

고춧가루 분쇄기 개발

Development of red-pepper crusher

박희만* · 정성근* · 최희석* · 이선호* · 홍성기** · 정종훈**

정희원 정희원 정희원 정희원 정희원 정희원

H.M. Park*, S.G. Jeong*, H.S. Choi*, S.H. Lee*, S.G. Hong*, J.H. Chung**

1. 서론

고추는 원산지가 남아메리카로서 우리나라에 1613년에 전래된 이후 우리 식생활에 없어서는 안될 필수 양념채소로 자리잡아 연간 재배면적이 8~9만ha에 이르고 있다. 국민 1인당 연간 고추소비량은 2.5kg 정도로써 우리 식탁에 풋고추로도 올라오지만 대부분은 고춧가루로 분쇄되어 김치류, 고추장 등 전통발효식품과 음식조리용 조미료로 이용되는 등 고춧가루가 들어가지 않는 우리 음식은 찾아보기 힘들 정도로 중요한 조미식품이 되었다.

고춧가루 분쇄작업은 소비자가 직접 절구통에 넣어 뺨거나, 고추방앗간의 쇠절구로 분쇄하는 방법이 이어져 왔었으나 60년대 중반에 들어서면서 홈롤러 및 평롤러식 고춧가루분쇄기가 도입되었다. 이 기종은 압축력, 충격력, 전단력을 동시에 사용할 수 있는 분쇄방법으로 고추 표면의 미끄러운 왁스 층과 질긴 섬유질의 분쇄를 용이하게 함으로써 분쇄 작업 성능을 높였을 뿐만 아니라 여기에서 뺨은 고춧가루는 입자가 곱고 색깔도 고와 좋은 평을 받았다.

그러나 롤러식 고춧가루분쇄기는 분쇄 공정에서 분쇄롤러의 공회전이 필연적으로 발생하며, 공회전이 발생될 때마다 분쇄롤러간의 직접마찰은 롤러 표면의 마모를 초래하게 되고, 마모된 금속성 이물질은 고춧가루에 혼입 될 수밖에 없다. 혼입 되는 금속성 이물질을 제거하기 위한 방법으로 전자석을 부착한 분쇄기도 있지만 고춧가루는 충을 이루고 유동하므로 자력을 이용한 선별성능이 아주 미약하며 분리 제거되는 이물질 또한 자성체를 갖는 금속성 이물질에 국한되고 있는 실정이다.

한편 고춧가루의 품위를 높이기 위한 방안으로 건조전 고추를 물세척하는 고추세척기가 발되어 보급되고 있다. 건조고추의 세척, 건조, 꼭지제거, 씨앗분리, 분쇄, 선별, 살균, 포장의 일관 가공작업체계를 갖춘 고추분말가공공장이 설치되어 운영되고 있지만 건조고추의 대부분이 생산농민으로부터 산지 수집상, 지방도매상, 대도시 유사도매시장, 소매상, 소비자로 흐르는 유통 경로를 거쳐 소형 방앗간의 롤러식 고춧가루분쇄기에 의하여 분쇄되어 소비되고 있다. 그렇지만 소형 방앗간은 규모가 영세하여 고춧가루에 혼입 되는 금속성 이물질을 제거하는 공정을 추가하기는 매우 어려운 실정이다.

=====

* 농업기계화연구소

** 전남대학교 농과대학 농공학과

따라서 본 연구는 금속성 이물질 발생이 적은 고춧가루 분쇄기를 개발하는데 목적을 둔 연구로써, 분쇄 과정에서 금속성 이물질이 많이 발생되는 공회전 때 2개의 분쇄롤러 사이가 자동으로 떨어질 수 있도록 고춧가루분쇄기를 개발하여 롤러의 재질 및 롤러의 회전차을 별로 고춧가루 분쇄 실험을 실시하여 금속성 이물질의 발생량과 고춧가루의 입도를 측정하였다..

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

(1) 건고추

본 연구에 사용된 건고추는 '98년산 다복 품종으로 물성은 [표 1]과 같다.

Table. 1 Characteristics of red-pepper in the experiment

Variety	Length(mm)	Diameter(mm)	Weight(g)	M.C.(w.b.%)
Dabok	110.5	18.5	3.11	13.4

(2) 건 고추의 색도

건고추의 실험전 Hunter Value는 Chroma meter(미놀타 model CR-200)로 측정하였으며 결과는 [표 2]와 같이 나타났다.

Table. 2 Chroma meter of red-pepper

Item	Chroma meter		
	L	a	b
Pericarp (exterior)	36.82	18.77	7.03
Pericarp (interior)	38.09	16.79	9.26
Placenta	57.32	27.66	34.18
Seed	64.05	10.23	32.17

(3) 분쇄롤러

본 연구에서는 주철재 롤러와 Ti 코팅롤러를 사용하였으며, 주철재 분쇄롤러는 고춧가루분쇄기 생산전문업체인 K사로부터 제공받은 것으로써 화학적 조성비율은 [표 3]과 같으며, Ti 코팅롤러는 위의 주철재 롤러를 도금전문업체에 의뢰하여 Ti 코팅한 후 시험 롤러로 사용하였다.

Table. 3 Chemical composition of roller mill

Item	Chemical composition (%)								
	Fe	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Pb
Roller	93.05	3.30	1.89	0.34	0.016	0.015	0.01	0.02	0.015

*analysis method : KSD 1801-93(I.C.P), C : KSD 1804 (93) *한국화학시험연구원 분석

나. 실험장치제작

(1) 시작기의 구조

시작기는 호퍼, 1쌍의 분쇄롤러, 전동기, 프레임 등의 기본 구조에 소비되는 전류의 차이를 측정함으로써 분쇄작업과 공회전을 판단하여 고속롤러와 저속롤러 사이의 간격을 조절하는 제어부, 고속롤러는 고정되어 있지만 저속롤러는 아래가 힌지로 된 지지대에 고정하여 고속롤러로부터 띄워질 수 있도록 한 저속롤러지지부, 압축스프링과 압력조절용 핸들로 분쇄작업에 필요한 압력을 가감하도록 한 압력조절부, 압력센서, 증폭기, AD컨버터, PC의 초기설정압력 측정부 등 롤러간격 자동조절장치를 추가하여 설계 제작하였으며 개략도와 제원은 [그림1], [표4]와 같다.

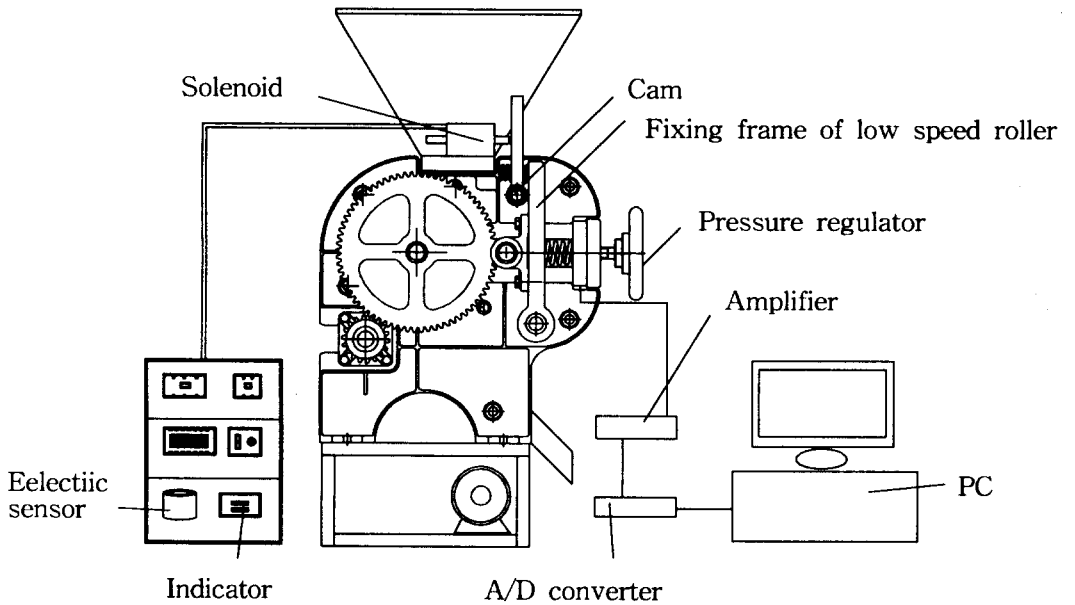


Fig. 1 Schematic diagram of experiment equipment

Table. 4 Specification of experiment equipment

	Item	Size
Body	(L×W×H, mm)	70×80×1300
	Diameter(∅, mm)	195
Roller	Lenth (mm)	260
	Revolution(rpm)	H.S. roller 40, L.S. roller 20
Motor		3P. 220V, 5ps

(2) 초기 분쇄 압력설정

초기 분쇄 압력은 압력조절핸들을 조작하여 스프링압을 가감하여 설정하였으며, 초기 분쇄 설정 압력 측정은 분쇄기의 좌·우 압력조절핸들과 압축스프링사이에 고정된 용량

200kgf의 로드셀로부터 출력되는 신호는 증폭기를 통하여 적정전압으로 증폭시킨 후 분해능 12bit AD컨버터로 변화시켜 PC에서 확인할 수 있도록 구성을 하였다

(3) 간격조절 제어

롤러 간격제어 방법은 분쇄중일 때는 공회전시보다 소비 전류가 많으므로 인디케이트에 공회전시 소비 전류값 보다 크게 설정을 한다. 분쇄작업중에 전류센서에서 소비전류값을 측정하여 인디케이트에서는 사용자가 설정한 값과 비교하여 측정된 소비전류 값이 크면 솔레노이드가 작동하지 않지만, 측정된 소비 전류값이 적으면 솔레노이드가 작동되어 간격조절봉을 밀어냄으로써 하단부 편심캠의 회전으로 저속롤러 지지프레임이 후퇴된다. 따라서 고정되어있는 고속분쇄롤러와 저속분쇄롤러 사이가 띄워지도록 하였다.

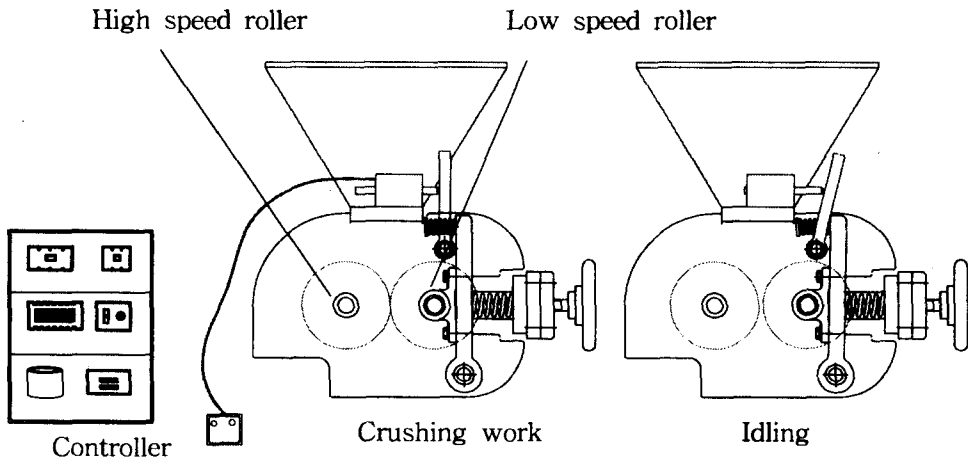


Fig. 2 Schematic diagram of distance control part

다. 실험방법

(1) 분쇄실험

분쇄실험에 사용한 분쇄롤러의 형식은 홈롤러 및 평롤러, 롤러의 재질은 주철재 롤러와 Ti 코팅롤러를 각각 장착하여 4수준의 회전차율별로 Fe 발생량, 입도분포, 작업성능을 분석하였다. 플라즈마를 이용한 Ti 코팅은 경도가 보통주철의 4~10배 높아지므로 실험을 위한 분쇄 롤러 내마모성 증대를 위해 적용을 하였다. 분쇄롤러 형식 및 재질별로 분쇄횟수는 7회로 하였으며, 분쇄를 위한 초기 설정 압력이 높으면 분쇄는 잘될 수 있지만 마찰력 증대로 롤러 마모증대가 예상되므로 분쇄를 위한 초기 설정압력을 최소로 하였다. 그 결과 시작기에 있어서 50kg/cm²이 적당하여 초기 분쇄 설정압력으로 하였다.

(2) 시료채취 및 Fe 발생량 분석

본 실험용 시료는 원료고추는 세라믹재 시료분쇄용기에 분쇄한 것을, 고춧가루분쇄기용은 시험 조건별로 분쇄기 배출구에 나오는 것을 채취하여 사용하였다. Fe 발생량 분석은

식물체중 중금속 분석방법에 의하여 분석하였다. 즉 고춧가루 시료 3g을 취하여 250ml 삼각후라스크에 넣고 분해액(Ternary solution---HNO₃ : H₂SO₄ : HClO₄)을 30ml가한 다음 열판상에서 가열 분해하여 분해액이 백색이 되면 여과지 No.6로 여과한 후 100ml 메스후라스크에 mess up을 하고 여과액을 적당량 희석하여 ICP기로 측정 분석하였다.

(3) 입도분석

체가름기계(RO-tap)와 KS표준체 12, 16, 20번, Pan을 사용하여 100g의 시료를 10분간 체가름을 한후 5분간씩 체가름을 더하여 체위에 남은량의 중량을 1/1000g 저울로 측정을 하였다. 한국산업규격의 보통고춧가루 규격에 따라서 입도가 20번(0.85mm)체를 60% 이상 통과한 회전차율이 적정한 것으로 판단하다.

3 결과 및 고찰

가. 성능시험

(1) Fe발생량

(가) 주철재 롤러형식별 Fe 발생량

[Fig. 3]에서 보는바와 같이 기존 분쇄기의 롤러압력을 50kg/cm², 회전차율을 48%로 하여 주철재 홈롤러로 7회 분쇄한 것을 다시 평롤러로 7회 분쇄했을 때의 고춧가루에 함유된

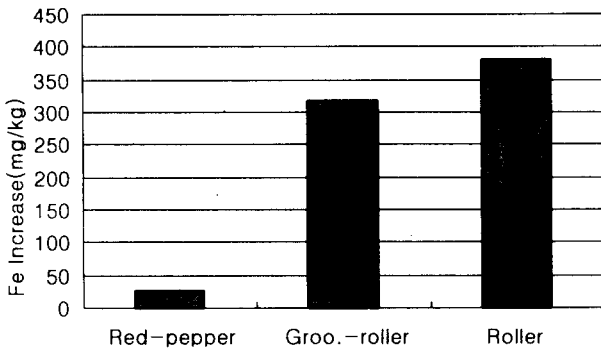


Fig. 3 Fe increase in crushing process

총 Fe량을 분석한 결과 원료 고추의 Fe함유량이 26.3 mg/kg 일 때 홈롤러의 경우 317.6 mg/kg, 평롤러의 경우 381.5 mg/kg으로써 분쇄 작업으로 인한 고춧가루에 함유된 Fe량이 원료고추에 비하여 12~14배가 증가하는 것으로 나타났으며 평롤러 보다 홈롤러에서 Fe발생량이 큰 것으로 나타났다.

(나) 롤러재질별 매분쇄 횟수별 Fe 발생량 증가폭

[Fig. 4]에서 보는바와 같이 기존 분쇄기와 시작기의 롤러 재질별로 매분쇄 횟수에 따른 Fe 발생량 증가폭은 분쇄초기 때가 많고, 분쇄횟수가 증가할수록 발생량의 증가폭이 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 원료고추의 입자가 고을수록 고추와 고추 사이의 공극이 적어 분쇄 롤러끼리의 직접접촉 면적이 좁아지기 때문인 것으로 판단된다. 7회로 분쇄를 종료했을 때의 고춧가루에 함유된 Fe량이 기존분쇄기의 경우 231.43 mg/kg인데 비하여, 시작기의 주철재 롤러와 티타늄 코팅롤러는 각각 64.98mg/kg, 52.47mg/kg으로 Fe함량이 각각 72%, 77% 감소하는 것으로 나타났다.

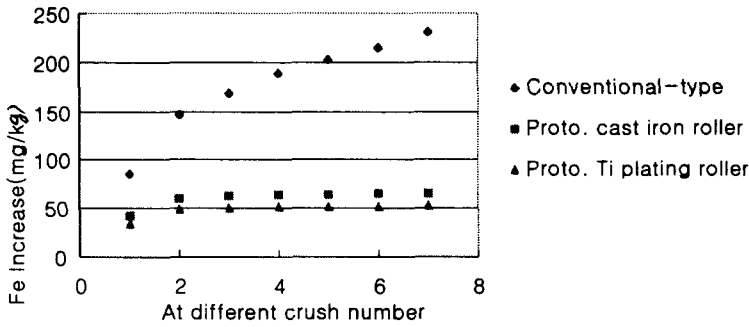


Fig. 4 Fe increase at different crush number

* Crush clause : grooved roller, pressure 50kg/cm²,

ratio of revolution difference 48%, crush number 7.

(다) 홈롤러 재질별, 회전차율별 Fe 발생량

시작기의 분쇄롤러 회전차율이 56.6, 48, 41.7, 27.2% 일 때 Fe 발생량은 주철재 롤러의 경우 각각 67.58, 64.98, 63.47, 60.63mg/kg이었으며, 티타늄 코팅롤러의 경우 54.91, 52.47, 50.12, 47.84 mg/kg 으로 나타나 롤러의 재질에 관계없이 롤러의 회전차율이 증가 할 수록 쇳가루 발생량이 증가하는 것으로 나타났다. 이것은, 회전차율이 클수록 롤러간의 주속도차가 커져 마찰력이 증가한 때문인 것으로 생각된다. 분쇄롤러의 재질간의 Fe 발생량은 티타늄 코팅롤러의 경우가 주철재 롤러의 경우 보다 약 13 mg/kg 적게 발생하는 것으로 나타났다. 한편 회전차율이 56.6, 48, 41.7, 27.2% 일 때 Ti 발생량은 주철재 롤러의 경우 각각 2.22, 2.14, 1.98, 1.83 mg/kg 인데 비하여, 티타늄 코팅롤러의 경우는 각각 12.93, 10.92, 8.79, 6.70 mg/kg으로 크게 증가하는 것으로 나타났다. 이는 롤러에 코팅한 티타늄이 마모되어 고춧가루에 혼입되기 때문인 것으로 생각된다..

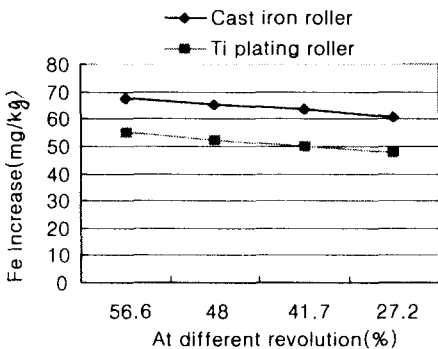


Fig. 5 Fe increase at different revolution

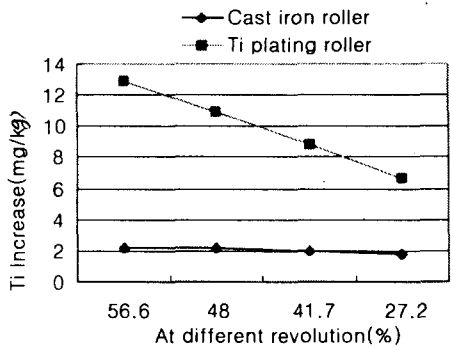


Fig. 6 Ti increase at different revolution

(2) 고춧가루 입도 분포

시작기의 롤러압력을 50 kg/cm²로 하여 건고추를 7회 분쇄했을 때 고춧가루가 20번체 (0.85mm)를 통과한 비율은 분쇄롤러의 회전차율이 56.6, 48, 41.7, 27.2%일 경우 주철재 롤

러와 티타늄 코팅롤러에서 각각 68.14, 63.28, 59.11, 54.97%와, 65.45, 61.56, 56.89, 51.32%로 나타나 고운가루 분쇄에는 주철재 롤러가 적합할 것으로 생각되며, 20번체를 60%이상 통과 한 고춧가루의 입도를 적정 입도로 볼 때 분쇄롤러의 적정 회전차율은 48%이상이어야 하는 것으로 나타났다.

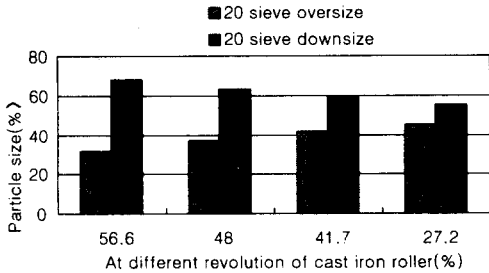


Fig. 7 Particle size at different revolution by cast iron roller

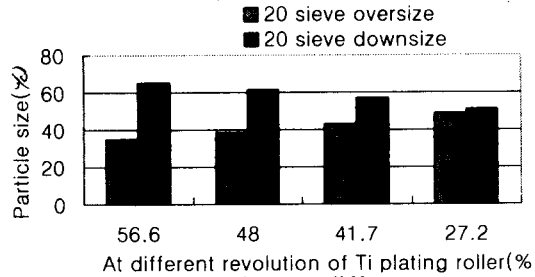


Fig. 8 Particle size at difference revolution by Ti plating roller

나. 작업성능 및 작업정도

고춧가루 1kg에 함유된 Fe량은 기존분쇄기가 237.89mg/kg인데 비하여 시작기가 64.98mg/kg으로 나타나 73%가 감소하였으며, 고춧가루 입자가 20번체를 통과한 비율은 기존분쇄기가 65.64%인데 비하여 시작기가 63.28%로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 분쇄 작업성능 면에서는 시작기가 64.2kg/hr로 기존분쇄기 57.1kg/hr 보다 11.2% 능률적인 것으로 나타났다.

표 5 Working performance and accuracy

Item	Fe increase (mg/kg)	Particle size (%)		Working performance (kg/hr)
		20 sieve oversize	20 sieve downsize	
Conventional type	237.89 (100%)	34.36	65.64	57.1
Prototype	64.98 (27)	36.72	63.28	64.2

* 분쇄조건 : 홈롤러, 압력 50kg/cm², 분쇄횟수 7회, 회전차율 48%

4. 결론 및 요약

본 연구는 고춧가루 분쇄시 발생하는 금속성 이물질 줄이기 위한 것으로 공회전시 분쇄롤러의 간격을 자동으로 띄우도록 고춧가루분쇄기의 구조를 개량하고 분쇄롤러의 재질을 개선하여 롤러재질·형식별, 분쇄압력별, 롤러 회전차율별 Fe발생량 및 고춧가루 입도를 측정하고 작업성능 실험을 수행하였다.

1. 기존 고춧가루분쇄기로 작업시 고춧가루에 함유된 Fe량은 원료고추에 비하여 12~14배

가 증가하며 Fe 발생량은 평롤러 보다 홈롤러에서 많은 것으로 나타났다.

2. 롤러재질별 매분쇄 횟수별 Fe 발생량의 증가폭은 1회분쇄 때 가장 크고 분쇄회수가 증가할 수록감소하였으며, 7회 분쇄시고춧가루에 함유된 Fe량이 기존분쇄기가 231.43 mg/kg 인데 비하여, 시작기의 주철재 롤러와 티타늄 코팅롤러는 각각 64.98mg/kg, 52.47mg/kg으로 Fe함량이 각각 72%, 77% 감소하는 것으로 나타났다.

3. 시작기의 분쇄롤러 회전차율이 56.6, 48, 41.7, 27.2% 일 때 Fe 발생량은 주철재 롤러와 티타늄 코팅롤러에서 각각 67.58, 64.98, 63.47, 60.63mg/kg, 54.91, 52.47, 50.12, 47.84 mg/kg 으로 나타나 롤러의 회전차율이 증가 할 수록 쇳가루 발생량이 증가하는 것으로 나타났다. 분쇄롤러의 재질간의 Fe 발생량은 티타늄 코팅롤러의 경우가 주철재 롤러의 경우 보 다 약 13 mg/kg 적게 발생하는 것으로 나타났다.

4. 시작기로 건조추를 7회 분쇄했을 때 고춧가루가 20번체(0.85mm)를 통과한 비율은 분쇄롤러의 회전차율이 56.6, 48, 41.7, 27.2%일 경우 주철재 롤러와 티타늄 코팅롤러에서 각각 68.14, 63.28, 59.11, 54.97%와, 65.45, 61.56, 56.89, 51.32%로 나타나 고운가루 분쇄에는 주철재 롤러가 적합한 것으로 판단된다.

5. 20번체를 60%이상 통과 한 고춧가루의 입도를 적정 입도로 볼 때 분쇄롤러의 적정 회전차율은 48%이상 이 되어야 하는 것으로 나타났다.

6. 시작기로 분쇄한 고춧가루 1kg에 함유된 Fe량은 64.98mg/kg으로 기존 분쇄기 보다 73%가 감소되었으며, 고춧가루 입자가 20번체를 통과한 비율은 63.28%로 큰 차이가 없었고. 분쇄 작업 성능은 64.2kg/hr로 11.2% 능률적인 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 박희만. 1994. 고추세척기. 농업기계화연구소. 1994농사시험연구사업보고서
2. 박재복. 1990. 고추분말의 가공기술개발에 관한 연구(1차연도). 한국식품개발연구원
3. 박재복. 1991. 고추분말의 가공기술개발에 관한 연구(2차연도). 한국식품개발연구원
4. 농림수산통계연보. 각년도. 농림부
5. 김문일. 1988. 기계재료공학. 청문각
6. 오건웅. 1995. 고춧가루 분쇄기의 표준화에 관한 연구 보고서. 국립기술품질원
7. 박현정. 1997. 식품가공학. 유림문화사
8. 송재철. 1995. 식품물성학. 울산대학교 출판부
9. 고학균. 1993. 농산가공학. 향문사
10. 전재근. 1979. 고춧가루의 색도측정과 품질과의 관계. 한국농화학회지 22(1).
11. 박상기. 1977. 한국인의 고추식생활에 관한 조사연구. 한국농화학회지 20(1).