

물리화학적 특성이 다른 농약의 세척 및 조리방법에 의한 감소계수 산출

유영화¹ · 이영선¹ · 권훈정^{1,2*}

¹서울대학교 생활과학대학 식품영양학과, ²서울대학교 생활과학연구소

Reduction Factors of Pesticides with Different Physicochemical Properties under Washing and Cooking Conditions

Younghwa You¹, Youngsun Lee¹, and Hoonjeong Kwon^{1,2*}

¹Department of Food and Nutrition, Seoul National University

²Research Institute of Human Ecology, Seoul National University

Abstract The reduction factor of pesticides is getting more crucial these days. However, most studies have focused on the relationship between pesticides and commodities. This study was conducted to examine the pesticide reduction factor based on their physicochemical properties. Five pesticides were selected among 288 insecticides by considering the presence of an ionizable group, the log P, and boiling points. The correlation coefficients between log P and removal by tap water, 5% acetic acid, 20% ethanol, and 0.15% detergent were -0.835 ($p < 0.001$), 0.336 ($p = 0.221$), 0.659 ($p < 0.01$), and -0.939 ($p < 0.001$), respectively. Removal by blanching was affected by log P as it showed a positive correlation with a log P of 0.620 ($p < 0.05$). Removal by frying showed a strong negative correlation with a log P of -0.913 ($p < 0.001$). The results suggest that removing pesticides was affected largely by log P and by vapor pressure during cooking, whereas during washing, the matrix of the food also contributed to the reduction.

Keywords: pesticides, reduction factor, physicochemical properties, washing, cooking

서 론

농약은 농산물의 품질 향상과 식량증산에 기여하는 장점을 가진 반면, 그 자체가 해충을 방제하기 위한 목적으로 사용되는 만큼 인체에 대한 독성도 가지고 있다. 그러나 산업화 및 도시화로 인한 소비자의 식생활패턴의 변화와 농업기술의 발달은 사시사철 각종 채소, 과일의 섭취를 가능하게 하고, 이러한 농산물을 가공한 다양한 가공식품이 크게 증가하면서 소비자가 잔류농약에 노출되는 기회 또한 증가하고 있다. 이에, 식품의 잔류농약 오염과 같은 안전성 문제가 사회문제로 대두되고 있으며, 잔류농약의 안전관리가 중요하다고 할 수 있다(1-6).

잔류농약의 안전관리는 적절하게 농약을 사용하도록 규제하는 농약안전사용기준과 식품 중 농약잔류량이 법적 규격에 맞도록 규제하는 농약잔류허용기준(MRLs: Maximum Residue Limits)으로 이루어지고 있다. 이 중 농약의 안전 사용기준도 결국 농약의 잔류허용기준을 참고로 하여 설정되므로 결국 MRLs의 합리적인 설정이 중요하다고 할 수 있다.

농산물의 가공 및 조리과정에 따른 감소계수는 MRLs의 설정에 관여하는 지표로서, 농약종류와 농산물 종류에 따라 저장, 가공, 조리과정을 거쳐 분해된 농약이 잔류하는 비율을 나타낸다.

대부분의 농산물이 그대로 섭취되기 보다는, 세척, 건조, 저장, 조리 등의 가공과정을 거쳐 소비되기 때문에 농산물의 가공 및 조리과정에 따른 감소계수는 정확한 MRLs의 설정에 도움을 줄 수 있다.

이러한 감소계수에 대한 연구는 최근 주목을 받아 EPA와 EU에서는 관련지침을 만들었으며, Codex에서는 2003년부터 JMPR(Joint FAO/WHO Meeting of Experts on Pesticide Residue)을 통하여 감소계수를 수집, 정리하고 있다(7). 이에 국내에서도 잔류기준을 설정하기 위한 감소계수에 대한 연구를 진행하고 있지만, 아직까지는 데이터베이스를 구축하기에는 자료가 충분하지 않은 실정이다. 또한, 현재까지 이루어진 농약 잔류량의 감소계수에 관한 연구들은 주로 개별적인 농산물에 따라(2,6-8), 특정 농약의 감소계수에 초점을 맞추어 수행되었으며(2,6-12) 조리과정별 연구는 데치기, 삶기 등 주로 습열조리방식(9-10,13)에 한정되어 건열조리방식에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 뿐만 아니라, 농약의 물리화학적 특성에 초점을 맞추어 잔류량을 분석한 연구는 Kang의 학위논문이 있으나(14), 이는 연구에 사용된 농약의 선정과정도 명확히 언급되어 있지 않으며 처리조건 또한 소금 절임, 데치기, 삶기로 한정되어 있었다. 그 외 대부분의 관련 연구는 특정 농산물의 잔류량을 분석 후, 부가적으로 물리화학적 특성에 따른 관련성을 분석하여 심도 있는 연구가 미흡하였다(15-19).

따라서, 본 연구는 기존의 개별적인 농산물에 따른 특정 농약의 감소계수에 대한 연구가 아니라, 물리화학적 특성에 근거한 농약의 감소계수를 산출하여 효율적인 감소계수의 데이터베이스 축적을 용이하게 하고자 한다. 우선 농약을 물리화학적 특성에 따라 분류하여, 그룹의 특징을 가장 잘 나타내는 대표적 농약을

*Corresponding author: Hoonjeong Kwon, Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea
Tel: 82-2-880-6831
Fax: 82-2-884-7555
E-mail: hjkwon@snu.ac.kr
Received January 13, 2011; revised March 14, 2011;
accepted June 24, 2011

선정하였다. 그 후, 기존의 습열조리 방식인 데치기뿐 아니라 건열조리방식인 튀기기 및 실제 사용 가능한 다양한 세척방법(수돗물, 세제, 5% 아세트산 수용액, 20% 에탄올 수용액)도 적용함으로써 농약의 잔류량을 분석하였다.

재료 및 방법

사용농약의 검색 및 선정

우리나라 식품위생법에 잔류허용 기준이 설정되어 있는 288개의 살충제를 대상으로, 식품의약품안전청 농약잔류 데이터베이스(20)와 IUPAC(International Union of Pure and Applied Chemistry)(21)를 통해 물리화학적 특성을 조사하여, Chemstation의 Chemfinder 프로그램을 이용하여 데이터베이스를 구축하였다. 이 중 작물보호협회에 등록사용되고 있는 농약을 대상으로 이온화 그룹의 포함여부와 옥탄올과 물 분배계수인 log P 값과 끓는점 177°C을 기준으로 그룹을 나누었고 그 결과는 Table 1과 같다. 이를 바탕으로 CoPLBH 그룹에서 propamocarb, CPHBH 그룹에서 azoxystrobin, fenarimol, CXPHBL 그룹에서 dichlorvos, edifenphos, CXPHBH 그룹에서 cypermethrin, fenvalerate를 선정하였으며 물리화학적 성질은 Table 2와 같다.

실험재료 및 기기

매트릭스로서는 적당량의 wax층을 포함하는 싼배추(*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*)로 조사 대상 농약이 검출되지 않은 경기도 양평의 유기농 재배 싼배추를 하나로마트에서 구입하여 사용하였다. 실험에 사용된 농약은 프리엔(Propamocarb 66.5%, 동방아그로, Seoul, Korea), 오티바(Azoxystrobin 20%, Syngenta Korea, Seoul, Korea), 웨나리(Fenarimol 12.5%, 동부하이텍, Seoul, Korea), 디디브이피(Dichlorvos 50%, 동방아그로, Seoul, Korea), 히노산(Edifenphos 30%, 동부하이텍, Seoul, Korea), 피레스(Cypermethrin 5%, 동부정밀화학, Seoul, Korea), 스피시이딘(Fenvalerate 5%, 동방아그로, Seoul, Korea)으로 농약 판매상으로부터 구입하여 사용하였다. Propamocarb, azoxystrobin, fenarimol, dichlorvos, edifenphos, cypermethrin, fenvalerate의 표준품은 Chemservice (Westchester, PA, USA)에서 구입하였다. 실험에 사용한 유기용매로서 아세톤 및 n-헥산은 Merck(Darmstadt, Germany)에서 아세토나이트릴과 에탄올은 J. T. Baker(Phillipsburg, NJ, USA)에서 각각 GC급 및 잔류농약시험용을 구입하여 사용하였다. 아세트산은 Samchun(Seoul, Korea)에서 구입하였고, sodium chloride는 Sigma(St. Louis, MO, USA)에서 일급시약을 구입하여 사용하였다. 세제는 23% 식물계 계면활성제가 함유된 세제를 사용하였다. 시료의 정제를 위해 SPE-Florisil(Waters, Massachusetts, NJ,

USA)을 사용하였다. 분쇄기는 한일전기(Seoul, Korea)의 HMF-2900s 제품을 사용하였고, 고속 homogenizer는 IKA(Cincinnati, OH, USA)의 T18 basic ultra turrax를 사용하였다.

농약의 처리

농약은 증류수로 500 mg/kg의 농약 희석액을 조제하였다. 싼배추는 겉잎과 뿌리를 제거하여 농약희석액에 30분간 침지시키고, 이것을 채반에 건져서 2시간 동안 풍건시켜 농약을 처리하였다. 침지처리된 시료는 각 처리조건 별로 약 300 g 씩 채취하여 골고루 혼합하였고, 혼합된 시료는 분쇄기로 세절하여 50 g을 취하였다. 각 시료별로 동일한 과정을 세 번씩 수행하였다.

세척방법

인위적인 농약처리가 된 싼배추를 수돗물, 에탄올(20%), 세척제(0.15%), 아세트산(5%) 2L에 각각 넣고 흔들어주면서 2분간 침지한 후 2L의 수돗물에 2분간 2차 세척을 하고 2시간 동안 풍건시킨 후 잔류농약 분석에 이용하였다.

조리방법

습열조리 중 데치기 방법을 사용하였으며, 4L의 끓는 물에 2분 30초간 싼배추를 넣고 데친 후에 2시간 동안 풍건시켜 잔류농약 분석에 이용하였다. 건열조리로서는 197°C에서 10초간 대두유에 튀긴 후에 잔류농약분석에 이용하였다.

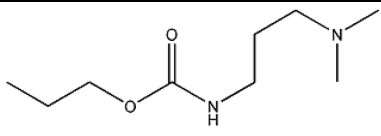
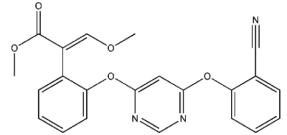
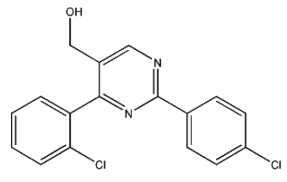
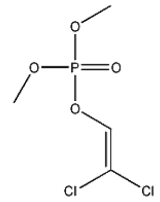
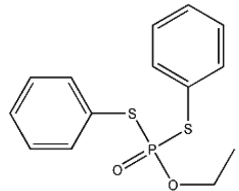
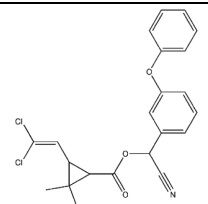
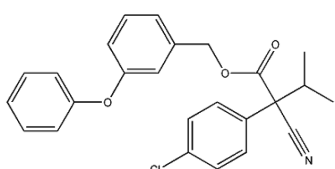
잔류농약분석

농약의 분석방법은 식품공전 제 10.9.83의 다중농약 다성분분석시험법을 참고, 변형하여 분석하였다. 분쇄기로 세절한 시료 50g에 아세토나이트릴 100 mL를 가한 후, homogenizer로 3분간 10,000×g으로 갈아서 고속추출 후 감압여과하였다. 여과액에 sodium chloride 15 g을 넣어 1분간 진탕한 후 1시간 저온 정치하여 아세토나이트릴층과 물층을 분리하고 난 후 아세토나이트릴층에서 20 mL 정확히 취하여 질소 가스 40°C 이하에서 농축 건조하였다. 잔류물을 2 mL의 n-hexane:acetone(8:2, v/v) 혼합용매에 재용해하였다. Florisil(500 mg) SPE cartridge에 5 mL의 n-hexane을 loading하여 버린 후, 5 mL의 n-hexane:acetone(8:2, v/v) 혼합용매로 한번 더 활성화시켰다. 재용해한 검체용액 2 mL를 loading한 후, 5 mL의 n-hexane:acetone(8:2, v/v) 혼합용매로 용출하였다. 용출된 7 mL의 시료를 질소가스로 40°C 이하에서 농축 건조하였다. 이를 2 mL의 n-hexane:acetone(8:2, v/v) 혼합용매에 재용해한 후 propamocarb는 GC-MS, 그 외의 농약은 GC-ECD로 분석하였으며 분석조건은 Table 3, 4와 같다. 동일한 분석조건하에서 표준혼합물질을 주입하여 chromatogram을 확인하였다(Fig. 1).

Table 1. The numbers of pesticides by categorizing with physicochemical properties

Group name	Ionizable group	log P (1)	Boiling point (177°C)	Numbers
CoPLBL	O	Low	Low	5
CoPLBH	O	Low	High	13
CoPHBL	O	High	Low	13
CoPHBH	O	High	High	71
CxPLBL	X	Low	Low	0
CxPLBH	X	Low	High	2
CxPHBL	X	High	Low	12
CxPHBH	X	High	High	96
Not enough Data				54

Table 2. Physicochemical properties of pesticides tested

Common name	Structural formula	Boiling point (°C)	log P (pH 7, 20°C)	Vapor pressure (MPa, 25°C)	Solubility in water (mg/L, 20°C)
Propamocarb		245	-1.3	8.70×10^{-1}	1.01×10^6
Azoxystrobin		545	4.34	1.1×10^{-7}	6.7×10^0
Fenairmol		258	3.69	6.5×10^{-2}	13.7×10^1
Dichlorvos		170	1.90	2.1×10^3	1.8×10^4
Edifenphos		154	3.83	3.2×10^{-2}	5.6×10^1
Cypermethrin		489	6.61	2.3×10^{-4}	9.0×10^{-3}
Fenvalerate		521	7.19	1.92×10^{-2}	1.0×10^{-3}

통계처리

시료의 준비 및 분석 실험은 독립적으로 3회 반복 실시하였으며, SPSS(ver. 12.0)을 사용하여 농약의 잔류량과 물리화학적 특성에 대한 Pearson 상관분석을 수행하였다.

결과 및 고찰

분석법의 회수율 및 검출한계

본 연구에서 사용된 propamocarb, azoxystrobin, fenarimol, dichlorvos, edifenphos, cypermethrin, fenvalerate의 싼배추에서의

잔류분석법에 대한 회수율을 측정하기 위하여 무처리 싼배추 잎에 7가지 농약의 표준품을 1.00, 25.0 mg/kg씩 각각 첨가한 후 3회 반복하여 시료의 분석방법과 동일하게 실험하여 회수율을 측정하였다(Table 5). 측정결과 propamocarb는 본 분석방법으로는 측정할 수 없었으나, 식품공전 제 4.1.4.29의(22) propamocarb 단 성분 분석을 사용한 경우에는 회수율 22.3%로 측정되었으며, CV값이 48.5%의 결과를 보였다. 이는 동일한 시험법을 사용한 Nagayama 등의 논문(20)에서 propamocarb가 대부분의 채소와 과일에서는 75% 이상의 회수율을 보였지만 양상추에서는 41%의 회수율을 보인 것과 비슷한 결과이며, 싼배추에서의 propamocarb

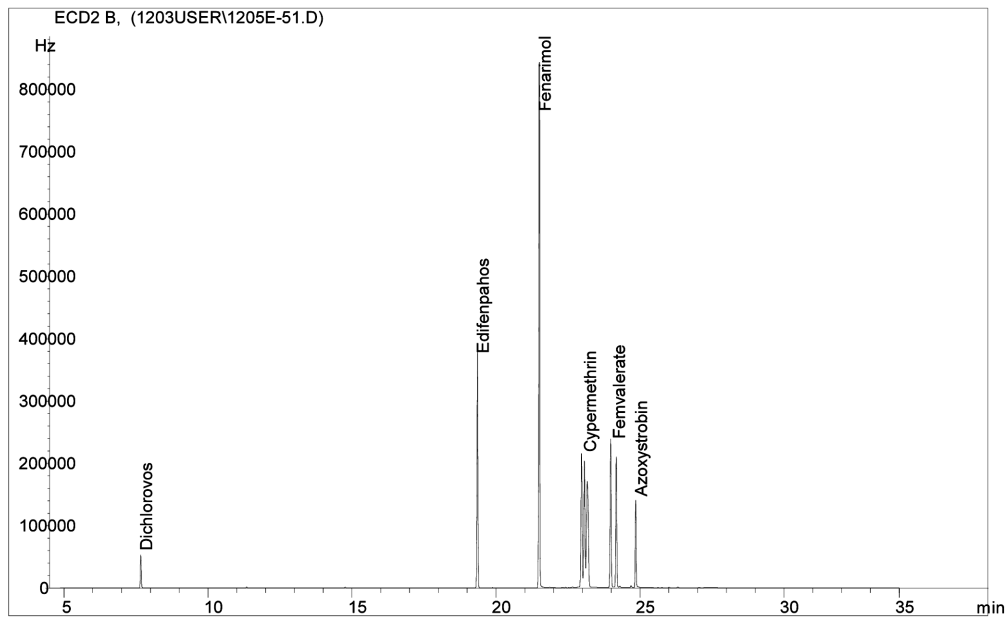


Fig. 1. GC chromatogram of pesticides.

의 정량시험법은 현재까지 어려운 것으로 판단하여 데이터 분석에서 제외하였다. 반면, dichlorvos를 제외한 나머지 5가지 농약은 모두 80% 이상의 높은 회수율을 나타냈으며, dichlorvos는 30-40%의 낮은 회수율을 보이지만 재현성이 양호하여 세척조리 조건에 따른 감소율의 비교가 주 목적인 본 실험에 있어서는 결과의 판정에 문제가 없는 것으로 판단하여 분석대상에 포함하였다.

물리화학적 특성에 따른 세척제에 의한 잔류농약 제거 효과

Fig. 2는 각각의 세척에 있어서의 농약잔류량을 보여주는 것으로, 이를 바탕으로 Pearson 상관분석을 하여 각 물리화학적 특성과 농약잔류량의 상관성을 파악하였다. 선택된 네 가지 세척법은 가정에서 흔히 사용되는 방법으로 5%의 아세트산 수용액은 식초를, 20%의 에탄올 수용액은 가정에서 가장 흔히 구할 수 있는 유기용매인 소주를 대신하여 사용하였다.

수돗물의 세척에 따른 농약잔류량과 log P와의 상관성을 분석한 결과 Pearson 상관계수 $-0.835(p < 0.001)$ 로 유의적인 음의 상관관계를 가짐을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 수돗물의 세척에 있어서 log P와의 상관성이 양의 관계를 가질 것이라는 예측과 다름을 확인할 수 있었는데, 이는 세척에 의한 잔류농약의 제거율이 농약 자체의 수용성 정도보다는 작물의 침투성 및 농산물의 특성에 영향을 받기 때문으로 판단된다(19-21,23).

Table 3. GC-MS analytical conditions

Instrument	Agilent 6890 gas chromatograph equipped with mass spectrometer, USA
Column	HP-5 capillary column 30 m×0.25 mm I.D.×0.25 μm film thickness
Temperature	Injector 280°C Oven 80°C (2 min)-10°C/min-280°C (15 min) Detector 320°C
Flow rate	Carrier gas (N ₂) 1.2 mL · min ⁻¹
Injection volume	1 μL
Split ratio	10:1 (SIM mode)

5% 아세트산 수용액의 세척에 있어서는 log P와의 상관성을 분석한 결과 Pearson 상관계수 $0.336(p=0.2201)$ 로 유의적인 상관성을 찾지 못했다. 또한 이온화 그룹을 포함한 fenarimol의 경우 pKa의 값이 11.19로, 주어진 환경에서 화학구조가 변화하지 않으므로 제거가 더 잘 되는 것은 아니었다. 이를 통해볼 때, 단순히 이온화 그룹의 포함여부로 농약잔류량의 상관성을 연관시키기 보다는 이온화 그룹의 R기에 따른 농약잔류량의 상관성을 살펴보면 뚜렷한 상관성을 얻을 수 있을 것이라 사료된다.

20% 에탄올 수용액의 세척과 log P의 상관성은 Pearson 상관계수 $-0.659(p < 0.01)$ 로 유의적인 음의 상관관계를 가짐을 확인하였다. 이는 log P값이 클수록 높은 제거율을 보일 것이라는 기대와 일치하며, 이온화 그룹을 가진 fenarimol도 잘 제거가 된 것은 fenarimol의 R기가 -OH로 alcohol solution에서 잘 씻겨 나갈 수 있는 그룹이기 때문이라 생각된다.

0.15% 세제세척과 log P의 상관성은 Pearson 상관계수 $-0.939(p < 0.001)$ 로 유의적인 음의 상관관계를 가짐을 확인하였다. 세제는 친수성기와 친유성기를 모두 가지고 있기 때문에 선형적인 상관성이 크지 않을 것이라 예측한 것과 다른 결과를 보였다. 이는 수돗물의 세척과 마찬가지로 작물의 침투성 및 농산물의 특성도 잔류량에 관여하기 때문이라 추정된다(18,21-22). 다만 세제세척은 친수성기와 친유성기를 모두 갖고 있는만큼 4가지의 세척방법에 있어 가장 큰 농약제거효과를 보임을 확인할 수 있었다.

위의 분석에 있어 azoxystrobin은 실험적 재현성이 떨어졌기 때문에 제외하였다. 이는 농약표준품으로 실험한 회수율실험에서는 우수한 회수율과 재현성을 보였지만, 실제로 사용되는 형태의 azoxystrobin은 싹배추에 잘 흡착되지 않기 때문으로 추정된다. 실제로 농약의 전처리에 있어 풍건과정을 거칠 때, 흰색성상의 azoxystrobin이 파우더 형태로 떨어지는 것을 확인할 수 있었다.

물리화학적 특성에 따른 조리방법에 의한 잔류농약 제거 효과

Fig. 3은 각각 물을 사용하는 습열조리방법인 데치기와 기름을 사용하는 건열조리방법인 튀기기의 농약잔류량을 보여주는 것으로, 이를 바탕으로 Pearson 상관분석을 하여 각 물리화학적 특성과 농약잔류량의 상관성을 파악하였다.

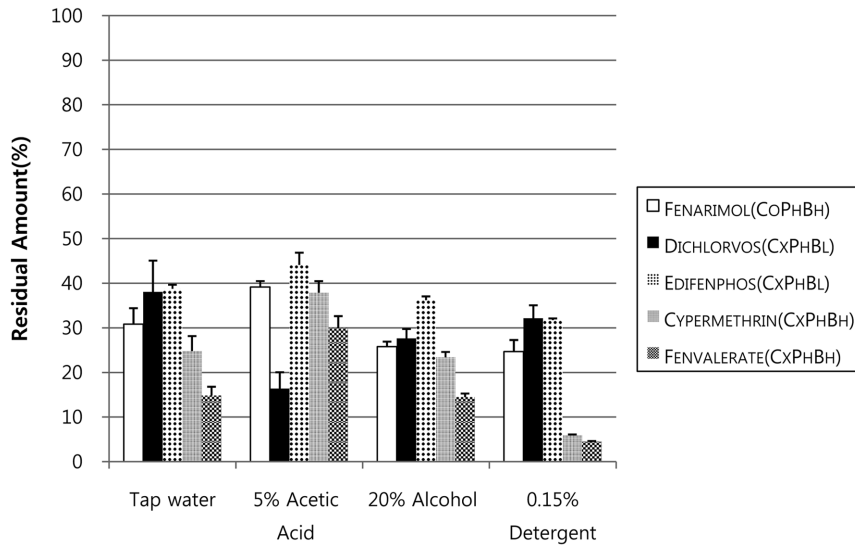


Fig. 2. Removal of pesticides by washing conditions. All values are mean±SD.

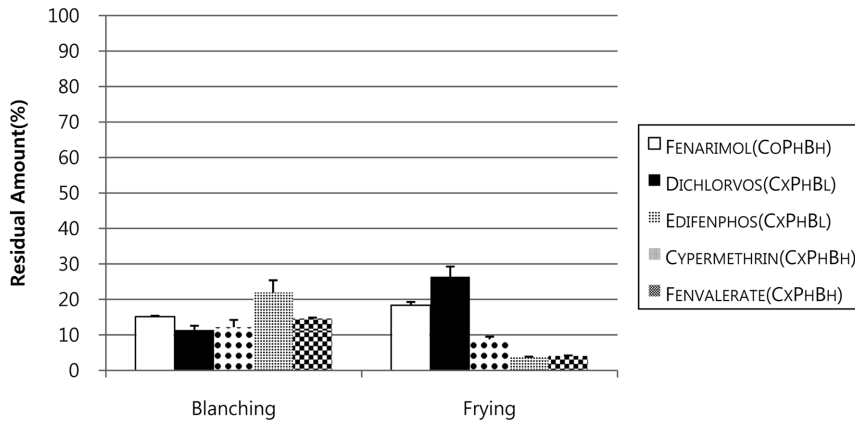


Fig. 3. Removal of pesticides by cooking conditions. All values are mean±SD.

우선 2분 30초간 데치는 과정과 끓는 점과의 상관성은 Pearson 상관계수 0.092($p=0.717$)로, 유의적인 상관성을 찾을 수 없었다. 이는 거의 모든 농약의 끓는 점은 물의 끓는 점인 100°C 이상이기 때문이다. 데치는 과정과 log P와의 상관성은 Pearson 상관계수 0.620($p<0.05$)로 유의적인 양의 상관관계를 가짐을 확인하였다. 이는 데치는 과정을 통해 찜배추의 물리적 조직의 변화로, 수돗물 세척과 달리 물과의 접촉시간이 긴 조리법에서는 log P 값

이 작을수록 물에 더 잘 녹아서 잔류량이 적어지는 효과를 보이는 것으로 추측된다.

10초간 튀기는 과정과 끓는점과의 상관성은 Pearson 상관계수 $-0.526(p<0.05)$ 를 갖는다. 하지만, 이보다는 튀기기 온도인 197°C 을 기준으로 보았을 때, 끓는점이 197°C 이하인 dichlorvos, edifenphos와 끓는점이 197°C 이상인 나머지 농약들의 차이가 뚜렷하지 않았다. 우선, dichlorvos가 제거율이 예상보다 높게 측정된 것은 증기압과의 관련성으로 추측된다. Dichlorvos의 증기압은 2,100 MPa로 매우 큰데, 75 cp의 큰 점성을 갖는 콩기름이 dichlorvos를 포집하기 때문에 튀긴 후 배추 표면의 기름에 많이 부착된 것으로 사료된다. 튀기기 과정과 log P와의 상관성은 Pearson 상관계수 $-0.913(p<0.001)$ 로 유의적인 음의 상관관계를 가짐을 확인할 수 있었다. 이는 튀기는 과정이 지용성인 기름을 사용하는 만큼 log P와의 관련성이 큼을 확인할 수 있다. Table 5는 처리 조건에 따른 농약의 감소율을 산출한 결과이며, Table 6는 Table 5의 감소율 평균값을 물리화학적 특징을 표기하기 위해 비교, 정리한 감소계수를 나타낸 표이다.

Table 4. GC-ECD analytical conditions

Instrument	Agilent 6890 gas chromatograph equipped with μ ECD, USA
Column	HP-5 capillary column 30 m×0.25 mm I.D.×0.25 μ m film thickness
Temperature	Injector 235°C Oven 85°C (3 min)→10°C · min ⁻¹ →260°C (1 min)→ 25°C · min ⁻¹ →320°C (12 min) Detector 320°C
Flow rate	Carrier gas(N ₂) 1.2 mL · min ⁻¹
Injection volume	1 μ L
Split ratio	15:1

요 약

농약을 안전하게 관리하는데 사용되는 지표인 농약의 잔류허

Table 5. Recovery(%) and detection limit (mg · kg⁻¹) of the analytical method

Pesticides	Recovery (%)			LOD (mg/kg)	mLOD (mg/kg)	
	Fortification level (mg/kg)	Mean	S.D.			C.V.
Propamocarb	1.00	n.d.			0.1	0.02
	25.0	n.d.				
Azoxystrobin	1.00	70.1	7.6	10.9	0.05	0.01
	25.0	84.9	10.0	11.8		
Fenarimol	1.00	118.1	38.9	33.0	0.1	0.02
	25.0	97.0	6.7	6.9		
Dichlorvos	1.00	43.4	13.7	31.5	1	0.2
	25.0	30.1	2.9	9.5		
Edifenphos	1.00	120.7	16.3	13.5	0.05	0.01
	25.0	95.8	6.1	6.3		
Cypermethrin	1.00	99.8	10.2	10.3	0.1	0.02
	25.0	97.3	7.3	7.5		
Fenvalerate	1.00	82.3	4.8	5.8	0.05	0.01
	25.0	93.8	7.0	7.5		

S.D.=Standard deviation; C.V.=Coefficient of variation; LOD=Limit of detection; mLOD=Method limit of Detection; n.d.=not detected

Table 6. Reduction factors of pesticides under different conditions

	Boiling point (°C)	log P (pH 7, 20°C)	Vapor Pressure (MPa, 25°C)	Solubility in water (mg/L, 20°C)	Tap water	5% acetic acid	20% alcohol	0.15% detergent	Blanching	Frying
Fenarimol	258.14	3.69	6.5×10 ⁻²	13.7×10 ¹	0.308	0.392	0.258	0.247	0.151	0.183
Dichlorvos	170.35	1.90	2.1×10 ³	1.8×10 ⁴	0.381	0.164	0.276	0.322	0.114	0.264
Edifenphos	154.00	3.83	3.2×10 ⁻²	5.6×10 ¹	0.388	0.441	0.362	0.317	0.122	0.088
Cypermethrin	488.82	6.61	2.3×10 ⁻⁴	9.0×10 ⁻³	0.248	0.379	0.234	0.059	0.220	0.037
Fenvalerate	520.94	7.19	1.92×10 ⁻²	1.0×10 ⁻³	0.148	0.300	0.145	0.045	0.147	0.041

*Reduction factor=[pesticides residues after washing and cooking/pesticides residues before washing and cooking]

용기준의 결정요인 중 하나인 감소계수에 대한 연구는 최근에 더욱 요구도가 높아지고 있다. 그러나 기존의 연구들은 농산물별, 농약별로 이루어져 효율적인 데이터베이스 구축에는 적합하지 못하다. 이에 본 연구는 농약의 감소계수를 농약의 물리화학적 특성에 따라 산출하고자 실험을 계획하였다. 먼저 농약잔류허용기준이 설정된 288개의 농약을 대상으로 하여 이온화그룹포함여부, log P, 끓는점에 따라 propamocarb, azoxystrobin, fenarimol, dichlorvos, edifenphos, cypermethrin, fenvalerate의 농약을 선별하였다. 이 중 회수율과 농약의 전처리과정에서 실험이 어려웠던 propamocarb와 azoxystrobin은 최종 데이터 분석에서 제외하였다. 해당 농약들을 수돗물, 5% 아세트산 수용액, 20% 에탄올 수용액, 0.15% 세제액의 4가지의 세척방법과 데치기, 튀기기 2가지의 조리방법 총 6가지의 조건을 처리하여 Pearson 상관분석을 하였다. 그 결과, log P와의 상관성에 있어 5% 아세트산 수용액은 0.336($p=0.221$)로 유의적인 상관성이 없었으나, 수돗물에서의 세척은 -0.835($p<0.001$), 20% alcohol solution에서는 -0.659($p<0.01$), 세제세척에서는 -0.939($p<0.001$)의 값을 얻었다. 데치기와 끓는점은 유의적인 상관성을 보이지 않았으며, log P와는 0.620($p<0.05$)로 유의적인 양의 상관관계를 보였다. 튀기기와 끓는점은 상관성이 있으나, 이보다는 log P와의 상관성이 -0.913($p<0.001$)로 더 큼을 확인할 수 있었다. 이를 통해 세척과정에 있어서는 농약의 잔류에는 단순히 농약자체의 수용성 뿐 아니라 작물의 침투성도

관계가 있음을 확인할 수 있었다. 반면, 조리과정에 있어서는 농약의 잔류에는 log P와 끓는점이 보다 높은 상관관계를 가짐을 확인할 수 있었다.

문 헌

- Lee HD, Kyung KS, Kwon HY, Ihm YB, Kim JB, Park SS, Kim JE. Residue characteristics of hexaconazole and chlorothalonil in several fruits. *Korean J. Pesticide Sci.* 8: 107-111 (2004)
- Park JW, Joo LA, Kim JE. Removal of organophosphorus pesticides during making and fermentation of kimchi. *J. Fd. Hyg. Safety* 17: 87-93 (2002)
- Lee MK, Lee SR. Reduction factor and risk assessment of organophosphorus pesticides in Korean foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 240-248 (1997)
- Lee MK, Lee SR. Problems in the dietary exposure assessment of pesticide residue. *Korean J. Environ. Agric.* 12: 255-263 (1993)
- Lee SR. Food contamination and risk assessment. *Korean J. Environ. Agric.* 12: 325-333 (1993)
- Jung JK, Park SY, Kim SH, Kang JM, Yang JY, Kang SA, Chun HK, Park KY. Removal effects of bifenthrin and metalaxyl pesticides during preparation and fermentation of baechu kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1258-1264 (2009)
- Park KS, Choi JH, Suh JH, Kim SG, Lee HK, Shim JH. Studies on the processing factors of pesticides in dried carrot from field trial and dipping test. *Korean J. Pesticide Sci.* 13: 209-215 (2009)
- Zohair A. Behaviour of some organophosphorus and organochlo-

- rine pesticides in potatoes during soaking in different solutions. *Food Chem. Toxicol.* 39: 751-755 (2001)
9. Abou-Arab AAK. Behavior of pesticides in tomatoes during commercial and home preparation. *Food Chem.* 65: 509-514 (1999)
 10. Zhang ZY, Liu XZ, Hong XY. Effects of home preparation on pesticide residues in cabbage. *Food Control* 18: 1484-1487 (2007)
 11. Kaushik G, Satya S, Naik S. Food processing a tool to pesticide residue dissipation. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 42: 26-40 (2009)
 12. Randhawa A, Anjum F, Ahmed A, Randhawa MS. Field incurred chlorpyrifos and 3,5,6-trichloro-2-pyridinol residues in fresh and processed vegetables. *Food Chem.* 103: 1016-1023 (2007)
 13. Jegal SA, Han YS, Kim SA. Organophosphorus pesticides removal effect in rice and Korean cabbages by washing and cooking. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16: 410-415 (2000)
 14. Kang SM, Relationship between residue behavior and physico-chemical properties of pesticides during brining and cooking Chinese cabbage and spinach, MS thesis, Andong National University, Andong, Korea (2003)
 15. Cabras P, Alberto A, Vincenzo L, Marinella M, Filippo M, Franco C, Mario P. Pesticides residues in raisin processing. *J. Agr. Food Chem.* 46: 2309-2311 (1998)
 16. Cabras P, Alberto A. Pesticide residues in grapes, wine, and their processing products. *J. Agr. Food Chem.* 48: 967-973 (2000)
 17. International Union of Pure and Applied Chemistry. Agrochemicals. Available from: <http://agrochemicals.iupac.org>. Accessed Jan. 13, 2010.
 18. Krol WJ, Arsenault TL, Pylypiw HM, Mattina MJ. Reduction of pesticide residues on produce by rinsing. *J. Agr. Food Chem.* 48: 4666-4670 (2000)
 19. Lee HD, You OJ, Ihm YB, Kwon HY, Jin YD, Kim JB, Kim YH, Park SS, Oh KS, Ko SL, Kim TH, Noh JG, Chung KY, Kyung KS. Residual characteristics of some pesticides in/on pepper fruits and leaves by different types, growing and processing conditions. *Korean J. Pesticide Sci.* 10: 99-106 (2006)
 20. Nagayama T, Kobayashi M, Shioda H, Tomomatsu T. Gas chromatographic determination of propamocarb in agricultural commodities. *J. AOAC Int.* 79: 769-772 (1997)
 21. Korea Food and Drug Administration. Pesticide Residue Database. Available from: <http://fse.foodnara.go.kr/residue/index.jsp>. Accessed Jan. 13, 2010.
 23. KFDA. Korea Food Code. Korea Food & Drug Administration, Cheongwon, Korea. pp.385-386 (2009)
 23. Ahn SY, Kim KD, Lee JN, Im JS, Am CW, Jung JC, Lee EH. Removal Efficiency of pesticide residues in Chinese cabbage produced in highland by washing. *Korean J. Hort. Sci.* 26: 400-405 (2008)