

친환경 농자재 rotenone의 홍고추 증 잔류특성 및 가공계수

노현호 · 이재운 · 박소현 · 정오석 · 최지희¹ · 엄애선¹ · 경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학학과, ¹한양대학교 식품영양학과

(Received on October 26, 2012. Revised on November 8, 2012. Accepted on November 26, 2012)

Residual Characteristics and Processing Factors of Environment Friendly Agricultural Material Rotenone in Chilli Pepper

Hyun Ho Noh, Jae Yun Lee, So Hyun Park, Oh Seok Jeong, Ji Hee Choi¹, Ae Son Om¹ and Kee Sung Kyung

Department of Environmental and Biological Chemistry, College of Agriculture, Life and Environmental Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

¹Department of Food Science and Nutrition, College of Human Ecology, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

Abstract This study was carried out to elucidate residual characteristics of environment friendly agricultural material rotenone in chilli pepper and calculate processing factors by drying. The test material was sprayed twice onto chilli peppers at an interval of seven days and then the chilli peppers were harvested at 0, 1, 3, 5 and 7 days after final spray. Limits of quantitation (LOQs) of rotenone in fresh and dried chilli peppers were 0.03 and 0.07 mg/kg, respectively. Recoveries of the test material in fresh and dried chilli peppers ranged from 89.52 to 97.86% and from 85.76 to 91.61%, respectively. As a results of residual material analysis, amounts of rotenone in fresh and dried chilli peppers ranged from 0.03 to 0.39 mg/kg and from 0.07 to 0.75 mg/kg, respectively, representing that the residual amounts of rotenone decreased time-coursely. Processing factors of rotenone in fresh chilli pepper by drying were found to be from 2.03 to 3.13, indicating that the residual concentration of rotenone in dried chilli pepper increased from two to three times by drying. However, the reduction factor of rotenone in fresh chilli pepper by drying ranged from 0.38 to 0.59, representing that some of rotenone in fresh chilli pepper disappeared during the drying process.

Key words Rotenone, Chilli pepper, Dried chilli pepper, Processing factor, Reduction factor

서 론

농작물의 병해충 및 잡초 방제에 반드시 필요한 농약은 노동력을 감소시키고 고품질의 농산물을 생산하기 위하여 현대 농업에 있어서 반드시 필요한 농자재이다. 살포된 농약은 작물에 부착하는 양은 일부이고 대부분 강우에 의해 유실되거나 토양으로 이동하게 되어 실제 잔류농약이 양은 많지 않을 뿐만 아니라 가공과정을 거치면서 농약의 잔류량이 더 줄어들어 실제 사람이 섭취하는 농약은 극미량이다 (Park 등, 2011).

그럼에도 불구하고 일부 농약의 위해성이 밝혀지고 친환경 소비 성향의 확산 등으로 인하여 친환경 농산물에 대한 관심이 고조되면서 유럽, 일본, 미국 등의 선진국에서도 친환경 농업을 육성하고 발전시켜나가고 있으며, 우리나라 또한 친환경 농업 육성법을 제정하여 친환경 농업을 유도하고 있다. 친환경 농업은 유기합성 농약의 사용이 엄격히 금지되고 있기 때문에 천연 추출물, 미생물 제제 등으로 제조한 친환경 유기농자재가 개발되고 그 시장은 급격히 증가하고 있다(Jeong, 2004; Lee 등, 2006; Hwang, 2009).

독일에서는 친환경 농자재를 “plant strengthening agents”로 명명하고 1998년까지 총 200여개의 친환경 농자재가 등록되어 사용되고 있으며, 사용방법, 구성물질의 성분 및 함량 등 간단한 정보만으로 등록되어 판매가 가능하다. 미국은 국가유기농계획(national organic program, NOP)에 따라

*Corresponding author

Tel: +82-43-261-2562, Fax: +82-43-271-5921

E-mail: kskyung@chungbuk.ac.kr

유기성분으로 제조하였음을 표기한 친환경 농자재만 판매하도록 허가하고 있으며, Codex의 경우 수출용 친환경 농산물 생산에 사용되는 친환경 농자재 목록을 작성하여 관리하고 있다. 일본은 다른 국가와는 다르게 약효, 약해, 독성 및 잔류성 시험 성적을 제출한 후 심의가 종료되면 등록되어 판매가 가능하며, 등록 유효기간은 3년이다(RDA, 2005).

대부분의 유기합성 농약은 등록을 위해 각 농약회사에서 작물 잔류성, 환경잔류성 및 독성 시험 결과 등 법에 정한 제반 시험성적을 농촌진흥청에 제출하여 전문가 검토를 거쳐 등록하는 것에 비하여 친환경 농자재의 경우는 농약의 등록조건에 비해 완화된 기준이 적용되어 안전성이 덜 확보되었다는 우려가 있었으나 품질인증제를 도입하면서 신뢰도를 높여가고 있다. 또한 대부분의 농산물은 건조 및 조리 등의 가공과정을 거치기 때문에 가공제품에 대한 안전성을 구명하기 위해서는 과학적인 근거로 산출한 가공계수(processing factor, PF) 및 감소계수(reduction factor, RF) 실험이 필수적이며, 가공품의 잔류허용기준(maximum residue limit, MRL)을 산출하기 위해서도 가공계수는 필수적이다. 미국 환경보호청(environmental protection agency, EPA)과 Codex에서는 농약의 위해성 평가시 식품의 가공계수를 조사하여 식품 중 잔류허용기준 설정에 근거 자료로 활용하고 있다(Park, 2009).

Rotenone은 콩과 식물인 데리스 뿌리에서 ketone 형태로 추출되는 retiniud계 물질로(Cavoski 등, 2008) 1848년 유충을 방제하기 위하여 데리스 뿌리를 먹이로 이용하면서 최초로 사용되었다는 기록이 있으며(Metcalf, 1948), 이 후 rotenone의 살충 효과가 알려지면서 친환경 농자재로 많이 사용되고 있다(Kang, 2005).

따라서 이 연구는 홍고추 및 건고추 중 rotenone의 작물 잔류특성을 구명하고 건조에 따른 홍고추 중 rotenone의 가공계수와 감소계수를 산출하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

시험농자재 및 시험작물

시험농자재는 콩과식물 데리스(*Derris elliptica*) 추출물인 rotenone이었으며, 시험작물은 홍고추(녹광)이었다. 또한 rotenone의 화학 구조식 및 이화학적 특성은 Table 1에, 제 품농약의 사용방법은 Table 2에 제시하였다. 살포용 농약은 시중에서 무진촌(4.5%, (주)두에니)을 구입하여 사용하였으며, 표준품(순도 95%)은 SIGMA-ALDRICH사 제품을 구입하여 사용하였다.

포장시험 및 고추 건조

시험포장은 충청북도 청원군 북이면에 위치한 시설재배 고추포장을 임차하여 1회 및 2회 처리구를 각각 15주씩 배치하고 무처리구는 20주를 배치하였다. 또한 처리구간 교차 살포를 방지하기 위하여 완충대를 설치하였다. 시험농자재 1,000배 희석액을 7일 간격으로 2회 살포한 후 0일차부터 7일차까지 경시적으로 채취하였으며, 채취한 홍고추는 실험실로 옮겨 60°C 순환식 열풍기로 수분함량이 14% 이하가 되도록 건조한 후 믹서기로 분쇄하여 고춧가루를 제조하였다.

잔류농약 추출 및 액액분배

홍고추는 10 g을, 건고추는 5 g에 20 mL의 증류수로 1시간 습윤화하여 300 mL의 tall beaker에 넣고 100 mL의 acetone을 첨가하여 10,000 rpm에서 3분간 균질화하였다. 추출한 시료는 Celite 545를 통과시켜 흡인여과 하였으며, 각각의 추출용매 50 mL로 용기 및 잔사를 씻어 앞의 여과액과 합하였다. 각각의 여과액을 100 mL의 포화식염수와 300 mL의 증류수가 들어있는 1 L 분액여두에 넣고 50 mL의 dichloromethane을 가한 후 Resipro shaker(SR-

Table 1. Physicochemical properties of rotenone

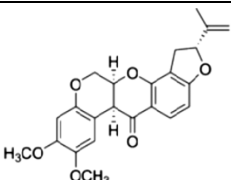
Chemical structure	Molecular weight	Melting point (°C)	Boiling point (°C)	Solubility
	394.41	165-166	210-220 (0.5 mmHg)	Soluble in ether and acetone, slightly soluble in ethanol

Table 2. Usage conditions and pre-harvest interval of the commercial product of rotenone used

Crop	Active ingredient content (%)	Formulation	Dilution rate	Pre-harvest interval	
				Application interval (day)	Maximum application time
All agricultural products	4.5	Liquid	1,000	2-3	2-3

2W, Taitec, Japan)를 이용하여 250 rpm에서 5분간 진탕하는 방법으로 2회 분배하였다. Dichloromethane 분배액을 무수 황산나트륨으로 탈수하여 35에서 감압농축 한 후 5 mL의 *n*-hexane:dichloromethane (80:20, v/v) 혼합용매로 용해하여 정제용 시료로 사용하였다.

정 제

홍고추

130°C에서 5시간 이상 활성화한 Florisil 5 g을 glass column(1 cm I.D. × 22 cm L.)에 건식 충전한 후 2 g의 무수 황산나트륨을 Florisil 상부에 넣고 50 mL의 *n*-hexane로 column을 세척하여 안정화 시켰다. 상기 정제용 시료를 column 상부에 가하여 흘려버리고 5 mL의 *n*-hexane:dichloromethane (80:20, v/v) 혼합용매를 연속하여 흘려버렸으며, 40 mL의 *n*-hexane:dichloromethane:acetonitrile (47:50:3, v/v/v) 혼합용매를 흘려버린 후 30 mL의 *n*-hexane:dichloromethane:acetonitrile (45:50:5, v/v/v) 혼합용매로 rotenone을 용출하여 35°C에서 감압농축 하였다. 농축 건조된 시료는 2 mL의 methanol에 재용해 한 후 고성능액체크로마토그래프(high performance liquid chromatograph, HPLC)를 이용하여 분석하였으며, 기기분석 조건은 Table 3에 제시하였다.

건고추

130°C에서 5시간 이상 활성화한 Florisil 10 g을 glass column (1 cm I.D. × 33 cm L.)에 건식 충전한 후 2 g의 무수 황산나트륨을 Florisil 상부에 넣고 100 mL의 *n*-hexane으로 column을 세척하여 안정화 시켰다. 상기 정제용 시료를 column 상부에 가하여 흘려버리고 5 mL의 *n*-hexane:dichloromethane(80:20, v/v) 혼합용매를 연속하여 흘려버렸으며, 70 mL의 *n*-hexane:dichloromethane:acetonitrile (47:50:3, v/v/v) 혼합용매를 흘려버린 후 40 mL의 *n*-hexane:dichloromethane:acetonitrile (45:50:5, v/v/v) 혼합용매로 rotenone을 용출하여 35°C에서 감압농축 하였다. 농축 건조된 시료는 2 mL의 methanol에 재용해 한 후 HPLC를 이용하여 Table 3의 조건에서 분석하였다.

Table 3. HPLC-DAD conditions for the analysis of the rotenone in fresh and dried chilli peppers

Instrument	1100 series high performance liquid chromatograph equipped with diode array detector (DAD), Hewlett Packard, USA
Column	Supelcosil™ LC-18 DB 250 mm L. × 4.6 mm I.D.
Wavelength	299 nm
Mobile phase	Acetonitrile:Water (50:50, v/v)
Flow rate	1 mL/min
Injection Vol.	20 µL

회수율 시험 및 검출한계

회수율 시험은 검출한계(limit of detection, LOD)의 10배와 50배 수준의 표준용액을 3반복 처리하여 상기 분석방법과 동일한 방법으로 분석하였으며, 검출한계와 정량한계는 식 1과 2를 이용하여 산출하였다(RDA, 2012).

$$\text{검출한계 (mg/kg)} = \frac{\text{최소검출량 (ng)}}{\text{시료주입량(µL)}} \times \frac{\text{최종정용량(mL)}}{\text{시료무게(g)}} \times \frac{\text{희석배수}}{\text{시료무게(g)}} \quad (1)$$

$$\text{정량한계(mg/kg)} = \text{검출한계(mg/kg)} \times 3.3 \quad (2)$$

가공계수 및 감소계수 산출

건고추 중 rotenone의 가공계수는 식 3과 같이 가공 전과 후의 잔류량 비로 산출하였으며, 감소계수는 식 4를 이용하여 건조무게기준 잔류량을 산출한 후 식 5의 방법으로 산출하였다(KFDA, 2006).

$$\text{가공계수} = \frac{\text{건고추 중 rotenone의 잔류량(mg/kg)}}{\text{홍고추 중 rotenone의 잔류량(mg/kg)}} \quad (3)$$

$$\text{건조무게기준 잔류량 (mg/kg)} = \frac{\text{생체중 잔류량} \times 100}{100 - \text{수분함량}} \quad (4)$$

$$\text{감소계수} = \frac{\text{건조 후 무게기준 잔류량(mg/kg)}}{\text{건조 전 무게기준 잔류량(mg/kg)}} \quad (5)$$

결과 및 고찰

수분함량

건고추의 수분함량은 식품공전 시험법 (KFDA, 2011)의 방법으로 측정하였으며, 13.3-13.6% 범위이었다.

표준 검량선 작성

시료 중 잔류량을 정량하기 위한 시험농약의 표준검량선은 표준용액을 각기 다른 농도로 5수준 조제한 후 분석기기에 주입하여 얻은 크로마토그램상의 면적을 이용하여 작성하였으며, 상관계수는 모두 0.9995-0.9998로써 직선성은 양호하였다.

검출한계 및 회수율 시험

홍고추와 건고추 중 rotenone의 검출한계와 정량한계는 각각 0.01-0.02 mg/kg과 0.03-0.07 mg/kg이었으며, 평균 회수율은 각각 93.78 ± 3.91%(변이계수 4.17%)와 89.66 ± 2.42%(변이계수 2.70%)로 분석법의 회수율은 양호하였다(Table 4). 농촌진흥청에서 작물 잔류성 시험 분석법의 적합성은 검출한계 0.05 mg/kg이하, 회수율 70%이상, 변이계수 10% 이하를 권장(RDA, 2012)하고 있음을 감안할 때 분석

Table 4. Limits of detection (LODs), limits of quantitation (LOQs) and recoveries of rotenone in fresh and dried chilli peppers

Matrix	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	Fortification level (mg/kg)	Recovery (mean(%) ± SD ^{a)})	CV (%)
Chilli pepper	0.01	0.03	0.1	90.27 ± 0.70	0.78
			0.5	97.29 ± 0.86	0.89
Dried chilli pepper	0.02	0.07	0.2	88.01 ± 2.51	2.85
			1.0	91.32 ± 0.33	0.36

^{a)}Standard deviation

법은 적합한 것으로 판단되었다. Cabras 등(2002)은 올리브와 올리브 오일 중 rotenone의 작물 잔류성 시험을 수행하여 75-104%의 회수율을 얻었고 변이계수는 1-8%, 검출한계는 0.02 mg/kg이었다고 보고하였으며, Chen 등(2009)은 배추 중 rotenone의 회수율은 94.20-99.40%이었고 변이계수는 0.5-1.08%이었다고 보고하여 이 실험의 결과와 유사하였다.

홍고추 및 건조추 중 rotenone의 잔류량

1회 처리구 홍고추 중 rotenone의 잔류량은 0.03-0.23 mg/kg이었으며, 2회 처리구의 경우 0.05-0.36 mg/kg으로 1회 처리구보다 높은 잔류량을 보였으나 경시적으로 감소하는 경향이였으며, 변이계수는 모두 10%미만이었다. 1회 처리 건조추 중 rotenone의 잔류량은 0.03-0.23 mg/kg이었으며, 2회 처리구의 경우 0.05-0.36 mg/kg으로서 홍고추의 잔류량과 유사한 잔류 경향을 보였다(Table 5). 홍고추보다 건조추의 잔류량이 높았는데 이는 건조과정에서 홍고추의 수분이 감소하여 잔류농약의 농도가 증가한 것으로 판단되었다. 식품의약품안전청은 홍고추와 건조추 중 clothianidin 등 7종의 농약의 잔류성 시험 결과 홍고추보다 건조추의 잔류량이 더 높았으며, 배추와 대파의 경우도 동일한 결과를 보였다고

보고하였다(KFDA, 2006). Cabras 등(2002)은 올리브에 rotenone을 살포하고 약제살포 후 0일차부터 12일차까지 경시적으로 시료를 채취하여 잔류농약을 분석한 그 결과 올리브 중 rotenone의 잔류량은 0.11-0.99 mg/kg이었다. 또한 올리브 오일의 경우 0.53-1.89 mg/kg이 검출되었으며, 모두 경시적으로 감소하는 경향을 보였고 이 연구와 마찬가지로 가공과정을 거치면서 농약의 농도는 증가하였다고 보고하였다.

건조에 따른 홍고추 중 rotenone의 가공계수

홍고추와 건조추 중 잔류농약의 평균 잔류량으로 산출한 1회 처리구 가공계수는 2.08-2.67이었으며, 2회 처리구의 경우 2.03-3.13이었다(Table 5). 약제살포 후 시간 경과에 따른 가공계수는 유사하였으며, 평균 가공계수는 2.38 ± 0.36이었다. 식품의약품안전청은 시설재배 조건에서 포장실험을 통하여 산출한 건조추 중 clothianidin 등 7종 농약의 가공계수는 1.85-3.73이었다고 보고하였으며(KFDA, 2006), 이 연구의 시험 농약과는 다르지만 가공계수는 유사한 경향을 보였다. Noh 등(2012)은 홍삼, 건삼 및 농축액 중 difenoconazole의 가공계수를 산출하였으며, 홍삼 중 difenoconazole의 평균 가공계수는 1.88-2.09, 건삼 2.04-3.00, 알콜농축액, 1.97-3.91 및 물농축액 2.06-4.33이었다고 보고하

Table 5. Residual concentration, processing and reduction factors of rotenone in fresh and dried chilli peppers

Application frequency	Days after spraying	Average concentration (mg/kg) ± SD ^{a)}		Processing factor	Reduction factor
		Chilli pepper	Dried chilli pepper		
1	0	0.23 ± 0.00	0.49 ± 0.00	2.13	0.40
	1	0.17 ± 0.01	0.36 ± 0.00	2.12	0.40
	3	0.13 ± 0.00	0.27 ± 0.00	2.08	0.39
	5	0.07 ± 0.00	0.17 ± 0.00	2.43	0.46
	7	0.03 ± 0.00	0.08 ± 0.00	2.67	0.50
2	0	0.36 ± 0.03	0.73 ± 0.02	2.03	0.38
	1	0.22 ± 0.00	0.50 ± 0.02	2.27	0.43
	3	0.13 ± 0.01	0.36 ± 0.00	2.77	0.52
	5	0.08 ± 0.00	0.25 ± 0.01	3.13	0.59
	7	0.05 ± 0.00	0.11 ± 0.00	2.20	0.41

^{a)}Standard deviation

였다. 이처럼 가공품 중 잔류농약의 가공계수는 가공방법, 가공품, 농약 부착량, 농약의 이화학적 특성 및 잔류양상에 따라 모두 다르게 산출되므로 지속적인 가공계수 연구를 통하여 가공품에 대한 안전성이 확보되어야 한다고 판단되었다.

건조에 따른 홍고추 중 rotenone의 감소계수

건고추의 평균 수분함량은 13.5% (n = 10)이었으며, 건조에 따른 홍고추 중 rotenone의 감소계수는 0.38-0.59으로 건조 과정을 거치면서 농약의 절대량은 감소하였다. Park (2009)은 농산물 중 잔류농약은 농산물과 농약의 종류, 가공조건 및 농약의 이화학적 특성에 따라 상이하지만 가공과정을 거치면서 농약의 절대량이 감소한다고 보고하였다. 특히, Chun (2002)은 고추의 경우 수세, 열풍건조, 분쇄, 자외선 조사 등 고춧가루 제조 과정 중 열풍건조 과정이 잔류농약을 감소시키는 중요한 요인이라고 보고하였다. Im 등(2006)은 인삼을 건삼으로 제조하는 과정 중 azoxystrobin, fenhexamid 및 cyprodinil의 감소계수는 0.24-0.96이었다고 보고하였으며, 이 연구의 결과와 마찬가지로 건조에 의한 시험농약의 절대량은 감소하였다. 또한 식품의약품안전청은 azinphos-methyl 등 22개 농약을 대상으로 홍고추 건조에 의한 감소계수 산출 연구를 수행하였으며, 시험농약 모두 감소계수가 0.15-0.99이었다고 보고하였다(KFDA, 2006).

감사의 글

이 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ008953 2012)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이에 감사드립니다.

Literature Cited

- Cabras, P., P. Caboni, M. Cabras, A. Angioni and M. Russo (2002) Rotenone residue on olives and in olive oil, *J. Agric. Food Chem.*, 50:2576~2580.
- Cavoski, I., Caboni P., Sarais G. and Miano T. (2008) Degradation and persistence of rotenone in soils and influence of temperature variations, *J. Agric. Food Chem.* 56:8066~8073.
- Chen, X. J., H. H. Xu, W. Yang and S. Z. Liu (2009) Research on the effect of photoprotectants on photostabilization of rotenone, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 95:93~100.
- Chun, M. H. (2002) Reduction of pesticide residues in production of red pepper Powder, Andong National University Master's thesis p.2.
- Hwang, C. J. (2009) A study on the purchase factors of the environmental friendly agricultural products and measures to promote the purchase, Hanseo University Ph D. thesis, p.11.
- Jeong, D. Y. (2004) Present status and future strategy for environmentally sound agriculture, *J. Agriculture & Life Science* 38(4):51~61.
- Kang, H. W. (2005) The Characteristics of cell death induced by rotenone in dopaminergic neuronal cell, Yonsei University master's thesis p.4.
- Korea Food and Drug Administration (2006) Research on the Reduction Factors of Some Dried Agricultural Products.
- Korea Food and Drug Administration (2006) Research on the Reduction Factors of Some Dried Agricultural Products (Field-growing Red Pepper).
- Korea Food and Drug Administration (2011) Food code-Analytical method), p.10-1-2.
- Lee, M. K., J. M. Hwang and S. R. Lee (2006) The usage status of environment-friendly materials for vegetable cultivated under protected houses in the Southern Part of Korea, *Korean J. Environ. Agric.* 25(1):93~103.
- Metcalf R. L. (1948) The mode of action of organic insecticides, National research council Washington, D. C. p.29.
- Noh, H. H., K. H. Lee, J. Y. Lee, E. Y. Lee, Y. S. Park, H. K. Park, J. H. Oh, M. H. Im, Y. J. Lee, I. H. Baeg and K. S. Kyung (2012) Residual characteristics and Processing Factors of Difenoconazole in Fresh Ginseng and Processed Ginseng Products, *Korean J. Pestic. Sci.*, 16(1):35~42.
- Park, B. J. and J. H. Lee (2011) Pesticide residue monitoring and environmental exposure in paddy field soils and greenhouse soils, *Korean J. Pestic. Sci.* 15(2):134~139.
- Park, G. S. (2009) Studies for the Processing Factors of Pesticides during the Drying and Processing of Raw Agricultural Commodities, Chonnam National University Ph.D. thesis, p.3.
- Rural Development Administration (2005) Studies on the Usage and Management of Pesticides and Environment-friendly Materials for Vegetable Cultivation in Greenhouse, pp.250-269.
- Rural Development Administration (2012) Pesticide Act, Instruction and Directory, pp.401-402.

친환경 농자재 rotenone의 홍고추 중 잔류특성 및 가공계수

노현호 · 이재운 · 박소현 · 정오석 · 최지희¹ · 엄애선¹ · 경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과, ¹한양대학교 식품영양학과

요 약 친환경 유기농자재 rotenone의 홍고추 중 잔류특성을 조사하고 가공계수를 산출하기 위하여 시험포장에 시험농자재를 7일 간격으로 2회 살포한 후 경시적으로 채취하여 잔류량을 분석하였다. 홍고추와 건고추 중 rotenone의 정량한계는 각각 0.03과 0.07 mg/kg이었으며, 분석법의 회수율은 각각 89.52-97.86%와 85.76-91.61%이었다. 잔류농약 분석 결과 홍고추 중 시험농자재의 잔류량은 0.03-0.39 mg/kg이었으며, 건고추의 경우 0.07-0.75 mg/kg으로 잔류량은 경시적으로 감소하였다. 건조에 의한 홍고추 중 rotenone의 가공계수는 2.03-3.13으로써 건조에 따라 잔류농도가 2-3배 증가하였다. 그러나 건조 전 홍고추 중 rotenone의 감소계수는 0.38-0.59로서 건조 전 홍고추 중 rotenone의 일부는 건조 과정 중 소실된 것으로 나타났다.

색인어 로테논, 홍고추, 건고추, 가공계수, 감소계수