



## 우유 및 유제품 중 잔류항생물질 분석법에 대한 연구

김현욱\* · 김기환 · 설국환 · 오미화 · 박범영

농촌진흥청 국립축산과학원

### Overview of Analytical Methods for Detection of Antibiotics in Milk and Dairy Products

Hyoun Wook Kim\*, Ki-Hwan Kim, Kuk-Hwan Seol, Mi-Hwa Oh and Beam Young Park

National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea

#### Abstract

Antibiotic residues are undesirable in milk and milk products for a number of reasons. In particular, they can have harmful effects on public health and harm to the manufacturer of the cultured milk products, e.g. MRSA etc. Although government regulatory agencies and the dairy industry have been successful in decreasing the presence of high concentrations of antibiotic residues, violations still occur and lead to contaminated products. As a result, several rapid and reliable methods for the detection of antibiotic residues have been developed, including microbiological and instrumental analysis methods. The conventional methods are time consuming, but recent improvements have allowed for better detection time, sensitivity, and accuracy. An example of an advanced detection instrument is the biosensor, which has several applications in food and environmental science, e.g. food-borne pathogen detection, antimicrobial residues etc. In the present review, the recent trends in the methods used to test for antibiotic residues in milk and dairy products, as well as their specific applications, have been discussed.

Keywords: Antibiotics, dairy product, milk, analytical method

#### 서 론

최근 잔류 항생물질 및 위해우려 물질에 대한 국민 정서의 변화 등에 의해 국내 관리기준 또한 국제 수준으로 강화되고 있다. 낙농업계에 있어 동물용 의약품은 젖소의 질병 치료에 꼭 필요하지만, 이들이 남용되면 잔류 및 메티실린 저항 황색포도상구균 등 내성균의 출현 등 우유 및 유제품의 품질 저하 및 안전성에 영향을 미칠 수 있기 때문에 관리에 각별한 노력이 필요하다.

우유 및 유제품은 여러 식품 중에서도 많은 영양소를 골고루 포함하고 있는 가장 완벽한 식품으로 평가 받고 있으

며, 우리나라 가정에서 빼놓을 수 없는 중요한 식량으로 자리 잡고 있다(문, 2008; Kim, 2000; Lee *et al.*, 2011). 우유를 이용한 유제품은 요구르트, 치즈, 아이스크림, 버터, 분유 등 매우 다양하며, 이러한 유제품의 품질은 원유의 품질에 크게 좌우된다. 따라서 원유의 품질을 향상시키기 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 안전하고 위생적인 고품질의 원유를 생산하기 위하여 HACCP 등 위생관리 프로그램을 운영하고 있다(김 등, 2011). 또한 낙농가에서 착유한 우유는 집유장에서 모이게 되는데, 이때 한 농가의 우유에 서라도 동물용 의약품이 잔류된 원유가 반입될 경우 전체 원유가 오염될 수 있기 때문에, 집유단계에서의 신속하고 정확한 잔류항생물질 검사는 안전한 우유 및 유제품의 생산을 위해 필수적이다.

우유 및 유제품의 안전성을 저해하는 물질은 동물용 의약

\* Corresponding author: Hyoun Wook Kim, National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea. Tel: +82-31-290-1220, Fax: +82-31-290-1697, E-mail: woogi78@korea.kr

품, 병원성 미생물, 잔류농약, 미생물 독소 등이 있다. 우리나라의 식품 중 잔류허용기준이 설정된 동물용 의약품은 124종으로, 이중 올레안도마이신, 세파세트릴, 세포페라존 등 63종이 우유 및 유제품에 잔류허용기준이 설정되어 있다. 또한 우리나라에서 사용량이 많은 동물용 의약품은 테트라사이클린계, 페니실린계, 설파제, 아미노글리코사이드계, 마크로라이드계, 퀴놀론계 순이며, 주로 검출되는 동물용 의약품은 테트라사이클린계, 페니실린계, 퀴놀론계 및 설파제이다(정과 이, 2005; 신과 박, 2006).

동물용 의약품의 검사는 국내·외적으로 기기분석법을 정량분석법으로 지정하고 있으나, 생산단계에서는 이러한 기기분석법의 적용이 시간·비용·인력 등의 제한으로 사용하는 것이 어려운 실정이기 때문에, 이러한 제한을 부분적으로 만족시킬 수 있는 간이검사법이 사용되고 있다. 축산물의 가공기준 및 성분규격(식품의약품안전처, 2013)에서는 원유의 검사 시 TTC-II법을 이용하여 원유의 잔류항생물질 검사를 실시하도록 하고 있으며, 이외에도 면역분석법 또는 미생물수용체법을 기반으로 한 간이검사키트로 검사할 수 있도록 하고 있다. 간이검사에서 양성으로 나온 시료는 기기분석법을 통해 정량분석을 실시하도록 하고 있다. 동물용 의약품의 간이검사법 및 정량분석법이 가지고 있는 단점을 보완하기 위하여 현재도 다양한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본고에서는 동물용 의약품 검사법을 알아보고, 잔류항생물질 검출법의 연구동향을 소개하고자 한다.

## 본 론

### 1. 우유 및 유제품 중 동물용 의약품 분석법

우리나라 축산업에서는 가축의 질병 예방 및 사료 효율 개선 등을 목적으로 항생물질, 합성항균제, 스테로이드제 등의 동물용 의약품을 사용하고 있으며, 이들 동물용 의약품의 잔류 여부를 검사하기 위하여 미생물학적 방법인 간이시험법과 HPLC 등 기기분석법을 이용하는 정량시험법을 사용하고 있다. 우리나라의 축산물 중 잔류물질 시험법은 축산물의 가공기준 및 성분규격과 식품공전의 시험법에 따라 검사하고 있다. 원유 및 유가공품의 잔류물질 검사는 식

품위생법 제7조의 규정에 의한 식품공전에 따라 시험하고 있으며, 원유의 경우 항생물질 등 세균발육억제물질 검사는 간이검사법에 따라 시험할 수 있다고 규정하고 있다.

### 1) 간이시험법

간이시험법은 항생물질들이 시험균주의 성장과 발육을 억제하는 특성과 시험균주의 생육에 따른 대사산물에 의한 발생을 일으키는 원리를 기초로 한 것이다. 간이시험법은 검사비용이 저렴하고 특별한 검사장비가 필요치 않은 장점을 가지지만, 검출 가능한 항생물질의 종류가 제한적이거나 검출감도가 낮은 단점을 가지고 있다. 미국, EU, 일본 등의 나라에서는 BsDA법(디스크시험법), BBRT법(색소환원법), TTC법(색소환원법) 등을 공정검사방법으로 인정하고 있으며, 우리나라에서는 EEC 4plate법 및 TTC법의 단점을 개선한 TTC-II법을 이용하여 원유 중 잔류항생물질을 검사하도록 하고 있다.

### (1) TTC-II 법

TMP(trimethoprim) 용액, PABA(p-aminobenzoic acid) 용액, 또는 Penicillinase 용액에 검사용 시료와 *Streptococcus thermophile*를 접종하여 배양한 후 TTC(2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride) 용액으로 반응시킨 후 발색 정도를 이용하여 항생제 잔류 유무를 판정하는 생물학적 방법 중의 하나이다. TTC-II법은 비용이 저렴하고 비교적 단시간 내에 처리할 수 있어 편리하며, 검출 감도 또한 우수한 편으로 screening test로서 장점을 가지고 있지만, 검사과정이 복잡하고 색소환원 시험법으로 실험자 간 발색시간 및 양성 판정에 차이를 나타낼 수 있다는 단점을 가지고 있다.

### (2) EEC 4 plate법

*Bacillus subtilis*, *B. stearotherophilus* spores, *B. megaterium* spore를 표준균주로 하여 이들을 배양한 한천배지 위에 시료추출물을 적신 디스크나 검사용 평판을 올려놓고 약 24시간 정도 배양한 후 생성되는 생육저해환의 크기에 따라 항생제 잔류 유무를 판정하는 방법이다. 이 방법은 TTC-II법에 비해 비교적 간편하게 검사를 실시할 수 있으나, 잔류

Table 1. 잔류 항생물질 간이검사법 종류

검사방법	원리	분석대상	특징	단점
Disc assay	항생물질의 세균 발육 저지능	식육	시료의 전처리가 간단하며 신속한 검사가 가능	항생물질 특이성이 없으며, 미량일 경우 검출할 수 없음
TTC	세균 증식에 따른 대사산물에 의한 색소 환원	우유	기기분석법에 비해 비교적 단시간 내에 처리 가능하며, 검출감도가 우수한 편	검사과정이 복잡하고 시험자간 발색시간 및 양성 판정에 차이를 나타낼 수 있음

항생물질이 미량일 경우 생육저해환이 관찰되지 않을 수 있다는 단점을 가지고 있다.

**(3) 면역분석법**

면역분석법은 항원과 항체의 특이적 결합을 이용하여 잔류항생물질을 검사하는 방법으로 TTC-II법이나 EEC 4plate법 등 간이검사법에 비하여 뛰어난 민감도와 재현성, 간단한 실험방법 등 여러 가지 장점을 가지고 있다. 현재 개발된 면역분석법은 설파제, 테크라싸이클린계, 스트렙토마이신계, 마크로라이드계 등 잔류항생물질의 계열별로 검출할 수 있다.

면역분석법은 항생물질과 결합하는 항원에 표식하는 물질의 종류에 따라 효소면역학적 방법(EIA), 방사능 면역측정법(RIA) 및 화학발광체 면역측정법(CIA) 등이 있다. 이 방법들은 검체시료 중 잔류물질(항원)과 특이항체 사이의 결

합반응이 일어나는 면역학적 성질을 이용하여 표준항원물질에 표식되어 있는 효소, 동위원소 또는 화학발광체가 발색되는 정도나 방사능의 양을 측정하여 정성 및 정량에 이용한다. 면역학적 방법은 검출감도가 높고, 재현성이 높으며, 특이성이 우수할 뿐만 아니라 손쉽게 이용이 가능하도록 키트화 되어있는 것이 특징이다.

**2. 정량분석법(기기분석법)**

정량분석법은 최대잔류허용량이 설정되어 있는 항생물질에 대하여 정량분석을 수행하는 방법으로, 박층크로마토그래피(TLC), 가스크로마토그래피(gas chromatography; GC), 가스크로마토그래피-질량분석법(GC-MS), 액체크로마토그래피(liquid chromatography; LC), 액체크로마토그래피-질량분석법(LC-MS), 고성능액체크로마토그래피(high-performance

Table 2. 미생물성장억제법 기반 잔류항생물질 검출법

	실험유형	검사 대상	검사 미생물
Tube test	<i>Bacillus stearothermophilus</i> based tube test	우유	<i>Bacillus stearothermophilus</i>
	Premi <sup>®</sup> Test 와 용매 추출	고기/신장	<i>Bacillus stearothermophilus</i>
	Premi <sup>®</sup> Test	가금류 고기 조직	<i>Bacillus stearothermophilus</i>
	Delvotest <sup>®</sup> SP-NT and Copan	우유	<i>Bacillus stearothermophilus</i>
	Delvotest <sup>®</sup> SP-NT	우유	<i>Bacillus stearothermophilus</i>
	Eclipase 100	우유	<i>Bacillus stearothermophilus</i>
	kalidos MP	우유	<i>Bacillus stearothermophilus</i>
Single-plate assay	New Dutch kidney test	신장 골반	<i>Bacillus subtilis</i>
	Belgian kidney test	피질, 신장 조직	<i>Bacillus subtilis</i>
	<i>B. subtilis</i> plate test	신장 조직	<i>Bacillus subtilis</i>
	STOP	근육층 조직	<i>Bacillus subtilis</i>
	CAST	신장 조직	<i>Bacillus megaterium</i>
	FAST	신장 조직	<i>Bacillus megaterium</i>
	<i>Escherichia coli</i> plate test	근육	<i>Escherichia coli</i>
	<i>Yersinia ruckeri</i> plate test	물고기	<i>Yersinia ruckeri</i>
	<i>E. coli</i> plate test	비지정	<i>Escherichia coli</i>
	<i>Klebsiella pneumoniae</i> plate test	달걀	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
<i>K. pneumoniae</i> plate test	가금류 조직	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	
Multi-plate methods	EU4-plate test	근육	<i>Kocuria rhizophila</i> , <i>Bacillus subtilis</i>
	EU4-plate test	근육	
	EU4-plate test	근육	
	3-plate test	가금류근육	<i>Kocuria rhizophila</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i>
	Combination of 7 organisms and 5 media	비지정	
	3-plate test	근육, 신장 조직	<i>Bacillus subtilis</i>
	6-plate method	근육, 신장 조직	<i>B. subtilis</i> , <i>K. rhizophila</i> , <i>B. cereus</i> , <i>E. coli</i>
	7-plate USDA-FSIS method	근육, 가금류 조직	<i>B. cereus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>K. rhizophila</i> species

liquid chromatography; HPLC) 등 기기분석법을 이용하고 있다. 최근에는 다성분 동시정량을 위하여 HPLC/UV, HPLC/FLD와 같은 기기분석법과 고감도 검출을 위한 LC-MS, LC-MS/MS와 같은 질량분석법이 이용되고 있다. 특히 LC-MS/MS의 경우 고감도 분석뿐만 아니라 다성분 동시분석이 가능하여 잔류항생물질 분석에 활용되고 있다.

기기분석법의 경우, 시료 전처리의 어려움으로 인해 사용이 제한적이었으나, 고체상추출법(SPE)와 고체상시료분산처리법(MSPD) 등 시료 전처리 방법 개선, 시료 matrix 제거를 위한 clean up 과정 적용, 검출 감도를 향상시키기 위한 affinity column 도입, aminoglycoside 등의 검출을 위한 fluorescence 검출법 도입 등을 통해 지속적으로 발전을 거듭하고 있다 (원류검사표준화 요령, 농림축산검역본부, 2001).

### 3. 국내외 기술개발 현황

#### 1) 간이검사법

국내 항생물질 잔류 검출 기술개발 현황을 보면, 제주대 박전홍 교수팀 등이 항체를 이용한 ELISA 기반 검출키트를 시험적으로 이용하여 보고한 바 있고, 두산종합기술원 연구진에 의해 ELISA 기반 3개 계열에 대한 검출키트에 대한 특허 등록이 있다.

1998년, 식품과학원은 우유 내의 여러 민감성 균을 동정한 후, 우유를 대상으로 한 미생물성장억제법 개발을 시도 하였으나, 균주의 안정적인 보존 활용의 문제 및 검출감도의 제한 등으로 제품화에 실패하였다. 이후, 농림축산검역본부 등에서 TTC-II를 활용한 우유 내 잔류물질 감도 평가와, EEC-4 등을 활용한 근육 내 잔류물질 스크리닝 효율에 관한 보고가 있었다. 최근 경희대 김해영 교수팀은 식약청

과 같이 식품공전상의 4 plate disk assay를 positive list 제도의 발효에 대비하여 개선하는 연구를 진행한 바 있다.

미생물성장억제법은 clinical medicine용으로 처음 개발, microbial agar diffusion test와 acid production or coagulation의 억제에 기초로 하며, 1940년대부터 1960년대 후반까지 대부분의 방법이 개발된 이후, 민감도, 속도, 편의성, 정확도, 시험법표준화를 중점으로 개발되고 있다. 국제적인 미생물성장억제법은 단일시험관 내에서 진행되는 tube test와, 억제대의 크기 확인을 통해 진행되는 단일 plate test 및 여러 가지 균주와 plate을 이용하는 multiple plate test 등으로 구분되어 적용되고 있다(Pikkematt, 2009).

1982년 미국의 Charm 사에 의해 radioimmunoassay를 변형한 microbial receptor assay(MRA) 시스템 개발 및 시판되었고, 1985년 벨기에 Ucb bioproducts SA사에 의해 Penzyme 개발되었으며, 1988년 Charm 사에 의해 MRA 시스템의 개선에 의해 다수 계열에 대한 검출 키트가 시판되었다. 1990년대 이후, 미국의 IDEXX사 및 스페인의 zeu-immunotec 등에 의해 다수의 검출 키트가 시판되었다.

#### 2) 기기분석법

1980년대 이후 HPLC를 이용한 항생물질에 대한 검사법 개발은 이후 시료추출법 개선, 시료 matrix 제거를 위한 clean up 과정 적용, 검출 감도를 향상시키기 위한 affinity column 도입, aminoglycoside 등의 검출을 위한 fluorescence 검출법 도입 등을 통해 지속적으로 발전을 거듭하고 있으며, 1990년대 후반에는 LC-MS를 이용한 고기와 우유에서 항생제 분석방법 소개된 후, 2000년 초반에 LC/MS/MS으로 발전되어 검출감도가 sub ppb 이하 수준에 도달하게 되었다. 2004년 이후, UPLC가 개발되어 검출감도의 개선뿐 아니라,

Table 3. 상업용 검사키트의 종류 및 반응형태

제품명	제조사	소요시간	대상물질	반응형
Parallux b-Lactam	Idexx Inc.	4 min	b-lactams	Fluorescence
SNAP b-Lactam	Idexx Inc.	< 10 min	b-lactams	Colour change
Charm MRL b-Lactam	Charm Sciences	< 9 min	b-lactams	Colour change
Beta s.t.a.r.	UCB-Bioproducts	5 min	b-lactams	Colour change
Delvo-X-Press bL-II	Gist-brocades/DSM	< 7 min	b-lactams	Colour change
Fluorophos BetaScreen Test (EU)	Advanced Instruments Inc.	10 min	b-lactams	Fluorescence
SNAP Tetracyclines	Idexx Inc.	< 10 min	Tetracyclines	Colour change
Parallux Tetracyclines	Idexx Inc.	4 min	Tetracyclines	Fluorescence
Parallux Sulphonamides	Idexx Inc.	4 min	Sulphonamides	Fluorescence
Charm MRL Tetracycline	Charm Sciences	< 9 min	Tetracyclines	Colour change
Charm MRL Sulphonamides	Charm Sciences	< 9 min	Sulphonamides	Colour change
Charm MRL Quinolone	Charm Sciences	< 9 min	Quinolone	Colour change

시료추출조건의 완화 등의 장점을 활용하여, 다양한 계열의 항생제를 동시에 분석할 수 있는 시도들이 증가하고 있으며, 150여종의 항생물질을 1회에 검사할 수 있는 단계에 이르렀다(Ortelli *et al.*, 2009).

HPLC를 이용한 기기분석법의 경우, 현재까지 분자량이 작은 물질군(small molecules)과 대사체(metabolites)의 일반적인 정량분석법은 고성능 액체크로마토그래피(HPLC)에 삼중-사중극자 질량분석기(tandem quadrupole mass spectrometer)가 연결된 분석기기의 MRM(multiple reaction monitoring) 모드를 사용하여 왔으며, 최근 빠르고 고분리능을 갖는 정량분석법을 가능하게 하는 개선된 HPLC 시스템이 상용화되고 있다. 이러한 시스템을 UPLC(ultra performance liquid chromatography)라 칭하는데, 2- $\mu$ m 충전제 입자를 갖는 컬럼과 2 mL/min의 유속에서 15,000 psi까지 압력 하에서 운영될 수 있으며, 좁은 피크를 생성하여 LC에 연결된 질량분석시스템 역시 빠른 데이터 획득이 가능한 TOF-MS와 연결하여 사용되고 있다. 더불어 UPLC-MS/MS법의 분석물질의 제한 완화에 기인한 광범위 적용이 가능한 관계로, 이전까지 GC/MS에서만 분석 가능하던 농약류의 경우에도 MRL 수준의 스크리닝 검사가 가능할 것으로 보고되고 있다(Marazuela *et al.*, 2009; Soler *et al.*, 2008).

국내에서는 LC-MS를 이용한 마크로라이드계 항생물질 분석법 연구(황 등, 2002), LC-MS/MS를 이용한 페니실린계 항생물질 8종 동시분석법 연구(임 등, 2011), HPLC를 이용한 마크로라이드계 항생물질 동시분석법 연구(박 등, 2010), 액체크로마토그래피-형광검출기를 이용한 플로우로퀴놀론계 항생물질 정량분석법 연구(박 등, 2006) 등 분석법 확립 연구가 활발하게 수행되고 있다.

### 3) 바이오센서

미생물학적 방법이나 GC 및 HPLC 등 기기분석법은 여러 장점들에 반하여 장시간의 시료 처리시간, 유해물질 분석용의 고가의 분석기기의 요구 등 단점을 가지고 있기 때문에, 이러한 단점을 보완할 수 있는 새로운 분석법으로 바이오센서에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다(김 등, 2011).

바이오센서는 미생물, 효소, 핵산, 항체, 인공수용체 등 생체감지물질(bioreceptor)과 분석하고자 하는 물질 간의 선택적인 인지로부터 유도되는 물리적, 화학적 변화를 감지하여 정성적 또는 정량적으로 측정하는 분석법이다(고, 2008; 김, 2002). 현재 미생물 검출용 센서와 잔류 농약, 잔류항생물질, 미생물 독소 등 유해물질 검출용 바이오센서 등이 활발하게 개발되고 있다.

잔류항생물질 검출용 바이오센서의 경우, 페니실린 화합

물 등은 효소가수분해를 받는지의 여부에 따라 전위차법 효소센서에 의해 pH/mV meter를 이용하여 간단하게 검출할 수 있으며, 항체 생산이 가능한 클로람페니콜 등 거의 대부분의 항생물질은 면역센서를 이용하여 검출할 수 있다(Kim, 2004). Stermesjö(1995) 등은 우유에서 흔히 검출되는 항생제인 sulfamethazine(SMZ)을 분석하기 위하여 SPR을 이용한 면역센서를 개발하였는데, 이 면역센서는 SMZ을 금필름에 부착한 carboxy-methyl dextran에 붙이고 SMZ 함유 시료와 SMZ에 대한 항체를 함께 흘려 경쟁시키는 방식을 사용하였으며, 주로 우유의 잔류항생제 분석에 적용되고 있다. 스웨덴 농과대학(SLU)의 연구팀은 우유 중의 베타락탐계 항생물질을 검출하기 위하여 SPR 바이오센서를 개발하였다. 이 바이오센서는 carboxypeptidase 활성을 나타내는 미생물수용체 단백질을 사용하였는데, 실제 우유에 적용된 결과, 유럽의 MRL인 4  $\mu$ g/kg보다 낮은 2.6  $\mu$ g/kg의 penicillin G를 검출하였다(Gustavsson *et al.*, 2002).

## 결론

최근의 잔류항생물질 및 위해물질에 대한 국민정서의 변화 등에 의해 국내 관리기준도 FTA 대비 측면과 더불어, 국제수준의 잔류기준이 속속 도입되고 있는 실정이다. 따라서 우유 및 유제품 생산과정에서의 적절한 잔류항생물질 관리는 적정 약물 투여 계획 수립 등이 가능해져 농가의 생산비용 저하뿐 아니라, 과도한 위험관리에 따른 간접비용의 증가를 억제할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 위해서는 신속·정확하고 간편하면서도 잔류허용기준을 충족할 수 있는 스크리닝 키트가 필요하며, 신속하게 확정 검사를 진행할 수 있는 안정적인 기기분석법의 도입도 필수적인 상황이다.

동물용 의약품은 젖소의 건강관리를 위하여 필수적인 요소이지만, 휴약기간 미준수 등에 의해 우유에 잔류할 수 있으며, 잔류할 경우 우유 및 유제품의 안전성과 품질에 영향을 미칠 수 있다. 우유 및 유제품 중 잔류항생물질의 검사를 위하여 간이검사법과 기기분석법을 활용하고 있으며, 이들 시험법의 개선을 위한 연구가 현재도 꾸준히 진행되고 있다. 또한 바이오센서 등 보다 간편하면서도 정확한 검사가 가능한 검사법에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 특히 간이검사법의 경우, 미생물수용체법, 면역학적 분석법 등을 기반으로 한 간이검사키트가 상용화되어 있으며, 기기분석법의 경우 여러 종의 항생물질을 동시에 분석할 수 있는 동시분석법이 개발되고 있다. 그리고 잔류항생물질을 고감도로 간편하게 검출할 수 있는 바이오센서 기술들이 개발되고 있으며, 나노기술, 반도체공학, 전기화학,

광학, 미생물학, 생화학 등 다양한 분야의 전문지식과 기술의 융합을 통해 바이오센서 기술이 발전되고 있다.

현재 전 세계의 다양한 연구그룹에서 잔류항생물질을 신속하고 정확하게 검사할 수 있는 검사법 개발을 위해 노력하고 있으며, 상용화된 제품들이 속속 등장하여 현장에서 활용되고 있다. 이러한 기술의 발전은 우유 및 유제품 중 잔류항생물질에 의한 경제적 손실을 줄이고, 국민건강 향상에 크게 기여할 것으로 예상된다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ00932902)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

## 참고문헌

- Edder, P., Cominoli, A. and Corvi, C. 1999. Determination of streptomycin residues in food by solid-phase extraction and liquid chromatography with post-column derivatization and fluorometric detection. *J. Chromatogr. A.* 830:345-541.
- Gustavsson, E., Bjurling, P. and Sternesjö, Å. 2002. Biosensor analysis of penicillin G in milk based on the inhibition of carboxypeptidase activity. *Anal. Chim. Acta.* 468:153-159.
- Kim, O. K. 2000. Implementation of HACCP system of dairy products for safety and hygienic quality in Korea. *J. Korean Dairy Techno. Sci.* 18:9-21.
- Kim, U. R. 2002. Microbial biosensors for environmental and food industrial applications. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 17:213-227.
- Ko, S. H. 2008. Nanobiosensors for detection of foodborne pathogens. *Food Sci. Indust.* 41:59-62.
- Lee, K. H., Ahn, J. H., Park, J. S. and Jeong, S. H. 2011. The influence of food-and mouth disease on dairy industries and safety management of dairy products. *Food Sci. Indust.* 44:16-28.
- Marazuela, D. and Bogialli, S. 2009. A review of novel strategies of sample preparation for chromatography-based analytical methods, *Anal. Chim. Acta.* 645:5-17.
- Masztsis, P. S. 1984. Antibiotic residue testing in a beef slaughterhouse. *Can. V. J.* 25:329-330.
- Ortelli, D., Cognard, E., Jan, P. and Edder, P. 2009. Comprehensive fast multiresidue screening of 150 veterinary drugs in milk by UHPLC coupled to TOF MS. *J. Chromatogr. B.* 877:2363-2374.
- Pikkematt, M. G. 2009. Microbial screening methods for detection of antibiotic residues in slaughter animals. *Anal. Bioanal. Chem.* 396:893-905.
- Pyun, C. W., Abd El-Aty, A. M., Shim, J. H., Lee, S. K., Choi, K. D., Park, K. H., Shin, H. C. and Lee, C. H. 2008. Monitoring of streptomycin and dihydrostreptomycin residual levels in porcine meat press juice and muscle via solid-phase fluorescence immunoassay and confirmatory analysis by liquid chromatography after post-column derivatization. *Biomed. Chromatogr.* 22:254-259.
- Soler, C., Manes, J. and Pico, Y. 2008. The role of the liquid chromatography-mass spectrometry in pesticide residue determination in food. *Crit. Rev. Anal. Chem.* 38:93-117.
- Strenesjö, Å., Mellgren, C. and Björck, L. 1995. Determination of sulfamethazine residues in milk by a surface plasmon resonance-based biosensor assay. *Anal. Biochem.* 226:175-181.
- Verdon, E., Couedor, P., Maris, P. and Laurentie, M. 2002. Liquid chromatographic determination of ampicillin residues in porcine muscle tissue by a multipenicillin analytical method: European Collaborative Study. *J. AOAC Int.* 85: 889-900.
- Wasch, K. D., Okerman, L., Croubels, S., De Brabander, H., Van Hoof, J. and De Backer, P. 1998. Detection of residues of tetracycline antibiotics in pork and chicken meat: correlation between results of screening and confirmatory tests. *Analyst* 128:2737-2741.
- Zhao, S., Jiang, H., Li, X., Mi, T., Li, C. and Shen, J. 2007. Simultaneous determination of trace level of 10 quinolones in swine, chicken, and shrimp muscle tissues using HPLC with programmable fluorescence detection. *J. Agric. Food Chem.* 55:3829-3834.
- 김남수. 2004. 식품의 품질측정 및 유해물질 검출을 위한 바이오센서. *식품과학과 산업* 37, 4-10.
- 김현욱, 한상하, 함준상, 설국환, 장애라, 김동훈, 오미화. 2011. 우유 및 유제품의 안전성 평가를 위한 바이오센서의 이용. *한국유가공기술과학회지* 29, 51-57.
- 농림축산검역본부. 2007. *식육 중 잔류물질검사요령*.
- 문성진. 2008. *국내 우유의 품질현황 및 개선방안에 대한 연구*. 건국대학교 대학원 석사학위논문.
- 박상욱, 이상호, 안종훈, 정영지, 김성철, 김지연, 금은희, 성주현, 김상엽, 장영미, 강찬순. 2010. *Macrolide계 항생물질 동시분석법 확립 및 모니터링*. 한국식품과학회

- 지 42, 287-291.
22. 박소정, 박소은, 김영기. 2011. 면역센서의 기술동향 및 전망. *공업화학* 14, 10-18.
23. 박은정, 임지훈, 이성모. 2006. 액체크로마토그래피-형광검출기를 이용한 닭고기 중 플로오로퀴놀론계 항균물질 정량분석 및 잔류조사. *보건환경연구원보* 10, 397-406.
24. 박중명. 2004. 가축질병과 축산식품의 안전성. *한국축산식품학회 2004년도 정기총회 및 제33차 춘계 학술대회* 초록집. pp. 29-48.
25. 손영수. 2011. 바이오센서 동향. *전기전자재료* 24, 9-16.
26. 식품의약품안전처. 2006. 동물용 의약품의 등록허가 및 사용실태.
27. 식품의약품안전처. 2010. 식품공전.
28. 식품의약품안전처. 2013. 축산물의 가공기준 및 성분규격.
29. 이해성, 이용태. 1998. 식품의 안전성 평가를 위한 바이오센서의 이용. *식품과학과 산업* 31, 93-113.
30. 임채미, 권현정, 조병훈, 박수정, 정갑수, 손성완. 2011. LC-MS/MS를 이용한 돼지 근육 및 신장에서 8종 페니실린계 항생물질의 동시잔류분석법. *한국수의공중보건학회지* 35, 275-283.
31. 한국전자산업진흥회. 2007. 바이오센서 산업동향.
32. 황래홍, 윤은선, 김연주, 김동연, 양윤모, 이정학, 이병동. 2002. LC/MS를 이용한 축산물 중 잔류 마크로라이드계 항생물질 분석법 연구. *한국가축위생학회지* 25, 221-227.

(Received: May 30, 2013 / Accepted: June 15, 2013)