

## 농약 실험 : 가장 좋은 방법은?

하 재 호

이화학연구원

최근 식품이나 음용수 중에 잔류되는 농약을 손쉽게 검출할 수 있는 분석키트(kit)가 개발되었다. 이러한 키트의 제조회사에서는 이들 키트를 사용하면 다른 어떤 종류의 분석 장치 보다 값싸고 신속하게 결과를 얻을 수 있으며 종래에 사용하던 기체 크로마토그래피 방법이나 용매추출법 보다 더욱 낮은 농도의 잔류농약을 분석할 수 있다고 자랑하고 있다. 이러한 신기술이 과연 종래의 분석 방법 보다 우수한가? 이러한 키트를 가장 잘 응용할 수 있는 분야는 어디인가? 사용상의 한계점이 있다면 어떤 것인가? 새로운 기술이 종래의 값비싼 분석 장비를 무용지물로 만들 것인가? 그런 문제에 대하여 식품회사가 실제로 일상적인 잔류농약 시험을 수행하는데 고민하여야 하는가? 이와같은 의문에 대하여 아주 간단하게 답할 수 있는 것은 아니다.

최근 미국 제너럴밀(General Mills)회사에서 엄청난 파장을 일으킨 농약문제를 잘 검토해보면 농약검사에 대한 필요성과 농약검사를 어떻게 수행할 수 있는가를 생각하게 한다.

### 제너럴밀 회사의 엄청난 손실

1994년 여름 미국의 General Mills 회사는 대량의 귀리가 사용금지된 농약에 의해 오염된 것을 알았다. 그 결과 GM은 상당량의 완제품과 원료 귀리를 망쳐버렸다. 오염이 확인된 클로르피리호스-에틸(chloropyrifos-ethyl)은 다른 곡류에 사용

이 허가되어 있으나 oat에는 사용이 금지된 것이었다.

알려진 바에 의하면 GM사에 고용되어 계약재배하는 Y. George Roggy라는 사람은 14개월 저장 기간 동안 의도적으로 사용금지된 농약을 뿌린 것이었다. 그는 결과적으로 GM사에 엄청난 손실을 끼쳤다. GM사는 이후 농약을 감시하는 체계에 대하여 더욱 세심한 주의를 기울이게 되었고 잔류농약을 분석하기 위하여 엄청난 금액의 기기를 구입하였다. 1995년 초 400종 이상의 농약을 분류할 수 있는 실험실을 꾸렸다. 게다가 GM은 원료 공급선에 대하여 농약을 검사하도록 요구하였다. GM사에서 겪은 사태를 보면 농약 오염사고가 얼마나 많은 대가를 요구하는지 또한 얼마나 많은 비용을 요구하는지를 단적으로 알 수 있다.

### 잔류물질 다중 검색

미네소타주의 농약검사 실험실에서는 기체크로마토그래피로 다중 분석을 정기적으로 하는데 이 정기검사를 수행하는 동안 GM사의 곡류에 사용이 금지된 농약이 오염되었음을 발견하였다. 만약 GM사에서 정기적인 다중 분석법을 수행하였더라면 이와 같은 엄청난 피해는 면하였을 것이다. 농약을 정기적으로 분석하는 이러한 프로그램을 어떻게 확립할 수 있을까? 물론 가능한 일이다. 먼저 고려해야할 점은 어떤 특별한 농작물에 대하여 그

농작물에 사용가능한 농약을 관찰하여야 한다. 다음으로 고려할 점은 농장 사람이 계약농민과 얼마나 친분관계가 있는가 하는 점이다.

콜롬비아 실험회사의 사장인 Gibbons씨에 의하면 농장사람들은 농장에서 일어나는 일들에 대하여 대부분 정확하게 알고있지만 가끔 농장에서 어떤 일이 일어나는지 잘 모르는 경우도 있다고 한다. 예를 들어 농장사람이 농장에 상주하지 않아 농작물에 어떤 피해가 발생하는 동안 적절한 처리를 하지 못하여 농작물에 피해가 발생하면 농작물의 피해를 줄이기 위하여 농부들은 사용해서는 안되는 농약을 뿌리기도 한다. 뿐만 아니라 사용이 허가되지 않은 싸구려 농약을 사용하기도 한다. 이와같이 사용이 금지된 농약을 사용하는 것이 대단히 위험한 문제라고 Gibbons씨는 말한다. 이러한 문제로 인하여 농약오염 사건이 GM사의 곡류에 발생하였던 것이다.

사용된 모든 종류의 농약이 정상적인 것이고 농장 사람이 적절한 통제를 받는다고 생각하면 다음으로 생각하여야 할 점은 인접한 농장에서 어떤 종류의 농약을 농작물에 사용하는가를 고려해야 한다. 다시 말하면 당신이 당근을 재배하고 있어 당근에 허용된 농약을 사용하여도 인접한 농가에서 콩을 재배한다면 콩에 적절한 농약을 살포할 것이고 콩에 사용이 허용된 농약이라도 당근에는 사용이 금지된 경우가 있다. 만약 인접한 농가에서 사용한 농약이 심각하게 유입되었다면 사용이 금지된 농약에 오염된 당근을 재배한 것과 같은 결과를 초래한다.

당근을 통조림하여 오랫동안 유통시킬 경우 2-3년 내에 사용이 금지된 농약이 오염되었음을 알지 못하여 그냥 지나치다가 그 후 어느 시기에 농약이 오염된 것을 발견하여 배상을 요구하려고 하여도 이미 시기가 지나 원인을 제공한 사람에 대하여 제대로 손해배상을 청구할 수 없어 막대한 손실을 입는 경우가 발생할 수도 있다. 이같이 우연히 오염되는 것을 방지하기 위하여 수확물에 대하여 계속적으로 검색을 하는 것이 좋다.

만약에 사용이 금지된 농약이 당신의 농작물에 사용되었다는 사실이 밝혀지면 금전적인 손실 뿐만

아니라 지금까지 쌓아온 농작물의 명성에도 큰 영향을 미치기 때문에 정말 값비싼 대가를 지불하여야 한다.

일단 어떤 종류의 농약이 사용될 것인가를 고려하여 사고가 발생할 소지가 가장 높은 농약을 발견하였을 경우 신뢰성이 높은 실험실에 문의하는 것이 바람직하다. 가장 중요한 점은 경제적인 비용으로 가장 효율적으로 농약을 다중 분석하는 방법을 모색하는 일이다.

콜롬비아 실험소에서는 몇가지 다중 검색방법이 사용되고 있다. 각각의 방법은 각자 다른 추출방법을 사용하여 여러가지 검출기가 부착되어 있는 기체크로마토그래프(GC)와 액체크로마토그래프(HPLC)로 분석을 한다. 예를들어 기본농약 분석법으로는 약 58가지의 화합물을 검출하며 추가농약분석법에서는 추가로 48종의 농약을 검출할 수 있다. 이 실험실에서는 모두 250가지의 화합물을 검색할 수 있다고 한다.

잔류물질 다중검색법의 장점은 수백종의 사용가능한 농약을 정확하게 검색한다는 것이다. 물론 다중분석법이라고 하여 식품에 잔류되는 모든 농약을 검색할 수 있는 것은 아니다. 현재 미국내에서 사용이 허용된 농약은 11,000종이나 된다. ELISA를 사용하면 적은 비용으로 특정 부류의 농약을 검색할 수 있다.

다중 검색법의 단점은 시간이 많이 걸리고 비용이 많이 필요하다는 점이다. 그러나 최근에 일어난 GM 사의 사건을 보면 다소 비용이 들어도 농약을 사전에 검색하는 것이 장기적으로 보아 엄청난 비용을 절감하는 것이 된다.

현재는 외국시장에서도 농약에 대한 관심이 점차 고조되고 있다. 미국에서 외국으로 농작물을 수출하고자 하는 경우 농약에 대하여 반드시 잘 인식하여야 한다. 일본, 아시아연안국, 유럽으로 수출하고자 할 경우 미국의 콜롬비아 실험실에서 잔류검색을 한다. 일본, 독일, 러시아, 한국에서는 미국에서 수입하는 식품에 대한 농약검색에 특별히 관심이 높다.

## 신속검색 키트는 매우 유용하다.

사용만 적절하다면 신속검색키트는 식품회사에서 매우 유용하게 사용할 수 있다. 예를들어 펜실바니아에 위치한 오미크론(Ohmicon)사는 기존의 방법으로 매우 복잡하고 시간이 많이 걸리는 잔류물질에 대하여 간편하게 검색할 수 있는 방법을 개발하였다. 이 방법으로 1,4-D, 베노밀, 파라퀴아트, 캡탄 등을 검색할 수 있다. 이 회사에서는 식품 중에 있는 제초제, 살충제, 진균제 및 환경오염물질을 분석하는데 유용한 키트를 가지고 있다. 대부분의 키트는 10~50ppb 범위의 검출한계를 나타내며 분석시간은 60분 이내에 완료할 수 있다.

ELISA는 농도가 매우 낮은 분석대상 화합물에 예민하게 반응하는 효소를 지니고 있으며 선택성이 뛰어난 항체가 결합되어 있다. 오미크론사의 기술적인 개념은 ELISA 시스템에서 분리의 수단과 지지체로 자성입자를 사용하는 것을 기초로 한다. 식품회사에서는 HACCP분석, 수출입 검색요구사항, 위험물관리 등에 오미크론사 농약 검색키트를 사용하고 있다.

만약 어떤 회사가 생산하는 농작물중 잠정적으로 오염가능성이 있어 어떤 농약에 오염이 되었는지를 확인하여야 할 경우 검색시험은 매우 유용하다. 예를들어 GM사에서 일단 오미크론사 검색키트로 수확농작물을 검색하여 피리포스-에틸렌이 오염되어 있다는 사실을 확인하였다면 오염된 농작물과 오염되지 않은 농작물을 달리 수확하여 모든 농작물을 폐기시키는 일은 피할 수 있었을 것이다.

위해물질이 오염된 것이 알려지면 해당회사에서는 수백가지의 시료를 시험하여 신속한 결정을 내려야 하는데 이 경우 기존의 방법으로 추출한 다음 GC나 HPLC로 분석할 경우 짧은 시간에 결과를 얻기가 매우 힘들다. 그러나 시험키트를 사용하면 분석에 소요되는 시간과 용매를 줄여 경비를 절감할 수 있다.

ELISA로 시험할 경우 한계점으로는 어떤 특정한 성분만을 분석하고자 할 경우 유사한 화합물에

의하여 방해를 받는 것이다. ELISA 시험에서 특이성은 분석대상물질과 유사한 항체의 가교반응으로 설명되어진다. 예를들어 오미크론사에서 생산되는 알라클로를 분석하기 위한 RaPID 분석키트는 알라클로 뿐만 아니라 클로로아세트 아닐라이드 유사체와 부타클로, 메타클로 및 프로파클로도 함께 측정된다. 이러한 화합물은 각각의 키트시약에 대하여 다르게 반응한다. 예를들어 프로파클로는 메타클로 보다 1000 배 낮은 감도를 나타낸다.

다시말하면 특이한 농약에 대하여 정량적으로 정확하게 측정할 수 없다는 것이다. 그럼에도 불구하고 이 키트는 시료에 농약이 들어있는지 들어있지 않는지 검색하는데 매우 유용하다. 업체에서는 ELISA 검색시험을 통하여 농작물 중에 농약이 함유되어 있는지를 잠정적으로 검색하고 의심이 가는 시료에 대하여 기존의 용매추출법과 HPLC를 이용하여 분석을 한다. ELISA 검색법에 비하여 GC 분석법은 매우 선택성이 높다.

ELISA분석의 또 다른 한계는 어떤 특별한 오염물질에 대하여 개발된 것이 아니라는 것이다. 예를들어 몇년전에 전미국을 떠들썩하게 하였던 “알라(alar)”라는 농약을 검출할 수 있는 ELISA는 아직 개발되지 않았다. 오미크론사는 캡탄을 분석할 수 있는 키트만 제조하여 세계시장에 내어놓았다. 이 키트는 수출입되는 딸기에 캡탄이 잔류허용기준 이하로 들어있는지 검색하기 위하여 플로리다주에 있는 딸기업체에서 광범위하게 이용되고 있다.

오미크론사 RaPID 농약 분석키트는 식품회사 뿐만아니라 FDA와 USDA분국에서 사용되고 있다. 또한 주류와 연초를 관리하는 기관에서도 포도주에 농약이 함유되어 있는지 검색하는데 사용되고 있다. 오미크론사에서 생산하는 과일, 야채, 어류, 육류 등에서 알라클로, 캡탄, 카바릴, 카보푸란, 클로로탈로닐, 클로로피리포스, 2,4-D, 시아나진, 메톨라클로, PCB와 같은 농약을 추출하는 여러가지 방법을 개발하였다.

다른 업체에서는 란싱에 대한 농약검색 키트를 시판하고 있다. Agric-Screen™ Ticket이라고

부르는 이 제품은 효소를 사용하여 검색하는 것인데 약 50종의 카아바메이트, 티오포스페이트 및 유기인계 농약의 존재를 검색할 수 있다. 이 시험은 ELISA시험법 보다 특이성이 덜하며 정량적으로 분석하는 것이 곤란하다. 이것은 대기, 물, 토양, 농작물, 용매 등에 함유되어 있는 농약의 수준을 측정하는데 이용된다. "Ticket은 콜린에스터레이즈 억제제를 검색하는데 사용된다"고 네오겐 생산과장 Greg Wehl씨는 말한다. 이 검사법은 농약과 효소와 반응하는 것을 이용하고 있다고 한다. 이것은 카아바메이트와 같은 콜린에스터레이즈 억제제에 매우 민감하게 작용한다. 50종의 농약 이외에 다른 화합물도 콜린에스터레이즈를 억제하므로 이 검사법은 가끔 오류가 생길 수 있다. 검사자에게 익숙되지 않은 시료를 시험할 경우 오류를 범할 가능성도 있다.

"만약 농부가 한 농장에서 일을 하고 있는 동안 다른 농부가 옆의 농장에서 농약을 뿌리고 있다면 농부는 검색디스크를 옷깃에 달고 다니면서 작업을 하면 농약의 오염여부를 알 수 있다."고 Wehl씨는 말한다. Wehl씨에 의하면 만약 어떤 사람이 이웃집 농부가 과량의 농약을 사용할지 모른다고 의심을 가진다면 검색디스크를 담장에 설치해 하여 두면 오염여부를 쉽게 인식할 수 있다. 뿐만 아니라 물이나 토양 등에 오염이 일어나는지 측정할 수도 있다.

군대에서는 식수로 사용하는 물이 농약에 오염되었는지 여부를 알아보기 위하여 이 검색디스크를 사용할 수 있다. 이 검색디스크는 특이성이 없으므로 정량적으로 측정하기는 곤란하다. Wehl씨는 시료의 상태, 추출방법, 농약의 종류에 따라서 차이는 있으나 검색디스크로 6ppm에서 ppb수준까지 검색이 가능할 것으로 추정한다. 농약의 검출은 디스크를 장시간 노출시키거나 전개시간을 길게 하면 더 향상시킬 수 있다. 만약 오염이 확인되면 기존의 방법으로 다시 검사하여 농약의 오염여부를 재확인할 수 있다.

맥도날드의 사라다와 야채를 공급하는 식품회사

에서는 네오겐 테스트 키트로 농약의 오염여부를 측정한다. 이 키트는 옥수수에 말라치온이 오염되어 있는지를 검색하는데 이용된다. 옥수수에 일정한 수준의 말라치온을 인위적으로 가한 다음 검색 키트로 측정하여 옥수수에 오염된 말라치온의 함량을 추정할 수 있다. 또 다른 응용방법은 농약이 토양에 뿌려진 것을 검출하는 것이다. 테스트 키트를 사용하여 농약을 검색하는 방법은 점차적으로 확대되고 있다. 예전에는 농약을 검색하기 위하여 기존의 복잡한 방법을 사용하였으나 테스트 키트를 이용한 농약 검색기술이 발달됨에 따라 일부 농약에 대하여 빠른시간에 적은 비용으로 쉽게 농약을 검색할 수 있는 방법의 이용이 점차 확대되고 있다. 예전에는 농약 검색이 매우 어려웠던 스낵식품에도 이러한 키트를 사용하여 검색하는 방법이 일부 이용되고 있다.

오늘날 농약을 검색하는데 두가지 방법이 동시에 이용되고 있다. 한가지는 기존의 추출방법을 사용하여 기체크로마토그래프와 액체크로마토그래프를 이용하여 여러가지 검출기로 농약을 검출하는 방법이고 다른 방법은 효소나 면역기법(immunoassay)를 이용하여 신속하게 분석하는 것이다. 기존의 방법은 시간이 많이 걸리고 비용이 비싼 반면 오염가능성이 있는 농약을 광범위하게 검출할 수 있다. 반면에 키트를 이용한 분석방법은 비용이 싸고 신속하게 분석이 가능하지만 특이성이 없고 방해물질에 의한 간섭이 심하기 때문에 반정량적인 방법으로 사용된다. 두가지 방법 중 어떠한 방법을 사용하더라도 각자의 방법은 장단점이 동시에 있다. 따라서 농약의 오염을 측정하는데 권할 수 있는 방법으로는 키트를 사용하여 오염여부를 일단 검색한 다음 오염이 확인되면 기존의 정밀분석 방법을 사용하여 오염농약의 종류와 양을 측정하는 것이 가장 현명한 방법일 것이다.

출처 : *Food product design*; 4(11), 57~65  
(1995)