

## 엽채류 세척, 살균, 탈수 시스템 개발

홍성기 박희만 조광환 장동일

### Development of a Washing, Sterilization, Dehydrating System for Leaf Vegetables

S. G. Hong H. M. Park K. W. Cho D. I. Chang

#### Abstract

Leaf vegetables are composed of about 80% of moisture and 20 to 30% are damaged during the transportation due to decomposition and browning. This study was conducted to develop a washing, sterilization dehydrating system that could remove these pollutants, and major findings were summarized as followings.

The system was constructed so that leaf vegetables were moved through the washing, sterilization, and dehydration stages contained in a box, the shifting was conducted using PLC-controlled pneumatic pressure.

Basic tests for determination of design parameters led to the results that optimum washing times by air bubbles were 5 minutes for lettuce and perilla and 10 minutes for Chinese cabbage, and percentages of bacteria removed using the optimum washing times were 94, 98, and 76%, respectively. Optimum speed and time of a centrifugal dehydrator for removal surface waterdrop on the leaves were 400 rpm and 30 s, respectively, dehydration rates were in a range 70~82% and damage rates were within 15% for the three vegetables tested.

Operating efficiencies of the developed system for lettuce, perilla, and Chinese cabbage were 100, 120, and 80 kg/h, respectively, which were 25, 24, and 27 times of operating efficiencies of the conventional manual method.

**Keywords :** Leaf vegetables, Washing, Sterilization, Dehydrating system

#### 1. 서론

잎을 이용하는 원예작물은 인체에 필요한 비타민, 미네랄 등 영양소를 공급하여 질병을 예방하고, 식이 섬유가 풍부한 엽록소는 인체의 세포 부활과 혈액 순환을 원활하게 하는 효능을 가지고 있다(문 등, 2003).

최근 식생활의 다양화와 건강식품에 대한 선호도 증가에 따라 소비가 늘어나고 있는 엽채류의 안정적 공급을 위해서는 재배 기술뿐만 아니라 선도 유지, 유통기간 연장, 조직 연화 방지, 갈변 방지, 안전성 향상 등을 위한 수확후 처리에 관한 기술 개발이 절실히 요구되고 있다.

수확 직후 엽채류의 잎 표면에는 토양과 물에 의한 미생물, 사람과 접촉에 의한 미생물 그리고 식물체 본래의 미생물 등 각종 미생물이 부착되어 있으며, 이들 미생물의 활성도는 재배 환경과 수확 후 온도 및 습도에 따라서 매우 달라진다(김 등, 1996).

잎에 부착된 미생물, 먼지 등의 이물질은 세척, 살균하지 않고 바로 먹는 경우에는 식중독을 일으키거나 미량의 유해 토양이 체내로 흡수, 축적되어 질병을 일으킬 수도 있기 때문에 이물질과 먼지 등을 제거하면서 동시에 살균할 수 있는 기술이 필요하다.

공기, 물, 초음파 등을 이용하여 잎 표면에 있는 이물질이

The article was submitted for publication in November 2007, reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in December 2007. The authors are Seong Gi Hong, KSAM member, Researcher, Hoe Man Park, KSAM member, Researcher, Kwang Hwan Cho, Senior Researcher, KSAM member, National Institute of Agricultural Engineering, Suwon, Korea, and Dong Il Chang, Professor, Department of Bioindustrial Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea. Corresponding author: S. G. Hong, Researcher, National Institute of Agricultural Engineering, Suwon, 441-100, Korea; E-mail: <hong33@rda.go.kr>.

나 미생물을 세척하여 제거하고 있으나 잎 표면에는 습기가 많고 형상이 균일하지 않기 때문에 이물질과 미생물이 부착하기 쉬워서 엽채류의 종류에 따라 적절한 세척방법이 요구된다.

살균은 잎 표면에 부착되어 있는 미생물을 인체에 해가 되지 않을 정도의 수준으로 감소시키는 것으로써 염소, 오존, 전해수 등을 물에 희석하여 사용한다. 염소수는 잎을 변색시키거나 잎에 염소가 잔류하여 냄새가 나므로 미국에서는 염소를 대체하기 위한 살균수를 연구 중에 있으며(Kang, 2006), 살균수로 처리하는 경우에도 잎을 화학적, 물리적으로 변화시키지 않고 엽채 고유의 색과 맛을 유지하기 위한 살균방법이 필요하다.

엽채류 세척, 살균, 탈수를 위한 기존방법은 각 공정별로 개별적으로 이용되고 있거나 세척-살균 또는 세척-탈수의 과정으로 일부 작업을 생략하거나 통합 운영하고 있어서 미세척, 미살균으로 인한 식중독과 인체에 위해가 되는 오염원을 보다 체계적으로 제거하여 청결하고 안전성이 높은 엽채류 생산 공급을 위한 세척-살균-탈수 통합시스템의 개발이 요구되고 있다

따라서 본 연구의 목적은 깨끗하고 신선한 엽채류를 공급하기 위하여 1단계 수조에서 물과 공기방울로 세척하고, 2단계 수조에서 전해수로 살균 후 3단계 수조에서 저온수로 헹구고, 세척상자 그대로 원심탈수기에서 원심 탈수하는 엽채류 세척-살균-탈수 일관시스템을 개발하고 그 성능을 평가하는데 있다.

## 2. 재료 및 방법


### 가. 공시재료

시험에 사용한 재료는 가장 많이 소비되는 상추, 깻잎, 청경채로 하였으며 수원근교의 시설에서 재배하여 수확된 것으로, 수확 후 1일 이내이고 품질은 중품 이상인 것을 구입하여 시험하였다. 측정은 주위 환경의 영향을 받지 않는 클린룸에서 실시하였으며, 시료는 구입한 1상자 내에서 상, 중, 하층으로 구분하여 각 층에서 임의로 3, 4개씩 전체 10개의 잎을 선택하였다. 잎 하나의 무게는 0.01 g까지 측정이 가능한 디지털 저울(MW120, Cars, Japan)로 측정하였으며, 잎의 크기는 농산물 표준 측정방법에 따라 잎의 최대 길이와 폭을 버니어 캘리퍼스로 측정하였다. 상추의 경우, 봄에 많이 생산되는 적치마와 여름에 많이 생산되는 청치마를 선택하였으며 각각의 물리적 특징은 표 1과 같다. 상추의 형상은 표 1에서와 같이 표면에 주름이 많고 요철이 심하다. 청치마는 적치마보다는 폭이 넓고 무게가 적은 특징을 지니고 있다.

깻잎은 우리나라 남부지방에서 많이 재배되는 밀양 재래종과 중부지방에서 많이 재배되는 만추를 사용하였으며 각 깻잎의 특징은 표 2와 같다. 만추는 밀양깻잎보다 크기가 작고 무게가 적은 특징을 지니고 있다.

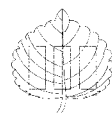
청경채는 야생 배추에서 유래된 것으로 잎의 형상이 결구형 배추의 잎과 비슷하여 잎줄기가 두껍고 잎의 끝이 얇은 특성을 가지고 있다. 청경채의 물리적 특성은 표 3과 같다.

**Table 1** Physical characteristics of the lettuce measured in this study (n=10)

Cultivar	Items	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Weight (g)	Moisture content (% w.b.)
Red Lettuce	Range	140~165	105~120	0.17~0.23	3.0~5.0	 86.5 ~ 88.5
	Mean	153.5	112.9	0.2	4.2	
	SD*	8.6	5.4	0.05	0.5	
Green Lettuce	Range	130~155	103~123	0.17~0.22	2.8~4.8	
	Mean	143.3	113.9	0.2	3.7	
	SD*	9.3	5.4	0.05	0.8	

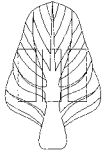
\*SD : Standard Deviation

**Table 2** Physical characteristics of the perilla measured in this study (n=10)

Cultivar	Items	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Weight (g)	Moisture content (% w.b.)
Milyang	Range	129~140	112~120	0.16~0.23	1.2~1.5	 85.2 ~86.5
	Mean	135.4	115.6	0.2	1.3	
	SD*	4.2	2.9	0.05	0.1	
Manchu	Range	120~135	110~120	0.17~0.22	1.1~1.3	
	Mean	128.8	115.6	0.2	1.2	
	SD*	4.3	2.9	0.05	0.1	

\*SD : Standard Deviation

**Table 3** Physical characteristics of the Chinese flat cabbage measured in this study (n=10)

Cultivar	Items	Length (mm)	Width (mm)	Thick-ness (mm)	Weight (g)	Moisture content (% w.b)
Pak choi	Range	150~180	61~69	1~2	4~6	 82.5 ~ 83.1
	Mean	167.4	65.4	1.5	5.1	
	SD*	10.7	2.7	0.6	0.7	

\* SD : Standard Deviation

**나. 세척, 살균 및 탈수시험 방법**

**1) 세척시험**

엽채류의 세척은 잎의 표면에 붙어있는 이물질과 미생물을 제거하는 것으로 잎 표면에 붙어있는 이물질의 제거정도는 세척 후에 엽채의 표면에 잔존하는 이물질의 양으로 나타낼 수 있으며, 미생물의 제거정도는 엽채에 부착되어 있는 총 균수와 대장균군의 제거정도로 나타낼 수 있다. 엽채류의 세척작업 공정은 3단계로 하였으며 1차 세척은 물과 공기방울로 세척하였으며 2단계로 전해수에 담가서 살균하고, 3단계에서는 저온수(8℃)로 행굼을 실시하였다. 시료는 각 과정별로 50 g씩의 엽채류를 임의로 채취하여 미생물의 수와 표면 이물질 제거량을 조사하였다. 엽채의 세척시간은 깻잎의 세척시험결과(홍 등, 2005)등을 참고로 하여 수조에서의 침지시간을 3-5분으로 하였으며, 수조의 바닥에 공기방울을 발생시켜 공기방울의 부유에 따라 수조내의 물이 유동이 되도록 하였다.

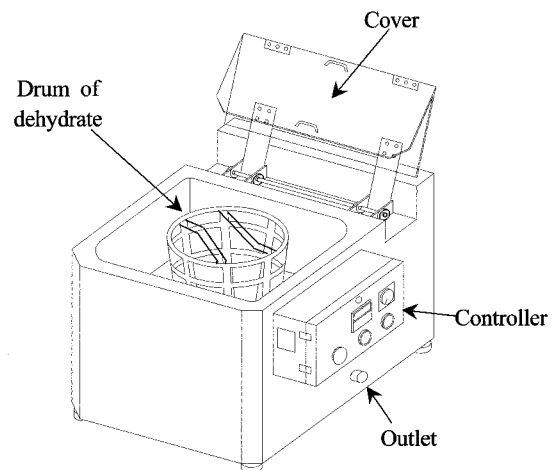
**2) 살균시험**

엽채류의 살균시험은 미생물의 살균시험방법(김 등, 1996)을 참고로 하여 시험하였으며 시료는 살균작업이 끝난 시료 50 g를 채취하여 사용하였다. 엽채의 살균에 사용한 살균수로는 살균력이 높고 생성이 쉬운 전해살균수를 이용하였다. 전해살균수의 농도는 80 ppm(정 등, 1999)으로 하여 시료를 침지하여 살균하였다. 살균에 따른 잎의 변화와 변색 등을 방지하고자 살균시간은 3분으로 하였다. 시험장소는 시료의 2차 오염과 시간에 따른 시료의 변질을 방지하기 위하여 멸균실에서 멸균 시료봉지에 시료를 넣어서 시험을 실시하였다.

**3) 탈수시험**

탈수시험장치는 그림 1과 같이 탈수드럼, 속도조절장치, 몸체로 구성되어 있는 원심탈수장치를 제작하여 사용하였다. 일반 세탁기의 탈수 회전속도는 약 1,500~1,600 rpm에서 50~60%의 탈수효율을 나타내나 엽채류를 일반 탈수기에 적용할 경우, 고속으로 인하여 탈수드럼의 벽면에 잎이 붙어버리거나 접혀지면서 손상되어 상품성이 떨어진다. 원심탈수장

치(450×560×700 mm)의 탈수 회전속도는 상품화된 일본의 원심탈수기 회전속도(細田, 2004)를 참고하여 0~600 rpm으로 정하였다. 탈수율을 측정하기 위하여 탈수드럼(capacity 4 kg)의 1회 투입량은 1 kg으로 하고, 세척 전 무게와 세척 후의 무게 그리고 탈수 후의 무게를 측정하였으며, 탈수드럼의 높이는 600 mm, 직경은 410 mm로 세척상자 1개가 들어갈 수 있도록 하였다.



**Fig. 1** Schematic diagram of dehydrator.

**다. 측정항목**

**1) 표면 이물질**

엽채의 표면에 붙어있는 이물질은 그 양이 적을 뿐더러 측정하는 방법도 체계적으로 정해져 있지 않다. 따라서 이 연구에서는 세척과정별로 표면에 붙어 있는 이물질의 양을 측정을 위하여 세척 전후의 깻잎을 임의로 10 g을 계량한 뒤 순수 물에 넣어 붓으로 잎의 앞, 뒷면을 물속에서 깨끗이 씻어낸 다음, 이물질이 담긴 물을 여과장치에 부어 이물질이 여과지에 남도록 하였다. 여과 후 여과지(Adantec filter paper - 5 μm)는 시험용 건조기에서 100℃로 24시간 건조하여 물기를 제거한 후 순수한 이물질의 양을 감도가 1/10,000인 정밀저울(Sartouriou AG, Germany)로 측정하였다.

### 2) 미생물의 측정

시료는 수확 후 1일 이내의 엽채를 구입하여 사용하였으며 측정은 시료의 온도에 따른 미생물의 활성을 방지하기 위하여 클린 룸(온도 15°C, 습도 30%)에서 실시하였다.

대상 미생물은 일반 미생물 전체와 생식 농산물의 필수 검사항목인 대장균군으로 하였다. 시료는 측정자로부터의 오염을 방지하기 위하여 멸균된 장갑, 집게, 멸균 팩을 사용하여 채취하였으며, 세척 전후에 시료 50 g를 채취하여 분쇄기에 넣고 1분간 약 10,000 rpm으로 균질(Gel)화 하였다.

균질화된 시료를 피펫으로 1 mL 취하여 1만배로 희석하여 페트리 필름(Petri film) 배양지에 접종하였다.

균일한 배양을 위하여 시료 판을 이용하여 필름에 균일하게 시료를 편 후 세균 배양기(BOD incubator, 영진물산)에 페트리 필름을 넣어 미생물을 배양시켰으며, 일반 미생물의 경우 32°C에서 24~48시간을, 대장균군의 경우 32°C에서 24시간 배양한 후 배양된 균은 건조필름리더기(PPR colony counter, 3M, England)로 조사하였다.

### 3) 탈수율

탈수율은 탈수량(g)에 대한 세척과정에서 부착된 수분량(g)의 비율로써 다음과 같은 식 (1)을 이용하여 산정하였으며, 탈수 후 잎의 손상정도는 식 (2)를 이용하여 구하였다. 손상 잎의 판정은 잎 표면이 찢어지거나 잎이 접혀진 것, 구멍이 난 것 등을 육안으로 선별하여 측정하였다.

$$\text{탈수율(\%)} = \frac{\text{세척 후 잎의 무게} - \text{탈수 후 잎의 무게}}{\text{세척 후 잎의 무게} - \text{세척 전 잎의 무게}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{잎 손상률(\%)} = \frac{\text{손상잎의 무게}}{\text{전체 투입된 잎의 무게}} \times 100 \quad (2)$$

### 라. 시스템 제작

시스템의 구조 및 제원은 그림 2에서와 같이 엽채가 담겨진 상자가 이동하면서 세척, 살균, 행균의 공정을 일관적으로 거쳐 배출된 세척상자를 원심 탈수드럼에 넣어서 탈수하는 일관처리시스템으로 제작하였다.

PE로 제작된 세척상자의 크기는 600(L) × 400(W) × 200(H) mm로 엽채 1박스(4 kg)가 들어가며, 수조의 크기는 세척상자가 물속에 완전히 잠기고 공기방울에 의해 물이 넘치는 것을 감안하여 1,200×800×600 mm로 하였다.

공기방울의 공급은 공기펌프로 수조의 밑바닥에서 공기 배출관을 사각형 형태로 설치하고 공기배출 구경을 1 mm로 하여 공기방울이 배출되도록 설치하였다. 공기펌프의 용량은 Hussan의 공기배출식(Hussan과 Narang, 1984)을 참고로 하여 0.001 kg/s 이하로 배출되는 것을 사용하였다.

살균수조는 살균수로 전해수가 공급되도록 살균수조 옆에 전해수 제조탱크를 부착하여 전해수의 농도가 80 ppm 이상을 유지하도록 0.2 kW 크기의 순환펌프를 설치하였다. 전해수 제조장치는 pH 7.1인 중성의 전해수를 시간당 20 L을 생성할 수 있도록 제작하였다.

행균수조는 살균수가 묻어있는 잎을 행구고 잎의 신선도를 유지하기 위하여 냉동기(3.8 kW)를 부착하여 행균 수조의 온도를 5°C로 유지되도록 하였다.

세척용 박스의 원활한 공급과 배출을 위하여 직경 50 mm의 스테인리스 롤러를 공급구와 배출부에 각각 6개씩 장착하였고, 6개의 배출롤러 중 두개는 전동기가 부착된 전동롤러로 하여 접촉센서가 세척박스를 인식하면 전동배출롤러가 작동하여 세척상자를 배출시키도록 하였다.

세척상자의 이동과 수조의 투입에는 공압실린더를 이용하였으며 PLC 제어로 이동과 하강 그리고 멈춤, 상승 등의 과정을 반복하여 연속 작업이 가능하도록 하였다. 공압 실린더

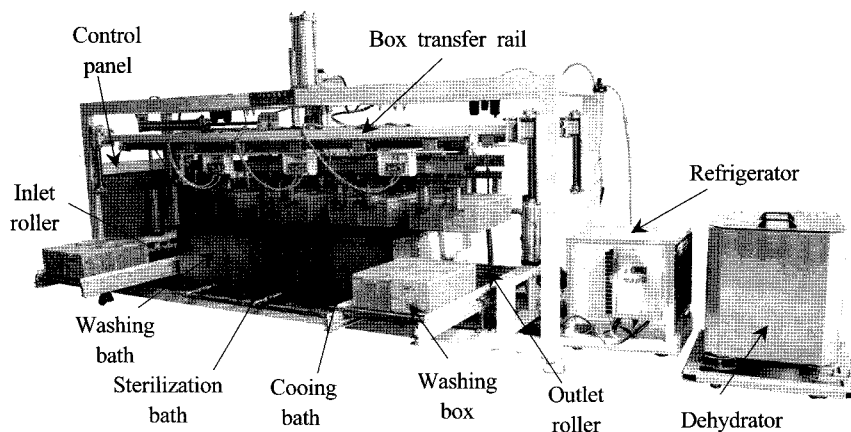


Fig. 2 Washing, sterilization, and dehydrating system for leaf vegetables.

는 상하이동 장치 전체를 들어올리는 승강 실린더와 상하이동장치를 앞, 뒤로 이동시키는 실린더, 세척상자를 집고 풀어주는 실린더 그리고 상자 이동레일을 들어주는 공압 실린더로 구성되어 있다.

1) 세척상자 위치 이동 제어장치

상자 속에 담긴 엽채를 세척하기 위해서는 세척상자를 세척수조내로 이동시켜야 하며 상자의 이동은 PLC로 제어하였다. PLC 제어의 기본 구성은 조립 베이스와 전원 유닛, 입력 유닛, CPU 출력 유닛으로 구성되어 있으며, CPU는 입출력 접점을 강제 ON/Off 할 수 있는 기능을 가지고 있다. 작동 중에 Edit 기능이 있어서 고속 카운터와 위치 결정을 할 수 있는 PLC(LG Master K 80S 시리즈, LS 산전)를 이용하였다. 이 PLC는 입력 신호를 받으면 컴프레서의 작동이 시작되고 일정 압력(2 kg/cm<sup>2</sup>) 이상이 되면 압력계가 정상으로 작동하여 멈추도록 되어 있다.

공급롤러로 세척상자를 공급하면 상자인식 센서가 세척상자를 인식하여 CPU에서 상하이동레일이 하강하도록 명령한다. 하강 실린더는 세척상자 손잡이 위치에서 하강을 멈추고 상자 집게 실린더가 상자를 집으면 상하이동레일은 다시 상승한다. 상승된 레일은 앞으로 전진하여 수조 위에서 멈추고 수조 위에서 레일이 하강하며 동시에 상자 누름 실린더도 하강하여 상자를 누르고 세척을 시작한다. 이때 상하이동레일은 다음 동작을 위하여 원래의 위치로 되돌아가서 다음 상자의 이동을 준비한다.

일정 시간의 세척이 끝나면 상하이동레일이 하강하여 각 공정에 있는 4개의 상자를 집어 올려 다음의 공정으로 한 칸씩 이동시키며 행균 공정까지 거친 상자는 배출롤러 위에 놓여져 배출된다.

2) 시스템 성능 평가 및 분석

시스템의 성능은 시간당 상자의 처리 수를 조사하였으며 상자가 이동이 되지 않거나 세척 도중에 작동위치에서 이탈하여 작동을 멈추는 상자는 불량으로 처리하였다. 측정 데이터의 통계분석은 MS 엑셀 프로그램을 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 엽채별 세척, 살균, 탈수 효과

1) 상추

가) 표면 이물질량

상추 표면의 이물질량은 그림Fig. 3과 같이 미세척 11.5

mg/g에서 1단계 세척 후에는 59.1%, 2단계 살균과정에서는 75.6%, 3단계 행균 후에는 78.3%, 그리고 탈수 후에는 83.5%까지 표면 이물질이 제거되는 것으로 나타났다. 따라서 세척, 살균, 행균의 세 공정과 탈수과정을 거치면 상추의 표면에 부착되어 있는 이물질은 83.5%로 비교적 높게 제거되는 것으로 나타났다.

나) 미생물

세척하지 않은 상추의 총균수는 100×10<sup>4</sup> cfu/g이었으며, 1단계 세척수조에서는 공기방울과 물로 5분 세척한 결과, 총균수의 46%를 제거할 수 있었다. 2단계 살균수조에서는 80 ppm의 전해수로 살균하여 총균수의 68%를 제거할 수 있었으며, 3단계 저온 행균수조에서는 총균수가 살균수조에 비하여 3% 증가하였다. 그러나 마지막 탈수과정을 거쳐 일관시스템으로 할 경우에는 총균수의 94%를 제거할 수 있는 것으로 나타났다(Fig. 3). 특히, 마지막 공정인 탈수과정에서는 행균 과정에서 묻어 있는 물기를 60% 정도 제거하므로 물속에 활성화된 미생물이 탈수과정에서 물과 함께 제거되는 것으로 확인되었다. 따라서 상추와 같은 엽채류는 물로 세척한 후에 반드시 물기를 제거하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 그리고 3단계의 행균 냉각수조에서 세균수가 증가하는 이유는 냉동기의 공급관에서의 수온은 미생물의 억제 온도인 5℃를 유지되나 행균수조 속에서는 주위의 온도 영향 등에 의하여 수온이 8℃ 정도로 상승하여 세균이 활성화되었기 때문으로 판단되었다. 또한 대장균군의 경우 총균수의 제거정도와 마찬가지로 세척하지 않은 상추의 대장균군 9×10<sup>4</sup> cfu/g를 1단계 세척에서 83.3% 제거되었고, 2단계 살균에서는 대부분 제거되었으나 3단계 행균에서는 약간 증가하였다. 그러나 탈수과정을 거치면 대부분 제거가 가능한 것으로 나타났다. 상추는 수확 시 절단면에서 유액이 나오는데 이 유액에서 세균이 활성화가 되기 때문에(김 등, 1996) 다른 엽채류에 비하여 미생물의 오염정도가 높으며 세척 시 주의해야 할 것으로 판단되었다.

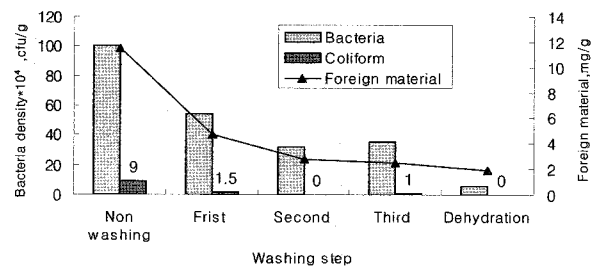


Fig. 3 Washing effect of lettuce leaves by washing step.

다) 탈수율

상추의 원심 탈수율은 그림 4와 같이 드럼의 회전속도를 200 rpm으로 하여 30초 동안 탈수시켰을 때 탈수율은 51.6%였으며 드럼의 회전속도가 높아질수록 탈수율은 증가하는 것으로 나타나 300 rpm에서는 56.2%였으나 600 rpm에서 67.3%로 타났다. 탈수 시 상추의 손상률은 400 rpm이하에서는 1.5%였으나 500 rpm에서는 9.7%, 600 rpm에서는 20.7%로 급격히 늘어나 500 rpm이상으로는 원심 탈수하지 않는 것이 좋은 것으로 나타났다. 또 탈수시간을 20초 탈수한 경우에 비해 30초로 탈수했을 때 탈수율은 1~2% 정도 높게 나타났다. 따라서 상추와 같이 잎이 연약한 엽체의 탈수드럼의 회전속도는 400 rpm에서 30초정도 탈수하였을 경우가 가장 좋은 것으로 판단되었으며, 이보다 회전속도를 높이거나 탈수시간을 짧게 하여도 탈수율은 크게 증가하지 않았다. 잎의 표면에 부착되어 있는 수분은 탈수하면 대부분 원심력에 의하여 제거되나 잎 표면의 굴곡이 진 곳이나 겹쳐진 곳에는 수분이 작은 알갱이 모양으로 남아 있으므로 전체의 탈수율은 60%정도였다. 탈수 후 잎에 남아 있는 수분은 잎이 대기 중에 노출되면 바로 증발되므로 크게 문제가 되지 않으나, 장기간 보관 시에는 수분이 미생물을 활성화 시켜서 잎을 부패시키거나 짓무르게 하기도 하므로 주의가 필요하다. 따라서 상추의 경우 세척 후에는 바로 섭취하거나 장기간 보관할 경우에는 저온 냉장상태로 보관하여 냉장고의 제습효과로 인한 남아 있는 수분을 제거해야 할 것으로 판단되었다.

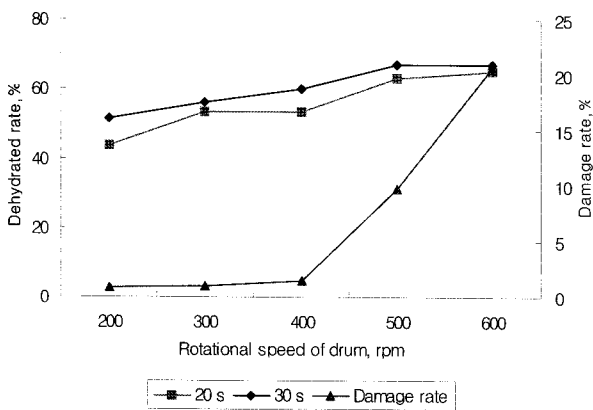


Fig. 4 Dehydrated rate and damage rate of lettuce leaves by rotational speed of drum.

2) 깻잎

가) 표면이물질

깻잎 표면의 이물질 제거는 그림 5와 같이 세척하지 않은 깻잎 1 g당 12.5 mg이 함유되어 있었으나 1단계 세척에서는

22%, 2단계 살균과정에서 54.4%, 3단계 행굼 과정에서 64.8%, 마지막 탈수과정에서 74.4%까지 깻잎의 표면 이물질이 제거 되는 것으로 나타났다.

이와 같이 깻잎의 표면 이물질이 완전하게 제거되지 못한 이유는 깻잎의 뒷면에는 아주 작은 섬모가 있으며 여기에 아주 작은 먼지(dust)나 물방울이 존재하여 3번의 세척 과정과 탈수과정에서도 완전하게 제거되지 않는 것으로 판단되었다.

나) 미생물

세척하지 않은 깻잎의 총균수는 그림 5와 같이  $98 \times 10^4$  cfu/g이었으나 1단계 세척에서 46%, 2단계 살균과정에서 62.2%까지 제거되었으며 3단계 행굼에서 54%까지 증가하였으나 탈수과정에서 다시 64.2%까지 총균수를 제거할 수 있었다. 대장균의 경우에도 이와 비슷한 경향을 보여 세척하지 않은 깻잎의 대장균은  $3 \times 10^4$  cfu/g이었으나 대장균이 1단계 세척에서 33.3%, 2단계 살균에서 90%, 3단계 행굼에서 90%를 마지막 탈수에서는 100%의 대장균이 제거되는 것으로 나타났다.

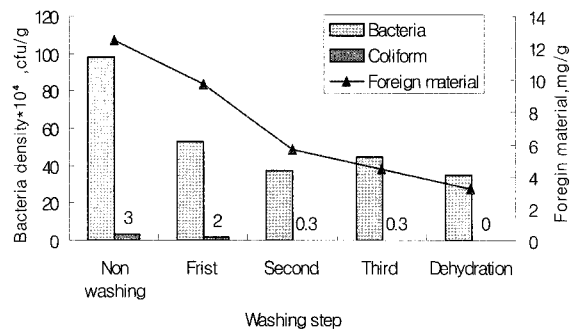


Fig. 5 Washing effect of perilla leaves by washing step.

다) 탈수율

깻잎은 그림 6에서 보는 바와 같이 탈수드럼의 회전속도를 400 rpm으로 하여 30초간 탈수 시 탈수율은 84%, 500 rpm 85%, 600 rpm에서는 86%로 탈수드럼의 회전속도가 높아져도 탈수율은 크게 증가하지 않았다. 그리고 500 rpm 이상의 고속회전에서는 잎이 탈수드럼의 벽면에 붙어서 계속해서 위로 상승하며 상승된 깻잎은 탈수드럼 밖으로 이탈되어 탈수드럼 외벽에 부딪치므로 잎의 손상률이 5.5%로 급격히 높아 지므로 탈수장치의 드럼 회전속도는 500 rpm 이상으로 작업하지 않는 것이 좋았다.

깻잎의 탈수율은 상추와는 달리 깻잎의 표면에 굴곡이 없기 때문에 탈수율이 80% 정도로 비교적 높았으며 깻잎의 뒷

면에는 잔털이 많이 있어서 미세한 수분이 이 속에 남아 있어 회전속도를 높여도 완전한 물기의 제거는 어려운 것으로 나타났다.

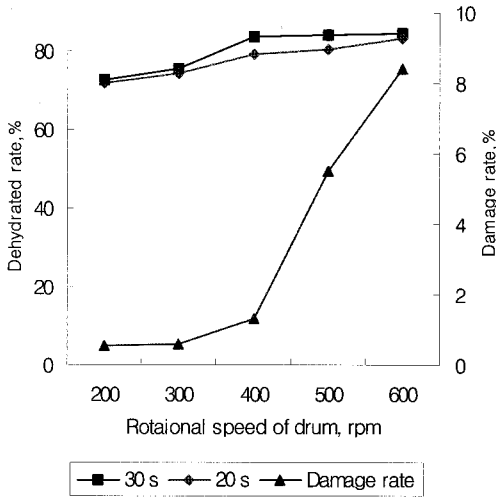


Fig. 6 Dehydrated rate and damage rate of perilla leaves by rotational speed of drum.

### 3) 청경채

#### 가) 표면이물질

청경채의 이물질 제거는 그림 7과 같이 세척하지 않은 청경채에 부착된 이물질의 양은 5.2 mg/g이었으나 1단계 세척에서 25%, 2단계 살균공정에서 46.2%, 3단계 헹굼 공정에서 53.8%, 탈수공정에서는 75%까지 표면 이물질이 제거되는 것으로 나타났다.

청경채는 4-6장의 잎으로 된 결구형 잎채소이므로 잎과 잎 사이에 먼지나 이물질이 많이 포함하고 있어서 다른 엽채류보다 표면 이물질이나 미생물이 많을 것으로 판단되었으나, 시험결과 상추와 깻잎의 이물질 양과 비슷하게 나타났는데 이는 노지에 비하여 오염원이 적은 비닐하우스 내에서 재배한 청경채를 시험재료로 사용했기 때문으로 판단되었다.

이와 같은 결과로 엽채류는 재배지역과 재배장소에 따라서 오염정도의 차이가 심한 것을알 수 있었으며, 생식용 엽채류의 재배적지로는 주위에 오염원이 없는 시설 내에서 재배하는 것이 더 안전하고 청결하다고 판단되었다.

#### 나) 미생물

세척하지 않은 청경채의 경우 그림 7과 같이 총균수가  $256 \times 10^4$  cfu/g이었으나 1단계 세척에서 61.7%, 2단계 살균에서 83.6%, 3단계 헹굼 공정에서는 82.4%로 낮아졌다가 탈수과정에서 93.7%까지 총균수를 제거할 수 있었다. 대장균균의 경우 세척하지 않은 청경채의 대장균균은  $3 \times 10^4$  cfu/g이었으

나 1단계 세척 66.7%, 2단계 살균공정에서 83.3%, 3단계 헹굼 공정에서는 83.3%, 마지막 탈수에서 100%의 대장균 균이 제거되는 것으로 나타났다.

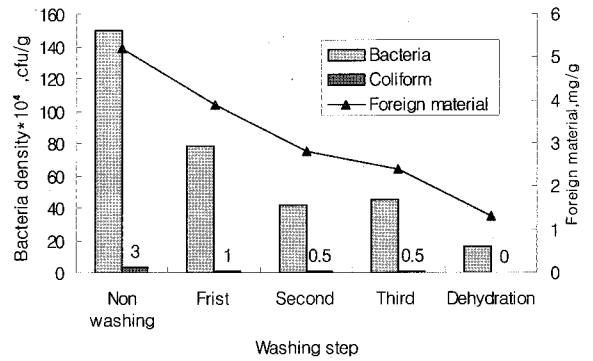


Fig. 7 Washing effect of Chinese flat cabbage by washing step.

#### 다) 탈수율

청경채의 원심 탈수율은 그림 8과 같이 탈수시간이 30초일 때 200 rpm으로 세척시 59.7%, 400 rpm 70.4%였으나 500 rpm과 600 rpm에서는 각각 68.8%와 69.9%로 오히려 감소하는 경향으로 나타났으며, 잎의 손상률은 400 rpm에서는 1%이었으나 500 rpm에서는 4.5%, 600 rpm에서는 8.3%로 급격히 증가하는 것으로 나타났다.

이것은 청경채의 형태가 홀 장으로 된 것이 아니고 여러 장으로 된 결구형으로 여러 겹의 잎 사이에 물방울이 남아 있어서 탈수율이 낮은 것으로 보이며, 청경채는 탈수드럼이 회전하면 무게가 무거운 뿌리 쪽이 드럼의 아래쪽으로 향하고 잎 쪽은 위로 향하여 탈수되므로 뿌리 쪽보다 연약한 잎 쪽이 손상이 많은 것으로 나타났다. 따라서 청경채의 원심탈수 속도는 400 rpm에서 30초간 탈수하는 것이 가장 적당한 것으로 판단되었다.

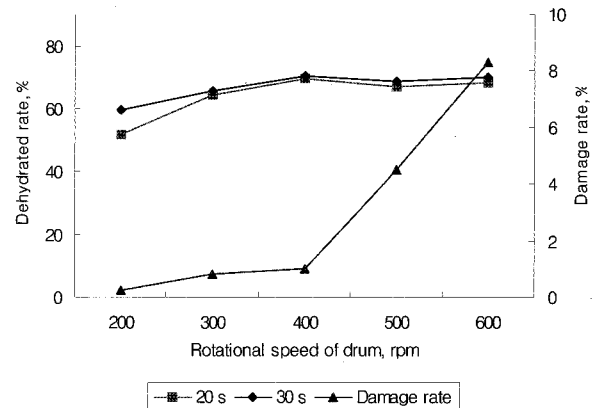


Fig. 8 Dehydrated rate and damage rate of Chinese flat cabbage by rotational speed of drum.

**나. 작업 성능**

성능시험 결과 표 4에서 보는 바와 같이 상추는 시간당 100 kg, 깻잎은 120 kg를 처리하여 시간당 4 kg과 5 kg을 처리할 수 있는 인력에 비하여 24~25배 능률적인 것으로 나타났으며, 청경채의 경우도 시간당 80 kg를 처리하여 관행에 비하여 27배의 노력 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

**Table 4** Working performance of the washing, sterilization dehydrating system.

Item	Leaf vegetables		
	Lettuce	Perilla	Chinese flat cabbage
Prototype (kg/h)	100	120	80
Conventional (kg/h)	4	5	3
Box picking error (%)	6	4	4

**4. 요약 및 결론**

엽채류의 세척, 살균, 행균, 탈수작업을 일관적으로 처리하는 엽채류 세척, 살균, 탈수시스템을 개발하여 성능 시험한 결과는 다음과 같다.

- (1) 시스템은 1단계 세척을 공기방울로 하며 2단계 살균은 전해수로 하고 3단계는 저온수로 행균 후 뒤에 남아 있는 물기의 제거를 원심탈수로 하는 시스템을 제작하였으며, 전 공정은 PLC로 제어되며 자동과 수동작업이 가능하도록 하였다.
- (2) 시스템을 이용한 3단계의 세척, 살균과정과 탈수과정을 거친 엽채류는 총균수의 경우에는 64~94%, 대장균군의 경우는 100% 제거되었으며, 잎 표면에 붙어 있는 이물질의 경우는 74~84%를 제거할 수 있는 것으로 나타났다.

- (3) 채류를 원심탈수 방법으로 탈수시험한 결과, 탈수드럼의 회전속도가 증가할수록 탈수율은 증가하였으나 잎의 손상률은 높아지는 경향이있으며, 탈수드럼의 적정 회전속도는 400 rpm에서 30초간 탈수하는 것이 가장 양호한 것으로 나타났다.
- (4) 상추는 시간당 100 kg, 깻잎은 120 kg, 청경채는 80 kg를 세척할 수 있는 것으로 나타나 인력 관행에 비하여 각각 상추는 25배, 깻잎은 24배, 청경채는 27배 정도 능률적인 것으로 나타났다.

**참고 문헌**

1. Hussain, N. A. and B.S. Narang. 1984. Simplified analysis of air-bubble plumes in moderately stratified environments. Trans of ASME 106(8):543-551.
2. Kang, D. H. 2006. current research works for food safety and rapid method for indicating microorganism. Washington state university.
3. 細田, 岩月 製作所. 2004. 遠心脱水装置. カタログ. 東京, 日本.
4. 김동철, 김병삼, 정문철, 남궁배, 김의웅, 현남억. 1996. 청과물의 표면살균 기술 개발. 한국식품개발연구원. 농림부 농특과제 최종보고서.
5. 김상헌, 신범수, 성경일, 남상일, 김희길, 김상래. 1996. 채소류 폐기물의 처리 시스템 개발. 농림부 농특과제 보고서.
6. 문광덕, 김수일, 황태영, 최소영, 류정모, 박현주, 장지현, 김재용. 2003. 시판신선편이 채소류의 유통기간 연장 및 고품질 유지기술의 개발에 관한 연구. 농림부 농특과제 보고서.
7. 정응원, 정진웅, 박기재. 1999. 전해산화수에 의한 상추의 세척 방법별 세균 효과와 저장 중 품질변화. 한국식품과학회지 31(6):1511-1517.
8. 홍성기, 박희만, 조광환. 2005. 깻잎세척기 세척효과에 관한 연구. 농업기계학회 하계 학술대회논문집 10(2):113-117.