

서울 강서지역 신선편이식품 원재료 농산물의 잔류농약 모니터링

김창규^{1,*} · 오세아¹ · 최성선¹ · 김정곤¹ · 이재규¹ · 김동규¹ · 정보경¹ · 육동현¹ · 윤은선¹
¹서울시보건환경연구원 강남농수산물검사소

Monitoring of residual pesticides in fresh-cut produce in Gangseo, Seoul

Chang-Kyu Kim^{1,*}, Se-A Oh¹, Seong-Seon Choi¹, Jeong-Gon Kim¹, Jae-Kyu Lee¹,
Dong-Kyu Kim¹, Bo-Kyung Jung¹, Dong-Hyun Yuk¹, and Eun-Sun Yun¹

¹Department of Gangnam Agricultural and Fishery Product Inspection,
Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment

Abstract This study, conducted during 2018-2021 in Gangseo, Seoul, monitored residual pesticides in 14 types of fresh-cut produce, including lettuce, tomato, and celery, in wholesale market and supermarkets. A total of 589 cases (2.9%) were inspected; 17 cases (2.9%) were detected within the criteria, and 2 cases (0.3%) exceeded the maximum residual limit (MRL). When assessing the distribution stage of the pesticide violation, there were two violations in the wholesale market (before distribution), which differed from the supermarkets (during distribution). The detected pesticides, mainly insecticides and fungicides, appeared in the order of flubendiamide, flufenoxuron, and diazinon. A violation rate of 0.3% was found for wholesale market, which is collection area dedicated to fresh-cut produce, and this was lower than that for general agricultural products (1.4-2.5%). Since fresh-cut produce are consumed immediately after simple processing, residual pesticides significantly affect the human body; therefore, continuous monitoring of pesticide residues is required.

Keywords: residual pesticides, fresh-cut produce, wholesale market, supermarkets

서론

도시화, 소득수준 향상, 외식문화의 발달, 식품산업의 발전, 인구 구조의 변화 등의 요인으로 우리나라의 식생활 문화가 변화함에 따라 고급화되고 친환경적인 식품을 찾는 사람들이 증가하고 있다(Yun, 2014). 또한 고령화에 따른 성인병 인구 증가로 건강을 유지하기 위한 운동과 식습관 개선에 관심이 높아지면서 식이섬유와 미네랄이 풍부한 채소류 섭취를 늘리고 있으며(Cho 등, 2020; Seo 등, 2019), 특히 채소의 영양성분 손실을 줄이고 손쉽게 먹을 수 있는 생식습관이 대중화되고 있다.

우리나라 성인 남녀를 대상으로 조사한 식품 섭취빈도를 살펴보면 신선 채소류가 높은 것으로 나타났고(Park 등, 2013), 미국에서도 '건강유익성(Healthfulness)'을 고려하면서 자신들이 섭취하는 식품을 선택하는 추세가 증가하고 있어 친환경농산물 시장의 매출 규모가 꾸준히 성장하고 있다(Lee, 2021). 뿐만 아니라 채식을 하면 비만인 사람도 혈중 혈당과 지질수준이 낮아져서 고혈압, 당뇨, 심혈관 예방에 효과적이라는 연구결과 때문에 채식에 대한 기대를 높이고 있다(Lee와 Kim, 2014).

우리나라는 사시사철 계절의 변화에 맞춰 다양한 짬을 즐기는 문화가 발달하여 즉석에서 채취한 상추와 깻잎, 배춧잎은 물론 산나물을 이용해 다양하게 짬을 즐겨왔으며(Lee 등, 2012), 다양한 채소와 과일이 어우러져 현대인들의 건강과 입맛을 사로잡는 샐러드 문화는 서구에서 유입되어 우리나라 사람들에게 친숙한 식생활 형태로 자리 잡고 있다. 최근에는 별도의 가열, 조리하지 않고 세척, 박피, 절단 등 간단한 과정을 거쳐 신선도를 최대한 유지한 상태로 소비자가 섭취할 수 있는 신선편이식품에도 관심이 높아지면서(Yun, 2014), 신선함과 편리함을 동시에 추구하는 소비자들에게 인기를 얻고 있다.

즉석에서 손쉽게 섭취하는 채소는 영양 손실을 최소화하며 식품첨가제나 방부제의 염려 없이 안심하고 먹을 수 있을 뿐만 아니라 풍부한 식이섬유를 통해 인체 내 독성물질을 배출하고 성인병을 개선시킬 수 있지만, 세척 및 가열처리를 하지 않고 바로 섭취하는 경우에는 미생물과 잔류농약 오염의 우려가 있어 인체에 위협할 수 있다(Kim 등, 2019; Park 등, 2021).

따라서 본 연구는 서울 강서지역 공영도매시장과 대형유통매장을 통해 유입되는 신선편이식품의 원재료 농산물 중에 샐러드로 즐겨 먹는 채소 14종을 선정하여 잔류농약 오염상태를 조사하였다. 이를 토대로 소비자의 신선편이식품에 대한 막연한 불안감을 해소시키고 안심하고 섭취할 수 있도록 농산물 안전성 확보에 기여하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 및 분석 농약

2018년 1월부터 2021년 10월까지 서울 강서 근교 고양, 파주,

*Corresponding author: Chang-Kyu Kim, Department of Gangnam Agricultural and Fishery Product Inspection, Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, Seoul 07644, Korea
Tel: +82-2-2640-6600
Fax: +82-2-2640-6604
E-mail: cckim0707@seoul.go.kr
Received January 7, 2022; revised February 20, 2022; accepted February 22, 2022

김포, 계양, 용진군, 광명 일대의 농산물 집산지인 강서농산물도매시장과 강서구 내 대형유통매장에서 유통되는 양상추, 셀러리, 로메인, 양배추, 피망 등 국내에서 대표적인 신선편이식품 원재료 농산물 14종(Lee, 2012) 589건에 대해 식품공전 다중농약 다성분 분석법 제 2법에 해당하는 340종 잔류농약을 선정하여 분석하였다(Table 1)(MFDS, 2019).

농약 표준품 및 시약

잔류농약 분석용 표준품(AccuStandard, New Haven, CT, USA)을 사용하였다. 추출 및 정제 재료인 acetone, methanol, dichloromethane, hexane (Kanto, Tokyo, Japan)을 사용하였고, Acetonitrile (J.T. Baker, Phillipsburg, NJ, USA)과, NaCl (JUNSEI, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 정제카트리지는 가스크로마토그래피 분석을 위해 florisil cartridge (Agilent technologies, Folsom, CA, USA) 6 mL, 1 g을, 액체크로마토그래피 분석을 위해 NH₂ cartridge (Agilent

technologies) 6 mL, 1 g을 사용하였다.

분석 방법 및 기기

시료의 전처리 및 분석은 식품공전에 규정된 식품 중 잔류농약 분석법 중 다중농약 다성분 분석법(식약처 고시 제2019-11호) 제 2법에 따라 acetonitrile 추출법을 이용하여 정제-분석하였으며, 340종 농약성분에서 GC-MS/MS (gas chromatography-tandem mass spectrometry) 분석은 Triple quadrupole mass spectrometer (TSQ9000, Thermo Fisher Scientific Inc., Austin, TX, USA)와 gas chromatograph/mass selective detector (7890A, Agilent technologies)로 분석하였고, LC-MS/MS (liquid chromatography-tandem mass spectrometry) 분석은 Triple quadrupole mass spectrometer (TSQ Altis, Thermo Fisher Scientific Inc.)를 이용하여 분석하였다. GC-MS/MS로 분석하는 농약은 acetonitrile로 추출 후, florisil SPE cartridge를 이용하여 정제하였고, 20% acetone

Table 1. List of selected pesticides monitored in the study

Classification	Pesticide
Insecticide (108)	Acetamiprid, 2,3,5-Trimethacarb, Aldicarb, Aldrin, Aramite, Aspon, Azamethiphos, Azinphos-Ethyl, Bendiocarb, BHC, Bifenthrin, Bromophos-ethyl, Bromophos-methyl, Carbaryl, Carbophenothion, Chlorantranilprole, Chlorbufam, Chlordane, Chlorethoxyfos, Chlorfenapyr, Chlornitrofen, Chlorobenzuron, Chloroxuron, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Coumaphos, Crufomate, Cyanophos, Cycloprothrin, DDT, Diazinon, Dichlofenthion, Dicrotophos, Dimethoate, Dioxathion, Endosulfan, EPN, Esprocarb, Ethiofencarb, Ethion, Ethoprophos, Etofenprox, Etrimfos, Fenclorphos, Fenitrothion (MEP), Fenobucarb, Fenson, Fenthion, Fipronil, Flubendiamide, Flufenoxuron, Flumetralin, Flupyradifurone, Fonofos, Formothion, Heptachlor, Heptenophos, Hexaflumuron, Imidacloprid, Indoxacarb, Isazofos, Isofenphos, Isoprocarb, Lufenuron, Malaoxon, Malathion, Mecarbam, Mephosfolan, Methidathion, Methiocarb, Methomyl, Methoxychlor, Methoxyfenozide, Methyltrithion, Metolcarb, MGK-264, Nitenpyram, Novaluron, ParathionEthyl, ParathionMethyl, Permethrin, Perthane, Phenthoate, Phosalone, Phosfolan, Phosmet, Pirimiphos-ethyl, Pirimiphos-methyl, Promecarb, Propetamphos, Propoxur, Prothiofos, Pyridaben, Pyrimidifen, Pyriproxyfen, Quinalphos, Silafluofen, Sulprofos, Tebufenozide, Tebufenpyrad, Teflubenzuron, Tefluthrin, Terbufos, Tetrachlorvinphos, Tetramethrin, Thiamethoxam, Thionazin, XMC
Fungicide (82)	Amisulbrom, Azaconazole, Azoxystrobin, Benalaxyl, Benodanil, Bixafen, Boscalid, Bupirimate, Chinomethionat, Chloroneb, Chlozolinat, Cymoxanil, Cyproconazole, Diclobutrazol, Dicloran, Diethofencarb, Diniconazole, Diphenylamine, Edifenphos, Epoxiconazole, Etaconazole, Ethaboxam, Etridiazole, Fenamidone, Fenfuram, Fenhexamid, Fludioxonil, Fluopyram, Fluquinconazole, Flusilazole, Flutianil, Flutolanil, Flutriafol, Hexachlorobenzene, Imibenconazole, Ipcnazole, Iprodione, Isoprothiolane, Kresoxim-methyl, Leptophos, Mepanipyrim, Mepronil, Metominostrobin, Metrafenone, Myclobutanil, Nitrapyrin, Nitrothal-isopropyl, Nuarimol, Ofurace, Oxadixyl, Penconazole, Penflufen, Pentachlorobenzonitrile, Penthioapyrad, Phthalide, Picoxystrobin, Probenazole, Procymidone, Proquinazid, Prothioconazole, Pyracarbolid, Pyraclostrobin, Pyrazophos, Pyrimethanil, Pyroquilon, Quinoxifen, Quintozene, Simeconazole, Spiroxamine, Tetraconazole, Thifluzamide, Tiadinil, Tolclofos-methyl, Tolyfluanid, Triadimefon, Triadimenol, Tricyclazole, Trifloxystrobin, Triflumizole, Triticonazole, Vinclozolin, Zoxamide
Herbicide (125)	Alachlor, Allidochlor, Ametryn, Anilosof, Atrazine, Benoxacor, Bensulide, Benzoylprop-ethyl, Bromacil, Bromobutide, Butachlor, Butafenacil, Butralin, Butylate, Carbetamide, Chlorfurenil-methyl, Chlorimuronethyl, Chlorotoluron, Chlorthal-dimethyl, Cinidon-ethyl, Cinmethylin, Clomazone, Clomeprop, Cyanazine, Cyazofamid, Cycloate, Cyhalofop-butyl, Cyprazine, Desmetryn, Diallate, Dichlormid, Diclofop-methyl, Diethatyl-ethyl, Diflufenican, Dimepiperate, Dimethachlor, Dimethametryn, Dimethenamid, Dinitramine, Diphenamid, Dithiopyr, EPTC, Ethalfluralin, Ethofumesate, Fenclorim, Flamprop-isopropyl, Fluazifop-butyl, Fluazinam, Fluchloralin, Flufenacet, Flufenpyr-ethyl, Flumiclorac-pentyl, Flumioxazine, Fluometuron, Fluorochloridone, Fluridone, Flurtamone, Fluthiacet-methyl, Hexazinone, Imazamox, Imazapic, Imazaquin, Imazethapyr, Indanofan, Isopropalin, Isoproturon, Isoxaben, Isoxadifen-ethyl, Lactofen, Lenacil, Mefenacet, Mefenpyr-diethyl, Metamitron, Metazachlor, Methabenzthiazuron, Methoprotryne, Metolachlor, Metribuzin, Molinate, Monolinuron, Napropamide, Neburon, Norea(Noruron), Norflurazon, Oxadiazon, Oxaziolomefone, Oxyfluorfen, Pebulate, Pentoxazone, Phenmedipham, Picolinafen, Pinoxaden, Pretilachlor, Profluralin, Prometon, Prometryn, Propachlor, Propanil, Propaquizafop, Propazine, Propisochlor, Propyzamide, Prosulfofocarb, Pyraclonil, Pyraflufen-ethyl, Pyrazolate, Pyribenzoxim, Pyributicarb, Pyridate, Quinoclamine, Sebumeton, Simazine, Simeetryn, Sulfentrazone, Tebuthiuron, Tepraloxymid, Terbumeton, Terbutylazine, Terbutryn, Thenylchlor, Thiapyr, Tri-allate, Tridiphane, Trifluralin, Vernolate
Miticide (18)	Acrinathrin, Bromopropylate, Chlorbenside, Chlorfenson, Chlorobenzilate, Chloropropylate, Chlorthiophos, Etoxazole, Fluacrypyrim, Halfenprox, Hexythiazox, Lindane, Spirodiclofen, Sulfotep, Tetradifon, Tetrasul, Thiometon, Tolfenpyrad, Triazophos
Growth regulator (7)	2,6-Diisopropyl-naphthalene, Chlorpropham, Forchlorfenuron, Paclobutrazol, Propham, Tribufos, Uniconazole

Table 2. Analytical conditions of GC/MSD

Instrument	Agilent 7890A	
Column	HP-5MS 5% phenyl methyl siloxane (30 m × 250 μm ID × 0.25 μm film thickness)	
Oven temp.	100°C (2 min) → 10°C/min → 200°C (2 min) → 10°C/min → 260°C (8 min) → 10°C/min → 270°C (0 min)	
Injection temp.	250°C	
Carrier gas	He (splitless, 1.0 mL/min)	
MSD	Ionization method	Electron impact at 70 eV
	Ion source temp.	230°C
	Transfer line temp.	280°C
	Scan range	50-550 m/z (2.9 scan/sec)

Table 3. Analytical conditions of LC-MS/MS

Instrument	Thermo scientific TSQ Altis		
Ionization mode	Electrospray ionization (AJS ESI, positive)		
Gas parameters	Sheath Gas (Arb):	40.0	
	Aux Gas (Arb):	15.0	
	Sweep Gas (Arb):	1.0	
Scan mode	SRM (Selected Reaction Monitoring)		
Column	Accucore aQ C18 (2.1×100 mm, 2.6 μm)		
Column oven	30°C		
Injection vol.	2 μL		
Flow rate	0.35 mL/min		
Mobile phase	A:	0.1% formic acid, 5 mM ammonium formate in water	
	B:	0.1% formic acid, 5 mM ammonium formate in methanol	
Gradient program	Time (min)	A (%)	B (%)
	0.0	95	5
	5.0	45	55
	7.0	45	55
	9.0	5	95
	12.1	95	5

함유 hexane에 녹여 시험용액으로 하였다. LC-MS/MS로 분석하는 농약은 acetonitrile로 추출 후, NH₂ SPE cartridge를 이용하여 정제하였고, 1% methanol 함유 dichloromethane으로 용출 과정을 거쳐 건조한 후 acetonitrile에 녹여 시험용액으로 하였다. 기기분석에 사용된 조건은 Table 2, 3, 4에 나타났다. GC-MS/MS와 LC-MS/MS는 정성 및 정량분석을 동시에 진행하기 위해 모분자 이온(precursor ion)으로부터 생성되는 자분자 이온(product ion)을 농약별 각 2개씩 선정하였고, 농약 각각의 머무름 시간을 미리 지정하였다. 이를 통해 가장 강도가 높은 이온을 정량 분석이온으로 설정하고, 다음으로 강도가 높은 이온을 정성분석 이온으로 설정하여 분석하였다.

Table 4. Analytical conditions of GC-MS/MS

Instrument	Thermo scientific Trace 1310
Column	TG-SQC, 15 m×0.25 mm, 0.25 μm film
Oven program	Initial 70°C, hold 3 min, then 15°C/min to 160°C, next 5°C/min to 300°C, and hold for 3 min
Injection volume	2 μL (splitless)
Carrier Gas	Helium (1 mL/min)
Total running time:	40 min
MS/MS System	Thermo scientific TSQ9000
Ionization mode	EI mode
Transfer line temperature	280°C
Ion source temperature	300°C
Collision gases	Argon

통계적 분석

연도별 검사품목 선정오류를 확인하기 위해 독립표본 t검정을 사용하였다. 통계처리는 SPSS (Statistics ver. 24, IBM, Armonk, NY, USA)로 시행하였으며, 결과에 대한 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결과 및 고찰

도매시장과 대형유통매장의 잔류농약 검출 및 부적합 현황

2018년 1월부터 2021년 10월까지 서울시 강서농산물도매시장과 강서구 내 대형유통매장에서 수거한 국내 대표적인 신선편이 식품 원재료 농산물 14종에 대하여 엽채류, 엽경채류, 근채류, 박과 이외 과채류 등 다양한 식품 원료가 포함되도록 589건을 샘플링 하였고, 동시분석이 가능한 잔류농약 340종을 분석하였다. 전체적으로 검출된 농산물은 17건(2.9%)이고 기준을 초과한 농산물은 2건(0.3%)으로 나타났다(Table 5). 유통단계에 따라 잔류농약 실태 차이가 있는지 확인하기 위하여 유통 전인 강서농산물도매시장 경매 전 검사와 대형유통매장 판매제품을 대상으로 한 유통 중 수거검사로 나누어 비교해 보았다. 품목별 검출현황을 비교하기 위하여 도매시장과 대형유통매장 간의 샘플링이 균형 있게 이루어졌는지 통계분석을 하였다. Levene의 등분산 가정에 따라 독립표본 t검정을 실시하였고, p 값(0.196)이 0.05보다 크므로 두 집단 간 통계적 차이가 없어 검사품목 표본추출에 있어 통계적 오류가 없음을 확인하였다(Table 6). 도매시장에서 검출된 농산물은 11건(3.0%), 대형유통매장에서는 6건(2.7%)으로 나타났으며, 농약 잔류허용기준을 초과한 농산물은 도매시장에서 2건(0.3%)으로 나타났고 대형유통매장에서는 발생하지 않았다. 전체적으로 잔류농약 검출비율은 비슷했으나 도매시장에서만 기준 초과 제품이 나타나는 차이를 보였다. 농산물은 잔류농약 기준을 초과하더라도 유통 및 소비 기간이 짧고 이력 추적이 어려운 특성이 있어 유통된 후에는 회수와 폐기가 쉽지 않아 유통 전 관리가 중요하다. 우리나라의 대부분 농산물은 공영 도매시장을 통해 전국으로 유통되는 특징이 있기 때문에, 현장검사소의 경매 전 검사를 통하여 부적합 농산물의 유통 길목을 차단하는 효과를 확인할 수 있었다.

Table 5. Results of pesticide residue monitoring in fresh-cut product ingredients (2018-2021)

Commodity	Group	Wholesale market	Super markets	No. of detected (%)		No. of violated (%)	
		No. of sample		wholesale market	super markets	wholesale market	super markets
Mustard greens	Leafy vegetable	11	1	2(18.2)			
Radicchio			2				
Romaine lettuce			10	1			
Radish sprouts				2			
Lettuce			12	31	1(8.3)	1(3.2)	
Swiss Chard			2				
Chicory			288	4	5(1.7)		1(0.3)
Kale		22	6	3(13.6)			
	Sum	345	47	11(3.2)	1(2.1)	1(0.3)	
Celery	Stalk and stem vegetable	4	16		3(18.8)	1(25.0)	
Carrot	Root and tuber vegetable	3	18				
Onion			2	17			
	Sum	5	35				
Tomato	Fruiting vegetable without cucurbits		76		1(1.3)		
Sweet pepper ¹⁾			4	17		1(5.9)	
	Sum	4	93		2(2.2)		
Cabbage	Flowerhead brassicas	3	35				
	Subtotal ¹⁾	361	226	11(3.0)	6(2.7)	2(0.6)	
	Total		589		17(2.9)	2(0.3)	

¹⁾Overall, the detection rate of pesticide residues between the two groups was similar, but the difference was due to two violations occurring only in the wholesale market.

Table 6. Difference in sampling means by location

		No	Average	Sandard Deviation	t (p)
Location	Wholesale market	14	25.93	75.968	0.465 (0.196) ¹⁾
	Supermarkets	14	16.14	20.632	

¹⁾Since the *p*-value is greater than 0.05, the null hypothesis is accepted. That is, there is no difference in sampling between the two groups.

농산물 분류에 따른 잔류농약 검출현황은 식품공전(‘농산물의 잔류허용기준 적용 중 식품원료의 분류’)에 따라 분류하였고 Table 5와 같다(MFDS, 2021). 세부적으로 살펴보면 도매시장에서 엽채류는 345건 중 잔류농약 기준이내 검출이 11건(3.2%), 치커리에서 기준초과 1건(0.3%)으로 나타났고, 엽경채류에서는 셀러리 1건(25.0%)이 기준을 초과한 것으로 나타났으며 나머지는 검출되지 않았다. 한편 대형유통매장에서 엽채류는 47건 중 잔류농약 기준이내 검출이 1건(2.1%)이었고, 기준초과 제품은 없었다. 또한 엽경채류에서 3건(18.8%), 박과 이외 과채류에서 2건(2.2%)이 기준이내 검출되었고 나머지는 검출되지 않았다. 농약이 검출된 엽경채류 3건은 모두 셀러리로 밝혀졌는데, 생육기간이 긴 반면 병충해에 약해 농약을 자주 살포할 수밖에 없어 부적합 비율이 높은 품목이다(Ryu 등, 2018).

농약별 잔류농약 검출현황

340종의 검사 대상 농약 중 검출된 농약은 Table 7과 같이 다 이어지는 등 15종의 농약이 총 24회 검출되었다. 검출농약을 생

물학적 용도에 따라 분류하면 살충제 10종이 17회(70.8%), 살균제 4종이 5회(20.8%), 생장조절제 각 1종이 2회(8.3%) 검출되어 살충제가 가장 많이 검출되는 것으로 파악되었다. 일반적으로 우리나라에서 등록된 농약 대부분이 살충제와 살균제임을 고려해 볼 때, 신선편이식품 원재료 농산물에도 비슷한 경향을 확인할 수 있었다(Yu 등, 2020). 개별 농약 중에서 플루벤디아마이드와 플루페녹수론이 3회씩 검출되었으며 모두 살충제로 확인되었다. 플루벤디아마이드는 치커리에서 기준을 초과하여 검출되었는데, 이 농약 성분은 2008년 미국에서 사용허가를 받아 옥수수, 면화, 포도 등에 섭식하는 곤충을 저해하는 비침투성 살충제로 사용되다가 환경오염에 문제가 있어 2016년에 등록이 취소된 물질이다(Kadala 등, 2020). 잔류성이 강하여 세척에 각별히 유의해야 한다(Yada 등, 2019). 플루페녹수론은 키틴합성 억제제로 임업과 농경지에서 절지동물 해충을 박멸하는데 사용되고 있으며(Merzendorfer, 2013), 경구 섭취하게 되면 신체조직에 다양하게 분포하여 체내에 축적되는 것으로 알려졌다(Chang 등, 2017). 또한 우리나라에서는 2017년 ‘살충제 계란’ 사건으로 유명해져 인

Table 7. Detected pesticide residues in wholesale market and supermarkets

Pesticide	Pesticide type	Detected Agricultural Products	Subtotal
Diazinon ¹⁾	Insecticide	Celery (1), Mustard greens (1)	2
Lufenuron	Insecticide	Kale (2)	2
Acetamiprid	Insecticide	Chicory (1)	1
Azoxystrobin	Fungicide	Lettuce (1), Celery (1)	2
Chlorfenapyr	Insecticide	Sweet pepper (1)	1
Chlorantraniliprole	Insecticide	Celery (1)	1
Terbufos	Insecticide	Chicory (1)	1
Tefluthrin	Insecticide	Celery (1)	1
Paclbutrazol	Growth regulator	Mustardgreens (2)	2
Procymidone	Fungicide	Celery (1)	1
Flubendiamide ¹⁾	Insecticide	Lettuce (1), Chicory (1), Kale (1)	3
Fluopyram	Fungicide	Celery (1)	1
Flufenoxuron	Insecticide	Chicory (3)	3
Pyraclostrobin	Fungicide	Celery (1)	1
Pyridaben	Insecticide	Sweet pepper (1), Tomato (1)	2
Total			24

15 types of pesticide were detected in 24 cases

¹⁾violated pesticide in vegetables

Table 8. Residual pesticides detected by agricultural products in wholesale market and supermarkets

Detected Agricultural Products	Pesticide	Subtotal
Mustard greens	Diazinon, Paclbutrazol (2)	3
Celery	Azoxystrobin, Chlorantraniliprole, Diazinon ¹⁾ , Fluopyram, Procymidone, Pyraclostrobin, Tefluthrin	7
Lettuce	Azoxystrobin, Flubendiamide	2
Chicory	Acetamiprid, Flufenoxuron(3), Flubendiamide ¹⁾ , Terbufos	6
Kale	Flubendiamide, Lufenuron(2)	3
Tomato	Pyridaben	1
Sweet pepper	Chlorfenapyr, Pyridaben	2
Total		24

¹⁾violated pesticide in vegetables

구에 회자하기도 했으며, 다량으로 섭취하지 않는 한 심각한 위험을 초래하지 않는다는 해명도 있었으나 생식으로 섭취할 때에는 조심해야 한다(KED, 2017). 다이아지논은 많이 검출되지는 않았지만, 셀러리에서 잔류농약 기준을 초과해서 검출되었다. 다이아지논은 농업 활동에서 일반적으로 사용되는 유기인계 살충제 중 하나이며 지하수 및 지표수를 오염시켜 환경에 피해를 주고 있다. 국내에서 연간 500톤 이상 생산되며 아세틸콜린 에스테라아제(acetylcholinesterase)를 억제하여 신경독성을 유발하는 물질이다(Park 등, 2019). 식품의약품안전처에서는 셀러리에 다이아지논이 검출되지 않도록 PLS (Positive List System)규격으로 관리하고 있는데, 검출되었다는 사실은 생산자가 해당 작물에 대한 적합한 농약사용 이해도가 부족하거나 오남용한 것으로 추정된다. 따라서 정부에서는 농업 현장에서 허가된 농약을 허용된 사용량에 맞게 사용할 수 있도록 농약 사용 지도와 홍보가 더욱 필요하다.

농약이 검출된 농산물을 살펴보면 셀러리와 치커리에서 다양하게 발견되었는데, 셀러리는 총 20건을 검사해서 7종류의 농약

검출이 확인되었다. 셀러리는 열량이 거의 없고, 섬유질이 많아서 다이어트 식품으로 즐겨 먹는다. 우리나라에서는 셀러드 재료로 쓰이기 때문에 별도의 가열조리 없이 생식하는 것이 일상화되어있는 채소로서, 섭취 시 충분한 세척 과정을 거쳐야 한다. 한편 치커리는 총 292건을 검사하여 6종류의 농약이 검출되었는데, 플루페녹수론이 3회 검출되었다(Table 8). 치커리는 북유럽이 원산지로서 가지가 갈라지고 털이 있으며 잎은 주로 셀러드로 먹는다. 깻잎처럼 잔털이 많은 채소가 잔류농약이 부착될 확률이 높다는 사실(Kim 등, 2018)을 고려할 때 치커리 역시 충분히 세척하여 섭취해야 한다는 것을 간접적으로 알 수 있다.

신선편이식품 원재료 농산물과 일반농산물 잔류농약 비교

우리나라에서 주로 셀러드용으로 판매되는 신선편이식품은 생산지 농산물을 신선편이 업체가 가공처리 하여 대형유통매장, 프렌차이즈 식당, 급식 등으로 공급한다. 소비자가 신선편이식품을 선호하는 이유는 한 끼에 먹을 수 있는 소량구매가 가능하고 조리 시간을 절약할 수 있어 1인 가구가 늘어나는 사회적 추세와

맞물려 있기 때문이다. 또한 다양한 업체에서 다품목 소량 공급과 온라인 주문이 가능한 마케팅 전략을 추진하고 있어 앞으로 도 전장이 밝은 사업 분야이다. 하지만 2020년 발생한 코로나 위기 상황으로 비대면 온라인 거래와 배달수요가 급증하면서 신선편이식품의 철저한 품질관리 확대가 요구된다. 이에 따라 2018년부터 2021년까지 4년간 서울 강서지역 강서농산물도매시장과 대형유통매장에서 취급하는 신선편이식품의 원재료 농산물을 검사하였다. 그 결과 잔류농약 검출률은 2.9%이고 부적합 비율이 0.3%로 나타나, 강서농산물도매시장 전체 농산물검사에서 2018년(검출률 7.8%, 부적합률 2.5%), 2019년(검출률 4.5%, 부적합률 1.9%), 2020년(검출률 4.6%, 부적합률 1.4%)보다 낮은 수준으로 유지되는 것을 알 수 있었다(Kim 등, 2021).

신선편이식품 원재료 농산물은 기본적으로 생산단계에서 출하된 농산물을 탈피, 세척, 포장이라는 단계를 거치기 때문에 잔류농약 오염에 상대적으로 안전하다는 인식을 줄 수 있다. 그러나 소비자들이 안심하고 신선한 생식 채소를 즐기기 위해서는 공영도매시장 현장에서 신선편이식품 원재료 농산물이 유통되기 전에 잔류농약을 모니터링하고 관리하는 역할이 더욱 중요하다고 볼 수 있다. 현대인들은 건강에 도움이 되는 건전한 식품 소비를 위해 신선편이식품에 관한 관심을 더욱 높이고 있으며 동시에 유해물질로부터 안전한 먹거리를 원하고 있다. 생산자 입장에서는 우수한 품질의 농산물을 출하하여 농가소득을 올리고 농촌 지역경제가 활성화되기를 희망한다. 앞으로 신선편이식품 시장의 확대를 전망한다면, 원재료 농산물의 유해물질 안전관리는 더욱 중요한 과제가 될 것이다.

요 약

본 연구는 주로 생식으로 섭취하는 신선편이식품 원재료 농산물의 안전성을 확인하기 위해 2018-2021년 서울 강서지역 공영도매시장과 대형유통매장에서 취급하는 양상추, 토마토, 셀러리 등 농산물 14종에 대하여 잔류농약 실태를 조사하였다. 589건을 검사하여 기준이내 검출은 17건(2.9%)이었고, 기준초과는 2건(0.3%)으로 나타났다. 유통단계별로 살펴보면 대형유통매장 판매 농산물과 달리 유통 전 도매시장의 경매 농산물을 대상으로 검사한 경우 기준초과가 2건 발생하여 차이점을 보였다. 검출된 농약은 플루벤디아마이드, 플루페녹수론, 다이아지논 순으로 나타났으며 주로 살충제와 살균제로 밝혀졌다. 신선편이식품 원재료 농산물의 유통 길목인 공영도매시장을 살펴보면 부적합 비율이 0.3%로 나타나 일반농산물 부적합률 1.4-2.5%보다 낮은 것으로 나타났다. 신선편이식품은 간단한 가공처리를 거쳐 바로 섭취하기 때문에 농약이 잔류할 경우 인체에 영향을 미칠 수 있어, 원재료 농산물의 지속적인 잔류농약 모니터링이 필요하다.

References

Chang J, Li W, Xu P, Gua B, Wang Y, Li J, Wang H. The tissue distribution, metabolism and hepatotoxicity of benzoylurea pesticides in male *Eremias argus* after a single oral administration. *Chemosphere* 183: 1-8 (2017)

Cho SJ, Jeong SH, Seo YJ, Kim TS, Lee HH, Lee MG, Seo JM, Cho BS, Kim JB. Prevalence and toxin characteristics of *Bacillus cereus* isolated from vegetables in Gwangju metropolitan city. *Korean J. Food Nutr.* 33: 142-148 (2020)

Kadala A, Charreton M, Collet C. Flubendiamide, the first phthalic

acid diamide insecticide, impairs neuronal calcium signalling in the honey bee's antennae. *J. Insect Physiol.* 125: 104086 (2020)

Kim DB, Kim TK, Jin YD, Kwon HY, Lee SH. Risk assessment of residual pesticide and investigation of violation cause for perilla leaf during the shipping stage. *Korean J. Pestic. Sci.* 22: 205-215 (2018)

Kim JH, Lee DV, Lee MG, Ryu KY, Kim TS, Gang GR, S Kw, Kim JB. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in school foodservice agricultural products in Gwangju metropolitan area. *J. Food Hyg. Saf.* 34: 283-289 (2019)

Kim CK, Lee JK, Oh SA, Kim YE, Kwon EY, Yang HR, Hwang LH. Monitoring of pesticide residues in agricultural products in Gangseo, Seoul, by introduction of the positive list system. *J. Food Hyg. Saf.* 36: 163-171 (2021)

Korea economic daily. Flufenoxuron and Etoxazole were also detected. Available from: <https://www.hankyung.com/economy/article/2017081757001>. Accessed Dec. 10, 2021.

Lee CG. Production trends and tasks for fresh cut agricultural products. *Food Preservation and Processing Industry.* *Korean J. Food Preserv.* 11: 12-18 (2012)

Lee MN. A study on eco-friendly food consumption value and purchasing behavior -Comparative analysis according to the level of involvement-. *FoodService Industry Journal* 17: 305-319 (2021)

Lee SG, Choi CS, Kee JG, Jang YA, Nam CW, Yeo KH, Kee HJ, Um YC. Effects of different EC in nutrient solution on growth and quality of red mustard and Pak-Choi in plant factory. *J. Bio-Env. Con.* 21: 322-326 (2012)

Lee SY, Kim JA. A study on temple food intake and health. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 24: 691-699 (2014)

Merzendorfer H. Chitin synthesis inhibitors: old molecules and new developments. *Insect Sci.* 20: 121-138 (2013)

Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). Ministry of Food and Drug Safety Notification. 8th ed. General test method. Cheongju, Korea. pp. 325-327 (2019)

Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). Pesticide MRLs for agricultural commodities. Available from: https://mfds.go.kr/brd/m_218/view.do?seq=33313&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1. Accessed Apr. 17, 2021.

Park SJ, Kim SH, Kim SK, Lee SI, Park YK, You AS, Jeong SH. Acute hematotoxicity induced by single oral exposure to diazinon in SD rats. *Korean J. Pestic. Sci.* 23: 187-194 (2019)

Park BK, Kwon SH, Yeom MS, Han SY, Kang MJ, Seo SJ, Joo KS, Heo MJ. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in school foodservice agricultural products in Incheon. *Korean J. Food Sci. Technol.* 53: 470-478 (2021)

Park HJ, Min KJ, Park NY, Cho JI, Lee SH, Hwang IG, Heo JJ, Yoon KS. Estimation on the consumption patterns of potentially hazardous foods with high consumer risk perception. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 59-69 (2013)

Ryu KS, Park PH, Kim KY, Lim BG, Kang MS, Lee YJ, Kang CW, Kim YH, Lee SY, Seo JH, Park YB, Yoon MH. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in agricultural products for raw juice in Gyeonggi-Do, Korea. *J. Food Hyg. Saf.* 33: 339-346 (2018)

Seo UH, Kang HJ, Yoon KB, An YJ, Kim JB. Analysis of dietary fiber, mineral content and fatty acid composition in Cheonggak (*Codium fragile*). *Korean J. Food Nutr.* 32: 328-334 (2019)

Yada Jr. GM, Shiraiishi IS, Dekker RFH, Schirmann JG, Barbosa-Dekker AM, Araujo IC, Abreu LM, Daniel JFS. Soil and entomopathogenic fungi with potential for biodegradation of insecticides: degradation of flubendiamide *in vivo* by fungi and *in vitro* by laccase. *Ann Microbiol.* 69: 1517-1529 (2019)

Yu JS, Lim TH, Lee DW. Status of registered fungicides and insecticides by toxicity, formulation and classification in Korea since 1980s. *Korean J. Pestic. Sci.* 24: 19-22 (2020)

Yun GS. Development plan for fresh convenience foods according to changes in food culture. Available from: <http://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201424566319445.page?&lang=ko>