 않았고 그로 인해 대기 중의 먼지 농도는 더욱 높았다. 또한, 작업을 준비하면서 밀가루를 체로 치는 작업이 일반적으로 가장 많은 밀가루 먼지를

발생시키는 것으로 보인다. 그렇기 때문에 보다 나은 작업장 환경과 위생을 위해서 밀가루를 체로 칠 때 밀가루를 입자별로 분류한다면 보다 빠른 침전을 유도할 수 있다. 또한 환기 시설을 정비하고, 작업장의 잠재된 유해 요소들로 인해서 실습 중에 어린 실습생들을 포함한 제과제빵사들이 건강상 피

해를 입지 않도록 여러 정보들을 미리 알고 있어야 한다. 또한, 최신 장비들을 사용하고 (그리고 대형 sieving machinery의 사용을 줄이고) 청소를 잘 한다면 작업 중에 발생하는 밀가루 먼지의 농도를 낮출 수 있을 것이다. 🍷

참 고 문 헌

- Jauhiainen A, Louhelainen K, Linnainmaa M: Exposure to Dust and alpha-Amylase in Bakeries. *Appl Occup Environ Hyg* 1993, 8: 721-725.
- Nieuwenhuijsen MJ, Sandifort CP, Lowson D, Tee RD, Venables KM, Mac Donald JC, Newman Taylor AJ: Dust and flour aeroallergen exposure in flours mills and bakeries. *Occup Environ Med* 1994, 51: 584-588. PubMed Abstract
- Cullinan P, Lowson D, Nieuwenhuijsen MJ, Gordon S, Tee RD, Venables KM, McDonald JC, Newman Taylor AJ: Work-related symptoms, sensitisation, and estimated exposure in workers not previously exposed to flour. *Occup Environ Med* 1994, 51: 579-583. PubMed Abstract
- Nieuwenhuijsen MJ, Sandifort CP, Lowson D, Tee RD, Venables KM, Mac Donald JC, Newman Taylor AJ: Peak exposure concentrations of Dust and flour aeroallergen exposure in flours mills and bakeries. *Ann Occup Hyg* 1995, 39(2): 193-201. PubMed Abstract | Publisher Full Text
- Houba R, Heederik DJJ, Doekes G, Van Run PE: Exposure-Sensitization Relationship for α -amylase Allergens in the Baking Industry. *Am J Respir Crit Care Med* 1996, 154: 130-136. PubMed Abstract
- Houba R, Van Run P, Heederik D, Doekes G: Wheat antigen exposure assessment for epidemiological studies in bakeries using personal dust sampling and inhibition ELISA. *Clin Exp Allergy* 1996, 26: 154-163. PubMed Abstract | Publisher Full Text
- Smith TA, Wastell Smith P: Respiratory symptoms and sensitization in bread and cake bakers. *Occup Med* 1998, 48(5): 321-328. Publisher Full Text
- Nordman H: Occupational asthma—time for prevention. *Scand J Work Environ Health*

1994, 20(Spec No):108–115. PubMed Abstract

- 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. PubMed Abstract | Publisher Full Text
- Brisman J: Baker's Asthma. *Occup Environ Med* 2002, 59:498–502. PubMed Abstract | Publisher Full Text
- Ameille J, Pauli G, Calastreng-Crinquand A, Vervloët D, Iwatsubo Y, Popin E, Bayeux-Dunglas MC, Kopferschmitt-Kubler MC: Reported incidence of occupational asthma in France, 1996–99: the ONAP programme.
- Bulat P, Myny K, Braeckman L, Van Sprundel M, Kusters E, Doekes G, Possel K, Droste J, Vanhoorne M: Exposure to inhalable dust, wheat flour and alpha-amylase allergens in industrial and traditional bakeries. *Ann Occup Hyg* 2004, 48(1):57–63. PubMed Abstract | Publisher Full Text
- Elms J, Robinson E, Rahman S, Garrod A: Exposure to Flour Dust in UK Bakeries: Current Use of Control Measures. *Ann Occup Hyg* 2005, 49(1):85–91. PubMed Abstract | Publisher Full Text
- Walusiak J, Palczynski C, Wyszynska-Puzanska C, Mierzwa L, Pawlukiewicz M, Ruta U, Krakowiak A, Gorski P: Problems in diagnosing occupational allergy to flour: results of allergologic screening in apprentice bakers. *Int J Occup Med Environ Health* 2000, 13(1):15–22. PubMed Abstract
- Walusiak J, Palczynski C, Hanke W, Gorski P, Wyszynska-Puzanska C, Mierzwa L, Pawlukiewicz M, Wittczak T, Krakowiak A, Ruta U, Wagrowska-Koski E: [The risk factors of occupational hypersensitivity in apprentice bakers]. *Med Pr* 2002, 53(3):209–218. PubMed Abstract
- Walusiak J, Palczynski C, Hanke W, Wittczak T, Krakowiak A, Gorski P: The risk factors of occupational hypersensitivity in apprentice bakers – the predictive value of atopy markers. *Int Arch Occup Environ Health* 2002, (Suppl 75):S117–S121. Publisher Full Text Return to text
- Gautrin D, Ghezzi H, Malo JL: Rhinoconjunctivitis, bronchial responsiveness, and atopy as determinants for incident non-work-related asthma symptoms in apprentices exposed to high-molecular-weight allergens. *Allergy* 2003, 58(7):608–615. PubMed Abstract | Publisher Full Text