

제216호

2012년 4월

위험관리정보



WWW.KFPA.OR.KR

목 차

- 방재정보
 - ✓ 포장된 건조 스낵 식품의 화재 연구 / 1
 - ✓ NFPA 25 수계소화설비 검사, 시험 및 유지관리 기준(2011년판)의 변경사항 / 9

- KFPA 화재안전 우수건물 인정제도 / 13

- 신착자료 목록 / 21

- 안내
 - ✓ 판매도서 안내 / 25

포장된 건조 스낵 식품의 화재 연구



감자 칩과 같은 건조 스낵 식품들은 사람들이 일하고, 거주하는 장소에서 흔히 볼 수 있지만 이러한 제품들에 대한 가연성, 연소 특성에 대해서 발표된 데이터는 거의 없다. 제품과 포장재는 잠재적으로 가장 먼저 발화하는 물질이 될 수 있으며 화재 확산에 영향을 줄 수 있다. 열량을 측정하거나 사진이나 비디오를 이용해서 다양한 건조

스낵 식품의 발화와 연소 특징을 기록할 수 있다.

푸리에 변환 적외선 분광 분석법(FTIR)이 포장재를 포함한 식품의 화재 전과 후의 잔존물의 특징을 묘사하는데 이용되어 왔다. 이 연구는 발화성, 열 방출과 화재 후 잔해의 고체 잔존물이 어떤 것인지를 조사하는 연구이다. 연구결과에 따른 정보는 화재 조사자나 제도 정책 관련 공무원(code official)에게 상당한 가치를 부여할 수 있을 것으로 예상된다.

서론

폴리머 필름으로 된(얇은 고분자 중합체의 일종) 포장재는 스낵 식품 산업에 있어서 흔히 사용된다. 이 포장재의 질량은 스낵 식품의 전체 연료로 사용되는 부분에 있어서는 낮은 비율을 차지한다. 그러나 가장 먼저 발화될 수 있는 물질이며, 화재가 내용물을 통하여서 확산될 때 발화의 매개체가 되는 물질이다. 스낵 식품이 발화된 최초의 연료물질이었다는 것이 결정되면 조사자들은 그 물질에 대한 가연성 데이터를 알 필요성이 있다. 현재는 물질의 발화특성, 화재 성장곡선, 열 방출률, 화염높이, 화재(post)후 증거들을 설명하는 공인된 데이터가 거의 없다.

이 연구에서는 여러 종류의 스낵 식품들의 가연성 특징을 비교하고 있다. 총열량이 유사함에도 불구하고 거기에는 빠르게 타는 물질이 있고, 잔존물을

거의 남기지 않는 물질이 있는 반면에 느리게 타고, 구별되는 잔존물을 남기는 제품이 있다. 화재 조사자들은 물질들이 어떻게 연소하는지, 발화가 잘 일어나는지, 열 방출률, 화염높이 및 화재 후 가연성 잔존물의 구성 성분이 무엇인지를 이 연구를 통해 알 수 있게 된다.

절 차

지역 식료품 가게에서 광범위하게 스낵 식품들을 구매하고, 칼로리를 포함한 영양성분을 명시한 후 스낵 식품 샘플들을 촬영하였다.

화재시험은 열량측정, 사진, 비디오를 이용하여 기록되었다. 스낵 식품들은 화재 초기 어떤 소화설비 등의 도움 없이 자체 소화되었지만, 샘플들은 재발화되었다. 화재 후 혼소 상태인 잔해들은 경수 분무(물분무)로 소화되었다. 화재 후 잔존물들과 퇴적물들은 성분상의 특성을 규명하기 위해 여러 가지 방법으로 검사되었다.

연소시험은 대형 포장재에 대해서 산소열량측정과 용적유량의 측정을 위해서 고안된 후드 시스템 및 이동이 가능한 중형 챔버에서 이루어졌다.

시험제품 선정

여러 건조 스낵 식품들은 감자 칩, 다양한 곡물 칩, 옥수수 칩, 토르티야 칩, 크래커 등을 함유한 시험으로 행해졌다.

* 참조 : 시료의 전체 리스트는 [table 1] 참조

SPECIMEN CODE	PRODUCT LABEL	GRAIN TYPE	CONTENT CONFIGURATION	CONTENT MASS
A	Classic - deep fried	Potato chip	Loose	1 & 11 oz
B	Sour cream - deep fried	Potato chip	Loose	1 & 11 oz
C	BBQ - deep fried	Potato chip	Loose	1 & 11 oz
D	Nacho cheese - deep fried	Corn chip	Loose	1 & 11 oz
E	Puffed cheese flavor (crunchy)	Cornmeal snack	Loose	1 & 8.5 oz
F	Puffed cheese flavor (puffs)	Cornmeal snack	Loose	1 & 8.5 oz
G	Ridged - deep fried	Potato chip	Loose	10 oz
H	Deep fried	Multi-grain chip	Loose	21.6 oz
I	Baked	Potato chip	Loose	28 oz
J	Salted square	Flour cracker	Stacked	4 oz
K	Circular salted	Flour cracker	Stacked	4 oz
L	"O" shaped	Oat cereal	Loose	18 oz
M	Baked	Multi-grain cracker	Loose	20 oz
N	Deep fried	Corn chips	Loose	1 oz
O	Deep fried	Corn chips	Loose	1 oz

TABLE 1—Samples tested for combustibility characteristics.

영양성분상의 Calorie는 대문자 C로 적혀졌다. 에너지 calorie는 소문자 c로 적혀졌다. 정의상, 에너지 칼로리가 영양성분상의 칼로리의 1/1,000 이므로 킬로칼로리는 1,000칼로리이며 1Calorie(대문자)가 된다.

이번 연구에서는 모든 칼로리를 영양성분상의 Calorie로 변환하였다.

스낵 식품 포장재

스낵 식품의 포장재에 1회 분량, 용기당 총 분량, 1회 분량당 칼로리 함유량 같은 수치를 표시하는 것이 1994년 이후 FDA(미국식품의약국)의해 의무화되었다(CFR Title 21 section 101.9 규정에 의거). 이 수치들은 각각의 포장재 표지에 기재된다.

용기당 총 분량에 1회 분량당 칼로리 함유량을 곱하면 용기당 총 영양성분상의 칼로리가 결정된다.

$$\text{총 분량} : 15 \times \text{칼로리} : 140 = \text{총 칼로리(킬로칼로리)} : 2,100$$

연소된 식품들은 개별 포장별로 1온스(28g)에서 크기에 따라 28온스(740g)까지 다양하게 시험되었다.

푸리에 변환 적외선 분광 분석법(FTIR)이 이 연구에서 분류된 스낵 식품에 대한 포장재의 물질 특성을 규명하기 위해 이용되었다. 포장재의 대부분은 폴리올레핀이나 폴리에스테르로 구성된 고분자 중합 필름으로 구성되어 있다.

산소 소비 열량측정법

계측 열량측정법 시험(Instrumented calorimetric testing)은 제품과 물질의 발화와 열방출률을 시험하는데 유용하다.

산소 소비 열량측정법은 1917년 이래 이용되어 왔는데, W. M Thornton에 의해 1917년 최초로 개발되었고, 추후 C. Huggett에 의해 1980년에 수정되었다. 간단한 의미로 모든 배출 가스를 모을 수 있고, 가스 유출 속도를 측정할 수 있으며, 산소량을 확인할 수 있다면, 화재 시 열에너지의 방출 정도를(열방출률) 측정할 수 있게 된다. 일단 열방출률에 대한 윤곽이 잡혔다면, 연료로서의 여러 다른 인자들이 결정된다. 열방출률에 대한 이해는 어떤 제품이나 물질의 화재위험 요소를 평가하기 위한 화재 모델로서 이용될 수 있다.

최대 20kW까지 화재를 허용할 수 있는 FTT사의 콘칼로리미터를(figure 1) 이용한 화재시험 기술은 작은 샘플 시험을 위해서 이용되어 왔다. 작거나 중

형 크기의 콘칼로리미터가 소규모 화재나 초기 화재 단계에 이상적이며, 현 재의 연구에 적합하다. 1온스 정도의 스낵 식품이 이 콘칼로리미터에서 시험 되었다.

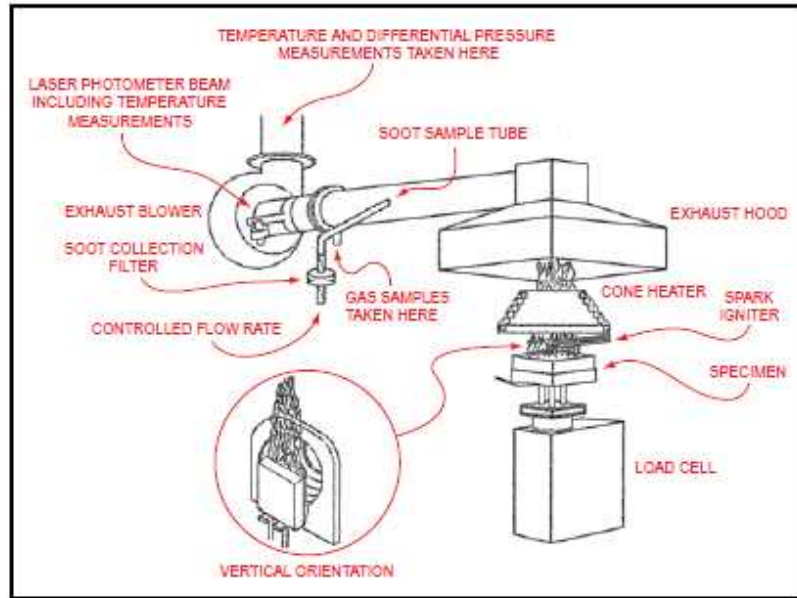


FIGURE 1—Diagram of Calorimeter with cone shaped heater - also referred to as a Cone Calorimeter.

중간 크기의 연소 챔버는 250kW의 화재까지 허용할 수 있다. 중간 크기의 스낵 식품은 FTT사의 콘칼로리미터로부터 산소분석기를 이용하여 중형의 연소 챔버 콘칼로리미터에서 시험되고 있다.

실험 결과

중간 크기 스낵 식품들의 연소 챔버 실험

최초의 실험은 자유롭게 이동이 가능한 중형 칼로리미터에서 중간 크기의 스낵 식품들을 이용하여 실시하였다. 각 시료는 각각의 실험을 위해서 알루미늄 호일 선반에 놓여지고 먼저 그 포장재는 급속하게 작은 화염과 함께 발화되었다(양초, 담배 성냥과 같은 발화원과 유사). 이 실험에서 이용되는 발화 화염은 해당 시료의 연소를 지속시키기에 충분할 정도로 장시간 접촉된 상태로 놓여지게 된다. 폴리머 필름 포장재는 일반적으로 가열되었을 때 수축된다. 그러한 물질이 연소지점으로부터 떨어져 나와 수축될 때 화염은 그 내용물을 발화시킨다. 화염이 폴리머 필름 포장재를 통하여 진행될 때 포

장재 내 내용물로 의 화염확대가 지속되었다.

실험동안 기름에 튀기거나 밀도가 낮은 물질들로 구성된 스낵 식품들은 쉽게 발화하였다. 그러나 내용물의 발화는 가끔은 불연속적이었다. 정상적으로 화염의 전면부는 음식물을 따라 지속적인 화재를 만들기에 충분할 정도의 내용물을 발화시켰다.

더 밀도가 높은 제품들과 기름에 튀기지 않은 제품들은 상대적으로 발화하기가 더 어려웠고, 발화되더라도 자체 소화가 되는 경우가 많았다.

열방출률의 최대치는 전형적으로 1분에서 3분 이내에 최대가 되었다. 또한 화염의 지속시간은 10분에서 20분정도 지속되었다. 흔히 소형(휴대용) 프로판 토치(소형 발열기)가 약 1kW를 생산하며 작은 금속 쓰레기통에 담겨진 종이 화재는 전형적으로 40kW를 생산하는 것과 비교했을 때 최대 열방출은 15~33 kW 범위에서 형성되었다(figure 2). 연기 생성은 상대적으로 낮은 그을음의 생성과 더불어 가볍게 착색된 색깔을 나타낸다. 화염높이는 정상적으로 8온스에서 12온스 사이의 식품들에 대해서 2피트 정도의 최대치를 나타내었다.

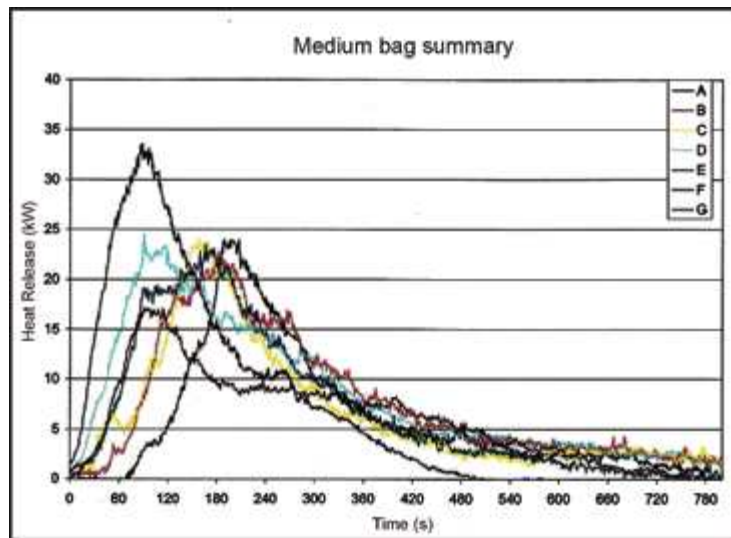


FIGURE 2: Heat release rates for several medium size snack foods.



포장재료 중에서 용해된 잔존물들은 간혹 화재와 진화의 과정에서 살아남았다. 이러한 잔존물들은 회수될 수 있었고, 때로는 그러한 잔존물들을 통해 실험실에서 원래의 포장재료의 물질 특성을 규명하기에 충분하였다.

화재 후 잔존물은 시료마다 다양했다. 감자 칩 시료의 연소 잔존물은 검은 색 칩과 같은 형태의 더미이다. 소화용으로 사용되는 경수 분무(물분무)는 잔존물이 잿더미가 되도록 만들었다. 화재 후 잔존물에는 시각적으로 확인되는 포장재의 증거가 없었다. 가끔 잔존물 속에서 타지 않은 칩이 있었지만 대부분 완전연소되었다.

실험에 사용된 크래커 제품들은 쌓여진 상태로 포장되어졌다. 이러한 제품들은 실험동안 자체 소화가 되는 경향이 있었다. 시료들은 상대적으로 낮은 열방출률을 나타내었고, 화재 후 잔존물은 식별이 가능한 상태였다.

개별 용량 제품의 콘칼로리미터 실험

위에서 언급된 대용량 포장으로 판매된 같은 종류의 스낵 식품들은 1온스 짜리 개별 포장된 제품들로도 이용할 수 있다.

이것은 동일한 질량의 내용물들의 연소 특징이 비교될 수 있도록 한다. 식품들은 콘칼로리미터에 놓여졌고(6*8크기의 패키지보다 더 큰 얇은 스테인리스 철판 위에 놓여지게 된다) 이 콘 모양의 히터는 아직 열을 발생하지 않은 상태로 있다가, 먼저 라이터를 이용해서 자가 화염이 발생될 때까지 약 5초 정도 시료의 가장자리에서 착화를 시키게 되면 히터는 열을 발생시키게 되고 시료들은 발화하게 되었다. 이 실험을 통해 나타난 열방출 최대치는 1에서 3 kW 사이였다. (figure 3)

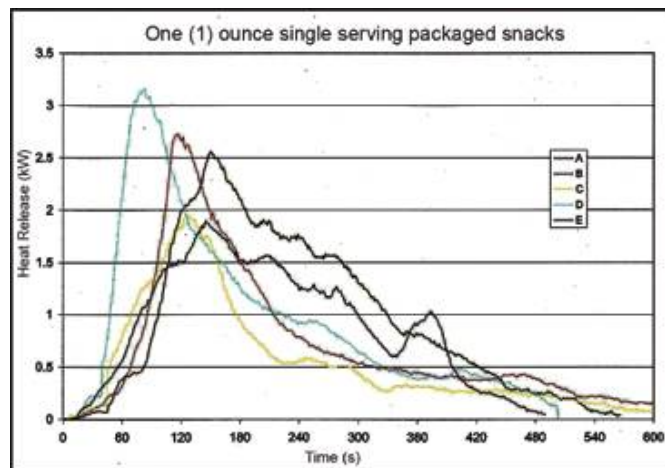


FIGURE 3 : Heat release rate profiles of one ounce (28gram) packaged snacks.

기름이 있는 잔존물이 알루미늄 선반 위, 어떤 잔존물들 속에서 관찰되기도 하였다. 이것은 화염지역 바깥에서 유동하고 있는 스낵 제품으로부터 연소하지 않은 기름의 결과에 기인한 것이었다. 이러한 잔존물은 수집되거나 지방산의 연구를 위해 실험실로 보내진다. 탄화수소 분석 방법은 스낵 식품 화재 잔존물에서 발견되는 지방산 분석에는 적합하지 않다. 실험은 스낵 식품 화재 잔존물에 대해서 시료가 특별하게 실험될 수 있도록 해야 한다.

스낵 식품 화재로 인한 재는 잘 부서지고, 쉽게 주수 소화에 의해 없어진다. 그러한 잔해 더미는 원래 내용물의 크기와 형태를 유지할 수도 있다. 최초 식품의 연소되지 않은 부분들이 가끔은 화재 속에서 살아남는다. 고체화된 식품 잔존물의 현미경적인 조사는 스낵 식품의 종류를 결정할 수 있게 하는 표지 정보를 알려주었으며, 스낵 식품이 화재 이전에 존재했었다는 것을 알려준다.

만약 건조 스낵 식품이 덮개가 씌워진 의자 등과 같은 가연성 표면 위에서 발화된다면 스낵 식품을 식별할 수 있는 증거가 현장에 있는 다른 물질들에 의해 쉽게 가려질 수도 있을 것이다. 이것은 최초 발화된 물질의 결정을 어렵게 만들 것이다.

포장용지에 표기된 영양성분표와 총 열량

실험 중 수행된 열량 측정은 스낵 식품에 의해 방출된 총 열량이 영양성분표에서 보여지는 총 열량과 관계가 있음을 보여준다. 그러므로 간단히 영양성분표에서 나타내는 것은 연소 시 잠재적인 총 열방출과 상당한 유사성이 있음을 보여준다. (table 2참조)

ID	SPECIMEN	TYPE	FIRE TEST TOTAL HEAT (kJ)	FIRE TEST TOTAL HEAT (Kilocalorie)	SERVINGS PER CONTAINER	CALORIES PER SERVING	LABELED NUTRITIONAL (Kilocalories)	TOTAL HEAT RELEASE (as a percent of nutritional)
A	Classic	Potato chip	4794	1145	11	150	1650	69%
B	Sour cream	Potato chip	6128	1464	11	150	1650	89%
C	BBQ	Potato chip	5331	1273	11	150	1650	77%
D	Nacho cheese	Corn chip	6702	1601	12	150	1800	89%
E	Puffed corn snack (crunchy)	Cheese-flavored cornmeal snack	4757	1136	9	160	1440	81%
F	Puffed corn snack (puffs)	Cheese-flavored cornmeal snack	5772	1379	9	160	1440	95%
G	Ridged	Potato chip	5671	1355	10	160	1600	85%

TABLE 2: Total heat released and nutritional content. Total Heat Release includes packaging materials and the data represents a single test specimen.

신맛이 나는 크림이 가미된 감자 칩은 같은 제조사의 BBQ와 일반 포테이토 칩보다 중간 사이즈, 1온스 포장 사이즈 양쪽에서 두드러지게 더 높은 최대치 열방출을 나타냈다. 그러므로 열방출에서 보여지는 값의 차이는 소비자들

의 기호에 맞게 가미된 추가적인 성분 때문이다.

결론

보통의 포장된 건조 스낵 식품을 발화시키는 것은 쉽다. 그리고 그것의 연소는 인접한 다른 가연물들의 발화를 이끌 수 있다. 포장된 건조 스낵들의 발화는 1.5분에서 3분 사이에 가장 높은 열방출에 도달하게 되고 10분 동안 모든 열을 방출하게 된다. 중간 크기의 건조 스낵 식품에 대해서 최대 총 열 방출 범위는 16~33kW이다. 어떤 제품의 대용량 스낵 식품은 연소하는 동안 최고 2~3피트의 화염기둥을 만들 수 있다. 1온스짜리 1인분 식품은 보통 1.5~3kW의 최대 열 방출을 나타낸다. 그러한 수준의 열방출은 건조야채나 섬유와 같은 가벼운 가연물을 발화시키기에 충분하다

화재 후 잔존물과 재는 부서지기 쉽고, 쉽게 물에 의해 파괴되기 때문에 확인이 어렵다. 그러나 연소 잔해가 남아 있다면 지방산이나 식품의 잔존물을 찾기 위해 분석될 수 있다. 이러한 잔해로부터 특정한 식품이나 포장재를 규명하는 것이 가능할 수도 있을 것이다. 특히 조사기간 동안 비교를 위해 견본 제품들이 실험을 거치게 되면 앞서 말한 규명이 더욱 쉬워질 수도 있을 것이다.

출처 : Fire & Arson Investigator (2011년 10월호)
번역 : 특수진단팀 대리 박상용