

초음파를 이용한 고추 세척기의 개발⁺

Development of Red Pepper Washer Using Ultrasonic

한충수*	박종수*	금동혁**	김재열***
정회원		정회원	정회원
C. S. Han	J. S. Park	D. H. Kum	J. Y. Kim

1. 서 론

고추는 중요 기호 식품중 하나로 채소류 생산량의 약 4%를 점유하며, 생산액의 약 30%를 차지하는 농가의 주요 소득원이다.¹⁾ 보통 8~10월에 수확하며, 수확후 대부분 세척과정을 거치지 않고 상품으로 출하하고 있다. 고추는 식생활과 밀접한 관계가 있어 건조전 표면에 붙어 있는 각종 농약과 이 물질을 세척하는 과정은 매우 중요하다.

현재 인력에 의한 세척 외에 브러쉬를 이용한 기계식 세척기가²⁾ 개발되어 있지만, 세척시 고추의 손상을 줄이고 세척정도를 보완하기 위해 초음파를 이용한 세척기를 개발하여 실험을 실시하였다. 초음파란 20kHz 이상의 주파수를 갖고 있는 음파(音波)로 각종 의료, 통신, 군사용으로 널리 이용되고 있다.³⁾ 이러한 초음파를 액중에 발사(發射)하면 분자의 진동으로 분자간에 응집력이 파괴되어 캐비테이션(Cavitation)이라 불리는 공동(空洞)이 발생한다. 이 공동이 파괴되면서 피세척물을 세척한다. 기존의 초음파 세척기는 금속, 비철금속을 세척하는데 매우 효과적인 것으로 알려져 있고, 농산물 세척에는 이용이 미비한 상태이다.

따라서, 본 연구에서는 농산물 세척에 초음파 이용 가능성을 알아보기 위해 실험용 초음파 세척기를 설계·제작하고, 고추를 이용하여 세척방법 및 세척시간에 따른 세척정도와 세척수 온도에 따른 세척효과등을 연구 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 장치

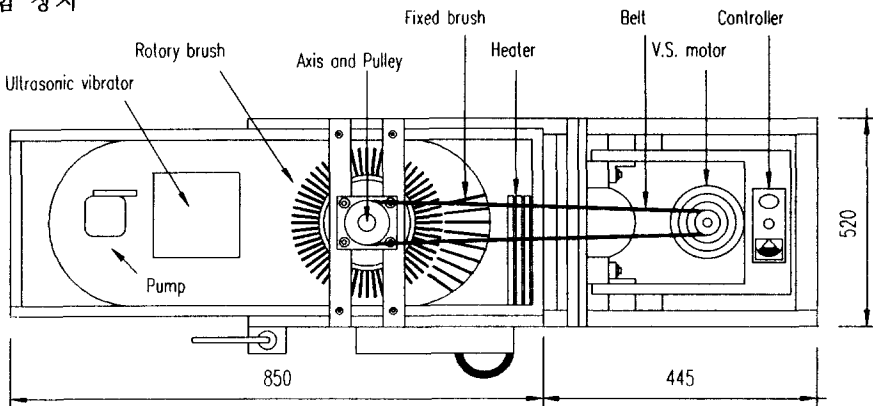


Fig. 1. Schematic diagram of red pepper washer

+ 이 논문은 1995년도 농림수산부 지원 농림수산특정연구사업의 연구비에 의하여 연구되었음.

* 충북대학교 농과대학 농업기계공학과

** 성균관대학교 생명과학대학 기전공학과

*** 상주산업대학교 이공학부 산업기계공학과

Fig. 1에 세척기의 개략도를 나타냈다. 세척용기는 스테인레스 스틸을 사용하고, 세척수의 온도를 70℃까지 조절 할 수 있는 수증용히터를 부착했다. 초음파 발전장치에서 발생하는 주파수는 27kHz이고, 출력은 0~0.6kW까지 조절이 가능하다.

고추는 초음파가 접하는 밀면만 세척이 되기 때문에 수증펌프를 사용하여 고추의 회전 및 반전이 가능하도록 하였다. 또한 고추의 형태가 불규칙하므로 초음파만으로는 일부 세척이 안되는 부분이 있어 입형회전솔(솔 Φ 0.2~0.3mm, 솔길이 65~75mm, 회전원통 120mm)과 고정솔(솔길이 45~55mm, L×W=28×11mm)을 설치하였다. 회전솔에 의해 와류가 발생하고 고추가 끌려들어 가면 서 솔 사이에서 세척이 되도록 설계하였다.

입형회전솔의 동력원은 VS모터(0.4kW)를 사용하였고, 고정솔은 세척조 벽면에 부착하였다.

나. 실험조건과 세척평가 방법

예비실험후 실용성과 경제성을 고려하여 세척 시간은 3분 이내로 결정하고, 세척수의 온도는 상온과 35℃로 실험하였다. 세척 방법은 초음파세척, 회전솔세척, 초음파와 회전솔을 같이 사용한 세 가지 조건으로 실험하였다. 실험 조건은 Table 1과 같이 설정하였다.

Table 1. Experiment conditions of red pepper washing

Washing time	1, 2, 3 minute
Washing temperature	Normal temperature(20℃), 35℃
Washing method	Ultrasonic, Brush, Ultrasonic and Brush
Volume of washing water	800×440×480 (L×W×H) (mm)
Rotating speed of brush	100 rpm
Washing weight (once time)	1 kg

세척할 시료의 조제는 다음과 같이 하였다. 세척할 고추 약 1kg중 3~5개의 기준시료를 정해 일정 표면의 색도를 측정하고, 세척할 모든 고추에 석회를 도포하여 오염시킨 후, 시료 표면에 덩어리진 석회를 물 속에서 흔들어 제거한다. 고추 표면의 수분을 건조시키면 표면이 미세한 석회가루가 하얗게 도포된 상태가 되는데 이때 기준 시료에서와 같은 부분의 색도를 측정한다. 색도 측정후 기준 시료를 세척할 고추 1kg과 함께 세척기에 투입한다. 각 조건에 따라 세척이 끝나면 표면의 수분을 건조시키고 색도를 측정한다.

색차색도계의 값은 L, a, b 값으로 표시되고, L값은 명도, a(색도: +적색·-녹색), b(색도: +황색·-청색)을 나타낸다. 고추는 적색을 띠므로 세척 전후의 색도 a값의 차로 세척정도를 비교·분석하였다.

3. 결과 및 고찰

실험 조건별로 3~5개의 시료를 사용하여 색도를 측정하고, 시료 중에 초기색도(a)값이 비슷한 것을 선택하여 세척정도를 비교·분석하였다.

가. 세척시간과 세척방법에 따른 세척효과

Fig. 2는 초음파에 의해 세척된 효과를 세척시간별로 나타낸 것으로 세척전, 분사세척후, 초음파 세척후의 색도 a(적색정도)값을 비교한 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 세척전의 a값은 40.5~41.3이고, 분사세척후 a값은 35.3~38.3으로 세척

전보다 3~5정도 낮아져 석회가 도포 됐음을 알 수 있다. 이것을 초음파에 의해 세척하면 세척 1분후 a값은 38.9로 세척전보다 약 2.4정도가 낮았고, 2분후 a값은 38.3으로 약 2.2정도가 낮았다. 3분후 a값은 40.6로 세척전보다 약 0.4정도가 낮았다. 이와같이 a값의 차가 2.4에서 0.4로 낮아지는 것은 초음파 세척시간이 경과함에 따라 세척효과가 증대함을 의미한다.

따라서 초음파세척의 효과를 증대시키기 위해서는 세척시간을 길게 하는 것이 효과적이지만, 세척시간을 너무 길게 하면 세척효율을 저하시키므로 3분 이내에서 적정 세척조건을 규명해야 할 것으로 판단된다.

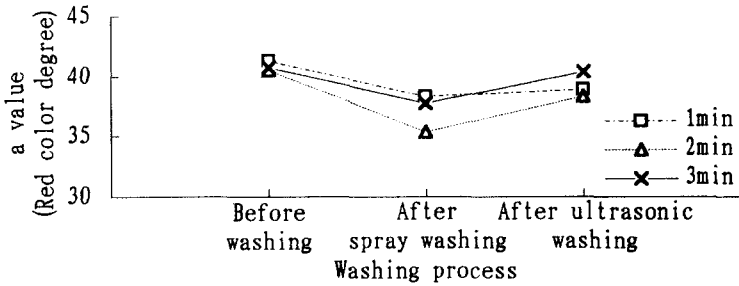


Fig. 2. Effect of washing process on chromaticity for different washing time (Ultrasonic washing)

Fig. 3은 회전솔에 의해 세척된 효과를 세척시간별로 나타낸 것으로 앞에서 설명한바와 같은 세척과정상태의 고추에 대해 a(적색정도)값을 비교한 것이다.

그림에 나타냈듯이 세척전의 a값은 40.7~40.9이고, 분사세척후 a값은 38.1~39.5로 세척전보다 1~3정도 낮았다. 회전솔에 의한 세척 1분후 a값은 38.1로 세척전보다 약 2.5정도가 낮아졌다. 2분후 a값은 40.4로 약 0.4정도가 낮았음을 알 수 있고, 3분후에는 a값이 40.2로 세척전보다 약 0.5정도가 낮았다. 회전솔에 의한 세척도 초음파세척과 마찬가지로 세척시간 1분으로는 세척효과가 미진했다. 그러나 2, 3분의 세척시간은 a값의 차가 각각 0.4, 0.5정도로 적기 때문에 세척효과가 우수하다고 사료된다. 회전솔세척 또한 시간이 경과함에 따라 a값의 차가 2.5에서 0.5로 감소하므로 세척효과가 증대함을 알 수 있다.

초음파세척(Fig. 2)과 회전솔세척(Fig. 3)의 세척정도를 비교해 보면 초음파세척에서 세척시간 1분의 초기 a값과 세척후 a값의 차는 2.4이고 회전솔세척은 2.5로 서로 차이가 적기 때문에 세척효과가 낮은 것은 비슷하지만, 세척시간 2분에서 초음파세척의 a값 차는 2.2로 회전솔세척의 0.4보다 크기 때문에 회전솔세척이 초음파세척보다 세척효과가 좋음을 알 수 있다. 세척시간 3분에서는 초음파세척과 회전솔세척방법의 세척전·후 a값의 차가 0.4와 0.5로 세척전과의 차이가 적으므로 두 가지 세척방법 모두 세척효과가 우수하다고 판단된다.

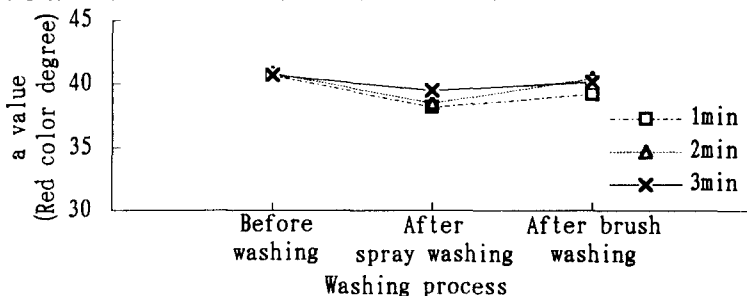


Fig.3. Effect of washing process on chromaticity for different washing time (Brush washing)

Fig. 4에 초음파와 회전술에 의해 동시 세척된 효과를 세척시간에 따라 세척과정상태별로 a값을 나타낸 것이다.

그림에서와 같이 세척전의 a값은 41.1~41.3이고, 분사세척후 a값은 35.2~38.8로 세척전보다 3~6정도 낮았다. 초음파와 회전술 동시 사용에 의한 세척 1분후 a값은 40.2로 세척전보다 약 1정도가 낮았다. 2분후 a값은 41.2로 약 0.1정도가 높아졌음을 알 수 있고, 3분 후에는 a값이 41.3으로 세척전과 거의 같다. 초음파와 회전술을 동시에 사용한 세척방법도 앞에서 설명한바와 같이 세척시간이 길어짐에 따라 세척효과가 증대되는 경향을 나타냈고, 세척전·후 a값의 차가 적기 때문에 효율적인 세척이 가능하다는 것을 알 수 있다.

초음파세척(Fig. 2)과 회전술세척(Fig. 3)을 초음파와 회전술을 동시에 사용한 세척(Fig. 4)과 비교해 보면 초음파 세척에서 세척시간 1분의 초기 a값과 세척후 a값의 차는 2.4이고 회전술 세척은 2.5이다. 초음파와 회전술을 동시에 사용한 세척은 초기 a값과 세척후 a값의 차가 1로 앞의 두 방법보다 차가 적기 때문에 세척효과가 우수함을 알 수 있다. 세척시간 2분에서 초음파 세척의 a값 차는 2.2이고 회전술 세척은 0.4이다. 이 값은 초음파와 회전술을 동시에 사용한 세척의 세척전·후 a값의 차 보다 크기 때문에 세척이 미진함을 나타냈고, 초음파와 회전술을 동시에 사용한 세척은 세척전의 a값과 같으므로 세척효과가 좋음을 알 수 있다. 세척시간 3분에서는 초음파 세척과 회전술 세척 방법의 세척전·후 a값의 차가 0.4와 0.5로 세척전과의 차이가 적고, 초음파와 회전술을 동시에 사용한 세척 방법도 세척전·후의 a값이 거의 같으므로 세 가지 세척방법 모두 세척효과가 우수하다고 판단된다.

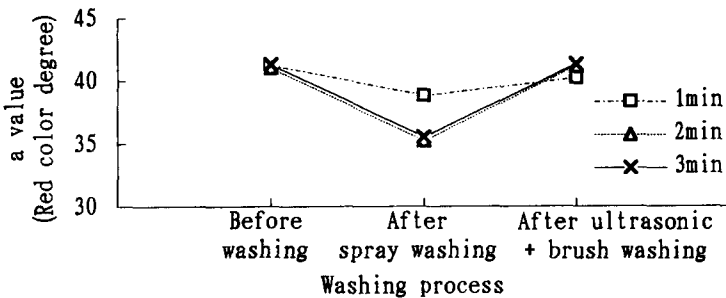


Fig. 4. Effect of washing process on chromaticity for different washing time (Ultrasonic and Brush washing)

따라서 초음파와 회전술을 동시에 이용한 세척후 a값이 세척전보다 각각 0.5~0.01 정도로 전술한 초음파 세척이나 회전술 세척에 비해 그 차이가 적으므로 세척효과가 좋다고 할 수 있다. 이와 같은 효과를 얻을 수 있는 것은 회전술이 회전할 때 회전력에 의해 와류가 계속적으로 발생되므로 물위에 떠 있는 고추가 와류 속으로 끌려들어 가면서 회전술과 고정술 사이를 통과하는 동안에 세척이 되고, 고추의 회전과 반전을 도와서 초음파 세척효과를 더욱 높일 수 있기 때문이다. 초음파와 회전술을 동시에 이용할 때 세척시간은 세척의 효과를 증대시키기 위해서 앞에서 설명한 바와 같이 길게 하는 것이 효과적이지만, 세척시간이 너무 길면 세척효율을 저하시키므로 세척시간은 2분 이내가 효율적인 것으로 판단된다.

나. 세척수 온도에 따른 세척효과

앞에서 설명한 실험조건 중에서 적정 세척시간은 2분이고, 세척조건은 초음파와 회전술을 동시에 이용하는 방법으로 나타났기때문에 이 조건에서 세척수 온도에 따른 세척효과를 검토하였다.

Fig. 5는 세척수 온도에 따른 세척효과를 알아보기 위해서 세척시간 2분, 초음파와 회전술을 동시에 이용하는 세척방법으로 상온(20℃)과 35℃에서의 세척효과를 비교한 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 세척후 a값은 상온에서 세척전 37.2보다 0.2정도 낮았고, 35℃에서 세척전 37.3보다 0.6정도 높아졌다. 35℃에서 세척하는 것이 세척효과가 향상되는 경향을 나타냈지만, 온도에 따른 a값의 차이가 약 0.8정도로 세척수 온도가 15℃ 높은 것에 비해 세척효과에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 한편 세척수를 가열하면 에너지 소비에 따른 생산 단가가 높아지기 때문에 상온 세척수를 사용하는 것이 세척효율면에서 바람직한 것으로 사료된다.

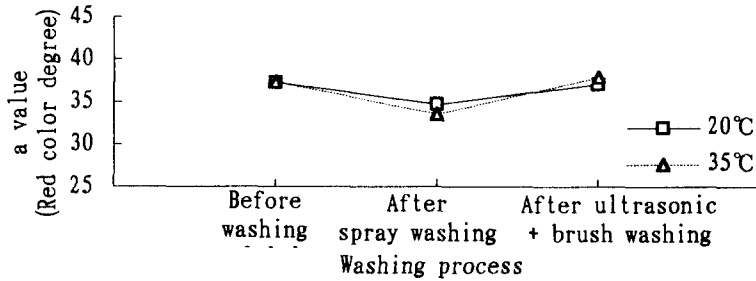


Fig. 5. Effect of washing process on chromaticity for washing water temperature (Washing time : 2minute, Ultrasonic and Brush washing)

4. 결 론

고추는 식생활과 밀접한 관계가 있기 때문에 건조 전에 표면에 붙어 있는 각종 농약과 이 물질을 세척해야 한다. 현재 인력에 의한 세척 외에 브러쉬를 이용한 기계식 세척기가 개발되어 있지만, 고추의 손상 및 세척정도를 보완하기 위해 초음파를 이용하여 세척 가능성을 알아보았다. 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 세척시간에 따른 세척효과는 2분 정도가 효율적이었다.

나. 세척방법에 따른 세척효과는 초음파와 회전술을 동시에 사용한 것이 가장 높았다.

다. 세척수 온도는 (상온, 35℃) 세척효과에 큰 영향을 미치지 않았다.

라. 보조 세척 회전술을 사용하므로 해서 고추의 반전율이 완전하게 이루어질 뿐만 아니라, 반전으로 인해 초음파 세척율을 향상시킬 수 있어 세척효과를 더욱 높일 수 있었다.

5. 참고문헌

1. 김재열, 금동혁, 한충수의 9인, 1995. 고추의 공동집하 및 자동화 처리 시설 개발에 관한 연구. 농업수산부. pp.68 - 82.
2. 박희만외 4인, 1994. 고추 세척기 개발. 농업기계화연구소 연구보고서.
3. 초음파연구회, 1992. 쉬운 초음파의 응용. 기전연구사. pp17 - 32.