

초음파를 이용한 고추 세척기 개발⁺(II)

- 초음파와 횡회전솔 방식 -

Development of red pepper washer using ultrasonic (II)

- The method of ultrasonic and horizontal rotary brush -

한충수*	박중수*	금동혁**	김재열***
정희원	정희원	정희원	정희원
C. S. Han	J. S. Park	D. H. Kum	J. Y. Kim

1. 서론

생활 수준의 향상에 따른 소비자의 의식구조 변화와 함께 청결한 농산물을 선호하는 경향이 높아지고 있다. 특히 소비량이 많은 고추의 청결정도는 그 중요성이 점점 높아져 현재 시중에 유통되고 있는 청결고추는 다른 일반 고추들 보다 상품가치가 높아 농가의 주요 소득원이 되고 있다. 또한 고추는 식생활과 밀접한 관계가 있기 때문에 건조 전에 고추의 표면에 붙어 있는 먼지, 이물질, 수용성 농약 등을 세척하는 과정은 매우 중요하다^{1, 2, 3)}.

기존의 기계식 세척기 사용시 고추의 손상과 세척정도를 보완하기 위해 초음파와 입형회전솔을 이용한 세척기를 설계·제작하여, 세척방법 및 세척시간에 따른 세척정도를 검토한 결과 고추 세척에 초음파 이용 가능성을 확인하였다. 그러나 세척량이 많을 경우 입형회전솔과 고정솔이 세척수에 잠겨 있어 고추의 투입면적이 작아지므로 세척이 원활하지 못함을 나타냈다^{1, 3)}.

따라서 본 연구에서는 투입면적 확장을 위해 횡회전솔 방식을 도입하였고, 세척량과 세척효율을 향상시키기 위해 회전솔 형태의 가공 및 고추와 솔의 접촉면적을 크게 하기 위해 회전솔의 형태를 따라 고정솔을 오목하게 가공하고, 고정솔과 회전솔의 간격, 회전솔의 회전수 등에 따른 최적 설계자료 및 적정세척조건을 연구·분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 세척기 설계와 제작

(1) 초음파 발생장치

초음파 발생장치는 발진부(출력: 0.6kW)와 진동부(출력: 0.6kW, 305×235×110)로 구성되어 있고, 진동부에는 6개의 진동소자(B.L.T형식)를 부착했다.

+ 이 논문은 1996년도 농림수산부 지원 농림수산특정연구사업의 연구비에 의하여 연구되었음.

* 충북대학교 농과대학 농업기계공학과

** 성균관대학교 생명자원과학대학 생물기전공학과

*** 상주산업대학교 이공학부 산업기계공학과

(2) 세척기

그림 1에 횡형회전솔방식 세척기의 개략도를 나타냈다.

세척용기(1570×450×350)는 스테인레스 스틸로 제작했다.

기초 실험 결과⁴⁾ 회전솔 통과 회수에 따라 세척 효과는 향상되었지만, 실용화를 고려하여 횡형회전솔을 3조 설치했다. 보조세척솔은 고정솔(길이: 40~70mm, Ø: 0.4mm)과 횡형회전솔(길이: 60~80mm, Ø: 0.4mm)로 구성되어 있고, 솔의 재질은 타렉스를 사용했다.

세척기의 투입구와 배출구에 고추의 이송과 보조세척을 위해 물분사 노즐(투입구 Ø: 3mm, 배출구 Ø: 2mm)을 각각 3개씩 설치했다.

세척이 완료된 고추를 배출하기 위해 컨베이어 벨트(1200×365)를 설치하고, 벨트의 재질은 테프론을 사용했다.

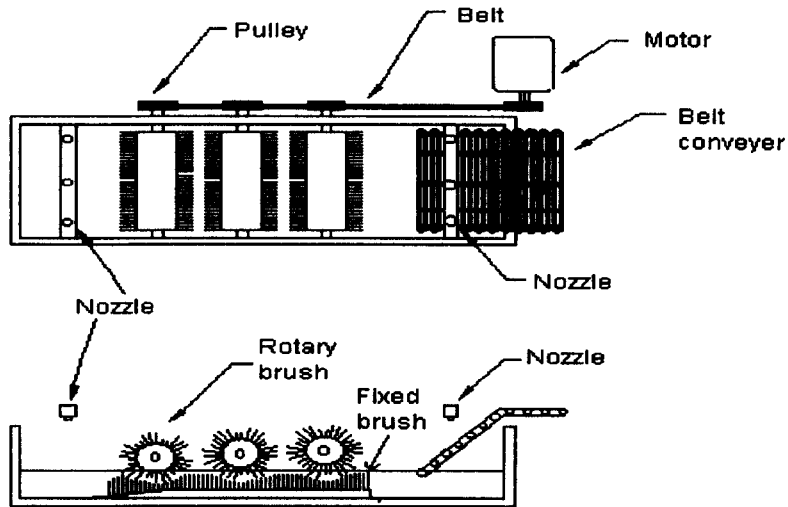


Fig. 1. Schematic diagram of red pepper washer.

나. 실험방법 및 조건

(1) 세척시료조제 및 세척기준

세척할 고추 중 기준시료를 정해 세척 전 일정 위치의 표면 색도를 측정하고, 고추를 물에 적신 후 석회가루를 도포 한다. 물에 약하게 흔들어서 표면에 붙어있는 석회를 제거한 후 건조시킨다. 건조 후 석회가루가 도포된 상태가 되는데 기준시료와 같은 부분의 색도를 측정한다. 색도 측정 후 기준시료를 세척할 고추와 세척기에 투입한다. 세척후 표면의 수분을 건조시키고 색도를 측정한다.

세척정도는 L(명도), a(색도 : +적색 · -녹색), b(색도 : +황색 · -청색)값 중에서 a값(적색)의 크기로 비교·분석했다.

(2) 실험조건

기초실험결과⁴⁾ 황형회전술의 적정회전수는 120rpm 정도로 나타나 시작기에서는 80, 180rpm을 비교구로 설정하였고, 회전술과 고정술의 간격은 너무 많이 겹치면 배출 및 세척정도가 불량하여 간격이 없을 때와 5mm 겹칠 때, 5mm 떨어졌을 때로 설정하였다. 또한 물분사노즐에 의한 세척정도를 알아보기 위해 투입구와 배출구에 노즐을 설치하였다.

실험조건은 표 1과 같이 설정했다.

Table 1. Experimental conditions. (horizontal type)

Washing temperature	Washing method	rpm of brush	Gap between Rotary brush and Fixed brush	Washing weight (once time)
Normal temperature (22℃)	Ultrasonic and Brush Ultrasonic	80rpm 120rpm 180rpm	- 5 mm 0 mm + 5 mm	2 kg

* + : Lie one upon another - : Lie one apart another

3. 결과 및 고찰

가. 초음파 사용 여부에 따른 세척정도

그림 2는 황형 회전술 세척기에서 초음파의 세척효과를 알아보기 위해 초음파의 사용 여부에 따른 세척정도를 비교한 것이다.

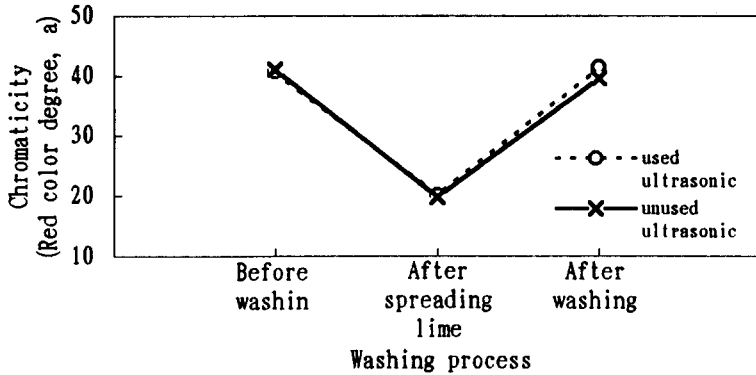


Fig. 2. Effect of used and unused ultrasonic on washing effect.

그림에서 보는 바와 같이 세척 전의 a값은 40.7~41.0이고, 석회도포 후 a값은 19.8~20.1로 세척 전보다 20.6~21.2정도 낮아져 석회도가 도포 되었음을 알 수 있다. 이것을 초음파를 사용하지 않고 회전술만 사용했을 때 세척 후 a값이 세척 전보다 약 1.5정도 낮았고, 초음파를 사용했을 경우는 세척 전 a값보다 약 0.8정도 높아졌다.

따라서 초음파를 사용하는 것이 사용하지 않는 것 보다 세척정도가 우수한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 고추의 미세한 흠 등의 미세척 부분이 초음파에 의해 발생한 공동(空洞)이 파괴되면서 발생하는 에너지에⁵⁾ 의해 세척되었기 때문으로 판단된다.

나. 회전솔의 회전수 변화에 따른 세척정도

(1) 회전솔과 고정솔의 간격이 없을 때 회전수 변화에 따른 세척정도

그림 3은 회전솔과 고정솔의 간격이 없을 때 회전수 변화에 따른 세척정도를 나타낸 것이다.

그림에서와 같이 80rpm일 때는 세척 전보다 세척 후 a값이 약 0.2정도 높았고, 120rpm에서는 약 2.6정도 높아졌다. 180rpm일 때는 세척 후 a값이 세척 전보다 약 0.7정도 높아졌다. 이와 같이 회전수가 느리면 고추에 작용하는 솔의 접촉력이 약해지고, 회전수가 빠르면 고추가 솔 사이를 통과하면서 솔과 접촉하는 시간이 짧아지기 때문에 세척정도가 낮아진 것으로 판단된다. 따라서 솔간격이 없을 때 회전솔의 회전수는 120rpm이 세척정도가 양호한 것으로 판단된다.

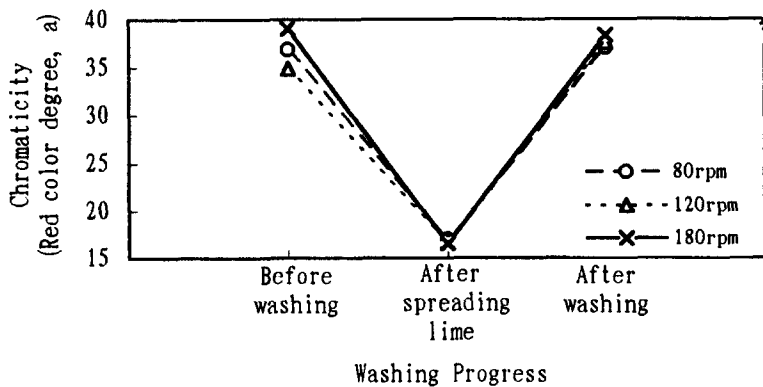


Fig. 3. Effect of rpm of rotary on washing effect. (gap : 0mm)

(2) 회전솔과 고정솔의 간격이 5mm 겹칠 때 회전수 변화에 따른 세척정도

그림 4는 회전솔과 고정솔의 간격이 5mm 겹칠 때 회전수 변화에 따른 세척정도를 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 80rpm일 때는 세척 전보다 세척 후 a값이 약 0.2정도 낮았고, 120rpm에서는 약 0.9정도 높아졌다. 180rpm일 때는 세척 후 a값이 세척 전보다 약 0.1정도 낮아졌다. 이와 같이 80, 180rpm일 때에 세척정도가 미진한 이유는 그림 3에서 설명한 것과 같은 이유 때문이다.

솔이 5mm 겹쳐졌을 때 적정 회전솔 회전수는 120rpm으로 나타났다.

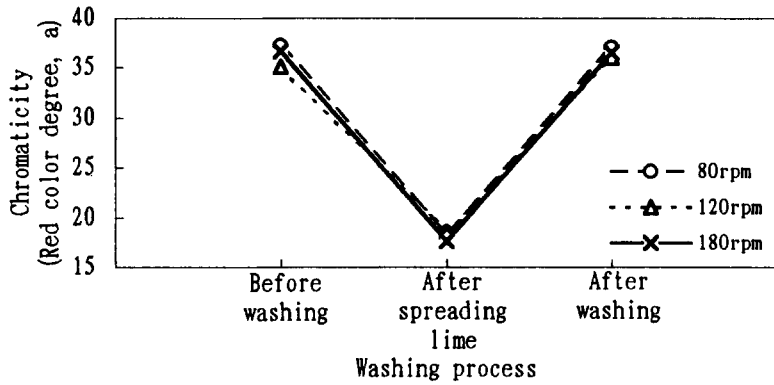


Fig. 4. Effect of rpm of rotary on washing effect. (gap : + 5mm)

(3) 회전술과 고정술의 간격이 5mm 떨어졌을 때 회전수 변화에 따른 세척정도

그림 5에 회전술과 고정술의 간격이 5mm 떨어졌을 때 회전수 변화에 따른 세척정도를 나타냈다.

그림에서와 같이 80rpm일 때는 세척 전보다 세척 후 a값이 약 1.1정도 낮았고, 120rpm에서는 약 2.6정도 낮았다. 180rpm일 때는 세척 후 a값이 세척 전보다 약 2.0정도 낮았다. 술간격이 5mm 떨어졌을 때 회전수별 세척정도는 전체적으로 불량한 것으로 나타났다. 이것은 술간격이 넓으면 고추가 회전술과 고정술을 통과할 때 접촉력이 약해져 세척정도가 저하되기 때문이라고 생각된다. 세척정도를 고려할 때 술 사이에 간격을 두는 것은 바람직하지 않은 것으로 판단된다.

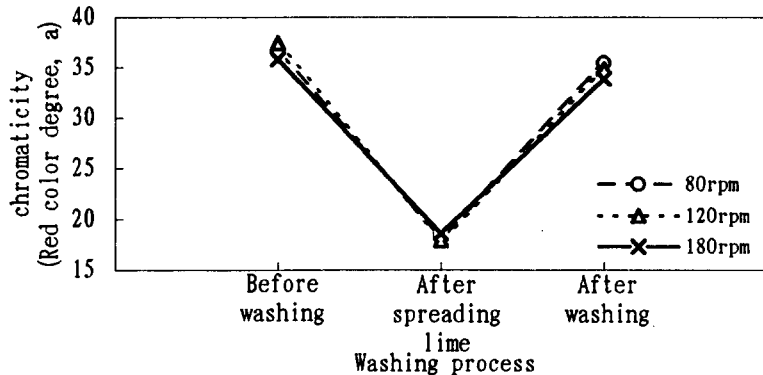


Fig. 5. Effect of rpm of rotary on washing effect. (gap : - 5mm)

다. 회전술의 회전수가 120rpm일 때 회전술과 고정술의 간격에 따른 세척정도

회전수 변화에 따른 세척정도를 검토한 결과 120rpm일 때가 우수했다. 따라서 회전술의 회전수가 120rpm일 때 세척정도와 배출량을 고려한 적정 술간격을 검토했다.

그림 6은 회전수 120rpm일 때 회전술과 고정술의 간격 변화가 세척정도에 미치는 영

향을 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 슬간격이 5mm 겹쳤을 때 세척 전 a값보다 세척 후가 약 0.9정도 높았고, 슬간격이 5mm 떨어졌을 때는 약 2.6정도 낮았다. 슬간격이 없는 상태에서의 세척정도는 세척 전 a값 보다 약 2.6정도 높았고, 배출상태도 양호하여 다른 두 조건보다 효과적인 것으로 나타났다.

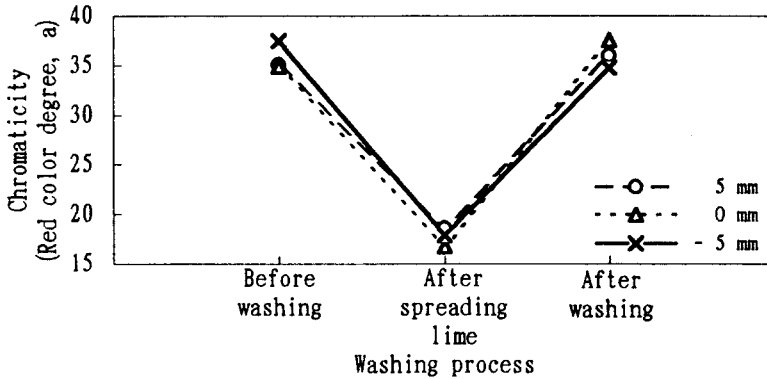


Fig. 6. Effect of gap between rotary and fixed brush on washing effect.(120rpm)

라. 배출구 물분사 노즐 사용 여부에 따른 세척 효과

그림 7은 배출구 물분사 노즐 사용 여부에 따른 세척정도를 비교한 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 세척 전의 a값은 40.1~41.1이었다. 세척 후 고추의 색도를 측정된 결과 배출구에 물분사 노즐을 사용하지 않았을 경우 세척 후 a값이 세척 전보다 약 0.4정도 높았고, 사용했을 경우에는 약 1.6정도 높아졌다. 따라서 배출구에 물분사 노즐을 사용하는 것이 사용하지 않는 것 보다 세척정도가 우수한 것으로 나타났다. 이것은 세척수 내의 이물질이 고추가 배출될 때 고추의 표면에 물과 함께 부착되어 재 오염되었지만 배출과정에서 깨끗한 물이 고압으로 분사되면서 표면에 붙어있는 이물질을 제거했기 때문으로 판단된다.

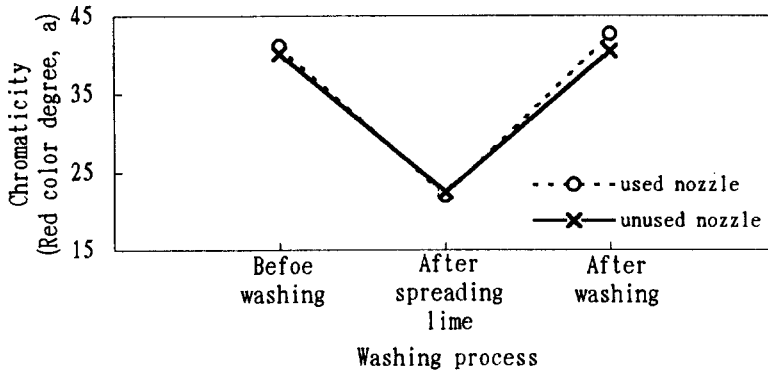


Fig. 7. Effect of used and unused nozzle on washing effect.

4. 결 론

본 연구에서는 고추의 투입면적 확장을 위해 횡형회전술 방식을 도입했고, 세척량과 세척 효율을 향상시키기 위해 회전술 형태의 가공하고, 고추와 술의 접촉면적을 크게 하기 위해 회전술의 형태를 따라 고정술을 오목하게 가공했다.

고정술과 회전술의 간격, 회전술의 회전수 등에 따른 최적 설계자료 및 세척조건을 연구·분석하였다.

실험결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 초음파와 회전술을 동시에 사용한 세척이 세척정도가 우수했다.

나. 회전술과 고정술이 서로 일치하여 간격이 없을 때 배출상태와 세척정도가 우수했다.

다. 회전수 변화에 따른 세척정도를 검토한 결과 회전수가 120rpm일 때 세척정도가 우수했다.

라. 배출구에 물분사 노즐을 사용하는 것이 사용하지 않는 것 보다 세척정도가 우수했다.

참고문헌

1. 한충수의 3인. 1996. 초음파를 이용한 고추 세척기 개발에 관한 연구, pp 85~89. 1996년 학술발표대회논문집, 한국농업기계학회.
2. 김재열, 한충수, 금동혁의 9인. 1995. 고추의 공동집하 및 자동화 처리 시설 개발에 관한 연구, pp 2~10. 농림수산특정연구사업 연구 1차 보고서.
3. 김재열, 한충수, 금동혁의 9인. 1996. 고추의 공동집하 및 자동화 처리 시설 개발에 관한 연구, pp 83~117. 농림수산특정연구사업 연구 2차 보고서.
4. 한충수의 1인. 1996. 초음파와 회전술을 이용한 고추 세척기 개발, 농촌열에너지연구소 논문집, pp 1~ .충북대학교 농촌열에너지연구소.
5. 초음파연구회. 1992. 쉬운 초음파의 응용, pp17~88. 기전연구사.