

## 구기자 세척기의 세척성능 향상을 위한 최적 세척방법 구명

김 웅·이 승 기·조 희 제<sup>1)</sup>·한 재 웅<sup>†</sup>  
공주대학교 생물산업공학부·충청남도농업기술원 농업환경연구과<sup>1)</sup>

### Optimized Washing Method for Performance Improvement of a Washing Machine for Boxthorn Berries

Kim, Woong · Lee, Seung-Kee · Jo, Hee-Jae<sup>1)</sup> · Han, Jae Woong<sup>†</sup>

Division of Bio-industry Engineering, Kong-Ju National University, Yesan, Korea

Division of Agricultural Environment Research, Agricultural Research & Extension Services, Yesan, Korea<sup>1)</sup>

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to define the optimal boxthorn berries washing method for developing the boxthorn berries cleaner. We analyzed the rate of removal of residual pesticides according to washing methods; 1st - habitual washing method, 2nd - drum rotation washing method, 3th - drum rotation and air bubble washing method, 4th - drum rotation and nozzle spray washing method, 5th - drum rotation and air bubble and nozzle spray washing method. A rate of removal of residual pesticides of 88% was detected in the drum rotation and air bubble and nozzle spray washing method, and a rate of 82% was detected in the habitual washing method. The drum rotation and air bubble and nozzle spray washing method appeared to be the best good washing effect compared to the habitual washing method (about 6% compared to 82.0% higher). Clothianidin Triadimefon, Triforine ingredients, the drum rotation and air bubble and nozzle spray washing method efficiency was lower compared to the habitual washing method removal efficiency.

Key words: boxthorn berries, washing method, pesticide residue

#### I. 서론

구기자에는 일반 및 무기성분 외에 베타민, 루틴, 구꼬아민 A 등 여러 약효성분이 함유되어 있어 위장과 간장의 기능 촉진, 고혈압과 성인병

예방, 노화방지, 피로회복, 신진대사 촉진과 간 기능에 효과적으로 다른 생약류에 비해 효능이 높아 건강식품으로 우수한 작물이다(Kim et al. 2004; Kwon et al. 2008).

7월부터 11월 하순에 걸쳐 잘 익은 것부터 수

접수일: 2013년 3월 5일 심사일: 2013년 6월 4일 게재확정일: 2013년 6월 25일

<sup>†</sup>Corresponding Author: Han, Jae Woong Tel: 82-41-330-1283

e-mail: hanwoong@kongju.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

시로 수확하는 구기자의 열매는 수확되어지기 전까지 대기 중에 노출되어 공기 중 미세 먼지나 작업 중 발생하는 흙 등으로 인해 이물질이 구기자 표면에 붙어 있게 된다. 또한, 병해충 예방과 치료목적으로 불가피하게 농약을 쓰고 있으며, 수확 후 구기자 열매 표면에 남아있게 된다. 이는 장기간에 걸쳐 잔류농약을 섭취하게 되는 만성독성이 문제가 되고 있어 이물질과 더불어 농약세척은 매우 중요한 과정이라 하겠다(Han et al. 1997; Oh et al. 2005).

현재까지 다른 작물의 세척 작업 기계화에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있는 실정이다. 고추의 경우 나선형 회전 브러쉬에 의한 마찰과 물의 와류에 의해 세척과 동시에 이송될 수 있도록 하고 배출부에 노즐을 설치해 물 분사에 의한 2차 세척이 가능한 세척기를 개발하였다(Park et al. 1997). 사과와 배의 경우 광센서로 과일을 감지하여 압축공기로 과일의 꼭지 부위에 자동 분사하여 세척할 수 있는 세척기를 개발 하였으며(Cho et al. 1997), 포도의 경우 공기방울 및 초음파 세척, 전해수 살균이 가능한 세척기를 개발하였다(Park et al. 2007). 양송이버섯의 경우 공기분사에 의한 세척기를 개발하여 벨트 컨베이어의 이송방식이 손상이 가장 적다는 결과를 얻었고, 회전노즐 공기 분사 방식이 이물질 제거에 더 효

과적이라는 결과를 얻었다(Park et al. 2009).

다른 작물에 비해 구기자의 표면은 매우 약하여 세척을 하는 과정에서 작물이 상하지 않게 주의해야 한다. 또한, 구기자는 수분과 당의 함량이 많아 장시간 물에 담가두어 세척하면 구기자의 열매가 금방 물러버리기 때문에 빠르게 세척이 완료되어야 한다. 상품성이 떨어지는 작물에 대한 분리작업 또한 고도의 집중력이 요구되는 작업으로 많은 노력을 요하므로 작업자들의 피로가 늘고 있는 실정이다(Lee et al. 2009).

본 연구는 구기자 세척작업에 소요되는 노동력을 절감하고 위생적이며, 보다 안전한 구기자 생산이 가능하도록 공기방울, 노즐 물 분사 및 드럼회전을 이용하여 각각의 세척특성 및 조합을 이용할 수 있는 구기자 세척기를 개발하고 구기자 세척 후 남아있는 농약잔류량 분석을 통해 구기자 세척기의 최적화를 수행하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 공시재료

세척방법별 구기자의 농약 잔류량 분석을 통해 최적 세척방법을 구명하고자 2010년 충청남도 청양군 구기자 시험장에서 재배된 구기자를 대상으로 하였으며, 실험을 위하여 가지상태로 채취,

Table 1. Controled pesticides and concentration after harvesting

Ingredient	Residual permissible standards (mg/kg)		Brand name and use method
	Boxthorn	Boxthorn(dry)	
Chlorfenapyr	-	2.0	Rampage(Emulsifiable Concentrate, Insecticide, Dilution 1000 times, Less than 2 times)
Clothianidin	-	1.0	Bigcard(Wettable Powder, Insecticide, Dilution 2000 times, Less than 3 times)
Cypermethrin	-	5.0	Keres(Insecticide, Dilution 1000 times, Less than 2 times)
Deltametrin	-	2.0	Desis(Wettable Powder, Insecticide, Dilution 1000 times, Less than 2 times)
Pendimethalin	0.05	-	Stomp(Granule, Herbicide, 2kg/10a)
Propineb	5.0	-	Antracol(Wettable Powder, Germicide, Dilution 500 times, Less than 4 times)
Pyridaphenthion	0.2	0.5	Ohunach(Emulsifiable Concentrate, Insecticide, Dilution 1000 times, Less than 3 times)
Triadimefon	0.2	-	Bariton(Wettable Powder, Germicide, Dilution 1000 times, Less than 5 times)
Triforine	0.5	-	Kyungnongsaprol(Emulsifiable Concentrate, Germicide, Dilution 1000 times, Less than 5 times)

밀폐용기에 밀폐 보관하여 실험실로 즉시 운반 후 구기자를 탈과시켜 세척 후 실험을 수행하였다.

농약 잔류량 측정을 위해 사용된 농약성분은 총 9종으로 침투 이행성 농약인 Clothianidin, Triadimefon, Triforine 3종류와 접촉성 농약인 Chlorfenapyr, Cypermethrin, Deltametrin, Pendimethalin, Propineb, Pyridaphenthion의 6종으로 식약청 식품의 농약잔류허용기준(고시 2008-80호)에 나타나 있는 것으로 제품명 및 사용법은 Table 1과 같다(Kim et al. 1991).

구기자 재배기간 중 방제 하는 약품을 Table 1에 따라 정밀제조를 위해 1 ml 단위의 피펫을 이용하여 희석시켜 혼합 제조하였으며, 고른 살포를 위하여 제조된 농약을 구기자 앞, 뒷면에 2회 살포하였다. 구기자에 살포한 농약이 구기자 표면에 부착되도록 살포 후 약 20 시간 자연통풍 건조 후 세척 실험에 이용하였다.

2. 세척기 구성 및 세척방법

세척기는 수분과 접촉부분에 녹 방지를 위하여 스테인리스(SUS304) 재질로 하여 Fig. 1과 같이 구성하였다.

세척기 투입구는 가로 530 mm, 세로 420 mm, 높이 80 mm 크기의 스테인리스 재질로 구기자 열매가 세척부인 드럼 안으로 투입될 때 원활한 작업이 가능하도록 약 3°의 경사를 주어 기울어

지게 하였다.

세척은 마찰을 이용한 드럼회전, 공기방울 및 노즐 물 분사에 의한 개별세척 또는 동시 세척이 가능하도록 구성하였다. 투입부를 통해 유입된 구기자는 가로 700 mm, 세로 430 mm, 높이 134 mm의 크기의 세척수가 담긴 수조에 담기게 되며, 동시에 회전하는 드럼 내부에 위치하게 된다. 드럼은 지름 340 mm로 하였으며, 내부에는 나선형으로 높이 30 mm 판재를 부착하여 투입된 구기자가 회전하는 드럼 내에서 앞으로 밀려나와 배출될 수 있도록 하였다. 또한 드럼의 전 표면에 지름 4 mm의 구멍을 내어 공기방울 세척 시 공기방울이 내부로 유입될 수 있도록 하였다(Fig. 2).

드럼의 회전은 전원 DC 12V, 27:1 기어비를 가진 13W 출력의 기어드 모터(IG32RGM 05type, DNJ)를 사용하여 속도는 PWM방식에 의해 10~20 rpm 범위에서 조절이 가능하도록 하였다.

공기방울 세척은 세척수가 담긴 수조 하단에는 126 L/min 용량의 에어 컴프레서(AT-2525A, AIRTECH)가 연결되어 세척수를 통해 공기방울이 드럼의 구멍을 통해 내부에 위치한 구기자의 세척이 가능하도록 하였다.

노즐 물 분사 세척은 드럼 안쪽 중간지점에 위치하여 드럼회전에 의해 드럼표면을 타고 세척수 밖으로 나오는 구기자에 대해 지름 1 mm 크기의 노즐구 15개를 드럼 크기를 고려하여 일렬

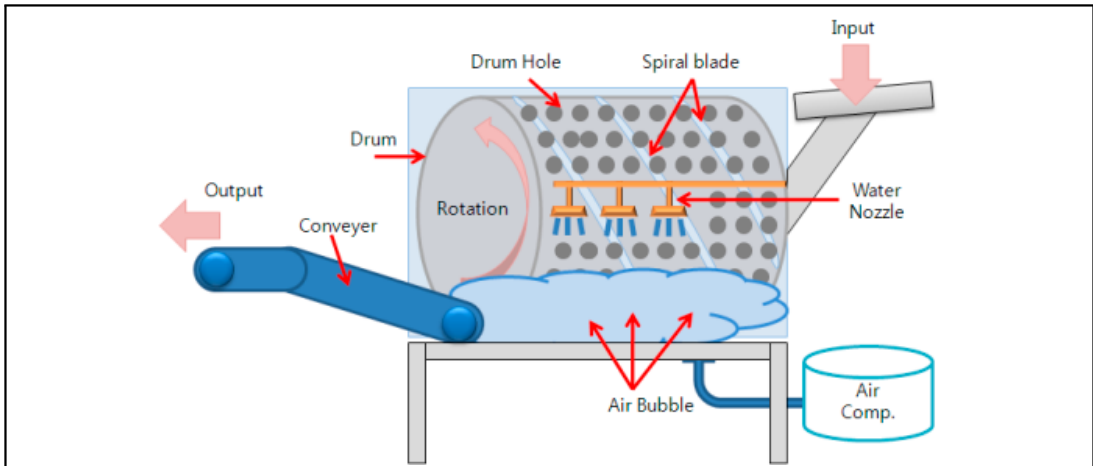


Fig. 1. Schematic of washer for boxthorn berries



Fig. 2. Drum and spiral blade of washer for boxthorn berries

로 배치하고 물을 분사하여 세척이 가능하도록 하였다. 노즐의 압력은 공기압 조절장치를 통해 노즐 분사에 의한 세척력과 구기자의 항복 강도를 고려하여 최고 6 kPa까지 압력을 조절할 수 있도록 하였다(Lee et al. 2010).

세척 후 구기자 배출은 세척부를 통해 배출된 구기자에 대해 4 mm 간격의 그물 컨베이어를 이용하여 수조내에서 건져 올릴 수 있도록 하였다.

### 3. 실험방법

#### 1) 세척 시간

관행 세척 방법에 의한 세척시간은 평균 약 10초가 소요되는 것으로 알려져 있다(Lee et al. 2010). 다른 세척 방법들도 동일한 시간으로 실험하였다.

#### 2) 세척방법

관행세척은 현재 농가에서 하는 세척 방식으



Fig. 3. Habitual washing process

로 Fig. 3과 같이 시료를 자루에 담고 양동이에 담긴 물에 넣어 좌우로 약 10초간 흔들며 세척 후 상온에 보관하여 농약 잔류량을 측정하였다.

드럼회전은 세척 드럼을 15 rpm으로 회전시켜 드럼 하단부에 고여 있는 세척수에 작물이 통과되어 세척하는 방식이다. 세척되어 배출된 구기자를 상온에 보관하여 농약 잔류량을 측정하였다.

드럼회전속도는 투입구에 일정량의 구기자를 투입시키고 구기자가 세척수 내에 잠겨있는 시간을 10초 이상 넘어가지 않도록 하기 위하여 투입된 구기자가 배출되는 시간을 Stop Watch를 이용하여 측정하였다. 그 결과 드럼의 지름이 252 mm 이고 길이가 408 mm인 원통이 15 rpm 으로 회전할 때 투입된 구기자는 드럼의 안내 날개를 타고 최초 투입된 구기자가 배출되는 시간은 약 10초인 것으로 나타났다. 그러므로 이 실험에서 드럼의 회전속도를 15 rpm으로 정하여 실험하였다.

드럼회전과 공기방울세척은 세척 드럼을 15 rpm으로 회전시키고 바닥면에 설치된 에어펌프로 공기방울을 발생시켜 구기자가 드럼의 안내 날개를 타고 이동하면서 공기방울에 의해 세척된다(Fig. 4). 배출된 구기자는 상온에 보관하여 농약 잔류량을 측정하였다.

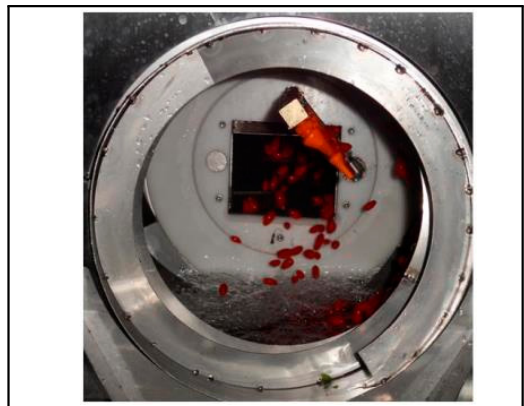


Fig. 4. Drum rotation and air bubble

드럼회전과 노즐세척은 세척드럼을 15 rpm으로 회전시키고 세척드럼 중간부분에 설치한 노즐에서 6 kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 세척수를 분사시켜 세척하는 방식이다(Fig. 5). 세척 후 배출된 구기자

를 상온에 보관하여 농약 잔류량을 측정하였다.

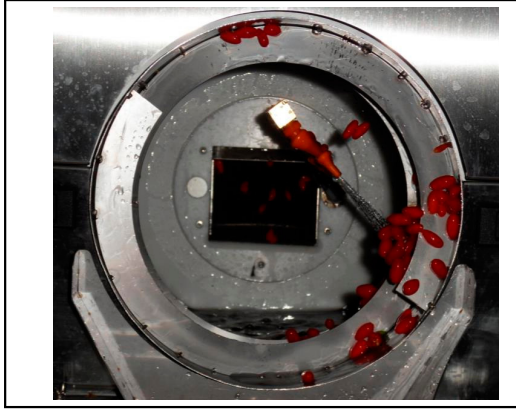


Fig. 5. Drum rotation and nozzle

드럼회전, 공기방울과 노즐세척은 세척드럼을 15 rpm으로 회전시키고 바닥면에 설치된 에어펌프로 공기방울을 발생시켜 구기자가 드럼의 안내 날개를 타고 이동하면서 공기방울에 의해 세척되었으며, 세척 드럼 중간부분에 설치한 노즐에서

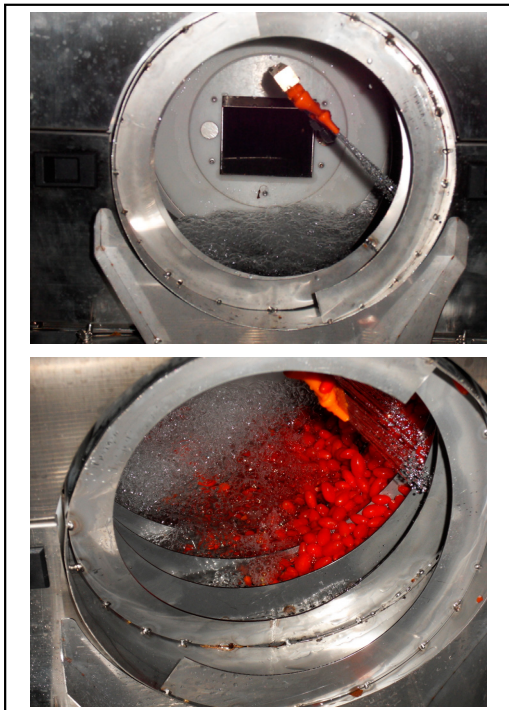


Fig. 6. Drum rotation, spray nozzle and air bubble

6 kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 세척수를 분사시켜 세척하는 방식이다(Fig. 6). 세척 후 배출된 구기자를 상온에 보관하여 농약 잔류량을 측정하였다.

### 3) 잔류 농약 성분 분석

모든 시료는 식품의약품안전청의 식품공전 중 잔류농약시험법의 동시다성분분석법(Kim et al. 1991)으로 전처리 후 LC/MS/MS를 이용하여 분석하였다(Table 2).

Table 2. Analytical condition of LC/MS/MS

Sample 50 g + Acetone 100 ml (Grinding)	Analytical condition:		
↓	Instrument: LC/MS/MS (ABI 3200Qtrap)		
Extraction	↓		
↓	Partition (DW 450 ml Column: Phenomenex Luna + sat.NaCl 50 ml) C18 (2.1×100, 3 μm)		
DCM 50 ml 2 times	↓		
Concentration	Injection Vol : 5 μl		
↓	Mobile Phase :		
Hexane 10 ml remelted	Time(min)	Water(%)	ACN(%)
Filtrate Concentration	0	90	10
↓	55	35	65
DCM 5 ml remelted	68	30	70
↓	70	90	10
Clean up (Florisil 5 g DCM 50 ml Pre-washing	Wave length 254-360 nm		
↓	Remelted sample Loading		
↓	Dichloromethane 50 ml Discard		
↓	4% Acetone in DCM 50 ml Collect		
↓	50% Acetone in DCM 50 ml Collect		
↓	ACN 2 ml remelted		

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 잔류농약 회수율

구기자 열매 수확 후 약제처리를 위하여 사용

**Table 3.** Recovery rate and detectable limit by controlling pesticides after harvesting boxthorn berries

Ingredient	Recovery rate (%)	Detection limit (mg/kg)
Chlorfenapyr	84.8± 5.4	0.005
Clothianidin	107.4± 6.7	0.005
Cypermethrin	105.5± 3.8	0.002
Deltametrin	81.5± 6.8	0.002
Pendimethalin	92.1± 5.2	0.005
Propineb	73.2±10.5	0.005
Pyridaphenthion	91.5± 8.0	0.002
Triadimefon	87.7±11.1	0.005
Triforine	80.7± 6.6	0.005

\* Recruitment stock : 1 mg/kg

된 농약성분 9종에 대하여 잔류분석법에 대한 회수율을 측정하기 위하여 무처리 구기자에 당해 농약성분을 1 mg/kg씩 첨가한 후 3회 반복하여 시료의 분석방법과 동일하게 실험하여 회수율을 측정하였다(Table 3).

측정결과, 모든 처리에서 73.2~107.4%의 회수율을 나타내 정상범위(70~120%) 내로 나타났으며, 실험방법 채택에 문제가 없는 것으로 확인되었다. 위 9종약제의 검출한계는 0.002~0.005 mg/kg으로 모두 높은 감도를 나타내었다.

#### 2. 잔류농약 제거율

세척 방법별 농약성분별 잔류농약 제거율은 Fig. 7과 같이 나타났다. 관행 세척법의 경우, Deltametrin 성분의 제거율이 89.2%로 가장 높게 나타났으며, 평균 83.1%의 제거율을 나타내었다. 드럼세척의 경우, Pendimethalin 성분 제거율이

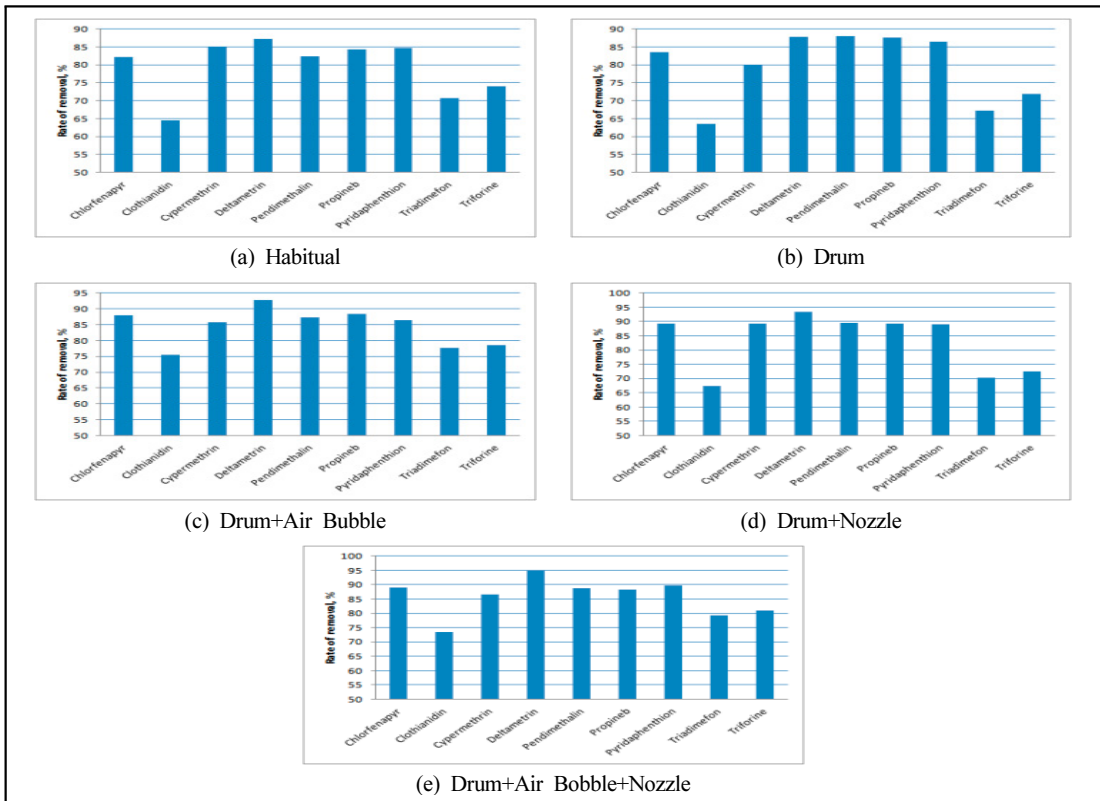


Fig. 7. Removal effects of residual pesticide by washing methods

88%로 가장 높게 나타났으며, 평균 82.1%의 제거율을 보였다.

드럼 및 공기방울 세척은 Deltametrin 성분이 92.7%의 제거율을 보여 가장 높게 나타났으며, 평균 86.2%의 제거율을 나타내었다. 드럼 및 노즐세척의 경우, Deltametrin 성분이 93.3%의 제거율로 가장 높게 나타났으며, 평균 85.8%의 제거율을 나타내었다. 드럼, 공기방울 및 노즐 세척의 경우는 Deltametrin 성분이 94.9%의 제거율로 가장 높게 나타났으며, 평균 88%의 제거율을 나타내었다.

### 3. 성분별 잔류농약 제거율

농약성분에 따른 세척방법별 제거율을 살펴보면 Table 4와 같이 나타났다. Chlorfenapyr 성분의 경우 드럼, 공기방울 및 노즐 세척에서 89.3%로 잔류농약 제거율이 가장 높은 것으로 나타났으며, Clothianidin 성분은 드럼 및 공기방울 세척에서 75.4%로 제거가 가장 잘 되는 것으로 나타났다. Cypermethrin 성분은 드럼 및 노즐 세척에서 89.3%의 제거율을 보여 제거 효과가 가장 좋은 것으로 나타났다.

Deltametrin 성분의 경우, 드럼, 공기방울 및 노즐 세척에서 94.9%로 잔류농약 제거율이 가장 높은 것으로 나타났으며, Pendimethalin 및 Propineb 성분은 드럼 및 노즐 세척에서 89.4%, 89.3%의 잔류농약 제거율을 나타내어 가장 제거율이 높은

것으로 나타났다.

Pyridaphenthion 성분의 경우, 드럼 및 노즐 세척에서 89.8%의 잔류농약 제거율을 나타내어 가장 제거율이 높은 것으로 나타났으며, Triadimefon 및 Triforine 성분은 드럼, 공기방울 및 노즐 세척에서 79.2%, 81.19%로 잔류농약 제거가 잘 되는 것으로 나타났다.

위 9 가지 농약 성분의 각 세척방법별 잔류농약 제거효과는 드럼, 공기방울 및 노즐 세척에서 평균 88%로 나타나 기존 농가의 관행 세척 82.0% 대비 약 6% 높은 것으로 나타나 가장 세척효과가 좋은 것으로 판단되었다. 특히, 침투 이행성 농약인 Clothianidin, Triadimefon, Triforine의 제거율이 드럼, 공기방울 및 노즐 세척에 비해 낮은 결과를 나타냈다.

이 결과를 종합해보면 실험에 사용된 모든 농약 제거율의 평균이 가장 높고, 침투 이행성 농약의 제거율 또한 가장 높게 나타났으며, 구기자 수확 후 표면에 붙어 있는 농약을 제거하는 드럼, 공기방울 및 노즐을 사용하는 세척 방법이 가장 적절하다고 판단되었다.

## IV. 요약 및 결론

표면이 약하고 수분과 당을 많이 함유하고 있는 구기자는 쉽게 무르고 부패가 빠르게 진행되기 때문에 세척 시간을 최대한 단축하고 위생적

Table 4. Rate of removal of residual pesticides by washing methods

Ingredient	(Unit: %)							
	H	D	D+A	D+N	D+A+N	Max.	Min.	Ave.
Chlorfenapyr	82.1	83.6	88.0	89.3	88.9	89.3	82.1	86.38
Clothianidin	64.4	63.6	75.4	67.5	73.4	75.4	63.6	68.86
Cypermethrin	85	79.8	85.8	89.3	86.7	89.3	79.8	85.32
Deltametrin	87.3	87.9	92.7	93.3	94.9	94.9	87.3	91.22
Pendimethalin	82.4	88.0	87.2	89.4	88.8	89.4	82.4	87.16
Propineb	84.3	87.6	88.4	89.3	88.2	89.3	84.3	87.56
Pyridaphenthion	84.8	86.4	86.5	89.0	89.8	89.8	84.8	87.3
Triadimefon	70.7	67.3	77.7	70.2	79.2	79.2	67.3	73.02
Triforine	74.1	71.8	78.6	72.6	81.1	81.1	71.8	75.64
Average	82.0	82.1	86.2	85.8	88.0			

으로 세척할 수 있는 세척기를 개발하기 위하여 드럼의 회전수를 15 rpm으로 조절하여 농가 관행 세척의 평균 시간인 약 10초 이상 작물이 세척 수에 닿지 않도록 하여 수확 된 구기자 작물이 무르는 것을 방지하고 노즐 분사 각이 60°인 노즐을 6 kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 분사하고 공기방울을 발생시켜 작물이 손상되지 않는 범위에서 효과적인 세척 방법을 통해 무처리와 농가 관행 세척, 드럼 세척, 드럼과 공기방울 세척, 드럼과 노즐 세척, 드럼, 공기방울 및 노즐 세척 방법으로 농약 잔류 제거율을 알아보았다.

9 가지 농약 성분의 각 세척방법별 잔류농약 제거효과는 드럼, 공기방울 및 노즐 세척에서 평균 88%로 나타나 기존 농가의 관행 세척 82.0% 대비 약 6% 높은 것으로 나타나 가장 세척효과가 좋은 것으로 판단되었다. 특히, 침투 이행성 농약인 Clothianidin, Triadimefon, Triforine의 제거율이 드럼, 공기방울 및 노즐 세척에 비해 낮은 결과를 나타냈다.

이 결과를 종합해 보면 실험에 사용된 모든 농약 제거율의 평균이 가장 높고, 침투 이행성 농약의 제거율 또한 가장 높게 나타났으며, 구기자 수확 후 표면에 붙어있는 농약을 제거하는 드럼, 공기방울 및 노즐을 사용하는 세척 방법이 가장 적절하다고 판단되었다.

## References

- Cho NH, Lee SH, Choi HS, Hong JT, Cho YK, Kim YS (1997) Air cleaning system development for fruit. Proc KSAM 1997 Winter Conf 1, 141-148
- Han CS, Park JS, Kum DH, Kim JY (1997) Development of red pepper washer using ultrasonic. Proc KSAM 1997 Winter Conf 1, 232-236
- Kim HK, Na GM, Ye SH, Han HS (2004) Extraction characteristics and antioxidative activity of Lycium Chinense extracts. Korean J Food Preserv 11(3), 352-357
- Kwon KD, Park WJ, Kim SA (2008) Product attributes and new product strategies affecting consumer purchases of Lycium Chinense. Korean J Food Preserv 15(4), 612-816
- Kim TJ, Eo YW, Rhee JS (1991) A study on simultaneous analysis of regulated pesticides residues from rice and soy bean. J Korean Chem Soc 35(5), 560-568
- Oh SY, Choi ST, Kim JG, Lim CL (2005) Removal effects of washing treatments on pesticide residues and microorganisms in leafy vegetables. Korean J Hort Sci Technol 23(3), 205-255
- Lee HS, Kwon KH, Jeong JW, Kim BS, Cha HS (2009) Characteristics evaluation and development of peach washing system. J Biosystems Eng 34 (6), 446-453
- Lee SK, Han JW, Jeon MJ, Park WJ, Baek SW, Kim W (2010) The washing characteristics of Lycium Chinense miller with different washing methods. J Biosystems Eng 35(4), 244-249
- Park HM, Lee WO, Oh SG, Cho YK, Choi HS (1997) Development of red - pepper washer. Proc KSAM 1997 Winter Conf 1, 135-140
- Park HM, Cho KH, Hong SK, Yun HS, Hong JT (2007) Development of grape washer. Proc KSAM 2007 Winter Conf 12(1), 232-236
- Park HM, Cho KH, Hong SG, Lee SH (2009) Development of air-jet washer for the agaricus bisporus. J Biosystems Eng 34(3), 167-174