

▶ 특별강연-VIII

친환경 농산물의 안전성과 우수성

이 성 진

전남대학교 응용생물공학부 교수

1. 친환경 농업의 필요성

농업생산성 증대를 위해 농약과 화학비료의 사용량은 지속적으로 증가해 왔으나 1990년대 중반을 정점으로 저농도 복합비료, 맞춤형비료, 축분 비료 등이 확대되면서 전반적인 감소 추세를 보이고 있다. 화학비료의 남용은 생산성 증대라는 당근과 함께 과다 사용으로 인한 토양의 산성화, 물리성의 약화를 초래하게 되었으며, 농약의 남용은 토양뿐만 아니라 수질 및 농산물의 오염으로 생태계를 위협하고 밥상을 오염시키는 결과를 초래하게 되었다. 흙속에는 수백만 종의 미생물과 지네, 거미, 개미, 선충류, 원생동물들이 살고 있는데 농약의 과다 사용은 이들 생물체를 멸종시키고 농약의 독성이 토양과 농작물에 흡수 축적되는 결과를 초래하게 된다. 최근 화학비료와 농약의 남용으로부터 발생한 다양한 문제점을 극복하면서 생산성은 증대시키는 저농약, 무농약, 유기농 재배 등 다양한 농법이 시도되고 있으며, 이러한 현상은 소비자의 인식 변화와 함께 더욱 가속화 되고 있는 추세이다.

환경시대를 맞이하여 환경보전은 물론 농산물의 안전성에 대한 소비자의 관심과 요구가 증가하고 있다. 소비자의 식품안전성에 대한 인식도를 조사한 연구결과에 따르면 76%가 식품안전성이 매우 중요하다고 응답한 것으로 보고되고 있다 (한국농촌경제연구원, 2004). 특히, 잔류농약에 대하여 73.8%, 중금속에 대해 80.1%, 호르몬 제재에 대해 74.8%, 식품 첨가물에 대해 68.4%가 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 이러한 소비자의 요구 뿐만 아니라 농산물 수입개방화가 되면서 우리 농촌을 살리고 농업의 경쟁력을 향상시키기 위하여 지금의 관행 농업의 문제점을 극복한 친환경 농업의 필요성이 제기되고 있다.

친환경 농업 면적은 1990년대 후반부터 큰 폭으로 증가하여 2004년 말에는 약 3만 ha로 전체 농경지 면적의 1.6%를 차지하고 있다. 전체 농산물에서 친환경 농산물이 차지하는 비중은 낮지만 수요가 계속 증가 추세에 있어 향후 친환경 농산물을 재배하는 농경지 면적과 유통량에서 큰 증가세를 보일 것으로 전망되고 있다. 이처럼 저농약 및 무농약 재배 농산물에 대한 수요의 증대는 세계적인 추세로서, 미국의 유기농식품 시장은 농수산물과 유제품으로 구성되어 있는데 최근 매년 15% 이상의 성장률을 보이는 것으로 보고되고 있다.

최근 우리나라의 대표적 농도 중의 하나인 전라남도는 친환경 농업을 지역 전략 사업으로 선정하여 중점 육성하고 있다. 이러한 배경에 힘입어 전남대학교 농업생명과학 대학을 주축으로 한 친환경 농업연구사업단이 매년 10억씩 5년간 농림부로 부터 지원을 받아 친환경 방제 매뉴얼 및 생물 농약을 개발 보급하는 연구를 수행 중에 있으며, 친환경 농법을 이용하여 재배된 농산물은 품질과 맛에서 더 좋은 평가를 받아 관행재배된 농산물에 비해 비싼 값으로 판매되고 있다. 그러나 다양한 생물 농약 및 비농약성 물질을 이용하여 재배된 농산물에 대한 안전성과 우수성에 대한 과학적 분석은 미비한 상태여서 친환경 농법으로 분류되는 농산물의 안전성과 우수성을 검증하는 연구가 시급한 상태이다.

2. 친환경 농산물의 안전성 검증

전남지역에서 친환경 농업에 의해 재배되는 다양한 과일과 야채가 기존의 관행 농법과 비교해 어떠한 생리적 활성 효과가 있는지 분석하는 일은 친환경 농산물의 우수성 검증 뿐 만 아니라 생체 기능을 향진 시키는 유용한 물질 탐색에도 중요한 의미를 갖는다. 농산물의 안전성과 우수성을 검증하는 연구는 다양한 방면으로 진행되어야 하는데 농산물의 품질관리 및 잔류 물질의 함량 등의 분석 등이 필요하다. 이러한 분야를 포함하여 농산물이 함유하고 있는 파이토케미칼 (phytochemical)의 함량 및 항산화 활성 분석도 농산물의 안전성 및 우수성을 분석하는데 유용한 지표로 사용 가능하다. 과일 및 야채류에 있는 파이토케미칼은 항산화활성을 비롯하여 생리 활성을 촉진시키는 것으로 알려지면서 다방면으로 연구가 진행되고 있다. 특히, 친환경 농법으로 재배한 농산물의 경우 농약사용을 억제하고 미생물제재 등을 사용하여 질 좋고 안전한 농산물 제공을 목표로 하고 있으므로 친환경 농산물의 다양한 생리활성과 더불어 항산화 활성을 측정함으로써 안전성과 우수성을 입증하고자 한다. 생체 내 세포는 정상적인 세포 대

사 기능의 결과 많은 양의 유해산소를 만들고 있는데, 흡연, 환경오염, 자연에서 나는 산물 자체, 알코올, 방사능 등에 의해 발생하는 유해산소와 더불어 다양한 형태의 염증 반응을 일으키고 만성질환의 원인을 제공하고 있다. 식물로부터 섭취하게 되는 파이토케미칼은 항산화에 탁월한 효능을 보이고 있으며, 암 발생 억제, 항염증 및 항산화 효능 등을 가지고 있어 만성질환 및 복합질환의 예방 및 치료에 중요한 역할을 수행하고 있어 많은 연구가 진행 중이다.

가. 친환경 농산물과 관행재배 농산물의 항산화 활성 비교 분석

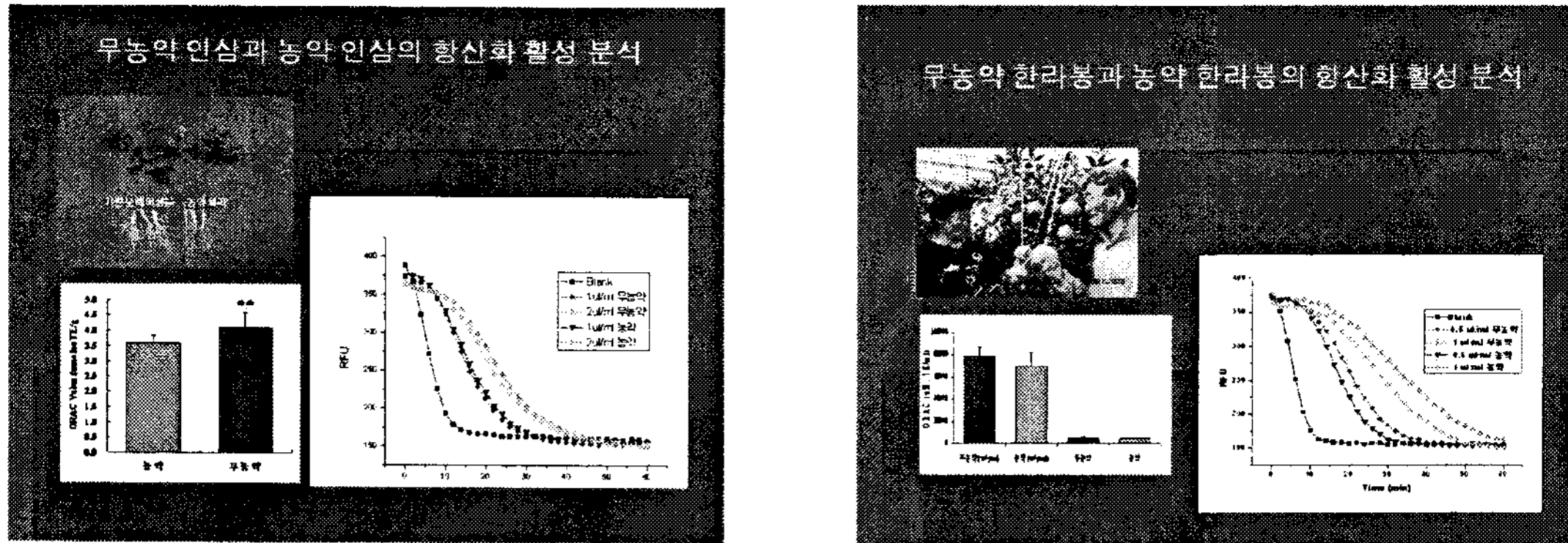
친환경 농산물과 관행재배 농산물을 동결 건조하여 70% 메탄올로 추출한 후 추출물의 항산화 활성을 ORAC (oxygen radical absorbance capacity) 방법을 이용하여 측정하였다. ORAC 분석법은 AAPH에 의해 발생된 라디칼에 민감한 fluorescein이라는 형광물질을 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법으로 기존의 DPPH 방법에 비해 더 정확하게 항산화 활성을 분석할 수 있다. 표 1에 나타나 있듯 농약 대신 키친 분해 미생물을 처리하여 재배한 친환경 농산물이 관행재배 농산물 보다 항산화 활성이 대체로 높게 나타났는데, 특히 고추의 경우 통계적으로 유의하게 친환경 재배 고추가 높은 항산화 활성을 보였다. 총 페놀 분석을 한 결과 무농약 재배 농산물에서 높게 나타나는 경향을 보였다. 플라보노이드 함량은 고추, 딸기, 미니토마토의 경우 무농약 재배 농산물에서 통계적 유의성을 보일 정도로 높게 나타났다. 또한 무농약재배 인삼과 한라봉을 농약재배 인삼 및 한라봉과 항산화 활성을 비교해 본 결과 인삼의 경우 무농약에서 통계적으로 유의하게 항산화 활성이 높게 나타났다 (그림 1).

표 1. 무농약 농산물과 농약 농산물 총페놀 함량 및 항산화 활성 비교

농산물	총페놀함량		플라보노이드 함량		항산화 활성 (ORAC Values)	
	mg/g	증가율	mg/g	증가율	umoles/g dw	증가율
무농약고추	440 ± 42	105%	2.7 ± 0.0**	193%	108.6 ± 3.1	123%**
농약고추	418 ± 40		1.4 ± 0.1		88.4 ± 4.0	
무농약딸기	370 ± 20	103%	6.9 ± 0.1*	108%	144.4 ± 4.8	108%
농약딸기	360 ± 32		6.4 ± 0.1		132.8 ± 6.9	
무농약토마토	111 ± 5	118%	0.5 ± 0.0**	56%	25.2 ± 0.6	108%
농약토마토	94 ± 16		0.9 ± 0.0		23.3 ± 0.4	
무농약미니토마토	93 ± 8	133%	2.3 ± 0.1*	121%	51.9 ± 2.3	104%
농약미니토마토	70 ± 3		1.9 ± 0.0		49.7 ± 2.5	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

그림 1. 인삼과 한라봉의 항산화 활성 비교



3. 친환경 농산물의 항산화 활성 비교 분석 및 유용생리활성 물질 분석

총페놀 함량, 플라보노이드 함량 분석에서 친환경 농산물이 관행재배 농산물보다 유사하거나 높게 분석되었다. 농산물의 당도, 산도, 경도, 색도, 및 아미노산 함량 분석 등 품질 특성 비교에서도 농약 농산물과 비슷하거나 높게 나타났다. 또한 무농약 재배 농산물의 바이오아민 함량 및 항산화, 항염증 및 항암 효능이 있는 것으로 알려진 HCAA 유도체 (hydroxycinnamic acid amide)의 함량을 HPLC를 이용하여 분석하였다. 분석 결과 세로토닌, 티라민, 트립타민과 같은 바이오아민의 함량이 증가됨을 알 수 있었다 (그림 2, 3). 또한 세로토닌과 티라민의 HCAA 유도체 양도 분석한 결과 무농약 농산물에서 높게 함유된 것으로 나타났다 (그림 4).

그림 2. 바이오아민과 HCAA 유도체 분석

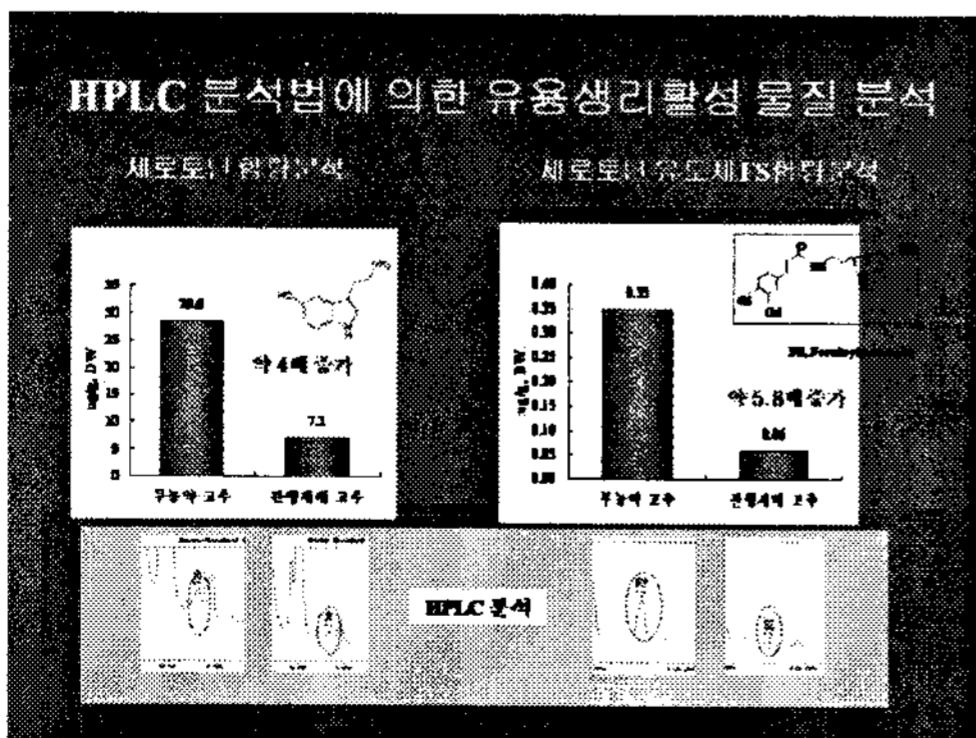


그림 3. 바이오아민 함량비교

무농약 농산물과 농약 농산물의 바이오아민 함량분석

농산물	Serotonin		Tryptamine		Tyramine	
	농도 (ppm dw)	증가율	농도 (ppm dw)	증가율	농도 (ppm dw)	증가율
무농약고추	28.59 ± 4.69**	399%	16.2 ± 1.6	ND	196.9 ± 6.7**	228%
농약고추	7.16 ± 0.9		ND		86.2 ± 2.2	
무농약딸기	3.77 ± 0.66	137%	37.0 ± 5.9	ND	10.8 ± 4.8	327%
농약딸기	2.75 ± 0.17		ND		3.3 ± 0.9	
무농약포도	294.2 ± 5.82**	196%	175.8 ± 7.8**	148%	6.7 ± 0.2	114%
농약포도	149.56 ± 2.5		118.4 ± 1.1		5.9 ± 0.3	
무농약마니토마토	218.69 ± 22.3*	75%	371.9 ± 3.7	ND	13.5 ± 0.5	107%
농약마니토마토	289.79 ± 25		ND		12.6 ± 1.1	

ND, not determined. * p<0.05, ** p<0.01

JMF 2007 submission; JABC 2007 submission

그림 4. HCAA 유도체 함량 분석

세로토닌과 티라민 유도체 함량 분석

농산물	Tryptophan		Tyramine	
	농도 (μg/g)	비교	농도 (μg/g)	비교
무농약고추	0.35	5배 증가	ND	ND
농약고추	0.06			
무농약딸기	ND	ND	ND	ND
농약딸기	ND			
무농약토마토	0.24	2.2배 증가	1.47	1.3배 감소
농약토마토	0.11		3.45	
무농약미니토마토	0.06	ND	2.76	ND
농약미니토마토	ND		0.84	

ND, not determined
JMF 2007 submission : JABC 2007 submission

3. 친환경 농산물이 간세포 성장 및 간질환 개선에 미치는 영향 분석

무농약 농산물에서 항산화 활성이 높게 나타났으며, 플라보노이드 함량이나 페놀 함량 및 바이오아민 등의 함량이 높은 것으로 나타난 농산물 추출물을 간세포에 처리하였을 때 간세포 성장에 미치는 영향과 산화적 스트레스를 가한 간세포에서 세포내 항산화 활성을 보이는 지 분석하였다. HepG2 세포에 다양한 농도의 농산물 추출물을 처리하여 세포 성장에 미치는 영향을 XTT 분석법을 이용하여 분석하였으며, 1mM H₂O₂를 간세포에 처리하여 산화적 스트레스에 의한 간세포 사멸을 유도하였을 때 농산물 추출물에 의한 항산화 효능을 분석하였다 (그림 5). 무농약 재배 인삼과 한라봉 추출물은 유해산소에 의한 간세포 사멸로부터 간세포를 보호하는 항산화 활성이 농약 재배 보다 높은 것으로 나타났다.

그림 5. 간세포에서 인삼과 한라봉 추출물의 항산화 활성 비교 분석

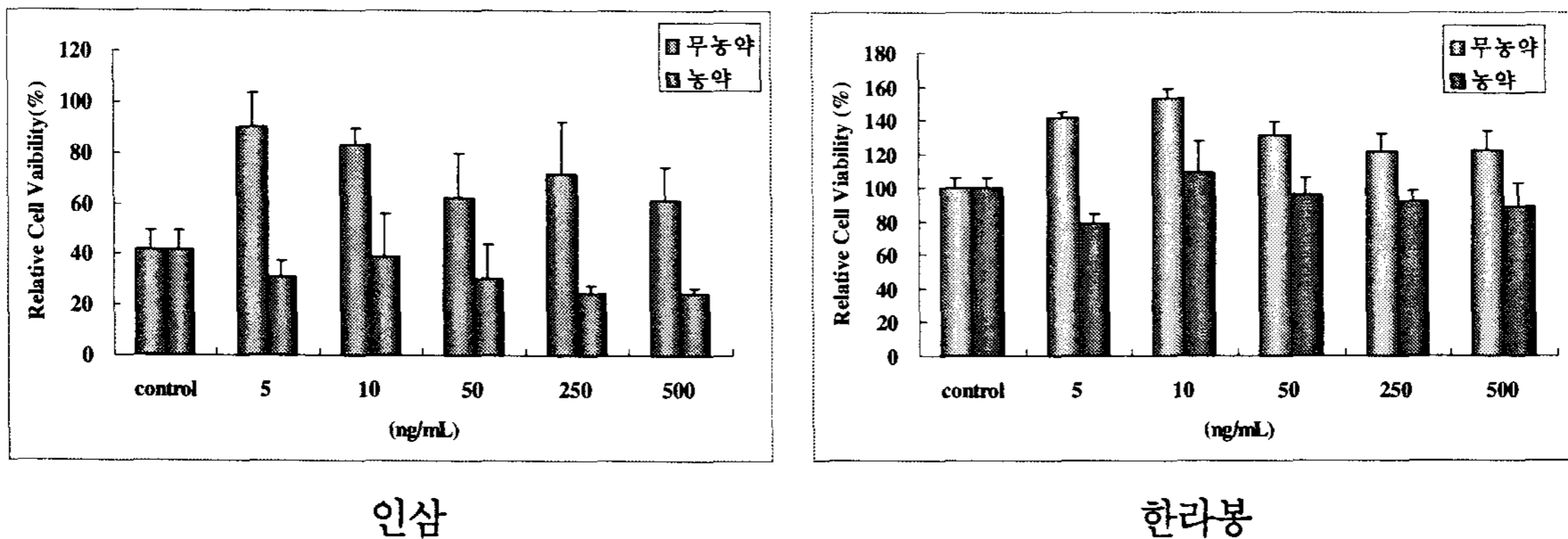


그림 6. 간세포에 1mM H₂O₂를 처리한 후 항산화 활성 분석

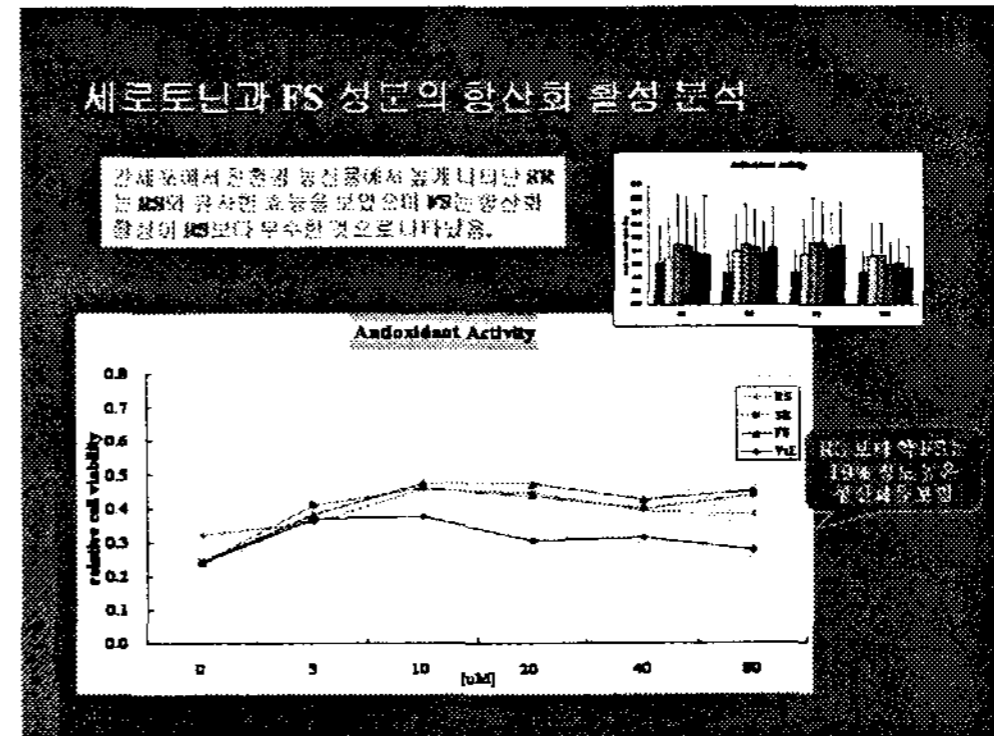
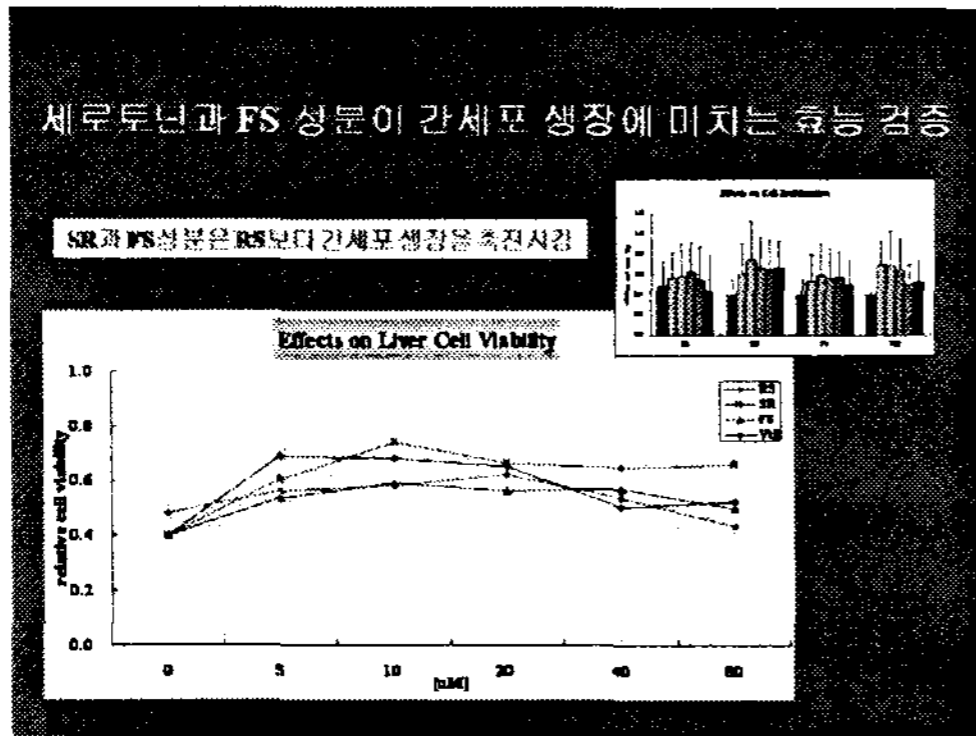


그림 7. 간세포에 1mM H₂O₂를 처리한 후 세포내 ROS 생성 분석

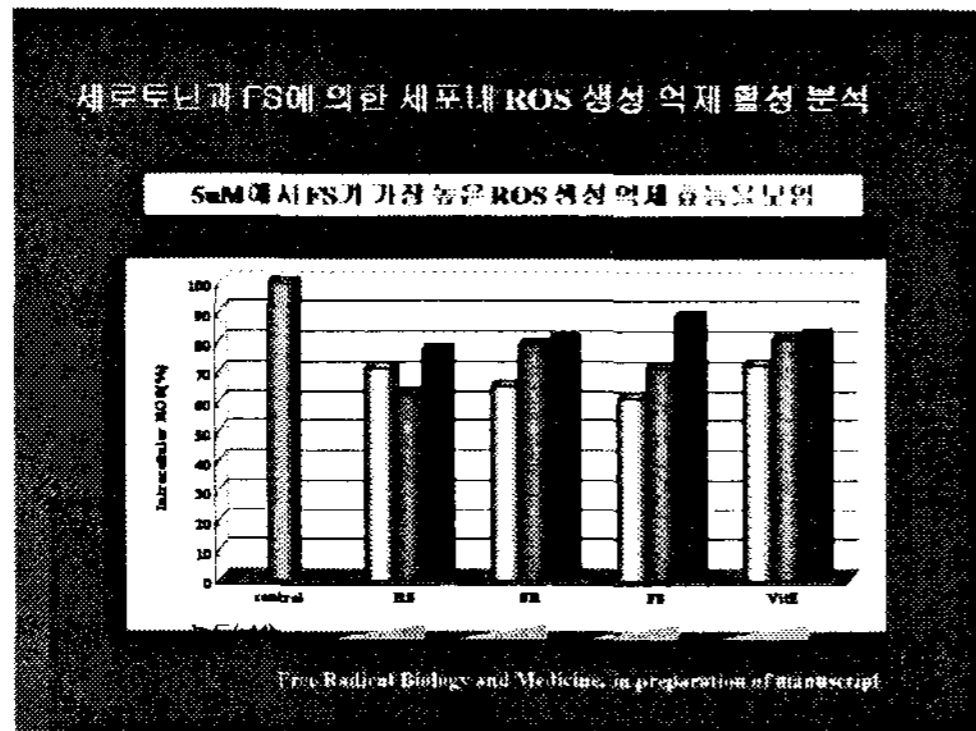
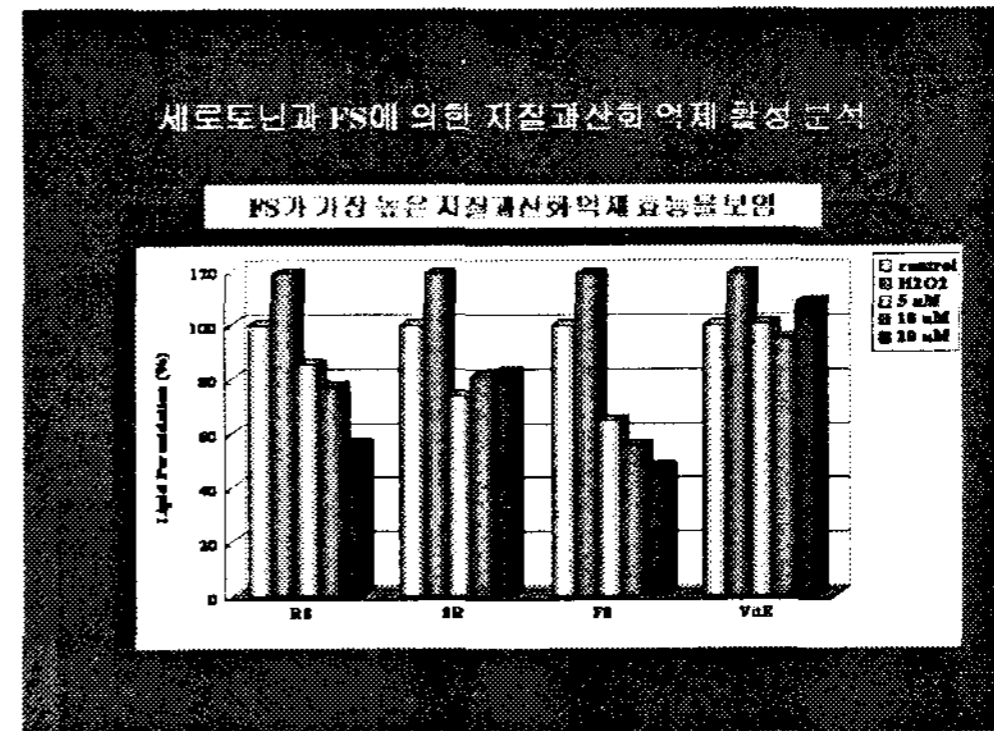


그림 8. 간세포에 1mM H₂O₂를 처리한 후 지질과산화 분석



바이오아민과 HCAA 유도체의 항산화 활성을 분석하기 위하여 간세포에 1mM H₂O₂를 처리하여 세포 내 활성 산소의 양을 증대 시킨 다음 산화적 스트레스로 인한 세포 사멸을 억제시키는 지 분석하였다 (그림 6). 또한 세포내 ROS (reactive oxygen species)의 발생을 억제하는지 (그림 7), 지질 과산화를 방지하는 지 (그림 8) 분석함으로써 무농약 재배 농산물에 많이 함유된 것으로 분석된 물질들의 세포내 항산화 활성을 분석하였다. 분석 결과 무농약 재배 농산물에 많이 함유되어 있는 세로토닌과 HCAA 유도체인 FS는 높은 항산화활성을 나타내었다. 포도주에 다량 함유되어 있는 잘 알려진 항산화 물질인 레스베라트롤과 비교 분석해 본 결과 레스베라트롤 만큼 높은 항산화 활성을 보임을 알 수 있었다. 오랜 기간, 다양한 농산물을 이용하여 광범위하고 지속적인 연구를 통하여 과학적인 결론을 추론 할 수 있을 것으로 예상되나 이제까지의 분석 결과에 의하면 무농약 농산물은 대부분 안전하였으며, 유용생리활성 물질이나 농산물의 품질 비교 결과 우수한 점들도 밝혀지고 있어 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.